



**Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Nacional Autónoma de México**

Forestación experimental de (*Avicennia germinans*) a través de la manipulación del régimen hidrológico y su efecto en la población de bioturbadores (*Uca* sp) en el estero de Urías, Sinaloa.

**TESIS**

**Para optar al grado de  
Maestro en Ciencias  
(Biología Marina)**

**Presenta:**

**Freddy Zebadúa Penagos**

**Director de Tesis: Dr. Francisco Javier Flores Verdugo**

**Comité asesor de Tesis:**

**Dr. Francisco Javier Flores Verdugo.  
Dr. José Luis Carballo Cenizo.  
Dr. Jorge A. López Portillo G.**

**Mazatlán, Sinaloa, 2007.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**Jurado de Tesis:**

**Dra. Guadalupe de la Lanza Espino                      Presidente.**

**Dr. Francisco Flores Verdugo                              Secretario.**

**Dr. José Luis Carballo Cenizo                            1er. Vocal.**

**Dra. Margarita Gallegos Martínez                    Suplente.**

**Dr. Jorge A. López Portillo G.                         Suplente.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Manifiesto mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que me apoyaron para la realización del presente trabajo:**

**Al Dr. Francisco Javier Flores Verdugo, director de tesis, por sus acertadas observaciones para mejorar y fortalecer el trabajo y su apoyo en cada uno de los exámenes tutorales presentados.**

**A los Doctores: Jorge A. López Portillo G, José Luis Carballo Cenizo, Guadalupe De la Lanza Espino, Margarita Gallegos Martínez por su disposición para ser miembros de este comité y por sus observaciones.**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme académica y económicamente para la culminación de este programa de maestría.**

**Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Estación Mazatlán (UNAM) por brindarme la oportunidad de enriquecer y fortalecer mi desarrollo profesional a través de este programa de maestría.**

**Un agradecimiento especial a la Dra. Adela Morales Parra por su apoyo y contribución para poder realizar este trabajo y por su valiosa amistad.**

**Al MC Roberto Rey Herrera por su apoyo en los trabajos de campo y en laboratorio.**

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	8
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>2. OBJETIVOS</b>	
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
<b>3. HIPÓTESIS</b>	22
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO</b>	
4.1 Características	23
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
5.1 Construcción de los canales.	26
5.2 Salinidad intersticial	26
5.2.1 Análisis estadístico.	27
5.3 Plantación experimental de <i>A. germinans</i>	28
5.4 Instalación con malla sombra.	30
5.4.1 Plantación de <i>Avicennia germinans</i> en presencia de malla sombra.	30
5.5. Monitoreo de sobrevivencia de Plántulas de manglar negro ( <i>A. germinans</i> ).	31
5.5.1 Análisis Estadístico.	32
5.6. Monitoreo de crecimiento.	32
5.6.1 Análisis estadístico.	32
5.7. Determinación de colonización de <i>Uca</i> sp.	33
5.7.1 Análisis estadístico.	34
5.8 Estructura forestal	34
5.8.1 Densidad.	35
5.8.2 Frecuencia	36
5.8.3 Área basal por ha.	37
5.8.4 Dominancia Relativa.	38
<b>6. RESULTADOS</b>	
6.1 Salinidad intersticial en los canales.	40
6.1.1 Salinidad mensual por canal	40
6.1.2 Salinidad intersticial a lo largo del canal (30 m) y ancho de los canales (0.5 y un metro)	40
6.1.3 Curva de regresión de salinidad a través del tiempo en los canales y marisma.	42
6.1.4 Análisis de varianza de las salinidades entre los canales y la marisma.	47
6.1.5 Análisis de comparación de pendiente de las regresiones de salinidad de los canales.	49
6.1.6 Análisis de varianza de las salinidades a los largo (cada cinco metros) y ancho de los canales (0.5 y un metro).	50
6.2 Sobrevivencia de <i>A. germinans</i>	52
6.2.1 Plantas con sombra	55
6.2.2 Análisis de varianza para sobrevivencia de plántulas de <i>A. germinans</i> .	56
6.3 Crecimiento de <i>A. germinans</i>	56
6.3.1 Análisis de varianza para crecimiento de plántulas de <i>A. germinans</i> .	60

6.4 Colonización de <i>Uca</i> sp.	60
6.4.1 Análisis de varianza de colonización de <i>Uca</i> sp.	63
6.5 Estructura forestal.	64
6.5.1 Densidad	65
6.5.2 Área basal (m <sup>2</sup> por hectárea).	65
<b>7. DISCUSIÓN</b>	
7.1 Canales y Salinidad.	66
7.2 Análisis de sobrevivencia.	68
7.3 Análisis de crecimiento.	73
7.4 Análisis de colonización de <i>Uca</i> , sp	76
7.5 Estructura del manglar	78
<b>8. CONCLUSIONES</b>	81
<b>9. LITERATURA CITADA</b>	83

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Formulario para el registro de información de campo	32
Tabla 2.	Valor promedio mensual de salinidad (ups) en los canales y en la marisma	40
Tabla 3.	Prueba de significancia de salinidad intersticial entre canales.	49
Tabla 4.	Comparación de pendientes de la regresión entre canales.	50
Tabla 5.	Prueba de Anova de dos vías.	52
Tabla 6.	Valores de sobrevivencia (no. de plantas) (Pre-adaptación)	53
Tabla 7.	Valores de sobrevivencia (%)	53
Tabla 8.	Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a la orilla del canal.	53
Tabla 9.	Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a 0.5 m del canal.	54
Tabla 10.	Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a un metro del canal.	54
Tabla 11.	Comparación de significancia de sobrevivencia entre canales.	56
Tabla 12.	Prueba de significancia del crecimiento de las plantas.	60
Tabla 13.	Resultados del experimento de colonización (galerías m <sup>-2</sup> ) <i>Uca</i> sp.	61
Tabla 14.	Resultados obtenidos en la repetición del experimento (galerías m <sup>-2</sup> ) de colonización <i>Uca</i> , sp.	61
Tabla 15.	Prueba de significancia canal tres, madrigueras de <i>Uca</i> sp.	63
Tabla 16.	Prueba de significancia canal cinco, madrigueras de <i>Uca</i> sp.	63
Tabla 17.	Prueba de significancia entre los canales tres y cinco.	64
Tabla 18.	Densidad en el área de Urías.	65
Tabla 19.	Comparación de crecimiento diario en plantas de <i>A. germinas</i> reportado por otros estudios.	75
Tabla 20.	Comparación de la estructura del manglar del sitio con respecto a otros estudios realizados.	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	25
Figura 2. Fotografía del área de estudio.	25
Figura 3. Método de los cuadrantes a un punto central.	39
Figura 4. Variación en los niveles de concentración de salinidad en los canales al final del experimento 30/05/2005.	41
Figura 5. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 1	44
Figura 6. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 2	44
Figura 7. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 3	45
Figura 8. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 4	45
Figura 9. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 5	46
Figura 10. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal 6	46
Figura 11. Análisis de regresión lineal de salinidad vs tiempo del testigo	47
Figura 12. Curva de crecimiento de <i>A. germinans</i> , canal 1.	58
Figura 13. Curva de crecimiento de <i>A. germinans</i> , canal 2.	58
Figura 14. Curva de crecimiento de <i>A. germinans</i> , canal 5 a.	59
Figura 15. Curva de crecimiento de <i>A. germinans</i> , canal 5 b.	59
Figura 16. Densidad de galerías (no. m <sup>-2</sup> ) de <i>Uca</i> sp, en los tres tratamientos (I Orilla del canal sin sombra, II orilla del canal con sombra y III el testigo en el área de la marisma) en el canal 3.	62
Figura 17. Densidad de galerías (no. m <sup>-2</sup> ) de <i>Uca</i> sp, en los tres tratamientos (I Orilla del canal sin sombra, II orilla del canal con sombra y III el testigo en el área de la marisma) en el canal 5.	62
Figura 18. Estadística de precipitación y evaporación.	72
Figura 19. Análisis de crecimiento de <i>Avicennia germinans</i> (cm), en los canales 1,2, 5 <sup>a</sup> y 5b.	75



## RESUMEN

Se evaluaron los cambios en la salinidad intersticial en una marisma hipersalina mediante la manipulación hidrológica con la construcción de cinco canales artificiales. Adicionalmente se realizaron plantaciones experimentales para evaluar la sobrevivencia y crecimiento de plántulas de manglar negro (*Avicennia germinans*) provenientes de un vivero. También se evaluó los cambios en la población de cangrejos violinistas (*Uca* sp) en las márgenes de los canales artificiales y su comportamiento en relación con la atenuación de la luz (50%) por el dosel del manglar. Asimismo se determinó la estructura forestal para identificar las características del bosque de mangle en esta zona de Urías, Sinaloa.

Como resultados relevantes los canales mostraron una tendencia a disminuir la salinidad en el área adyacente al canal durante el periodo del experimento (304 días) en comparación con un testigo (marisma sin canal). Las pendientes de las regresiones mostraron una tendencia negativa de -0.08 a -0.18 ups día<sup>-1</sup> (promedio - 0.14 ups día<sup>-1</sup>) lo que significa que existió desalinización en el área adyacente a los canales artificiales de 150 hasta 81 ups. Respecto a los niveles de sobrevivencia de *A. germinans* las plantas ubicadas en la orilla del canal presentaron un 56.3% y la tasa de crecimiento osciló de 0.002 a 0.022 cm día<sup>-1</sup> siendo mayor en el canal con sombra con respecto al sin sombra.

Los resultados obtenidos en las poblaciones de cangrejos señalan que el efecto de sombra y cercanía a un canal de mareas son condiciones favorables de hábitat para la población local de *Uca* sp. En el área con sombra se detectó la mayor concentración de madrigueras (de 48 a 166 galerías m<sup>-2</sup>) siendo

significativamente mayor en comparación con los canales sin sombra (de 28 a 83 galerías m<sup>-2</sup>) y éstos a la vez significativamente mayor que en la marisma (de 19 a 52 galerías m<sup>-2</sup>).

Se encontró que en el área aledaña al estero se presenta una franja de manglar de tipo borde con presencia de tres especies de mangle: *L. racemosa* A. *germinans* y *R. mangle* con una densidad promedio de 2,696.84 fustes ha<sup>-1</sup> y el área basal de 11.12 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. En la parte posterior de la franja de manglar se localiza una cuenca con matorrales de *A. germinans* y una amplia zona hipersalina (<120 ups). La especie dominante es *L. racemosa*.

Se demostró que el uso de canales artificiales como método de forestación con plántulas de vivero y la colonización por bioturbadores como los cangrejos del género *Uca* sp pueden ser factores determinantes para proyectos de restauración de los ecosistemas del manglar en zonas perturbadas y en áreas potenciales de forestación como vendrían a ser cierto tipo de marismas y bajos de mareas de regiones áridas y semi-áridas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales comprenden los ambientes donde interactúan el agua, el sustrato y la biota (Odum, 1982). Incluye una amplia variedad de ecosistemas tales como tulares, popales, tasistales, turberas, llanuras de aluvión, ríos y lagos (Macintosh y Ashton, 2004). En las zonas costeras los humedales comprenden a las marismas, manglares, praderas de pastos marinos, arrecifes de coral y zonas marinas de una profundidad no superior a los seis metros en marea baja y los humedales artificiales tales como: los estanques de tratamientos de aguas residuales, arrozales y los embalses (Ramsar, 1970). Odum (1982), Tomlinson (1988) definen “manglar” a las especies de árboles y arbustos halófilos capaces de sobrevivir a diferentes salinidades. Duke *et al.* (1988), incluye dentro de la vegetación de mangle un rango de formas funcionales, como árboles, arbustos, palmas y helechos terrestres generalmente mayor a 0.5 m de altura; y normalmente creciendo sobre el nivel medio del mar en la zona intermareal de los ambientes marinos costeros o márgenes estuarinos.

Los mangles son asociaciones vegetales anfibias, leñosas y perennifolias, con una biología especializada que les permite sobrevivir y desarrollarse en condiciones ecológicas singulares que se dan normalmente en las costas tropicales (Cuatrecasas, 1958). Tovilla (1994), establece cinco características adaptativas de estas especies: 1) se desarrollan en zonas costeras inundables, 2) resisten los cambios de salinidad, 3) se adaptan al cambio en el nivel de las mareas, 4) tienen propágulos con cierto grado de viviparidad y 5) soportan condiciones de suelos anóxicos. Otras características importantes de mencionar

son que presentan raíces aéreas que estabilizan el árbol en terrenos blandos y cuentan con estructuras especializadas para permitir la entrada de oxígeno y la salida de bióxido de carbono. (Tomlinson, 1988). Los factores ambientales que determinan el desarrollo del mangle son: salinidad, mareas y sustrato (Cintrón y Schaeffer, 1983). Odum *et al.* (1982), consideran cuatro elementos para su establecimiento: 1) clima, 2) salinidad, 3) mareas y 4) sustrato.

Los mangles son considerados ecosistemas naturales de mayor productividad primaria de la biosfera (Whittaker y Linkens, 1975). Esto se debe a la disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos y escurrimientos terrestres y al efectivo reciclamiento de éstos durante los procesos de mineralización microbiana (Mee, 1978; Nixon, 1981; Agraz, 1999). La alta producción de materia orgánica (detrito hojarasca), sirve de fuente de energía para los organismos que viven en el agua (Teal, 1972; Mann, 1972; Flores-Verdugo, 1990). Es importante destacar que estas comunidades son un gran apoyo para el desarrollo de las pesquerías, provee de hábitat a juveniles de peces y camarones. También son estabilizadores del sedimento formando islas y lagunetas generando condiciones para la reproducción de aves, peces y crustáceos (Flores-Verdugo, 1990). Otros de los beneficios que producen estos ecosistemas:

1. Enriquecen las cadenas alimentarias estuarinas, incluyendo arrecifes de coral y pastos marinos. Estudios hechos en Florida y Puerto Rico reportan que el detrito que proviene de los mangles es un elemento básico para el crecimiento y reproducción de diversas especies de invertebrados que se desarrollan en esas zonas (Lewis, 1982).

2. Actúan como zona de amortiguamiento contra tormentas, ciclones y oleajes de las mareas (Kovacs, 1999).
3. Protege las larvas y los estadios juveniles de variadas especies de crustáceos, moluscos y peces.
4. Conforman un hábitat permanente o sitios de refugio para diversas especies de aves, organismos terrestres y acuáticos incluyendo muchos mamíferos, reptiles, peces e invertebrados (Reyes, *et al.*, 2002).
5. Dan beneficios económicos que se derivan en productos útiles de madera que incluyen leña, carbón vegetal, madera en traza y materias primas para la producción de papel.

La estructura y distribución de los manglares está determinada por la capacidad de adaptación que tienen las diferentes especies a los gradientes topográficos, el hidroperíodo, a la inestabilidad del sustrato y a la salinidad. Snedaker y Getter (1985), clasificaron a los manglares de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas en 5 tipos fisonómicos: manglar de faja o borde, de cuenca, riberino, de sobreinundación y enanos. Este tipo de comunidades presentan características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que les permite sobrevivir en ambientes inundados (Reyes, *et al.*, 2002). La adaptación que muestran estas especies al flujo de las mareas les permite sobrevivir en un suelo sin oxígeno (anoxia) y con altas concentraciones salinas. Sus hojas se adaptan a la escasez de agua dulce y pueden eliminar el exceso de sal (Tomlinson, 1988; Carrera, 2002). Los manglares se encuentran generalmente a lo largo de los litorales de las regiones tropicales y subtropicales, entre los 25 grados norte y 25 grados sur de latitud (Choudhury, 1997).

Este tipo de vegetación es dividido en dos grandes grupos a nivel mundial: los que se ubican en la región Indo-Pacífico, que se extienden por la costa oriental de África hasta la isla de Samoa en el Pacífico Sur, y los que se encuentran en la costa occidental de África, entre Mauritania y Angola. El segundo grupo se ubica en América entre Barbados y Brasil en la costa oriental y entre México y el norte de Perú. De acuerdo a estudios hechos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) reportan que las principales familias pertenecen a las Rhizophoraceae, Sonneratiaceae, Combretaceae y Avicenniaceae (Hussain, 1995).

La extensión del mangle en México es de aproximadamente 6,600 km<sup>2</sup> y es considerado como el sexto país del mundo con mayor extensión de manglares (Blasco, 1988). En México se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltáicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico. Se reconocen tres familias con las especies: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo, Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* L. (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus*. (mangle botoncillo, Combretaceae) (López-Portillo y Ezcurra, 2002). *Rhizophora harrissoni* se localiza solamente en Chiapas (Rico-Gray, 1981; Agraz, 1999). En las costas de Chiapas se han encontrado dos especies de mangle negro: *Avicennia germinans* y *Avicennia bicolor*, (Jiménez, 1994 en López-Portillo y Ezcurra, 2002). Respecto a esta última clasificación López-Portillo y Ezcurra (2002), recomienda establecer una línea de investigación a nivel taxonómico, ya que aunque las diferencias morfológicas están claramente definidas, no así en la determinación taxonómica porque en la práctica, *A. bicolor* ha sido considerada como sinonimia de *A. germinans*.

La distribución del manglar se ve influenciada por los cambios en la microtopografía, la frecuencia de la inundación de los suelos y su salinidad (Jiménez y Lugo, 2000). Los diferentes tipos de humedales costeros están condicionados en gran medida por el hidroperiodo y la salinidad del agua

La presencia o ausencia del fenómeno de las mareas es considerado como un factor importante para favorecer el desarrollo y crecimiento del mangle. La amplitud y la frecuencia ayudan a reciclar los nutrientes y evitan la saturación salina del suelo (Twilley y Day 1999). La marea puede ocasionar una variación en los gradientes de salinidad. También es conocido que en regiones de menor precipitación pluvial o con temporadas de sequías muy pronunciadas se desarrollan áreas de alto contenido de sal en el suelo (MacNae, 1968 en Cintrón, *et al.*, 1980).

En ambientes costeros áridos semiáridos, la salinidad incrementa hacia el continente, resultando en la formación de áreas hipersalinas (>80 ups) evitando el establecimiento permanente de plantas superiores (Medina, 1999). En los lugares con un crecimiento activo de la franja litoral de manglar se observa un aumento paulatino de la elevación del suelo provocando el cierre de los canales que nutren las partes más internas del canal, ocasionando con ello una alta acumulación de sales en el suelo por el tiempo de residencia y evaporación, estos incrementos de salinidad se observan más en el área de las lagunas (Cintrón, *et al.*, 1980), provocando cambios en la conformación del bosque de manglar al reducir su desarrollo en estas áreas hipersalinas.

A pesar de la importancia que tienen estos ecosistemas a nivel mundial se están degradando por diversas actividades antropogénicas. Carrera (2002), estima

que se han perdido más del 50% de los manglares en los últimos 50 años. En Tailandia en 1960 a 1991 se redujeron de 360,000 hectáreas a 174,000 hectáreas. En Malasia disminuyeron de 505,330 a 260,000 hectáreas entre 1980 y 1990 (Clough, 1993; Choudhury, 1997). En México se ha observado una tasa de deforestación en un 12% en los últimos 20 años (Tovilla, 1991 en Agraz, 1999). De acuerdo a López-Portillo y Ezcurra (2002), señala que no existen datos fidedignos que muestren el total de las áreas afectadas de mangle en la República Mexicana. Ramírez *et al.* 1998, (en López-Portillo y Ezcurra, 2002), calcula que de 1970 a 1993 se perdió un 23% de las 1,065 hectáreas de un manglar en Nayarit. Sinaloa es considerado en cuanto a su extensión de bosques de mangle como uno de los más importantes en el litoral del Pacífico con 74,539 hectáreas, pero también ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a deforestación con un 36% del total deforestado en el litoral Pacífico (Tovilla, 1994).

Entre las causas que han ocasionado la degradación se encuentran:

- (1) El aumento de la población, lo que ocasiona la utilización del espacio donde se ubican estas comunidades.
- (2) Los incrementos en las producciones de camarón de acuicultura, transformando los espacios en estanques. En Filipinas de 1952 a 1987 se reportó un crecimiento anual en estanquerías de 3,600 ha (Lewis, *et al.*, 2003). En Vietnam 102,000 hectáreas de manglares han sido convertidos a la acuicultura entre 1983-1987 (Carrera, 2002).
- (3) Las construcciones de diques, dragado, caminos, carreteras, presas, cierre o aperturas de boca y desviación de ríos modifican el patrón hidrológico. Estas acciones provocan cambios en el ciclo de inundación de los



humedales y el tiempo de residencia del agua afectando: el subsuelo, la calidad del agua, la flora (la estructura de la vegetación y la muerte), la fauna y otros factores no perceptibles (formación de ácido sulfhídrico en el suelo, sedimentación y erosión) (Turner y Lewis, 1997).

(4) La falta de interés en su conservación y la falta o ineficiente aplicación de técnicas de reforestación.

Esta destrucción se ha tratado de disminuir a través de los programas de reforestación. Sin embargo la autorecuperación de los hábitats de manglar pueden pasar por una sucesión secundaria exitosa en un periodo de tiempo de 15 a 30 años, cuando: 1. La hidrología y el movimiento de mareas y los aportes de agua dulce del sistema no se interrumpen 2. La disponibilidad de semillas o propágulos de manglar de sitios adyacentes no se bloquea (Lewis y Streever, 2000). La rehabilitación hidrológica es recomendada cuando un sistema ha sido alterado en su totalidad y no puede corregirse o regenerarse por sí mismo. Bajo esas condiciones la homeostasis del ecosistema ha sido frenado permanentemente y el proceso normal de sucesión secundaria y la restauración natural han sido dañados de alguna manera (Lewis y Streever, 2000).

La forestación es utilizada para restaurar áreas que han sido dañadas o degradadas por algún tipo de acción humana (Kaly y Jones, 1998; Lewis, 1990). Para contrarrestar estos efectos, se han utilizado diversos métodos: la forestación directa por propágulos y/o plántulas, la forestación con plántulas de vivero, la restauración hidrológica en algunos casos y frecuentemente se recurre a la combinación de las tres (Flores-Verdugo, 2003). El material que se utiliza para la plantación inicial son: brinzales naturales, denominados "wildlings" (plántulas

silvestres); propágulos y brinzales de vivero (Choudhury, 1997). Teas, (1977) considera que los factores importantes que se tiene que considerar en el establecimiento de una plantación de mangle es: el tamaño y origen de la planta, el tipo de sustrato, la salinidad del agua, las plagas, la profundidad de las mareas en el área de plantación, el impacto de las olas y el vandalismo.

Existe un gran potencial en revertir la pérdida de bosques de manglar a nivel mundial mediante la aplicación de principios básicos de restauración ecológica utilizando herramientas de la ingeniería ecológica, incluyendo una cuidadosa evaluación de costo-beneficio (Lewis, 2005).

Un factor importante en el diseño de un proyecto de plantación de manglar ya sea por la técnica de reforestación o forestación es: “Determinar la hidrología (frecuencia y duración del movimiento de mareas) típica del sistema de una comunidad existente de manglar establecida cerca del lugar de la restauración” (Lewis y Streever, 2000). Por lo general los programas y las técnicas de forestación y reforestación de manglares a nivel mundial han recibido relativamente poca atención. Sin embargo, en los últimos años y debido a la destrucción del hábitat de los manglares, las investigaciones se han orientado a tratar de preservar estos ecosistemas. En China la reforestación en su fase temprana inició en los 80’s y se han creado zonas de reserva natural y producción de manglares (Zheng, *et al.*, 1995). Como producto de ello se han desarrollado trabajos sobre la restauración de manglares; no obstante, se hace necesario seguir reforzando los trabajos de investigación y las técnicas de reforestación y forestación. Estas prácticas también se han llevado a cabo en Tailandia, Malasia, Pakistán, Bangladesh, Indonesia, Brasil, México, Guatemala, Nicaragua, entre

otros. En México se han realizado trabajos sobre reforestación o restauración de manglares en Quintana Roo, el Pacífico y Golfo de California (Agraz-Hernández, 1999; Flores-Verdugo, 2003).

La búsqueda de métodos de forestación ha ocasionado que se lleven a cabo algunos experimentos con diferentes instrumentos de análisis; el objetivo de estos proyectos es desarrollar trabajos que logren las condiciones necesarias para lograr el cumplimiento de estos programas. El establecimiento o la formación de galerías de cangrejos ayudan a disminuir el grado de salinidad intersticial, motivo por el cual las plántulas sobreviven en estos procesos. Los cangrejos son la macrofauna más abundante de los manglares y son un valioso componente para el funcionamiento de los ecosistemas de los manglares. Los cangrejos aerean el sedimento con sus madrigueras (Micheli *et al.*, 1991), modifican la topografía y la distribución del gránulo del sedimento (Warren y Underwood, 1986), reducen la salinidad intersticial al remover el sedimento de sus madrigueras (Ridd, 1996), atrapan la energía dentro del bosque de mangle (Robertson, 1986) crean el microhábitat para otro tipo de microfauna (Bright y Hogue, 1972), contribuye a la producción secundaria (Lee, 1997), incrementan la cantidad de nutrientes y disminuyen la concentración de ácido sulfhídrico en el sedimento con sus diversas actividades (Smith *et al.*, 1991; Duke *et al.*, 1998).

Los cangrejos forrajean selectivamente las hojas caídas y las acumulan en sus madrigueras que puede extenderse desde 15 cm hasta 150 cm de profundidad. En excavaciones de las madrigueras se encontró hasta un máximo de 11.75 g (peso seco) de hojarasca (Sherman, 2003).

Existen evidencias que los cangrejos pueden remover por consumo entre el 24% y el 79% del detrito producido por hojarasca (Robertson y Daniel, 1989). El papel ecológico de estos invertebrados es amplio, tal como: 1) evitar que el material foliar de los manglares sea lavado fuera del bosque previo a su enriquecimiento, 2) proveen de materia orgánica a los detritívoros que requieren de partículas finas para su alimento, 3) regulan el tamaño de la materia orgánica particulada en el ecosistema, 4) estimulan la colonización de la materia orgánica particulada por la microfauna y microorganismos, permitiendo nutrientes disponibles para los árboles, 5) simplifican la estructura y la composición química del detrito particulado, lo cual facilita la degradación por la microbiota, 6) pueden afectar la estructura, composición de especies y expansión de los propágulos de los manglares los cuales son comidos por los cangrejos entre un 75 y 100% de la producción total de hipocótilos germinados (Yañez-Arancibia, *et al.*, 1998).

Otra línea de investigación que se ha desarrollado es el estudio de la estructura de manglares. Los parámetros de la estructura forestal son: 1) su densidad absoluta y relativa, 2) el área basal por unidad de superficie absoluta y relativa, 3) la frecuencia. En nuestro país existen diversos estudios de estructura forestal entre los que destacan: los estudios de estructura y florística de los manglares de la laguna de Agua Brava Nayarit (Marismas Nacionales), laguna de Términos, estero de Sabancuy e Isla del Carmen (Campeche), así como las lagunas Oriental, Occidental y Mar Muerto en Oaxaca, Marismas nacionales, Estero el Salado, en Nayarit, Teacapán, Estero El Verde, Urías, Ensenada del Pabellón, Sinaloa (FAO, 1974; Pool, Snedaker y Lugo, 1977; Flores-Verdugo *et*

*al.*, 1986; Agraz-Hernández, 1999; Estrada-Duran, *et al.*, 2001; Bojorquez-Leyva, 2002)

El presente trabajo tiene como propósito evaluar el abatimiento de la salinidad intersticial en una marisma hipersalina mediante la manipulación hidrológica con canales artificiales para una forestación con plántulas de *Avicennia germinan* en el Estero de Urías. Así como determinar la colonización por cangrejos *Uca* sp en el área de influencia de los canales artificiales con y sin sombra, asumiendo la probable relación simbiótica *Uca*-manglar donde los cangrejos con sus galería evitan las condiciones de hipersalinidad al sostener un mayor drenaje y el manglar con su dosel de hojas protege a las *Ucas* de la insolación y a la reflexión de calor del suelo. Asimismo se determinará la estructura de los manglares del área aledaña al sitio de los canales como aporte al conocimiento que permita concluir que los individuos que sobrevivan cuenten con las condiciones que les permita crecer y desarrollarse.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

1. Determinar la factibilidad de la manipulación hidrológica mediante canales artificiales como herramienta para reducir la salinidad intersticial de una marisma hipersalina para apoyo a programas de restauración de ecosistemas de manglar y de habitat para cangrejos violinistas (*Uca* sp).

### 2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la variación de la salinidad intersticial durante un ciclo anual mediante la construcción de 5 canales artificiales en una marisma hipersalina.
2. Determinar la zona de influencia de desalinización del canal a lo largo (cada cinco m) y ancho (0.5 m y 1 m) de los canales.
3. Evaluar la sobrevivencia y crecimiento de *Avicennia germinans*, en la zona de influencia de los canales artificiales.
4. Determinar el efecto que causa la manipulación del régimen hidrológico en la población de la *Uca* sp. Así como la tasa de colonización por *Uca* sp. en áreas sombreadas y no sombreadas adyacentes a los canales artificiales.
5. Determinar la estructura forestal de un bosque de manglar en la zona del canal de mareas adyacente a la marisma en el estero de Urías.

### 3. HIPOTESIS

1. ¿Existe un cambio en las concentraciones de salinidad intersticial en el área de influencia del canal artificial por efecto del cambio en el hidroperíodo provocado al incrementar el efecto de los reflujos de las mareas?

Hipótesis: La salinidad intersticial en el área adyacente a un canal se reduce con la disminución del periodo de inundación (hidroperíodo) en la marisma durante la bajamar.

2. ¿Es factible que ocasionando cambios en los niveles de salinidad inducidos por las entradas de agua a través de canales artificiales se puedan establecer condiciones para forestar con plántulas de manglar?

Hipótesis: La forestación con plántulas de manglar en canales es factible cuando se realizan cambios en el hidroperíodo que disminuyen la salinidad intersticial.

3. ¿Es posible la colonización de *Uca* sp estableciendo las condiciones de sombra en un área adyacente a un canal artificial?

Hipótesis: La colonización de *Uca* sp es factible cuando se le proporciona las condiciones hidrológicas y de sombra adecuadas.

4. ¿Se presenta una relación entre la influencia de mareas y sus efectos en la salinidad del suelo en la estructura forestal de los manglares?

Hipótesis: La estructura forestal de los manglares es significativamente diferente entre los manglares del borde y la marisma por la diferencia en los patrones de inundación.

## 4. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 Características

Este trabajo se realizó en una marisma ubicada en el estero de Urias, localizada en las coordenadas 23°09'48" y 23°14'00" N y los 106°26'24" y 106°18'26" W (INEGI 2000) (Fig. 1 y 2). El estero de Urias es una laguna costera de barrera influenciada por el régimen oceanográfico del sur del Golfo de California, tiene comunicación libre y permanente con el mar con aportes de agua dulce muy reducidos de los escurrimientos provenientes de los arroyos que tienen su origen en la sierra madre y mediante un complejo sistema de esteros del Caimán, Pichichines, Confite y Barrón. La salinidad de la superficie se mantiene en un rango de 32.9 a 38 ups, observándose un promedio de 34.5 ups para el otoño y de 34 ups para el invierno, la diferencia en el fondo muestra poca variación con 0.3 ups como máximo. (Álvarez, 1978).

El estero tiene una longitud aproximada de 17 Km. y una anchura máxima de 650 m. Dentro del área existen esteros secundarios los cuales están bordeados por manglares. Por estar en una zona de asentamientos humanos recibe una gran cantidad de materia orgánica proveniente principalmente de las descargas industriales y domésticas. La entrada principal es utilizada como canal de navegación que comunica al muelle fiscal, al parque industrial y al atracadero de la flota camaronera del puerto. Al interior se encuentra la termoeléctrica, que se sirve del estero bombeando agua para el enfriamiento del sistema y lo regresa a una temperatura mayor al medio ambiente en donde vierte sus descargas.



La marisma actúa como cuenca de evaporación separada del cuerpo lagunar por un bordo natural poblada de manglares con entradas restringidas de mareas. Las entradas de agua se limitan a los flujos de pleamares de mareas vivas con un elevado retraso en sus reflujos lo que provoca un tiempo de residencia del agua elevado y por las características climáticas de la región, se producen concentraciones elevadas de salinidad. Consecuentemente la marisma está desprovista de vegetación por la hipersalinidad del suelo (> 120 ups), a pesar de localizarse dentro de los niveles topográficos correspondientes a bosques de *A. germinans* en el mismo complejo lagunar.

Según Lankford (1977), el estero de Urías lo ubica en la región D y lo clasifica como III-B, (III-A) con características de energía típicamente baja, excepto en los canales de marea y durante condiciones de tormenta; salinidad variable que depende de las condiciones climáticas.

El clima del área es tropical cálido tipo subhúmedo con lluvias de verano, siendo el más seco de los subhúmedos (Awo (w) (e) (García, 1973), con una temperatura media anual de 25 a 28°C en el área de transición climática determinada por el Trópico de Cáncer. Los vientos predominantes son el NW en el invierno y el SW en el verano. La precipitación pluvial media anual menor a los 700 mm con un marcado periodo de lluvias a finales del verano y principios del otoño, frecuentemente acompañados por depresiones, tormentas tropicales y ocasionales huracanes provenientes del Pacífico Sur de México (Álvarez, 1978).

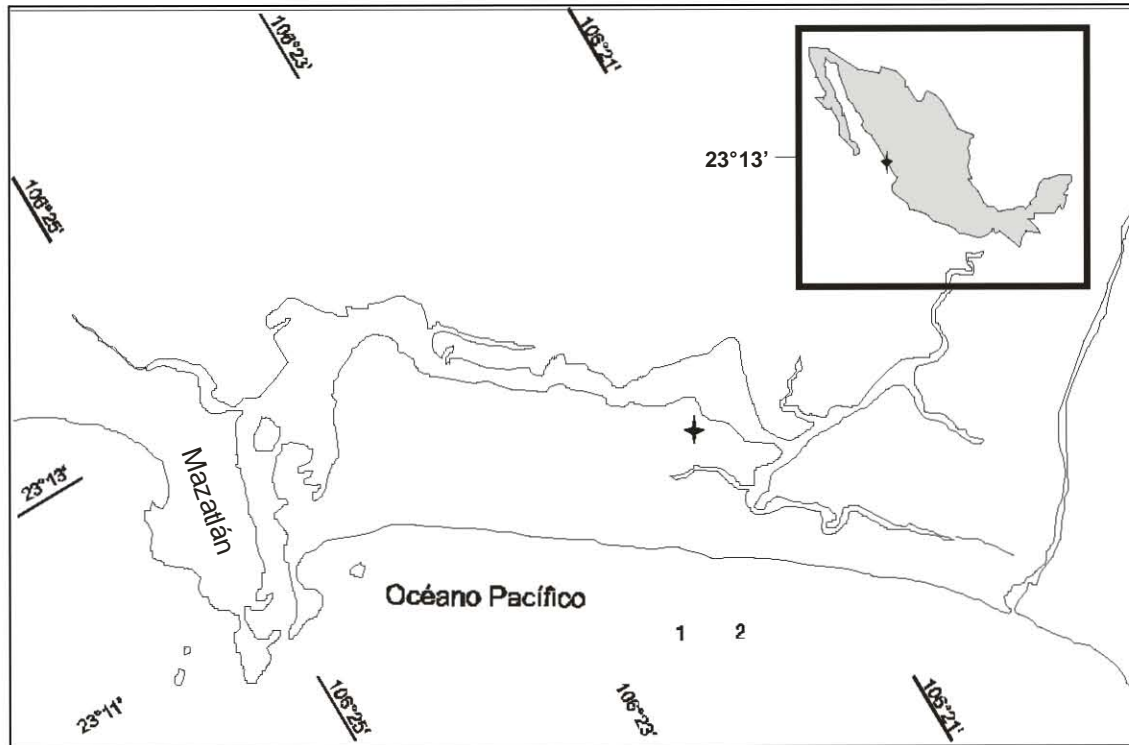


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Estero de Urías).



Figura 2. Fotografía Aérea escala 1:35,000 (Estero de Urías)  
Fuente: INEGI, 1970.

## **5. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Construcción de los canales.**

Se construyeron cinco canales perpendiculares al canal de mareas a partir del límite de los manglares tipo matorral y hacia el interior de la marisma. Las dimensiones fueron de un metro de ancho por 0.30 m de profundidad por 30 m de largo cada uno, con el objetivo de poder establecer un mayor número de repeticiones. Al inicio del experimento se contaba con un canal con cuatro años de antigüedad. Para identificar cada uno de los canales se les asignaron números progresivos, el número uno fue para el canal abandonado (viejo) y al último el número seis. La fecha de construcción fue el 16 junio del 2004 (canal dos) y el 30 de julio (canal tres, cuatro, cinco y seis)

Para ello se utilizaron de dos a cuatro palas de 23 x 30cm de hoja de acero cardioforme y un mango de madera de 1.5 m de longitud y 1.5 pulgadas de diámetro y una mano de obra de dos a tres participantes con un esfuerzo total equivalente a 24 horas-hombre. El material de la excavación se depositó al lado del canal. Los canales fueron construidos en forma perpendicular al estero y paralelos entre si a una distancia de 50 m.

### **5.2 Salinidad intersticial**

La medición de la salinidad intersticial se realizó con un refractómetro American & Optical con 0.2 ups de sensibilidad e intervalo de 0 a 100 ups. Las muestras se obtuvieron a través de 14 pozos distribuidos cada cinco metros a lo largo de cada canal a 0.5m y a un metro de distancia del canal. Los pozos de 30 cm de

profundidad, se hicieron de forma manual utilizando una pala pocera de 30 cm de diámetro con un mango de madera de 1.5 m de largo y 1.5 pulgadas de diámetro. Una vez hechos los pozos se esperó de 10 a 20 minutos para que trasminara el agua intersticial. Posteriormente se recolectó el agua acumulada en un frasco de 100 ml y se etiquetó para su dilución (en casos mayores a 100 ups) y análisis en laboratorio. Los valores obtenidos se capturaron en una tabla para su posterior interpretación.

Se recolectaron las muestras del agua intersticial en la marisma sin influencia de canales como testigo y para el monitoreo de los niveles de salinidad.

Inicialmente la metodología comprendía la toma de datos a lo largo del canal y de la información obtenida se calcularía el promedio de salinidad para cada canal. Sin embargo, dos meses después de contruidos los canales se observó que el gradiente de salinidad se presentaba a lo largo y a lo ancho del canal, por lo que se decidió establecer un nuevo patrón de medición con el objetivo de recabar datos que mostraran mayor representatividad. El patrón de medición consistió en tomar 14 muestras a lo largo del cada canal a una distancia de 0.5 m y un metro de la orilla. Estos muestreos se realizaron en periodos mensuales.

### **5.2.1 Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se llevó a cabo determinando los siguientes parámetros:

1. Promedio mensual por canal
2. Promedio anual de la salinidad de 0.5 m y un metro de todos los canales a lo largo del canal cada cinco metros de distancia.

3. Análisis con regresiones lineales de los promedios mensuales de salinidad por canal y la marisma durante un periodo de siete meses a un año aproximadamente.
4. Análisis de significancia de las pendientes de las regresiones lineales de salinidad por canal y la marisma. Comparación de pendientes de regresión (Zar, 1996).
5. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, contenido en el paquete estadístico Minitab para comparaciones de las salinidades promedio mensuales entre los canales y la marisma.
6. Prueba estadística de la ANOVA (de dos vías) de promedios mensuales de salinidad a 0.5 m y a un metro vs distancia longitudinal (cada cinco metros) tomando como factor uno la salinidad a medio metro del canal y el factor dos los valores a un metro.

### **5.3 Plantación experimental de *A. germinans***

Para el establecimiento de plantación de *A. germinans* se utilizaron cuatro canales. Los canales seleccionados para la plantación fueron el uno, dos, cinco y seis. La siembra se realizó con plantas provenientes de propágulos germinados en charolas de poliestireno de 200 cavidades y el sustrato para la germinación fue Sunchine no. 3 utilizado por viveristas.

Los propágulos de *A. germinans* se obtuvieron mediante colecta directa en los manglares adyacentes a la marisma donde se encuentra el experimento. Se seleccionaron los propágulos de mayor tamaño, sin daños causado por plagas

(presencia de picaduras y daño en los cotiledones) y se desecharon los que presentaron falta de madurez (con cutícula verde oscuras).

Las charolas con los propágulos se colocaron en un área cubierta con mallasombra (50%) en donde se mantuvieron hasta que presentaron de seis a ocho hojas verdaderas (44 días), en este tiempo se regaron cada cuatro días con agua dulce. En el mes de agosto se trasladaron al área del experimento para la plantación.

El método para llevar a cabo la siembra consistió en utilizar una cuerda con marcas cada 0.50 m; esta cuerda se colocó a lo largo del canal fijado por una estaca en cada extremo. Los hoyos se efectuaron con un estacón de madera que formaba una cavidad cónica que correspondía a la forma del cepellón de la planta. Posteriormente se procedió a colocar las plantas en cada una de las cavidades, teniendo el cuidado de no dejar enterrado el cuello.

Las plantas antes de llevarlas al sitio definitivo para el trasplante, usualmente se someten a un periodo de endurecimiento en el vivero, esto es, a salinidades diferenciales para tener un mayor porcentaje de sobrevivencia y reducir al mínimo el estrés salino.

La siembra se inició en el mes de octubre para los canales uno y dos, donde se trazaron tres líneas paralelas al canal mediante el uso de una cuerda de nylon de seis mm. La primera línea se sembraron 60 plantas en la orilla y a lo largo del canal a una distancia de 0.5 m entre plantas. En la segunda hilera se realizó el mismo procedimiento, a una distancia 0.5 m del canal. En la tercera hilera, a un metro de distancia al canal y a un metro entre plantas quedando 150 plantas por canal en los canales uno y dos, con una densidad de cinco plantas  $m^{-2}$ .

En el canal cinco, se instalaron 108 plantas y en el canal seis un total de 66 plantas realizados el 8 de noviembre del 2004. La siembra fue realizada en la orilla, a 0.5 m y a un metro de distancia del canal, y de 0.5 m la distancia entre plantas, obteniendo una densidad de seis plantas  $m^{-2}$ .

#### **5.4 Instalación con malla sombra.**

En los canales tres y cinco se utilizaron seis postes de dos metros de largo por cinco centímetros de diámetro enterrados 25 cm en el sedimento para fijar una malla-sombra. En ambos canales se cubrió el lado derecho del canal en una extensión de 3X10 m (30  $m^2$ ). En el canal cinco se le asignó el número 5 (a) a la zona con sombra. El lado izquierdo del canal correspondería las plantas sin sombra cinco (b).

La malla fue de material de plástico color negro (con luz de malla de 50% de atenuación luminosa) resistente a los rayos uv que se usa comercialmente para viveros. La malla se sujetó con hilos y alambre a los postes a una altura de 1.5 m.

##### **5.4.1 Plantación de *Avicennia germinans* en presencia y ausencia de malla-sombra.**

En el canal cinco (a) se realizó la plantación en tres hileras en ambos lados del canal. En la parte sombreada la plantación se estableció en un área de un metro de ancho por diez metros de longitud. El lado no sombreado cinco (b) fue de uno por siete metros. La densidad de plantación fue de seis plantas  $m^{-2}$ . La distancia entre planta y planta fue de 0.5 m dando un total de 108 plantas en ambos lados del canal. En la primera hilera las plantas se colocaron a la orilla del canal, la

segunda a una distancia de 0.5 m del canal, y en la tercera hilera la distancia fue de un metro.

### **5.5. Monitoreo de sobrevivencia de plántulas de manglar negro (*A. germinans*).**

Una vez realizada la plantación en los canales uno y dos se utilizó para el registro de la información un formato en el cual se anotaron los valores de las plántulas de acuerdo a su ubicación con respecto a los canales (Tabla 1). Los registros se efectuaron de acuerdo al número que les correspondía en cada hilera. En la primera y segunda hilera se tenían 60 plantas cada una y en la última la que se ubicó a un metro del canal, 30 plantas.

Para efectos de esta investigación no se llevó a cabo la pre-adaptación o el endurecimiento en el vivero. Se determinó realizar la plantación directamente en el campo, con el propósito de observar el comportamiento de la sobrevivencia de las plántulas bajo las condiciones de hipersalinidad aún presentes en los canales y para iniciar el monitoreo con las sobrevivientes una vez transcurrido 28 días. Estas plantas fueron consideradas como la población inicial del experimento.

Los primeros resultados de sobrevivencia de *A. germinans* para cada uno de los canales donde se realizó el experimento se estimó mediante el porcentaje de sobrevivencia obtenida después de los 28 días de la plantación. Posterior a este periodo se determinaron los porcentajes mensuales de sobrevivencia totales y número de plantas y porcentaje de sobrevivencia por niveles (orilla, 0.5 m y un metro).



### 5.5.1 Análisis Estadístico

Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para determinar las diferencias en cuanto a la sobrevivencia de las plantas entre los canales así como el canal cinco (a) con sombra cinco (b) sin sombra.

### 5.6 Monitoreo de crecimiento

A las plantas que sobrevivieron en la primera medición se les colocó una etiqueta con su número correspondiente para llevar un control individual por planta; posteriormente se midió la altura de cada planta. La primera altura correspondió a la distancia del piso al ápice y la segunda parte del nudo cotiledonar al ápice.

Se realizó un conteo del número de hojas que estuvieran verdes y se anotó su estado de salud. Los datos obtenidos se tomaron como el valor inicial y sirvió de base para evaluar el crecimiento de las plantas en forma mensual.

**Tabla 1**

Formulario para el registro de información de campo.

información de campo								
Nombre del que tomó la muestra:								
Fecha:				No. Consecutivo.				
Canal:								
Código	Alturas (cm)		No. de nudos	No. de hojas	Estado sanitario			Observaciones
	1	2			S	R	M	

### 5.6.1 Análisis Estadístico.

Para el evaluar la curva de crecimiento de las plantas de *A. germinans* se analizó con una regresión lineal por canal.

Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, (Sherman, *et al.*, 2000; Elster, 2000) para determinar las diferencias en cuanto al crecimiento de las plantas entre los canales así como el canal cinco (a) con sombra y cinco (b) sin sombra .

### **5.7 Determinación de colonización de *Uca* sp.**

En los canales con sombra tres y cinco, se consideró aplicar el método de cuantificación del número de madrigueras (agujeros y montículos de sedimento) por unidad de área, con el objetivo de estimar la presencia de galerías de cangrejos *Uca* sp. El equipo utilizado consistió un rectángulo de solera de aluminio de seis mm de grueso y una pulgada de espesor con medidas de 0.25 X 0.40 m lo que equivale a un área de (0.1 m<sup>2</sup>).

El procedimiento de muestreo consistió lanzar el rectángulo de manera aleatoria dentro de una franja previamente delimitada en un total de diez veces. Se cuantificó el número de galerías o montículos por cada lance y se determinó el promedio. Este valor se multiplicó por diez y el producto fue el número de orificios m<sup>-2</sup>. Los lances se realizaron al azar en un área de dos por 30 metros al margen del canal con sombra y sin sombra. Los diez lances fue para cada área y en los canales tres y cinco. Adicionalmente se realizaron diez muestreos en un área paralela al canal pero fuera de la influencia de éste y para su identificación se le designó como muestreo en marisma (testigo).

El muestreo que se realizó de los orificios de las galerías construidas por los cangrejos se llevó a cabo mensualmente en un periodo de siete meses.

Para aplicar la prueba de significancia a las muestras se tomaron en consideración tres tratamientos:

1. franja transversal del canal con área de dos metros de ancho por 20 m de largo con exposición solar directa canales tres y cinco.
2. franja transversal del canal con un área de dos por diez metros de longitud cubierta con malla sombra canales tres y cinco.
3. área de la marisma como testigo.

### **5.7.1 Análisis estadístico.**

Para comparar el resultado de población de *Uca* sp, obtenido del experimento se determino realizar una prueba de valores promedio, desviación estándar y error estándar, un método no paramétrica de (Kruskall-Wallis), aplicando el método de ANOVA con el paquete estadístico Minitab comparando los tres tratamientos por canal y entre los dos canales.

### **5.8 Estructura forestal**

La estructura del bosque de manglar consistió en la medición del área basal, densidad y frecuencia.

Para conocer la estructura del bosque de manglar adyacente al área de estudio se utilizó el método de los cuadrantes a un punto central (point centered quarter method) de Cottan y Curtis, (1956) modificado por Cintrón y Novelli (1972). El método consiste en un transecto de 20 puntos y en cada punto se coloca una cruz de madera de 0.5 x 0.5 m de longitud sobre un estadal de 1.7 m de altura. La cruz define cuatro planos imaginarios perpendiculares entre si y se determina la

distancia al árbol más cercano a partir del punto de referencia, la circunferencia al nivel del pecho del observador (dap) y especie de manglar de cada uno de los planos a lo largo del transecto (Fig. 3).

La distancia entre los puntos debe ser mayor a la distancia entre el punto anterior y el árbol a mayor distancia de los cuatro planos para evitar la medición del mismo árbol por dos puntos vecinos.

El método exige un mínimo de 20 puntos por lo que se hicieron necesario realizar cuatro transectos de cinco puntos, paralelos y perpendiculares al cuerpo lagunar por las limitaciones de espacio de la franja de manglar.

El método no exige una rigidez en la dirección del transecto sin embargo se deben excluir los fustes menores de nueve centímetros de circunferencia.

Las formulas aplicadas para conocer las características estructurales del bosque de manglar fueron las siguientes:

### 5.8.1 Densidad.

La densidad es considerada el número de individuos de una población por unidad de superficie (Cintrón, G. y Y. Schaeffer. 1984) y se calcula de la siguiente manera:

1. Densidad Absoluta del Bosque (DAB):

$$DAB = \frac{1}{\bar{d}^2} \times 10,000m^2 \quad \text{Donde} \quad \bar{d} = \frac{\sum(d_1 + d_2 \dots + d_n)}{n}$$

donde ( $\bar{d}$ ) es la distancia promedio (en metros) de todos los puntos del transecto para obtener la Densidad Absoluta del Bosque en términos de fustes por hectárea.

## 2. Densidad Relativa por Especie (DRsp).

$$DRsp = \frac{\#sp_1}{\#sp_1 + \#ps_2 + \#sp_3} \times 100$$

donde #sp1 es el número de árboles ó fustes de la sp. 1 detectados a lo largo del transecto.

La densidad relativa se obtiene al dividir el número de fustes de cada especie entre el total de fustes encontrados.

## 3. Densidad Absoluta por Especie (DAsp)

$$DAsp = DAB \times DRsp / 100$$

La DAsp corresponde a la número de fustes de la especie sp1 por hectárea.

### 5.8.2 Frecuencia

La frecuencia absoluta se obtiene al dividir la presencia de cada una de las especies en cada punto entre el total de puntos realizados. De acuerdo al método los datos se calculan en por ciento.

## 4. Frecuencia Absoluta.

$$FAsp = \frac{\# puntos(sp_1)}{total \# puntos} \times 100$$

La frecuencia relativa se obtuvo de dividir la frecuencia absoluta de cada especie entre la suma de frecuencia absoluta de todas las especies, el resultado es expresado en porcentaje. Con esta información se determinó la importancia de los valores que nos indica que especies de manglar está dominando el área.

#### 5. Frecuencia Relativa

$$FR_{sp} = \frac{FA(sp_1)}{\sum(frecuencia)} \times 100$$

#### 5.8.3 Área basal hectárea<sup>-1</sup>

El área basal hectárea<sup>-1</sup> es la superficie que ocupa el bosque en términos del área cubierta por las áreas transversales del bosque por unidad de superficie de terreno.

El área basal promedio corresponde al promedio de las áreas transversales de tallos o troncos de una especie a la altura del pecho; se expresa en centímetros cuadrados de material vegetal promedio por especie (Martteucci y Colama, 1982).

Se obtiene partiendo del diámetro o circunferencia del tronco de cada individuo.

#### 6. Área Basal Promedio por especie (cm<sup>2</sup>/fuste sp1)

$$AB_{sp1} = \frac{\sum C^2}{4\pi} (i_{n_{sp1}})^{-1}$$

donde C es la circunferencia (en cm) de cada individuo de determinada especie.

#### 7. Área basal por hectárea por Especie (m<sup>2</sup>/ha).

$$AB_{sp}(ha) = \overline{AB}_{sp} \times DA_{sp} \times (10,000)^{-1}$$

El área basal por hectárea por especie ( $ABsp(ha)$ ) se obtiene partiendo del resultado de la densidad absoluta de esa especie ( $DAsp$ ) y por el área basal promedio de esa especie ( $ABsp1$ ) dividido entre 10,000 (para su transformación de  $cm^2$  hectárea<sup>-1</sup> a  $m^2$  hectárea<sup>-1</sup>).

#### 8. Área Basal Total por hectárea ( $m^2$ ).

$$ABt(ha) = \sum_{sp1}^{sp3} ABsp(ha)$$

El área basal total por hectárea ( $ABt(ha)$ ) se obtiene de la sumatoria de las áreas basales por hectárea de cada especie ( $ABsp(ha)$ ).

#### 5.8.4 Dominancia Relativa.

Para obtener la dominancia relativa se calculó el área basal por hectárea de cada especie, y cada una se dividió entre la área basal total por hectárea multiplicado por 100.

$$DRsp1 = ABsp(ha) (ABt(ha))^{-1} \times 100$$

### Método de los Cuadrantes a un Punto Central.

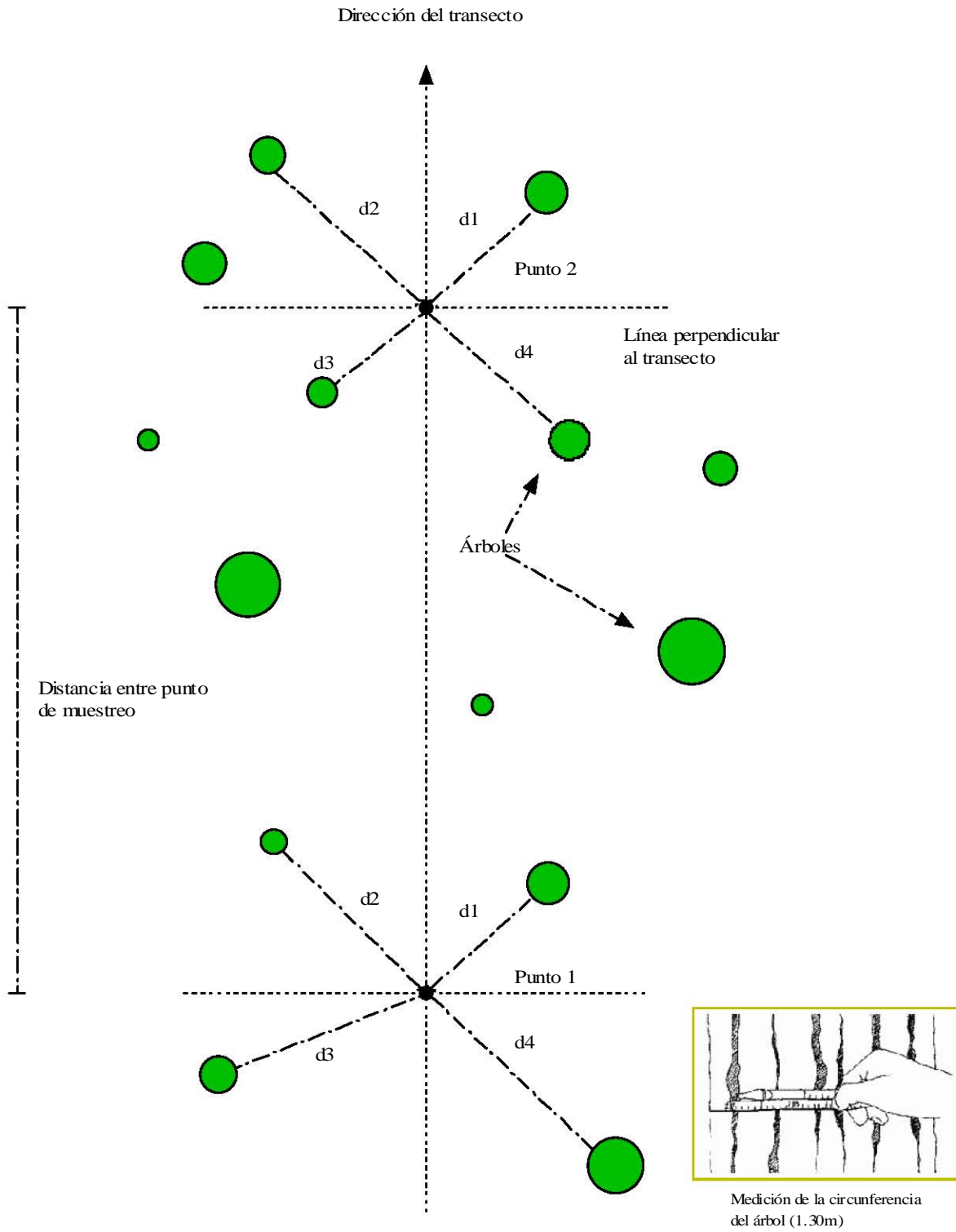


Figura 3. Método de los Cuadrantes a un Punto Central.



## 6. RESULTADOS.

### 6.1 Salinidad intersticial en los canales.

#### 6.1.1 Salinidad mensual por canal.

Los valores de la Tabla 2 se refieren a los promedios de salinidad que tuvieron los seis canales hasta el mes de mayo del 2005 (348 días para los canales uno y dos, 304 días para los canales tres, cuatro, cinco y seis).

**Tabla 2**

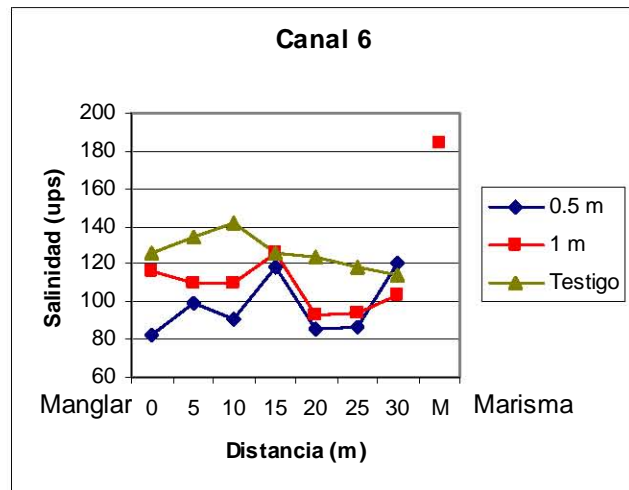
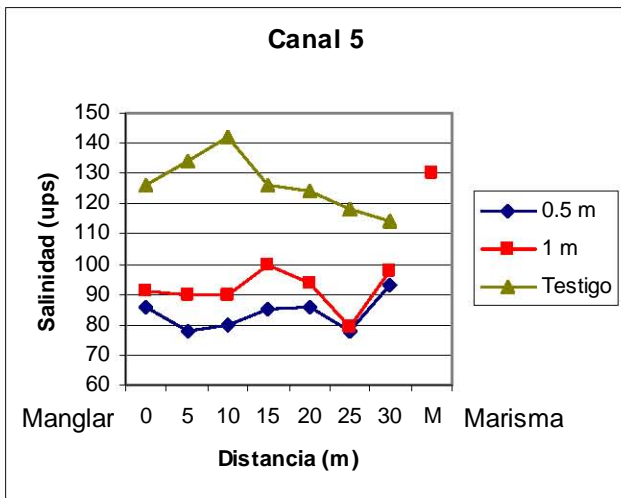
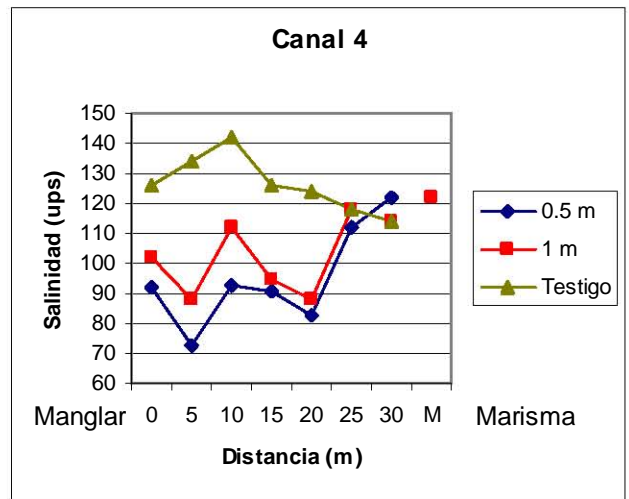
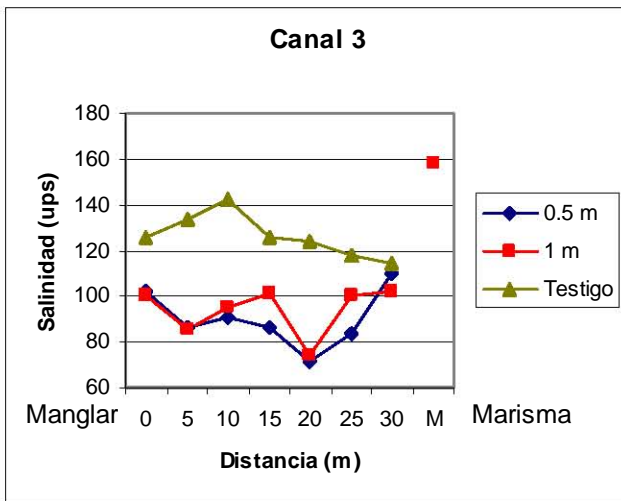
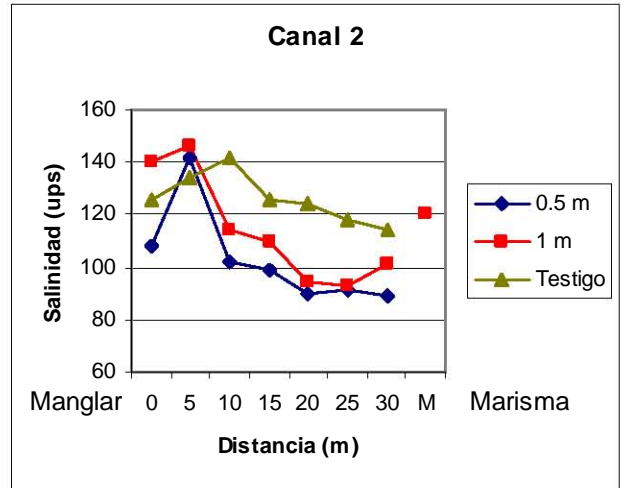
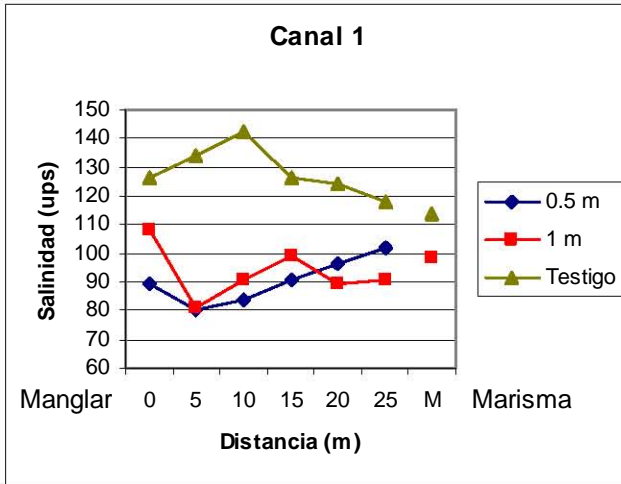
Valor promedio mensual de salinidad (ups) en los canales y en la marisma.

Mes	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	MARISMA
Jun	70	136					
Jul	55	117	139	123	145	150	
Ago	85	94	137	136	137	147	
Sep	84	106	114	114	114	124	
Oct	63	90	102	108	111	133	
Nov	66	81	96	98	107	115	119
Dic	64	83	94	99	102	114	120
Ene	68	83	81	88	90	104	113
Feb	64	82	78	90	84	96	113
Mar	92	96	88	91	85	112	124
Abr	67	84	79	90	83	91	118
May	92	109	92	99	93	102	126

Fuente directa.

#### 6.1.2 Salinidad intersticial a lo largo (30 m) y ancho de los canales (0.5m y un metro).

El comportamiento de la salinidad intersticial a lo largo del canal durante al final de experimento se muestra en la Figura 4. Estos valores corresponden a las distancias de 0.5 y un metro en el sentido transversal, de cada uno de los seis canales y se compara con el valor obtenido de la marisma (testigo). La distancia (0 m) es donde inicia el canal cerca de la franja del manglar tipo matorral y da inicio a la marisma. El valor de 30 m fue el final del canal.



**Figura 4.** Variación en los niveles de concentración de salinidad en los canales al final del experimento 30/05/2005.

En la Tabla 2 se presentan los niveles iniciales de salinidad al momento de construir los canales así como la variación que se generó a lo largo del tiempo por efecto del tratamiento. De acuerdo a estos datos se observó que el canal uno presentó una menor concentración de salinidad. La explicación a este fenómeno es que este canal tenía 4 años de haberse construido, consideramos que debido a su elevado nivel de azolvamiento su comportamiento respondió más a las condiciones climáticas de la temporada que al efecto del canal. Esto se ve reflejado en el coeficiente de determinación  $R^2$  (0.09) y en la pendiente que resulto positiva (0.033 ups día<sup>-1</sup>) manteniéndose estable durante el invierno-seco (octubre a febrero) y variable en el verano, disminuyendo los días con lluvia (julio) y ascendiendo durante el verano-seco (marzo-junio) y ocasionalmente durante el verano-lluvias (agosto-septiembre) dependiendo de los periodos sin lluvia dentro de la misma época de lluvias (canículas de verano, Fig. 18).

### **6.1.3 Curvas de regresión de salinidad a través del tiempo en los canales y marisma.**

Los resultados que arrojó el análisis de regresión (Fig. 5,6,7,8,9,10 y 11) con respecto a la comparación de las pendientes fue que en todos los casos analizados con excepción del canal uno(viejo) y la marisma, las pendientes mostraron una tendencia negativa lo que significa que existe una desalinización.

El canal dos presentó un valor de  $R^2= 0.28$  y la menor pendiente (0.08 ups día<sup>-1</sup>) con respecto a los canales tres, cuatro, cinco y seis resultando éstos 2.1, 1.5, 2.2 y 2.1 veces superiores al canal dos respectivamente.

El análisis de regresión del canal tres mostró una pendiente negativa 2.16 veces mayor que el canal dos así como un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.70$ . El efecto de la desalinización es a la baja como lo demuestra la pendiente obtenida en el periodo de 11 meses.

El canal cuatro al igual que el anterior presentó una pendiente negativa (1.5 veces mayor que el canal dos) como consecuencia de la reducción de la salinidad intersticial en el periodo analizado.

El canal cinco presentó una mayor pendiente (-0.182 ups/día) y un coeficiente de determinación elevado de ( $R^2 = 0.79$ ), siendo el que mayor desalinizo en una relación de 2.2 veces que el canal dos.

El canal seis fue de los que mayor concentración inicial de salinidad presentó y el proceso de desalinización reporto una relación de 2.1 veces mayor que el canal dos.

En la marisma (testigo) el resultado del análisis de regresión mostró una pendiente positiva ( $0.029 \text{ ups día}^{-1}$ ), y el resultado está indicando un valor bajo de  $R^2 = 0.16$ . Sin embargo se observa que el comportamiento de la salinidad es muy variable durante los meses analizados. Este comportamiento está relacionado con los factores de precipitación, evaporación y tiempo y periodo de residencia de las mareas (Fig. 18).

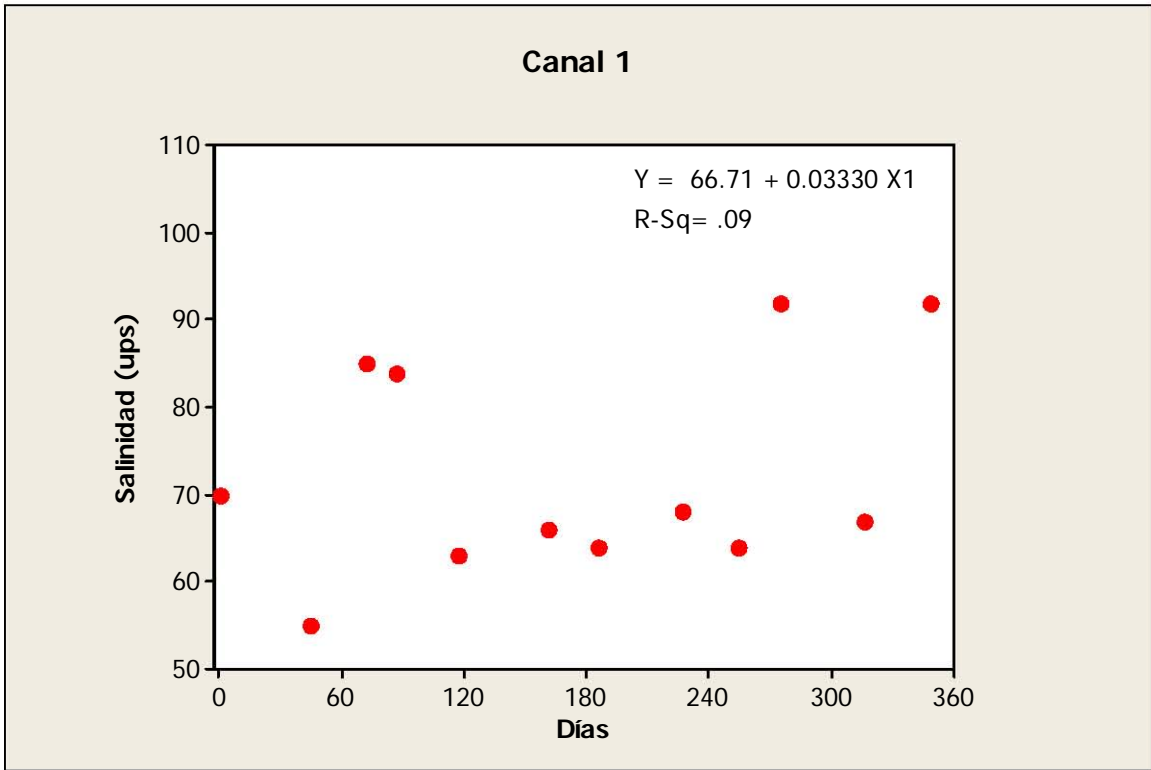


Figura 5. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal uno.

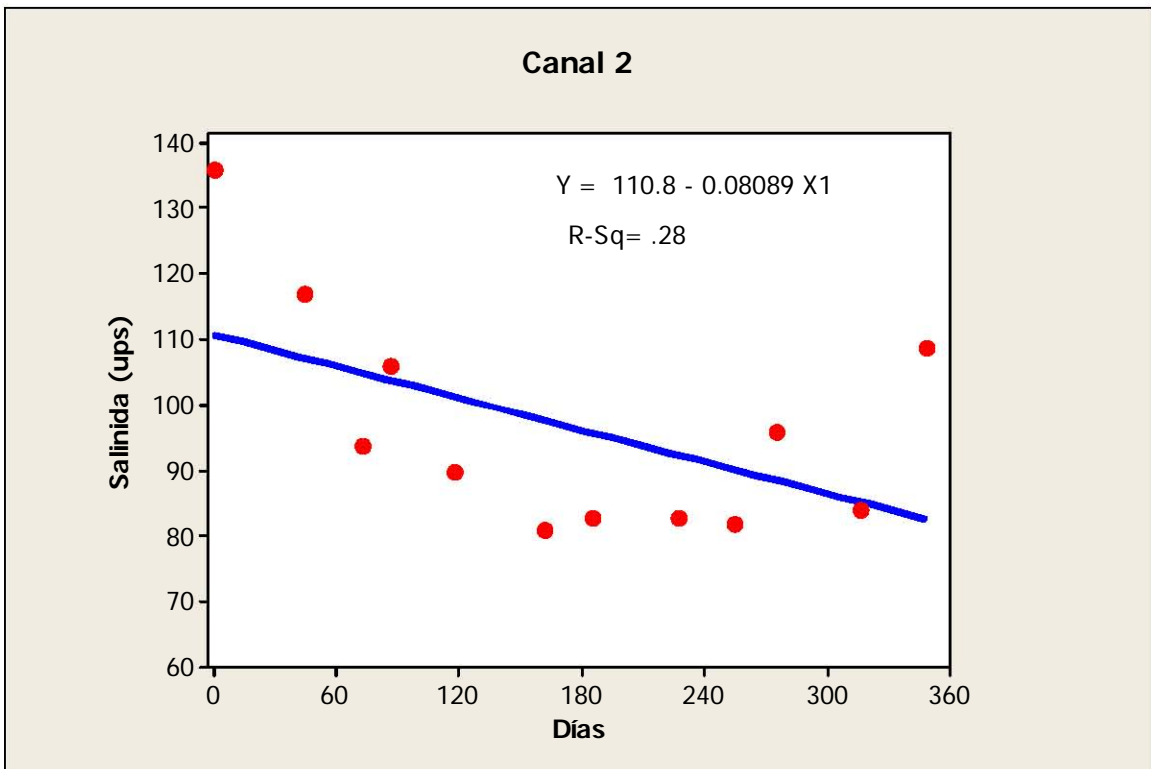


Figura 6. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal dos.

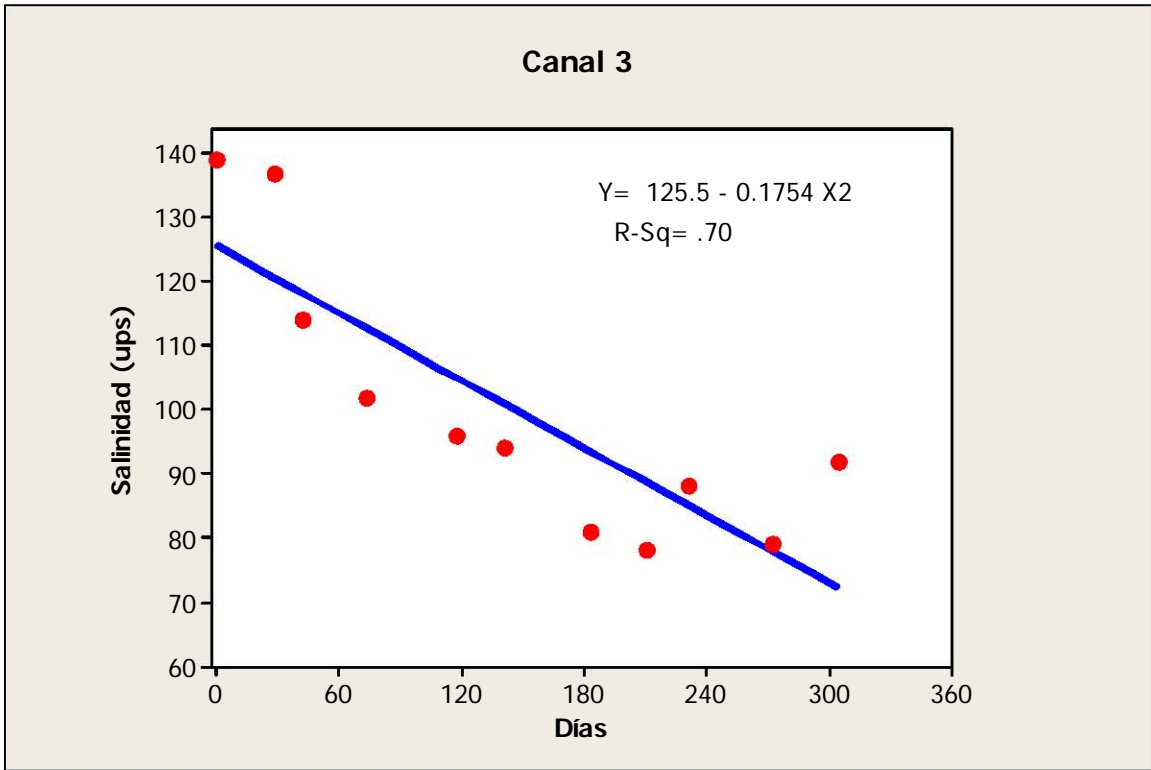


Figura 7. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal tres.

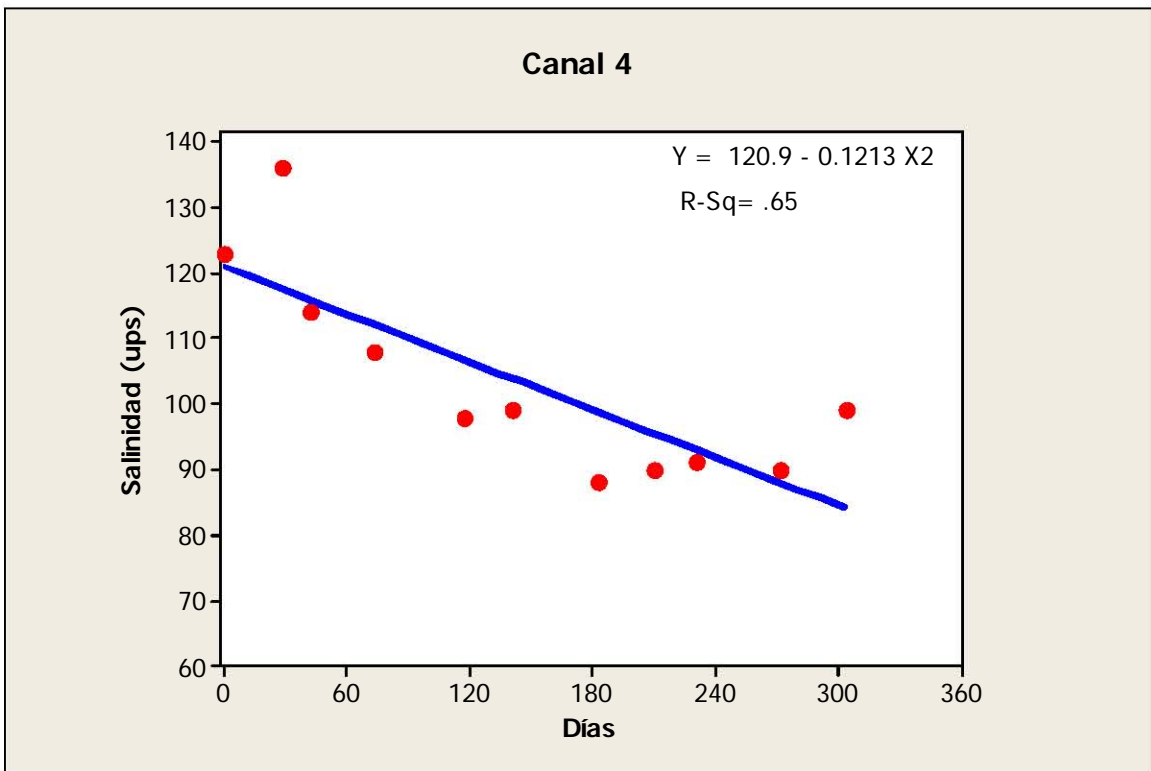


Figura 8. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal cuatro.

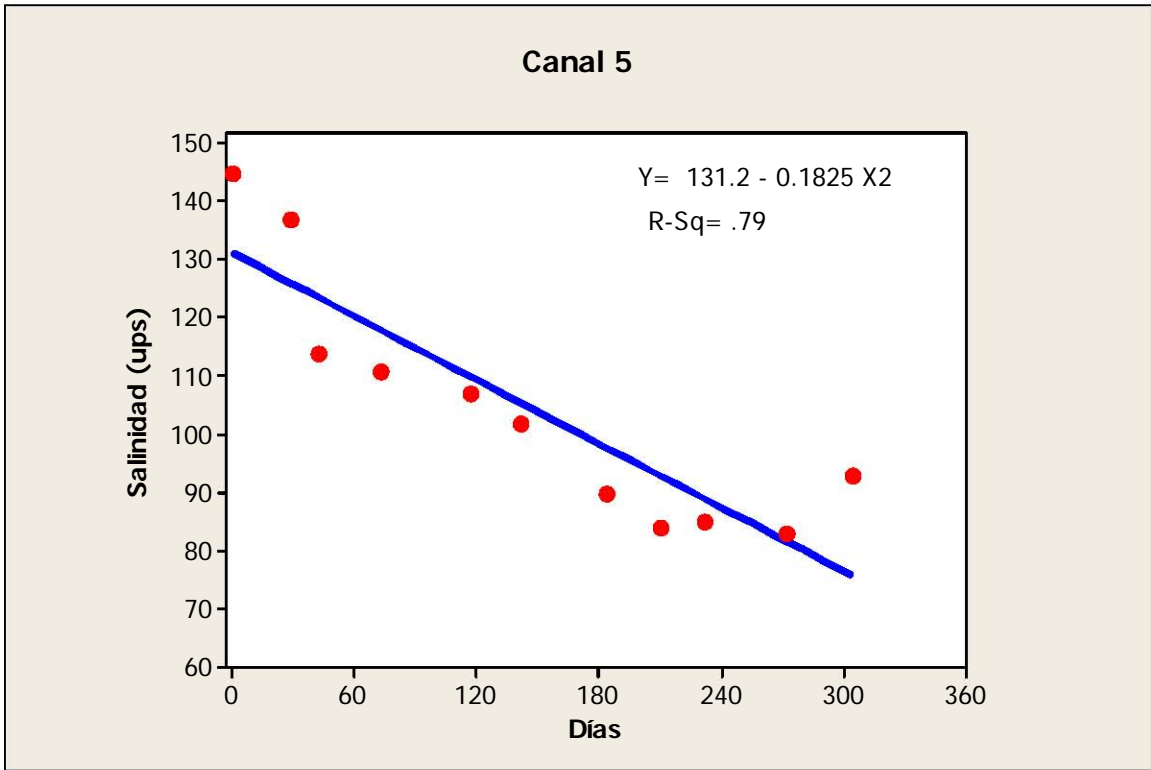


Figura 9. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal cinco.

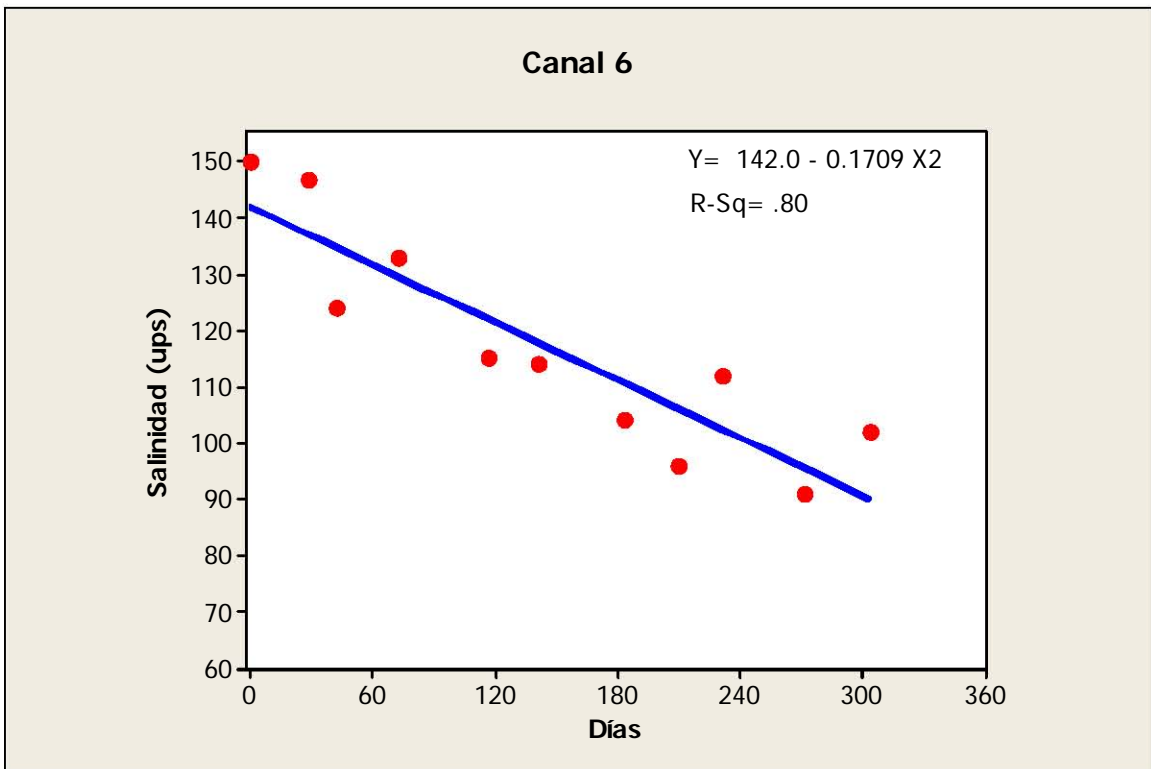
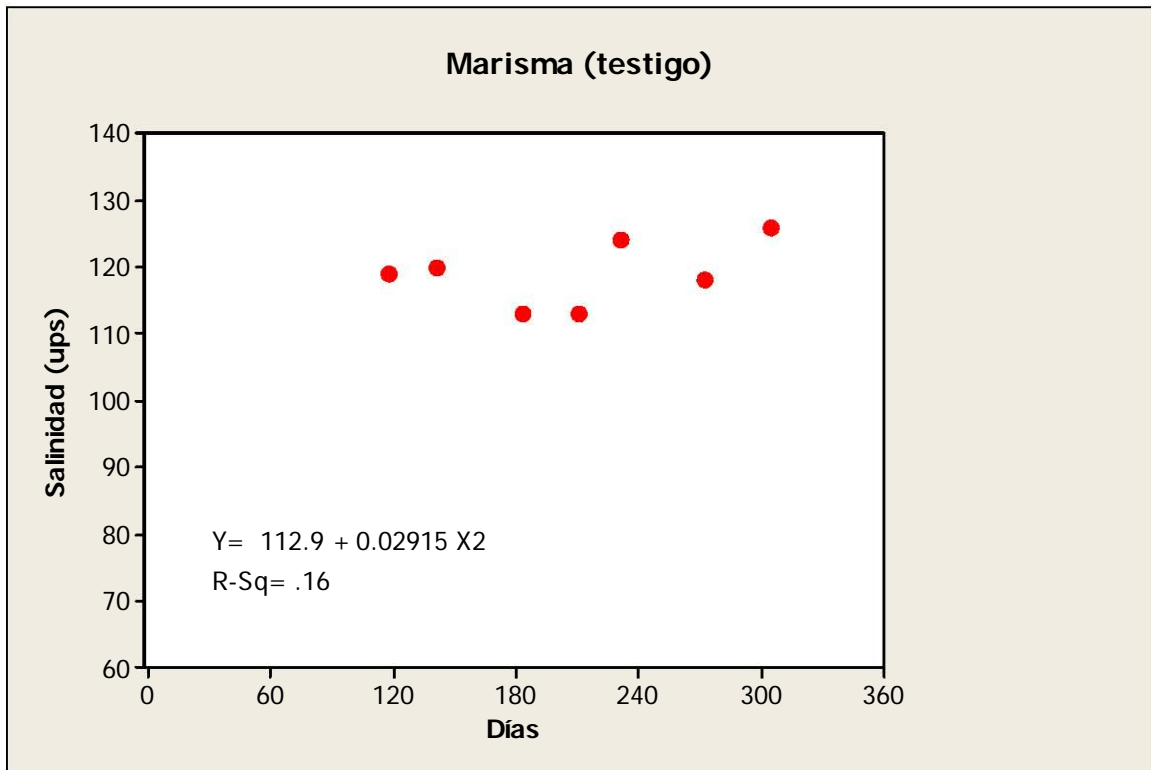


Figura 10. Regresión lineal de salinidad vs tiempo del canal seis.



**Figura 11.** Regresión lineal de salinidad vs tiempo del testigo.

#### **6.1.4 Análisis de varianza de las salinidades entre los canales y la marisma.**

En la Tabla 3 se presenta el resultado de la prueba estadística del análisis de varianza de las salinidades intersticiales promedio de los diferentes canales y el testigo (marisma). El canal uno la salinidad es significativamente menor en comparaciones con los otros cinco canales. El canal seis fue significativamente mayor en la concentración de salinidad intersticial que el canal dos. En la prueba resultó que no hubo diferencias significativas entre el canal seis y la marisma.

Al efectuar la comparación del canal uno (viejo) con respecto a todos los demás tratamientos los datos tienen un nivel de significancia de un 99% (Tabla 3). Esto se manifiesta debido a la alta concentración de salinidad intersticial del área



desde el inicio del experimento, por tal motivo se eliminó de la prueba el canal uno, realizando la prueba de significancia únicamente al resto de los canales (dos, tres, cuatro, cinco y seis). La prueba estadísticas se realizó comparando el canal dos contra los otros canales (tres, cuatro, cinco y seis) lo que dio como resultado que con el canal seis los valores fueron significativamente mayor, pero para el caso de los canales tres, cuatro y cinco la prueba resulto no significativa, es decir el comportamiento de la salinidad es de manera similar. Al realizar las combinaciones de tres, cuatro, cinco y seis en el resto de los análisis dio como resultado que fue no significativo (NS). Las evidencias encontradas en el análisis de salinidad intersticial que se realizó a los cinco canales construidos como mecanismo de desalinización por el hidroperíodo, mostraron que cuando estos canales se comparan con la marisma, la variación de la salinidad es significativa lo que indica que el método de establecer canales para desalinizar áreas hipersalinas cumplen con el objetivo del tratamiento, y se infiere que con este método se pueden presentar condiciones para el establecimiento de los manglares. Sin embargo es indispensable que los canales no se encuentren azolvados, para que se realice de manera eficiente la desalinización.

Tabla 3

Prueba de significancia de salinidad intersticial entre canales.

Canales	P	P ajustada	Resultados	
T vs 1	0.000	-	S	T>1
T vs 2	0.005	-	S	T>2
T vs 3	0.042	-	S	T>3
T vs 4	0.026	-	S	T>4
T vs 5	0.042	-	S	T>5
T vs 6	0.497	-	NS	T=6
1 vs 2	0.003	-	S	1<2
1 vs 3	0.002	0.002	S	1<3
1 vs 4	0.000	-	S	1<4
1 vs 5	0.001	-	S	1<5
1 vs 6	0.000	-	S	1<6
2 vs 3	0.926	0.0926	NS	2=3
2 vs 4	0.166	-	NS	2=4
2 vs 5	0.268	-	NS	2=5
2 vs 6	0.016	-	S	2<6
3 vs 4	0.491	-	NS	3=4
3 vs 5	0.577	-	NS	3=5
3 vs 6	0.053	-	NS	3=6
4 vs 5	0.948	0.948	NS	4=5
4 vs 6	0.066	0.066	NS	4=6
5 vs 6	0.108	0.066	NS	5=6

Prueba con un valor de significancia del 95%.

### 6.1.5 Análisis de comparación de pendiente de las regresiones de salinidad de los canales.

El análisis de la pendiente entre los canales resultó que entre ellos no hay diferencia significativa (dos, tres, cuatro, cinco, seis) con excepción del canal uno que fue el que presentó pendiente positiva. Para el análisis de pendientes no se considero el testigo (T) y el canal uno debido a que las pendientes tienden a ser positivas. Se comparo entre ellos y el resultado fue no significativo (NS), con un valor de pendiente +0.03 (1) a +0.02 (T) ups día<sup>-1</sup> (Tabla 4).

Al presentar tendencia positivas el canal uno y el testigo se infiere que existe diferencia significativa con las pendientes de los canales (dos, tres, cuatro, cinco y

seis). La comparación de las pendientes de desalinización no fue significativa entre los canales dos al seis; que osciló de -0.08 (2) a -0.18 (5) ups día<sup>-1</sup>.

**Tabla 4**  
**Comparación de pendientes de la regresión entre canales.**

Canales	t	Tabla	Resultado de la prueba de pendientes	
Canal 1 vs T	0.051	2.131	NS	1=T
Canal 2 vs 3	1.672	2.093	NS	2=3
Canal 2 vs 4	0.740	2.093	NS	2=4
Canal 2 vs 5	1.940	2.093	NS	2=5
Canal 2 vs 6	1.718	2.093	NS	2=6
Canal 3 vs 4	1.166	2.101	NS	3=4
Canal 3 vs 5	0.169	2.101	NS	3=5
Canal 3 vs 6	0.120	2.101	NS	3=6
Canal 4 vs 5	1.500	2.101	NS	4=5
Canal 4 vs 6	1.228	2.101	NS	4=6
Canal 5 vs 6	0.331	2.101	NS	5=6

Prueba con un valor de significancia del 95%.

#### **6.1.6 Análisis de varianza de las salinidades a los largo (cada cinco metros) y ancho de los canales (0.5 y un metro).**

El análisis se realizó con los datos de salinidad obtenida al final del experimento (mayo 2005) considerando el área de influencia del canal a 0.5 m y a un metro, de distancia en el sentido transversal, y en el sentido longitudinal cada cinco metros. El resultado estadístico indica que en los canales dos y cinco la salinidad es significativamente menor a una distancia de 0.5 m que a un metro. En los otros cuatro (uno, tres, cuatro y seis) no hubo diferencia significativa.

En el sentido longitudinal del canal al menos en cuatro canales (dos, tres, cuatro y cinco) hay diferencia significativa en la concentración de salinidad intersticial y en dos canales (uno y seis) no se presentaron diferencias significativas.

Con estos datos de salinidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, considerando los factores: distancia transversal 0.5 m y un metro y sus

valores de la salinidad en el sentido longitudinal del canal, con la finalidad de comparar si la diferencia de salinidad en estas dos distancias eran significativas.

Los resultados del análisis de la variación de salinidad en el área de influencia del canal en el sentido transversal y a la distancia de 0.5 m y a un metro, indicó que en cuatro canales existen diferencias significativas en la medida que se aleja de área de influencia del canal (Tabla 5). Se comparó en el canal uno la salinidad obtenida a una distancia (transversal) de 0.5 m que consiste en siete muestras a lo largo de los 30 m del canal (distancia longitudinal) tomada a cada cinco metros teniendo también los mismos números demuestras pero a una distancia transversal de un metro del canal. La prueba estadística indicó que no existe diferencia significativa (NS) entre las muestras de salinidad a 0.5 m y las de un metro.

El canal dos no presenta diferencias significativas entre tratamientos, y para el canal tres el tratamiento en la distancia transversal la prueba resultó no significativa; sin embargo en el sentido longitudinal se encontró que existen diferencias significativas en cuanto el comportamiento de la salinidad a lo largo del canal.

Para el canal cuatro los tratamientos nos indica que en la distancia transversal no hay diferencias significativas por el contrario en el sentido longitudinal se encontró que si existió diferencias significativas. El caso del canal cinco en ambos sentidos la prueba resultó que existe diferencias significativas, esto es que la salinidad a una distancia de 0.5 m fue significativamente menor a los valores obtenidos a una distancia de un metro. En el sentido longitudinal las siete muestras presentaron un

gradiente de salinidad que al compararlos tienen diferencias significativas cuando la  $P < 0.05$ . Para el canal seis la prueba señaló que no hubo diferencias significativas en ambos tratamientos, los resultados se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
**Prueba de ANOVA de dos vías.**

Canales	Factores	P ajustada		Resultados
Canal 1	Distancia Transversal	0.553	NS	.05m=1 m
	Dist. Longitudinal	0.334	NS	0m=25 m.
Canal 2	Distancia Transversal	0.029	S	.05m<1 m
	Dist. Longitudinal	0.002	S	0m>30m
Canal 3	Distancia Transversal	0.293	NS	.05m=1 m
	Dist. Longitudinal	0.024	S	0m>30m
Canal 4	Distancia Transversal	0.069	NS	.05m=1 m
	Dist. Longitudinal	0.006	S	0m<30m
Canal 5	Distancia Transversal	0.004	S	.05m<1 m
	Dist. Longitudinal	0.026	S	0m<30m
Canal 6	Distancia Transversal	0.119	NS	.05m=1 m
	Dist. Longitudinal	0.148	NS	0m=30m

Prueba con un valor de significancia del 95%.

## 6.2 Sobrevivencia de *A. germinans*

La salinidad es un elemento importante que determina la distribución espacial del manglar. Las variaciones de la salinidad de los suelos están directamente asociadas a las variaciones de los cuerpos de aguas adyacentes, a la magnitud de los flujos hídricos y a las condiciones climáticas (Casas-Monroy O. y Laura Perdomo Trujillo, 2001). Estas condiciones se reflejaron en los resultados como podemos observar en la Tabla 6, donde se muestran las plantas sembradas (474) y las que sobrevivieron durante el periodo de pre-adaptación. La sobrevivencia de *A. germinans* después de la pre-adaptación fue de 146 plantas en total en los cuatro canales. Estos valores (146) son los que se tomaron como valor inicial para la evaluación de sobrevivencia.

**Tabla 6**

Valores de sobrevivencia (no. de plantas) (Pre-adaptación)

Canal	1	2	5a	5b	6	Total
Fecha de siembra	11/Oct/2004	11/Oct/2004	08/Nov/2004	08/Nov/2004	08/Nov/2004	
No de plantas	150	150	66	42	66	474
Plantas iniciales (100%)	33	36	40	26	11	146

En la Tabla 7 se puede observar los mayores niveles de mortalidad durante los primeros 16 días, (segunda lectura). Las lecturas posteriores a esta fecha indicaron que la mortalidad fue disminuyendo con excepción del canal seis que al quinto mes no quedaron plantas sobrevivientes.

**Tabla 7**

Valores de sobrevivencia (%)

Canal	1	2	5a	5b	6	Prom.
Nov	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Dic	85%	67%	63%	73%	55%	68%
Ene	67%	56%	60%	69%	27%	56%
Feb	64%	56%	55%	65%	18%	52%
Mar	61%	56%	55%	58%	0%	46%
Abr	61%	53%	48%	54%	0%	43%
May	61%	53%	48%	54%	0%	43%

fuente directa. (1,2,5a,5b,6 corresponde al no. del canal)

Respecto a las plantas sembradas a la orilla del canal, a medio metro y a un metro de distancia, la sobrevivencia se pueden observar en las Tablas 8, 9 y 10.

**Tabla 8**

Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a la orilla del canal.

Canal	1	2	5a	5b	6	Total	%
Nov	8	28	22	13	9	80	100.0%
Dic	6	22	21	10	5	64	80.0%
Ene	4	18	20	10	2	54	67.5%
Feb	4	18	18	10	2	52	65.0%
Mar	3	18	18	8	0	47	58.8%
Abr	3	18	17	7	0	45	56.3%
May	3	18	17	7	0	45	56.3%

**Tabla 9**

Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a 0.5 m del canal.

Canal	1	2	5a	5b	6	Total	
Nov	17	8	10	13	0	48	100.0%
Dic	15	2	2	9	0	28	58.3%
Ene	13	2	2	8	0	25	52.1%
Feb	12	2	2	7	0	23	47.9%
Mar	12	2	2	7	0	23	47.9%
Abr	12	1	1	7	0	21	43.8%
May	12	1	1	7	0	21	43.8%

**Tabla 10**

Valores de sobrevivencia (no. de plantas) a 1 m del canal.

Canal	1	2	5a	5b	6	Total	
Nov	8	0	8	0	2	18	100.0%
Dic	7	0	2	0	1	10	55.6%
Ene	5	0	2	0	1	8	44.4%
Feb	5	0	2	0	0	7	38.9%
Mar	5	0	2	0	0	7	38.9%
Abr	5	0	1	0	0	6	33.3%
May	5	0	1	0	0	6	33.3%

- Las sembradas a la orilla del canal de un total de 80 plantas sobrevivieron 45 (56.3%), y de las 48 plantas que se tenían a medio metro de la orilla del canal sobrevivieron 21 (43.8%) al final del experimento.
- A un metro del canal de 18 plantas sobrevivieron 6 (33%).
- Los porcentajes totales de sobrevivencia se pueden observar en la Tabla 7.

La menor mortalidad de plantas se obtuvo en las que estaban a la orilla del canal con excepción del canal uno que presentó resultados diferentes a los demás canales.

En los resultados obtenidos de sobrevivencia no encontramos diferencias entre los canales uno, dos y cinco (b). El canal uno es el que mayor sobrevivencia registro (61%) el canal dos y cinco (b) el comportamiento fue similar (53% y 54%). Donde

si hubo diferencias significativas (S) fue cuando se compara el canal uno con el cinco (a). El canal cinco (a) fue el que menor sobrevivencia reporto con un 48%. (Tabla 7). El canal seis fue el que mayor mortalidad reporto (100%) al quinto mes de experimento.

### **6.2.1 Plantas con sombra**

De acuerdo a los datos registrados se observa que la mayor mortalidad fue durante los primeros 24 días, para el caso del canal cinco la mortalidad registrada fue del 37% con sombra cinco (a) y 27% sin sombra cinco (b).

En el canal cinco (a) en la orilla de 22 plantas sembradas solamente sobrevivieron 17, a medio metro de las 10 sembradas sobrevivió sólo una y a la distancia de un metro sobrevivió una planta. El lado izquierdo del canal cinco (b) sin sombra y a la orilla del canal de un total de 13 plantas sembradas siete sobrevivieron y a un metro no se reportó sobrevivencia.

La mayor sobrevivencia en el área con sombra se obtuvo a la orilla con un 77%, a medio metro y a un metro 4.5%. Respecto al área sin sombra la sobrevivencia a la orilla y a medio metro fue 50% respectivamente y a un metro no se reportó sobrevivencia.

Con los datos obtenidos de la sobrevivencia de la *A. germinans* en los canales se procedió a realizar un análisis de varianza para el canal uno, dos y cinco.

Al comparar el área con sombra y sin sombra (canal cinco (a) con sombra y cinco (b) sin sombra) el análisis de regresión mostró que no existieron diferencias significativas con respecto a la sobrevivencia de las plántulas sometidas a estos



tratamientos en ambas zonas (Tabla 11). Se puede inferir que la mortalidad estuvo influenciada por los elevados niveles de salinidad intersticial en el área. La mortalidad de plantas en el canal seis fue elevada; en el mes de noviembre se cuantificó un 17% de sobrevivencia y para el mes de marzo la mortalidad fue del 100%, indicando que las plantas no sobreviven a estos niveles de salinidad.

### 6.2.2 Análisis de varianza para sobrevivencia de plántulas de *A. germinans*.

Existe diferencia significativa entre el canal uno donde fue mayor la sobrevivencia que el canal cinco (b), en todos los demás casos donde hubo sobrevivencia la prueba resultó no significativa (Tabla 11).

**Tabla 11**

Comparación de significancia de sobrevivencia entre canales.

Canales	P	P ajustada	Resultados	
1 vs 2	0.401	0.388	NS	1=2
5a vs 5b	0.059	0.058	NS	5a=5b
1 vs 5a	0.916	0.916	NS	1=5a
2 vs 5a	0.564	0.559	NS	2=5a
1 vs 5b	0.036	0.035	S	1>5b
2 vs 5b	0.059	0.057	NS	2=5b
1 vs 6	0.000	0.000	S	1>6
2 vs 6	0.000	0.000	S	2>6
5 <sup>a</sup> vs 6	0.000	0.000	S	5 <sup>a</sup> >6
5b vs 6	0.000	0.000	S	5b>6

Prueba con un valor de significancia del 95%.

### 6.3 Crecimiento de *A. germinans*.

El crecimiento de la plántulas de *A. germinans* presentó variación en cada uno de los canales. El resultado del análisis de regresión para el canal uno fue de 0.0095 cm día<sup>-1</sup>, mientras que la R<sup>2</sup> = 0.96, el total de los 203 días fue de 2.03 cm (Fig.

12). En el canal dos el comportamiento del crecimiento en los 203 días fue de 4.48 cm con un promedio de  $0.0227 \text{ cm. día}^{-1}$ . El análisis de regresión muestra una pendiente positiva y con una  $R^2 = 0.98$  (Fig. 13).

El periodo de crecimiento evaluado en el canal cinco (a) para el área con sombra fue de 187 días, el crecimiento generado fue de 3.22 cm y un promedio de  $0.0188 \text{ cm día}^{-1}$ . El análisis de regresión presentó una pendiente positiva con una  $R^2 = 0.94$  (Fig. 14).

En el canal cinco (b) que corresponde al área sin sombra el crecimiento del periodo fue de 0.45 cm. con un promedio de  $0.0024 \text{ cm. día}^{-1}$ . El análisis de regresión muestra una  $R^2 = 0.93$  (Fig. 15).

Al hacer la comparación de los tratamientos con sombra y sin sombra cinco (a) y cinco (b), el resultado de la pendiente fue mayor en las plantas que contaban con sombra cinco (a) en 7.8 veces, lo que indicó que el mayor crecimiento se obtuvo debido a éste tratamiento (Fig. 14).

Los resultados nos indican que los índices de sobrevivencia y crecimiento más altos se presentaron cuando la planta está más cerca (menor a 0.5 metros) del canal ya que fueron las que mejor soportaron el estrés salino, esto sugiere que la desalinización del canal permitió la sobrevivencia de estas plantas.

Por otro lado se concluye que la mortalidad de las plantas estuvo determinada por los altos niveles de salinidad intersticial y no por carecer de sombra. Pero para el caso del crecimiento la sombra si ejerce influencia.

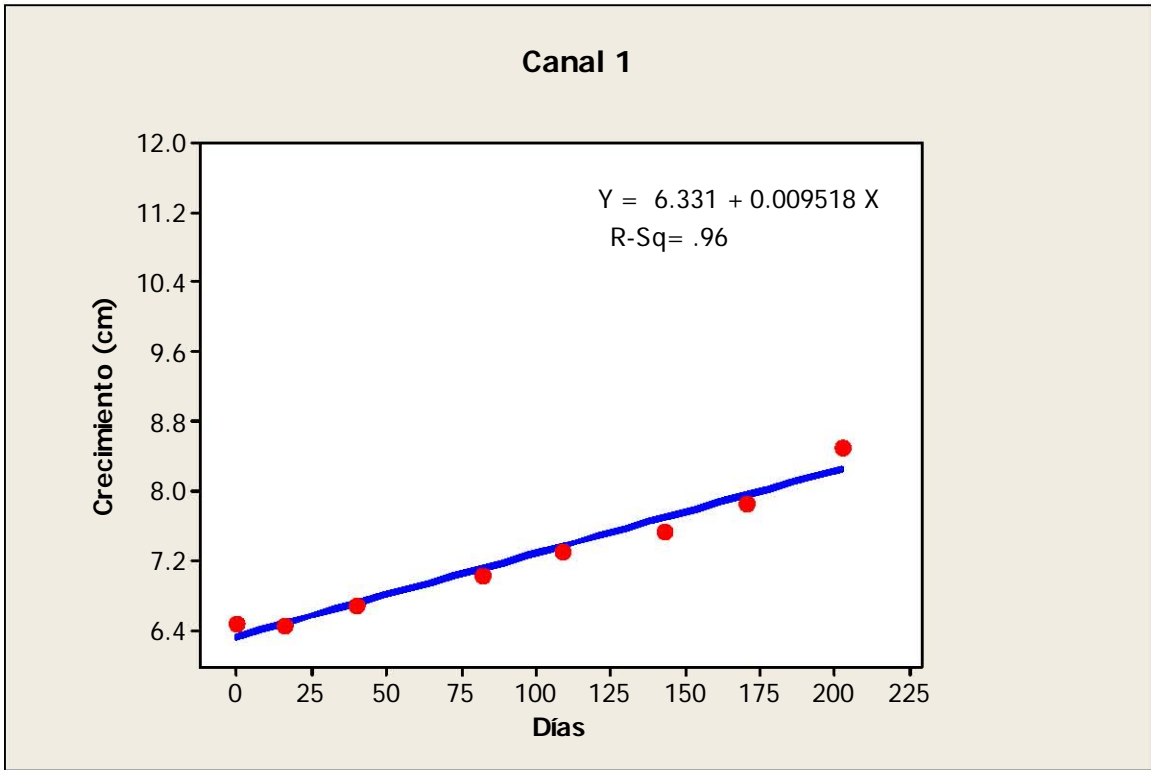


Figura 12. Curva de crecimiento de *A. germinans*, canal uno.

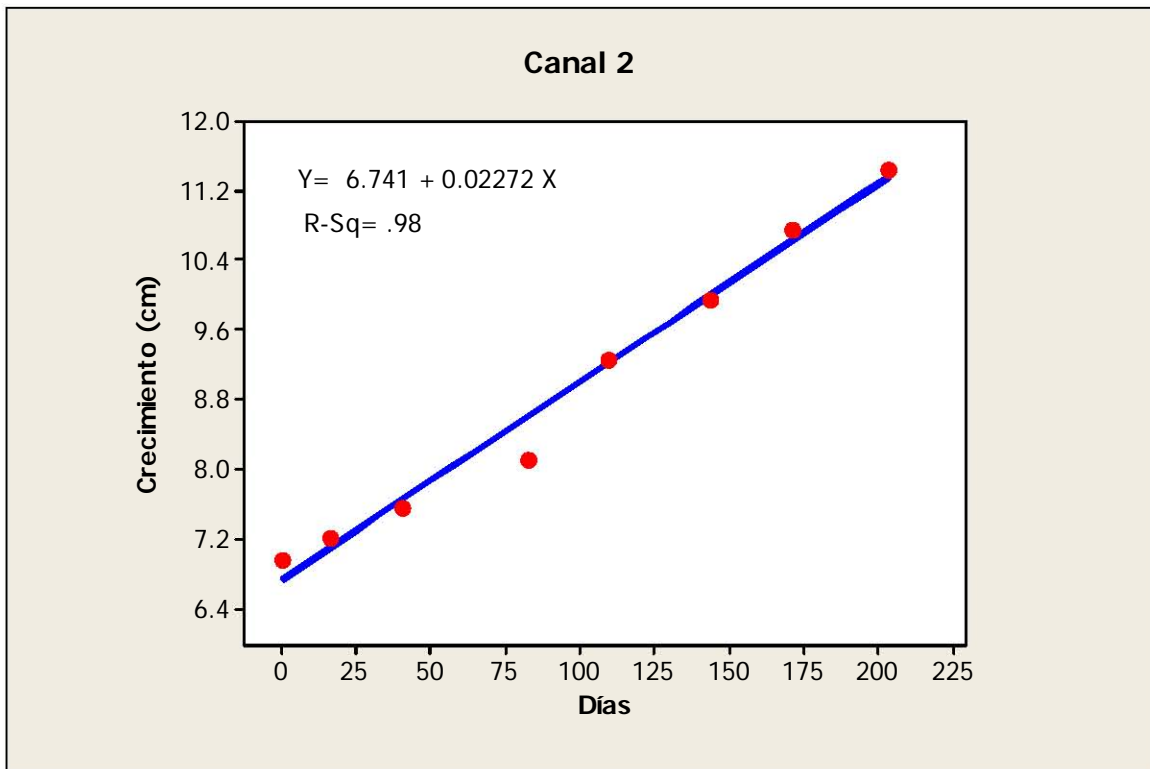


Figura 13. Curva de crecimiento de *A. germinans*, canal dos.

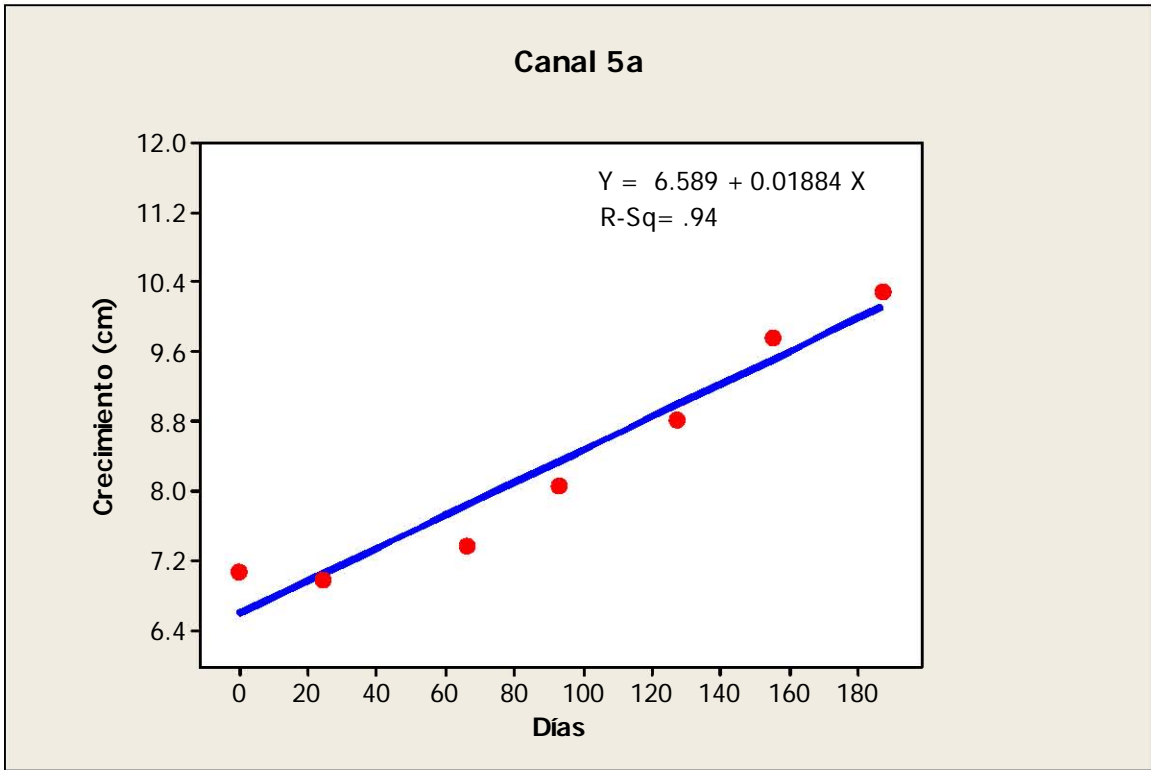


Figura 14. Curva de crecimiento de *A. germinans*, canal cinco (a).

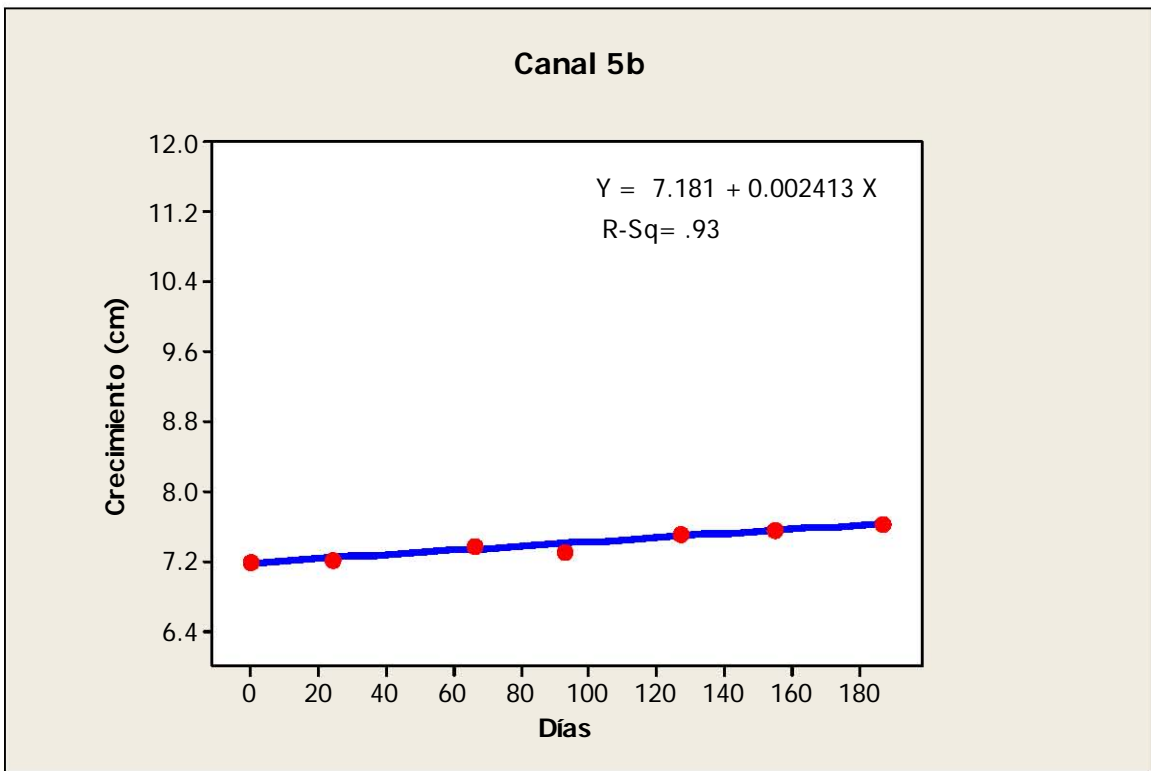


Figura 15. Curva de crecimiento de *A. germinans*, canal cinco (b).

### 6.3.1 Análisis de varianza para crecimiento de plántulas de *A. germinans*.

La prueba para comparar el crecimiento entre tratamientos de las plantas de *A. germinans* en los cuatro tratamientos, nos dio como resultado que el canal dos y el cinco (a) fueron los de mayor crecimiento y no existió diferencia significativa, pero con respecto a los otros canales (uno y cinco b) si hubo diferencia significativa en el crecimiento de las plantas en el mismo periodo (Tabla 12).

El comportamiento de la tasa de crecimiento de las plántulas de *A. germinans* en los tratamientos para los canales (uno, dos, cinco a y b) hubo diferencia significativa con excepción de la comparación del canal dos y el tratamiento cinco (a), donde la prueba resultó que no había diferencia significativa entre estos dos tratamientos.

**Tabla 12**

Prueba de significancia del crecimiento de las plantas.

Tratamiento	P	P ajustada	Resultados	
Canal 1 vs 2	0.003	0.003	S	1<2
Canal 1 vs 5a	0.009	0.009	S	1<5a
Canal 1 vs 5b	0.005	0.005	S	1>5b
Canal 2 vs 5a	0.316	0.316	NS	2=5a
Canal 2 vs 5b	0.000	0.000	S	2>5b
Canal 5a vs 5b	0.000	0.000	S	5a>5b

Prueba con un valor de significancia del 95%.

### 6.4 Colonización de *Uca* sp.

El tiempo para el tratamiento de los canales con sombra fue siete meses, debido a que las mallas fueron retiradas por gente ajena al experimento (abril 2005), por esa razón se dio por terminado el experimento. En la Tabla 13 se observa el resultado del experimento para el canal tres que fue destinado para este tratamiento. El mayor número de galerías resultó para el tratamiento con sombra (II) con un promedio de 99.4 galerías m<sup>-2</sup> con una StD 39.7, le siguió el área sin

sombra a la orilla del canal (I) con 61.4 galerías m<sup>-2</sup> con una StD 18.5, el testigo (III) reporto un promedio de 26 galerías m<sup>-2</sup> con una StD de 12.3 (Fig. 16)

**Tabla 13**

Resultados del experimento de colonización (galerías m<sup>-2</sup>) *Uca* sp.

**Canal 3**

Mes	Sin sombra g m <sup>-2</sup>	Con sombra g m <sup>-2</sup>	Testigo g m <sup>-2</sup>
Nov	70.00	101.67	52.00
Dic	83.33	166.67	38.00
Ene	81.67	165.00	26.00
Feb	50.00	86.67	35.00
Mar	48.57	97.14	20.00
Abr	32.86	77.14	19.00
May	61.43		20.00

En la Tabla 14 se observa los resultados obtenidos en la repetición del experimento que se realizó en el canal cinco. El comportamiento de los tratamientos fue similar en comparación con el canal tres. El tratamiento con sombra (II) reporto un promedio de 81.1 galerías m<sup>-2</sup> con una StD 31, le siguió tratamiento (I) con 41.6 galerías m<sup>-2</sup> y la StD 19, el testigo (I) reporto un promedio de 26 galerías m<sup>-2</sup> y la StD de 32 (Fig. 17).

**Tabla 14**

Resultados obtenidos en la repetición del experimento (galerías m<sup>-2</sup>) de colonización *Uca*, sp.

**Canal 5**

Mes	Sin sombra gal. m <sup>-2</sup>	Con sombra gal. m <sup>-2</sup>	Testigo gal. m <sup>-2</sup>
Nov	73.33	114.00	52.00
Dic	30.00	130.00	38.00
Ene	40.00	74.00	26.00
Feb	41.67	61.67	35.00
Mar	28.33	88.33	20.00
Abr	56.67	48.33	19.00
May	73.33		20.00

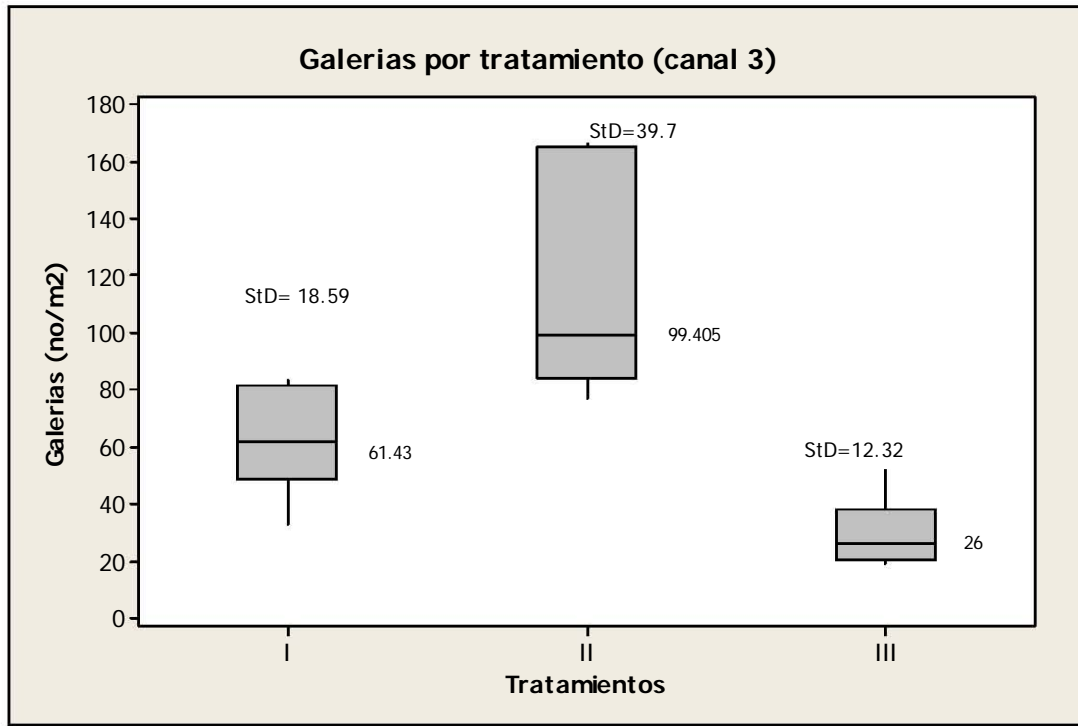


Figura 16. Densidad de galerías (no. m<sup>-2</sup>) de *Uca* sp. en los tres tratamientos (I Orilla del canal sin sombra, II orilla del canal con sombra y III el testigo en el área de la marisma) en el canal tres.

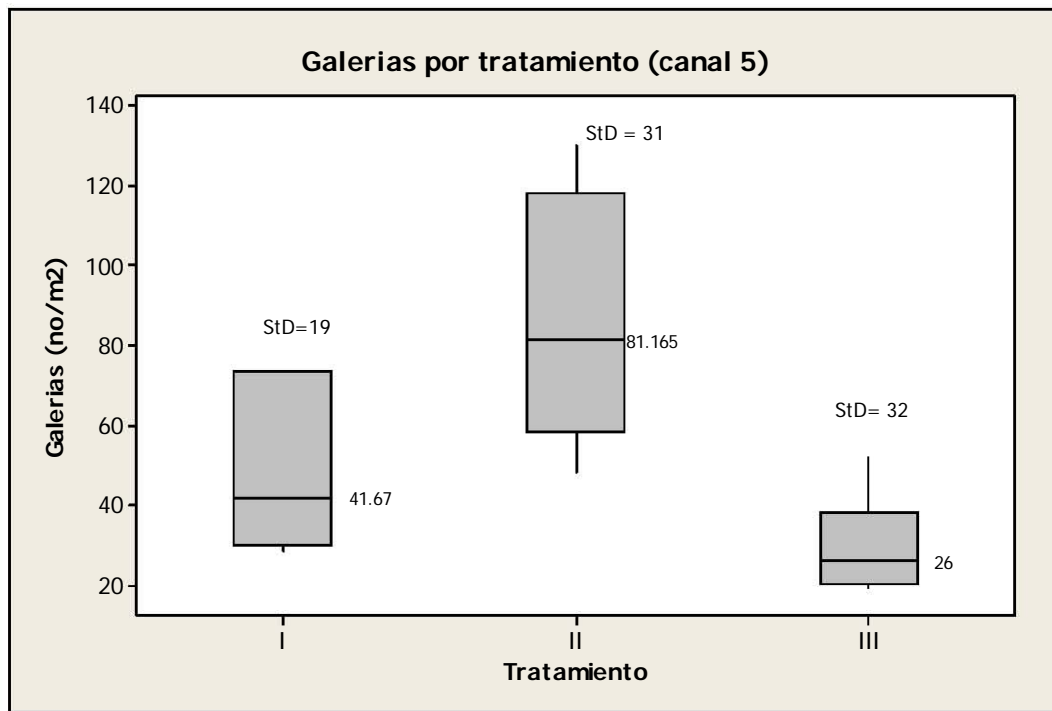


Figura 17. Densidad de galerías (no. m<sup>-2</sup>) de *Uca* sp. en los tres tratamientos (I Orilla del canal sin sombra, II orilla del canal con sombra y III el testigo en el área de la marisma) en el canal cinco.

#### 6.4.1 Análisis de varianza de colonización de *Uca* sp.

El resultado del canal tres nos indica que el número de madrigueras fue significativamente mayor en el área con sombra con respecto al testigo 3.8 veces y con respecto al área sin sombra 1.6 veces. Para el área sin sombra la prueba mostró que el número de madrigueras es significativamente 2.3 veces mayor que el testigo (Tabla 15).

**Tabla 15**  
Prueba de significancia canal 3, madrigueras de *Uca* sp.

Tratamiento	P	P ajustada	Resultados	
Sin sombra vs Testigo	0.013	0.013	S	Ss >T
Con sombra vs Testigo	0.003	0.003	S	Cs >T
Sin sombra vs Con sombra	0.007	-	S	Ss <Cs

Prueba con un valor de significancia del 95%.

En la replica de experimento en el canal cinco la prueba de significancia al igual que el anterior nos indica que los dos tratamientos fueron significativos cuando los comparamos contra el testigo y entre si (Tabla 16).

La prueba de varianza mostró como resultado que el efecto del tratamiento con sombra en un área del canal fue altamente significativo cuando se compara contra el testigo 3.1 veces y con el tratamiento en la zona del canal pero sin sombra 1.9 veces.

**Tabla 16**  
Prueba de significancia canal 5, madrigueras de *Uca* sp.

Tratamiento	P	P ajustada	Resultados	
Sin sombra vs Testigo	0.035	0.035	S	Ss>T
Con sombra vs Testigo	0.004	0.004	S	Cs>T
Sin sombra vs Con sombra	0.022	0.022	S	Ss<Cs

Prueba con un valor de significancia del 95%.



Del resultado obtenido de los dos canales se aplicó la prueba de varianza entre los tratamientos y el resultado obtenido fue que no había significancia para los resultados establecidos entre los canales (Tabla 17). La sombra utilizada en el tratamiento para el establecimiento de la *Uca*, sp, fue uno de los factores para que incrementara la población en el área de influencia (3X10 m). También en el área adyacente a los canales se presentó las condiciones para que la *Uca* sp establecieran sus galerías, debido a que la población fue mayor en comparación con el área en donde no se tenía influencia de los canales.

**Tabla 17**  
Prueba de significancia entre los canales 3 y 5.

Tratamiento	P	P ajustada	Resultados	
Sin sombra canal 5 vs 3	0.225	0.224	NS	Ss 5=3
Con sombra canal 5 vs 3	0.200	-	NS	Cs 5=3

Prueba con un valor de significancia del 95%.

## 6.5 Estructura forestal.

En el transecto realizado se encontraron tres especies de mangle: *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle*. Las características fisiográficas del bosque de mangle corresponden al de tipo borde (Lugo y Snedaker, 1974). La densidad promedio fue de 2,696.84 fustes ha<sup>-1</sup>, el área basal del bosque es de 11.12 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabla 18). La especie dominante es *L. racemosa*, con una dominancia relativa de 69%. Estos resultados de estructura son similares a los observados por otros autores en otros sitios del mismo sistema lagunar (Tabla 20).

### 6.5.1 Densidad

En la zona de estudio, en la parte posterior de la franja de manglar se localizó una cuenca desprovista de manglar (marisma) en vez de un bosque o matorral denso de manglar negro presente en los otros sitios. La especie que mayor densidad y área basal presenta es *L. racemosa* y el de menor es *A. germinans* lo que nos indica que es un bosque de mezcla entre *L. racemosa* y *R. mangle* predominado la primera.

Para la especie de *A. germinans* la presencia en el sitio es mínima, este comportamiento puede deberse a las condiciones alta salinidad y de competencia en donde las otras dos especies predominan por estar en condiciones deseables.

### 6.5.2 Área basal (m<sup>2</sup> por hectárea).

El área basal es el indicador que se tomó para realizar las comparaciones con otros sitios, el resultado para este sitio en Urías fue de 11.12 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>. La especie que mayor valor de área basal reportó fue *L. racemosa* con 7.69 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>, para *R. mangle* la cantidad fue de 3.30 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> y de menor área basal es *A. germinans* con 0.13 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> (Tabla 18).

**Tabla 18**

Densidad en el área de Urías.

Especie	No. De F. ha <sup>-1</sup>	AB ha <sup>-1</sup>	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	Importancia de los valores
<i>L. racemosa</i>	1,752.95	7.69	65.00%	69.15%	57.14%	191.29
<i>A. germinans</i>	33.71	0.13	1.25%	1.19%	3.57%	6.01
<i>R. mangle</i>	910.19	3.30	33.75%	29.66%	39.29%	102.70
Total	2,696.85	11.12	100.00%	100.00%	100.00%	

(Moroy- Torres M. y F. Zebadúa 2004).

## 7. DISCUSION

### 7.1 Canales y Salinidad.

La destrucción del hábitat de los manglares a nivel mundial ha ocasionado que se establezcan investigaciones y programas de recuperación de estos ecosistemas a través de la implementación de programas y técnicas de forestación que permitan el desarrollo y crecimiento de estos humedales. Llevar a cabo estos proyectos implica tomar en consideración una serie de factores que influyen para que se lleve con éxito este tipo de programas. Las técnicas utilizadas son esenciales para lograr una respuesta positiva.

En este sentido consideramos importante la propuesta de forestación experimental de (*Avicennia germinans*) a través de la manipulación del régimen hidrológico mediante canales artificiales como herramientas para reducir la salinidad intersticial. De acuerdo a los estudios hechos por (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983 en Flores-Verdugo, 2003), un factor importante que influye en la zonación y grado de desarrollo de los manglares es la salinidad intersticial. Lo confirma Lewis III (1982) al expresar que los diferentes tipos de humedales costeros están condicionados en gran medida por el hidroperiodo y la salinidad en el agua. En las investigaciones hechas por Flores-Verdugo (2003) nos muestra que el hidroperiodo va a depender de la frecuencia y duración de las inundaciones provocadas por las mareas, los ríos de la región y de las pequeñas variaciones en su topografía (microtopografía). Las aportaciones hechas por Chapman (1967), establece que el estancamiento del agua modifica la composición del suelo hasta llegar a convertirlas en lugares hipersalinos en regiones áridas y semiáridas. En

esta misma idea Tovilla (1994) menciona que las variaciones en las mareas ayudan a reciclar los nutrientes y también evitan la saturación salina del suelo.

Considerando estos antecedentes, se trabajó en la construcción de canales artificiales con el objetivo de manipular el régimen hidrológico y con este método reducir la salinidad intersticial de una marisma hipersalina para apoyo a programas de restauración de ecosistemas del manglar.

Los resultados encontrados en el análisis del comportamiento de la salinidad en el experimento mostraron que la tasa de desalinización es significativamente diferente en los canales en comparación con la marisma (testigo), lo que indica que la salinidad intersticial en el área adyacente a un canal se reduce por el efecto provocado por el periodo de inundación (hidroperiodo) en la marisma. Las pendientes negativas de los canales apoyan la hipótesis del efecto de desalinización de la marisma por los canales al reducir el tiempo de residencia del agua en la marisma y por lo tanto la evaporación de ella. Quedando demostrado una parte de nuestro objetivo general la que se refiere al método de establecer canales para desalinizar áreas hipersalinas. Asimismo al hacer el seguimiento y evaluación de la salinidad intersticial en los cinco canales se pudo dar por concluido el primer objetivo particular.

Respecto al segundo objetivo se logró determinar la zona de influencia de desalinización. De acuerdo a los valores que reportó la investigación se infiere que la construcción de los canales en la marisma contribuye a la desalinización considerando que el área de influencia es menor a un metro de ancho en los márgenes del canal. En la Figura 4 se puede observar que cada uno de los canales presentó diversas variaciones en los niveles de concentración de

salinidad. El gradiente de salinidad es variable tanto a lo largo del canal como en el sentido transversal.

El gradiente de salinidad se incrementó a medida que se aleja del canal. A una distancia de metro y medio de la orilla, hay valores de variación significativos y ésta se incrementó a una distancia de un metro. En el sentido longitudinal (30m), cuatro de los canales (uno, tres, cuatro y cinco) presentaron diferencias significativas en la concentración de la salinidad intersticial. Este comportamiento es muy significativo ya que sugiere que es ocasionado por la desalinización en el área de influencia del canal.

Un dato importante que nos reportó la prueba de ANOVA realizada para determinar la variación en el gradiente de salinidad en el sentido transversal en los canales (dos y cinco) indicó que la desalinización se reduce a un área menor a un metro, pero que es suficiente para establecer las condiciones para la sobrevivencia de las plantas cuando los canales se hayan desalinizado. Este comportamiento fue observado en la mortalidad de las plantas de *A. germinans* en donde la mayor sobrevivencia fue en un área menor de 0.5 metros del canal y los mayores niveles de mortalidad fue a un metro de distancia.

## **7.2 Análisis de sobrevivencia.**

Como se demostró en el punto anterior, la factibilidad de sobrevivencia de *A. germinans*, manipulando el régimen hidrológico a través de canales artificiales en el estero de Urías como posible método de reforestación del manglar está directamente relacionada con la salinidad intersticial. Para apoyarnos en esta afirmación consideramos a Kuenzler (1974), que establece que cada especie tiene

características particulares de adaptación al área en donde se desarrollan y la salinidad es un factor importante para reducir la competencia con otras especies de plantas vasculares. Los altos niveles de sales solubles en el área radicular afectan a las plantas de tres formas:

1. Provocan estrés hídrico en la planta al disminuir el potencial hídrico del medio (efecto osmótico).
2. La absorción de iones salinos específicos en determinadas concentraciones pueden llegar a ser tóxicas (toxicidad iónica específica)
3. La inducción de desequilibrios nutricionales (efecto nutricional) producen diferentes alteraciones metabólicas (Franco, 2004).

En el mangle las altas salinidades provocan dos grandes problemas para su desarrollo. El primero está relacionado con el bajo potencial osmótico de los suelos salinos por la restricción en la relación del agua y la planta. El segundo tiene que ver con la producción primaria neta y el crecimiento (Clough, 1992).

Los problemas fisiológicos que provoca la alta salinidad explican las condiciones que presenta el área de estudio en donde se observaron matorrales de *A. germinans* de escaso crecimiento y la presencia de una franja de individuos muertos. Las condiciones de hipersalinidad de la marisma han mantenido en estado de estrés a la franja de mangle de esta especie.

Un dato importante que se consideró para hacer el experimento fue determinar el tipo de especie con la que se iba a trabajar; para tal efecto se optó por la especie de *A. germinans* (mangle negro) esto fue porque de acuerdo a Cintrón y Schaeffer (1983) es considerada una de las especies de mangle que

tienen mayor tolerancia a la salinidad del suelo. *A. germinans* llega a formar bosques con salinidades de 60-65 ups y rodales enanos a 90 ups.

Nuestro tercer objetivo particular se propuso llegar a dos metas: evaluar la sobrevivencia y el crecimiento de *A. germinans*, en la zona de influencia de los canales artificiales. De la evaluación de sobrevivencia que se hizo respecto a las plantas sembradas al inicio del experimento se observó que algunos grupos permanecieron en pie muertas totalmente desecadas, fenómeno causado por la elevada concentración de la salinidad intersticial. Sin embargo hay que mencionar que pudieron haber influido otros factores como por ejemplo: la temperatura, la evaporación y la insolación. Durante el tiempo que duró el experimento no se percibió ataque de cangrejos o algún otro factor determinante que haya causado la mortalidad de las plantas.

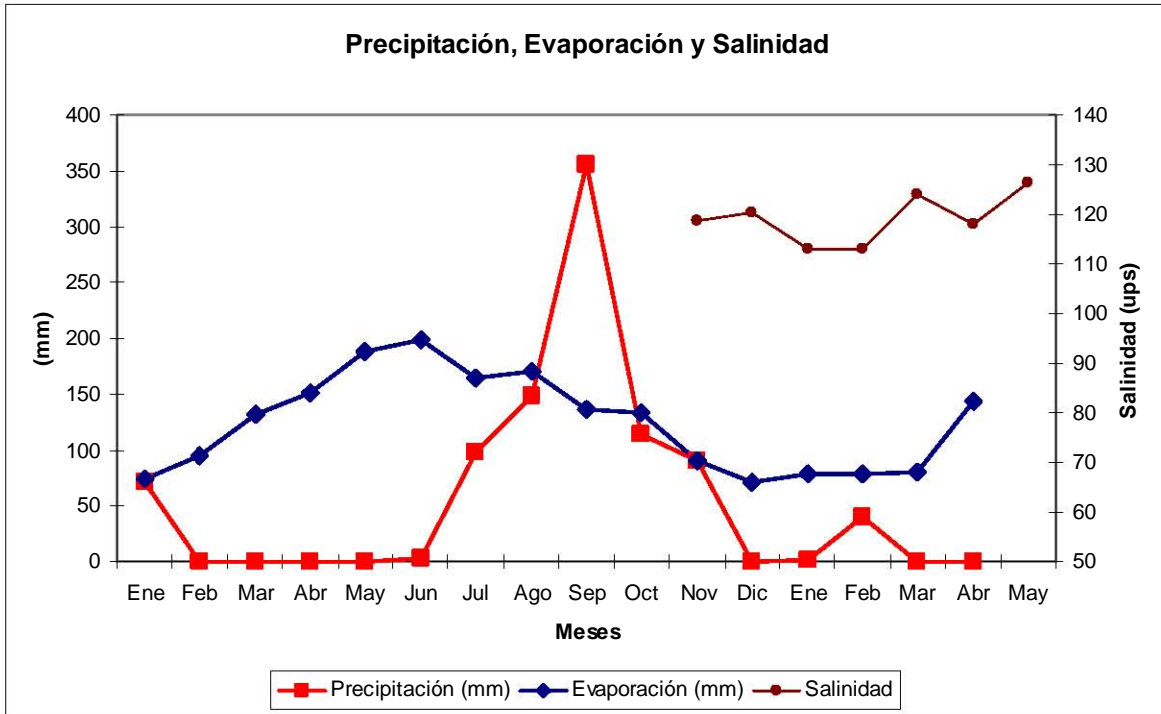
Los resultados que mostraron los datos que arrojó el experimento fueron en el sentido de que la mortalidad de las plántulas se estableció como consecuencia de la alta salinidad. Coincidiendo con lo manifestado por los estudios que han reportado (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983 en Flores-Verdugo, 2003), que señalan que un factor importante que influye en la zonación y grado de desarrollo de los manglares es la salinidad intersticial. Salinidades superiores a 70 ups provocan la disminución del desarrollo del manglar llegando incluso a causar su muerte. Aunque Twilley *et al.* (1986), menciona que pueden soportar salinidades hasta de 90 ups. Por otro lado, se observó que las plantas que se sembraron a la orilla del canal (canal dos) mostraron mayores niveles de sobrevivencia, este resultado es debido al comportamiento del agua del estero que a través de las mareas penetra al interior de la marisma y en el retorno parte del

flujo del agua pasa por los canales diluyendo de esta manera la salinidad del sedimento en el agua de influencia del canal.

En estas condiciones descritas permitió a las plantas de la orilla sobrevivir y desarrollarse mejor que las que estaban alejadas del canal (0.5 m y un metro), con excepción del canal uno (canal viejo) cuyo comportamiento fue determinado por las condiciones climáticas sin presentar una desalinización significativa. El resultado de la tasa de mortalidad se atribuye a la alta salinidad que los canales mantenían al momento de la plantación. (Tabla 8).

Un dato importante que consideramos influyó en el proceso de desalinización fue que el agua de la lluvia al escurrir por la marisma y deslizarse hacia los canales redujo considerablemente las concentraciones de sales, llegando a estar por debajo de los niveles de salinidad registrados en el estero de Urías. Las variaciones estacionales de la precipitación (Fig. 18), se reflejaron en el comportamiento de la concentración de salinidad en la marisma y en el canal uno como lo muestran los valores bajos de  $R^2 = 0.10$  (Fig. 5). Se asume que por el asolvamiento que presenta el (canal uno), el flujo del agua es mínimo; pero con la antigüedad que tiene en el área presenta variaciones estacionales con una menor concentración en la salinidad intersticial en comparación con la marisma testigo (Tabla 2).





**Figura 18. Estadística de precipitación y evaporación.**

Fuente: Estación de la CNA, observatorio metereológico de Mazatlán. 2004-2005.

En lo referente a la segunda hipótesis planteada respecto a la factibilidad de forestación con plántulas de manglar en canales cuando se realizan cambios en el hidropériodo por la reducción de la salinidad intersticial quedó demostrada con los resultados obtenidos, ya que las plántulas sembradas a un metro del canal tuvieron una escasa sobrevivencia con respecto a las ubicadas a una distancia menor a 0.5 m las cuales presentaron mayor sobrevivencia. A manera de sugerencia es recomendable que en lugares donde la salinidad intersticial es elevada como es el caso del área de este estudio, la plantación de *A. germinans* debe realizarse cuando los canales se hayan desalinizado y realizar la siembra a una distancia no mayor a los 0.5 m del área de influencia del canal. La

construcción de canales a mayor escala deberán de ser realizados y analizados con estudios geohidrológicos adecuados que garanticen la no afectación de otras áreas de manglar.

El mantenimiento periódico de los canales permitirá que el flujo hídrico sea permanente y como consecuencia bajar la salinidad intersticial a niveles tolerables para favorecer el crecimiento de las plántulas. La forestación con mangle negro en marismas hipersalinas deberá realizarse de preferencia a un año de haberse construidos los canales bajo condiciones de salinidad más apropiadas para obtener sobrevivencia y crecimientos óptimos.

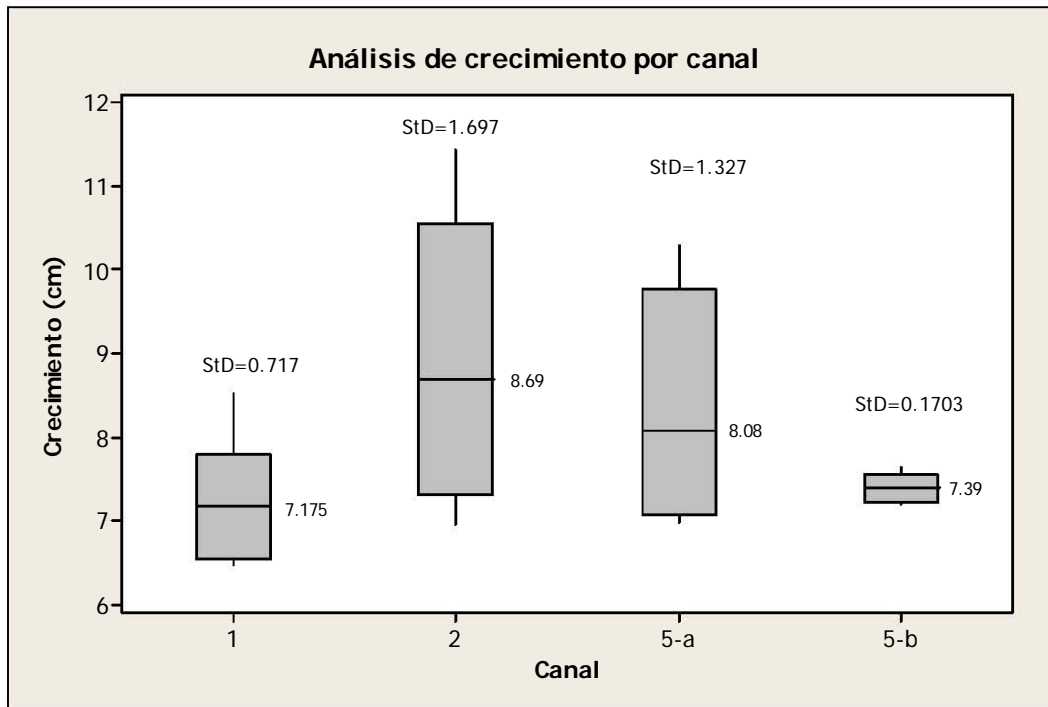
### **7.3 Análisis de crecimiento.**

El tercer objetivo particular referente a la evaluación del crecimiento de *A. germinans* en los canales como segunda meta planteada, se concluyó con los datos reportados de crecimiento de las plantas. El canal dos fue el que mayor crecimiento reportó (Fig. 19), lo que indica que para este caso el tratamiento con sombra no fue determinante para el crecimiento de las plantas. El bajo crecimiento de las plantas de *A. germinans* se explica por los factores mencionado por Teas (1977) en sus investigaciones, la alta concentración de salinidad intersticial en el bosque de manglar detiene el crecimiento, lo retarda o provoca la muerte de la planta. En este sentido se pudo confirmar con el resultado obtenido en el canal seis, las plantas que se sembraron solamente sobrevivieron 109 días y no registraron crecimiento durante ese periodo. Al comparar las pendientes respecto a la tendencia de crecimiento del canal uno y dos el resultado indicó que en el canal dos se dio un crecimiento de 2.3 veces mayor. Las plantas del tratamiento

cinco (a) con sombra tuvo 1.9 veces mayor crecimiento que el canal uno, pero menor que el dos. El tratamiento cinco (b) fue el que reportó cuatro veces menor crecimiento que el canal uno.

El análisis comparativo de los dos tratamientos con sombra el cinco (a) y sin sombra el cinco (b) indica que hay diferencias significativas en cuanto a la variación de los resultados obtenidos. El mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento con sombra cinco (a). El ambiente para ambos tratamientos fue similar lo que indicó que existió influencia en el desarrollo de las plantas cuando crecen bajo condiciones de sombra.

La mayor tasa de crecimiento diaria del canal dos y cinco (a) ( $0.023$  y  $0.019$   $\text{cm día}^{-1}$ ) se puede comparar a los resultados que fueron obtenidos por Bojórquez-Leyva (2002) en un vivero experimental y bosque. Los resultados se manifestaron de forma similar a los de éste autor, los cuales estuvieron en un rango de crecimiento de  $0.011$  a  $0.020$   $\text{cm día}^{-1}$  con una salinidad de 15 ups en vivero. Y el crecimiento reportados por Agraz-Hernández (1999) en bosque donde obtuvo  $0.020$   $\text{cm día}^{-1}$  en un ambiente con salinidades entre 18-45 ups pero con una sobrevivencia del 85%. En el estudio mencionado Agraz-Hernández (1999) reportó mayores crecimientos bajo las siguientes condiciones: (1) en plataforma artificial con salinidad intersticial de 25-38 ups; (2) En vivero experimental con salinidades de 15 ups, y (3) en vivero con atenuación de luz a un 65% y una salinidad de 15 ups (Tabla 19).



**Figura 19.** Análisis de crecimiento de *Avicennia germinans* (cm), en los canales uno, dos, cinco (a) y (b).

Tabla 19. Comparación de crecimiento diario en plantas de *A. germinans* reportado por otros estudios.

Referencia.	Especie	Crecimiento (cm día-1)	Periodo (meses)	Sobrevivencia (%)	Sitio
Agraz-Hernández, 1999	<i>A. germinans</i>	0.09	12	48	Plataforma artificial
	<i>A. germinans</i>	0.02	12	85	En el bosque
	<i>A. germinans</i>	0.06	6	85	Vivero experimental
	<i>A. germinans</i>	0.10	6	26.7	Vivero experimental Atenuación de luz a un 65%
Bojórquez-Leyva, 2002	<i>A. germinans</i>	0.015	12	-	Vivero experimental/Control
	<i>A. germinans</i>	0.011	12	-	Vivero experimental/fusión
	<i>A. germinans</i>	0.020	12	-	En el Bosque
Este trabajo, 2005	<i>A. germinans</i>	0.010	6.8	61	Canal 1
	<i>A. germinans</i>	0.023	6.8	53	Canal 2
	<i>A. germinans</i>	0.019	6.2	48	Canal 5a
	<i>A. germinans</i>	0.002	6.2	54	Canal 5b

Fuente directa.

Los índices de sobrevivencia y crecimiento más altos se presentaron cuando la planta está más cerca del canal ya que fueron las que mejor soportaron el estrés salino, esto sugiere que la desalinización del canal permitió la sobrevivencia de estas plantas.

Por otro lado se concluye que la mortalidad de las plantas estuvo determinada por los altos niveles de salinidad intersticial y no por carecer de sombra. Pero para el caso del crecimiento la sombra si ejerce influencia.

#### **7.4 Análisis de colonización de *Uca* sp.**

El objetivo de evaluar la tasa de colonización de las *Ucas* tuvo como propósito conocer la influencia que ejercía la manipulación del régimen hidrológico en estas poblaciones de bioturbadores (*Uca* sp). La importancia de llevar a cabo este experimento se fundamenta en el sentido de que existen evidencias como las reportadas por Guillikin *et al.* (2004) que la población de cangrejos (*Uca* sp, *Cardisoma* sp, *Gniopsis* sp, etc.), puede ayudar a disminuir los niveles de salinidad intersticial en los manglares. Twilley, *et al.* (1996) señala que las actividades que realizan los cangrejos influyen en la estructura química de los suelos de los manglares. Una opinión similar es la que reporta Lee (1998) al señalar que los cangrejos al construir sus galerías modifican las condiciones físicas y químicas del sedimento. Sherman (2003), reportó que dependiendo de la especie las madrigueras pueden llegar a profundidades desde 15 a 150 cm.

Una de las características de estas poblaciones es que generalmente construyen sus madrigueras en zonas cercanas a fuentes de agua con suelo

suave y húmedo; en el caso del género de la *Uca* sp la máxima actividad de reproducción es durante la estación lluviosa (Jiménez, 1994). Tomando en consideración las características de estos cangrejos, se asumió que los canales construidos en la marisma presentaban condiciones aptas para que establecieran sus galerías y se incrementara la población debido al flujo de agua que obtuvieron los canales por el efecto de las mareas y las lluvias. Se observó que uno de los factores que tiene relación directa con el incremento de la población fue la remoción del sedimento. Esto se identificó después de haber construido los canales y con los datos obtenidos en el experimento. Los resultados de cuantificación de la densidad de los cangrejos en los diferentes tratamientos se pueden observar en las Tablas 14 y 15.

Con la información obtenida se puede determinar que los factores ambientales de sombra y cercanía a un canal fueron condiciones ideales de hábitat de este género de la *Uca* sp. También así lo indicaron los resultados de la aplicación de la prueba estadística (Tablas 15, 16 y 17), por lo que se considera que se cumplió con la segunda meta del objetivo general y con la hipótesis que se planteó de la factibilidad de colonizar con *Uca* sp cuando se le proporcionan las condiciones hidrológicas y de sombra adecuadas. A manera de recomendación hay que propiciar las condiciones para que se establezcan estas poblaciones y coadyuven a mejorar las características físicas y químicas del sedimento de tal forma que contribuyan al proceso de desalinización y a su vez que las plantas encuentren condiciones para su desarrollo. Por otro lado los datos encontrados en el experimento no fueron significativos para establecer que los bajos niveles de

salinidad que se presentaron durante los primeros diez metros del canal se debe a la población de *Uca* sp. Por lo que se recomienda seguir con el experimento para obtener información que permita conocer el efecto de la relación de población-salinidad.

Los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto a densidad (no. de galerías m<sup>-2</sup>) bajo condiciones de sombra fueron superiores a los obtenidos en trabajos realizado en estero “El Salado”, Jalisco (Cupul-Magaña, 2004). Este autor reporta una densidad 16.6 a 23.6 individuos m<sup>-2</sup> mediante la metodología de conteo de madrigueras con binoculares de *Uca latimanus*. Otro trabajo (Prieto, 2004) en la Laguna de Bocaripo, Estado de Sucre, Venezuela en una comunidad de manglar reporta una densidad de 17.75 individuos m<sup>-2</sup>, mediante el conteo visual de individuos y madrigueras de *Uca rapax rapax*. Los resultados fueron inferiores al reportado por Skov *et al.* (2002), en Saco da Inhaca (Mozambique) con una cantidad de 635.2 madrigueras m<sup>-2</sup> de *Uca annulipes*. Este mismo autor encontró en los bosques de manglar Isla de Unguja Zanzíbar (Tanzania) una relación de 0.81 individuos por madriguera de cangrejo *Neosarmatium meinerti*.

#### **7.5. Estructura del manglar.**

En los programas de forestación se toma en consideración estudios referentes a la estructura de manglares. De acuerdo a Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli (1983), ésta tiene como finalidad conocer la distribución y grado de desarrollo de los árboles de manglar en una determinada área. Su aplicación en los procesos de forestación cobra importancia porque revela datos significativos respecto a la estructura del bosque que esperamos obtener y para estimar el esfuerzo y costo-efectividad de

la restauración. El objetivo específico propuesto consistió en determinar la estructura forestal de un bosque del manglar en la zona de estudio como información que nos permita conocer la estructura de bosque que esperamos obtener en este proyecto de forestación.

Los resultados obtenidos en cuanto a densidad y área basal presentaron una similitud con otros trabajos realizados en el estado de Sinaloa (Agraz-Hernández, 1999 y Bojórquez-Leyva, 2002), donde el tipo de manglar es de borde. En la Tabla 20 se puede observar que en cuanto a la densidad en la Sirena, Urías presenta un valor de 36,000 fustes ha<sup>-1</sup>, valor que se dispara con el promedio de los otros sitios reportados. Este valor está relacionado con las características de un bosque de manglar tipo matorral. Con respecto a los manglares ubicados en la zona estuarina y ribereña de Teacapán la densidad es similares a las observados en este trabajo, pero en el caso del área basal los clasificados como de tipo ribereño y sobreinundados presentan un mayor valor, esto es debido a las condiciones ambientales en que se desarrollan, como los grandes aportes de agua dulce y los sedimentos ricos en nutrientes que reciben (Pool, Snedaker y Lugo, 1977; Cintrón y Schaeffer, 1985).

Los ubicados en los estados de Nayarit y Jalisco (Flores-Verdugo, *et al.*, 1992; Estrada-Duran, *et al.*, 2001) también presentan similitud en el área basal con los bosques del estero de Urías.

Con estos datos se cumplió con el objetivo de determinar la estructura forestal en la zona de estudio, así como también se pudo observar que existe una relación entre la influencia de mareas y sus efectos en la salinidad del suelo en la



estructura forestal de los manglares debido al tipo de especie que se encontró en el área. Por lo que con ello se pudo comprobar nuestra hipótesis.

**Tabla 20**

Comparación de la estructura del manglar del sitio con respecto a otros estudios realizados.

Referencia	Sitio	Dens. (fustes ha <sup>-1</sup> )	AB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Tipo <sup>1</sup>	Especies (no.)
Flores-Verdugo, <i>et al.</i> , 1992	La Lechuguilla, Nay.	4,341	11.4	b	4
	El Verde, Nay.	1,430	11.9	b	1
	Punta Raquel, Nay.	2,022	12.5	b	2
	Boca la Tigra, Agua Brava, Nay.	3,203	14	b	3
	Marismas Nacionales, Nay.	1,461	16.9	b	3
	Barra de Navidad, Jal.	2,029	14	b	4
Estrada-Duran, <i>et al.</i> 2001	Estero el Salado, Jal.	3,051	14.6	c,r,m	3
Hernández-Agraz, 1999.	El Caimán, Urías, Sin.	3,270	10.9	b	3
	El Zacate, Urías, Sin.	3,622	13.7	b	3
	Confites, Urías, Sin.	1,541	8.9	b	2
	La Sirena, Urías, Sin.	36,000	7.2	m	1
Bojórquez-Leyva, 2002	Vena Pichichines, Sin.	1,744	7.5	b	3
	Vena el Caimán, Sin.	2,941	14.9	b	3
	Boca Vieja, Altata, Sin.	1,457	14.2	b	3
Pool, Snedaker y Lugo, 1977	Teacapán, Sin (Roblitos)	2,240	29.6	r	2
	Teacapán, Sin (Isla la Palma)	2,360	60.8	r	3
	Teacapán, Sin (Isla Roscell)	1,480	28.5	s	3
	Teacapán, Sin (El Calón)	3,120	15.2	c	2
	Teacapán, Sin (Río de las Cañas)	1,790	57.8	r	3
Este Trabajo, 2004	Estero de la Isla de la Piedra.	2,697	11.1	b	3

Tipo<sup>1</sup>. b: borde; r: ribereño; c: cuenca; m: matorral; s: sobreinundado.

## 8. CONCLUSIONES

- La manipulación del régimen hidrológico a través de la construcción de canales artificiales (ó la rehabilitación hidráulica de venas de mareas), muestran que son métodos adecuados para implementar en programas de forestación al permitir la desalinización de marismas hipersalinas y generar las condiciones apropiadas para la sobrevivencia y el crecimiento de plántulas manglar negro (*A. germinans*) provenientes de un vivero.
- La variación de la salinidad en el sentido transversal en dos de seis canales indicó que la desalinización se reduce a un área menor a un metro de ancho. La sobrevivencia de plantas (56.3%) fue mayor cuando se encuentran cerca del canal (a una distancia menor a 0.5 m).
- Los canales adicionalmente benefician a las poblaciones de diversos bioturbadores como lo cangrejos violinistas (*Uca* sp). En el área adyacente a los canales se presentó las condiciones para que la *Uca* sp establecieran sus galerías (de 81 a 99 galerías m<sup>2</sup>), debido a que la población fue mayor en comparación con el área en donde no se tenía influencia de los canales (26 galerías m<sup>2</sup>).
- El efecto de atenuación de la luz (malla-sombra y sotobosque) favorece el establecimiento de bioturbadores (*Uca* sp). Esto indica que el efecto de sombra del matorral ó bosque del manglar favorece el establecimiento de colonias de bioturbadores.
- Adicionalmente, la sombra ejerce influencia positiva en el crecimiento de las plantas de manglar (3.22 cm con sombra y 0.45 cm sin sombra).

- La estructura del mangle en esta parte del estero de Urías se encuentra influenciada por la salinidad intersticial y por los ciclos de las mareas. También presentó diferencias con respecto a otras áreas a nivel local y regional esto se considera razonable debido a que los manglares varían ampliamente sus atributos como respuesta a los tensesores y a las condiciones ambientales.

## 9. LITERATURA CITADA

Agraz-Hernández, C.M. 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. Tesis doctoral. Facultad de ciencias biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 108 p.

Álvarez, León Ricardo. 1978. Hidrología y zooplancton de tres esteros adyacentes a Mazatlán, Sinaloa, México. Trabajo publicado en el VI congreso nacional de Oceanografía, Ensenada, B.C. México, 10 al 12 abril. Publicado el 27 de noviembre de 1978.

Bojorquez-Leyva, A. 2002. Crecimiento, productividad y estructura forestal de manglares en un ecosistema lagunar eutroficado (Estero de Urías) y en estanques experimentales. Tesis maestría. Instituto de ciencias del mar y limnología. UNAM. 11-20 p.

Bright, D.B., Hogue, C.L., 1972. A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their symbionts and burrow associates. Contr. Sci. Nat. Hist. M220. 1 –58 p.

Casas-Monroy, O y Laura Perdomo Trujillo. 2001. Estado del Manglar en: Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros de Colombia: año 2001. INVEMAR. 53-69 p.

Carrera-R. (coord.). 2002. Manglares: sustento local versus ganancia empresarial. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (WRM). 10-18p.

Chapman V.J. 1967. Lagunas Costeras, un simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, nov 28-30, 1967. México, D.F. 505-514 p.

Choudhury-K, 1997. La ordenación sostenible de los manglares costeros, desarrollo y necesidades sociales en manglares y otros bosques costeros en: memorias UNESCO, del XI congreso forestal mundial del 13 al 22 de octubre de 1997, Natalia, Turquía. Vol. 6, tema 38.6. 273-280 p.

Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur América. Ciencia Interamericana, 3: 4-15

Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Methods for studying mangrove structure en: Samuel Snedaker and Jane Snedaker (eds) The mangrove ecosystem: research methods. 91-113pp.

Cintrón. G., C. Goenaga, y A.E. Lugo. 1980. Observaciones sobre el desarrollo del manglar en costas áridas en: Memorias del seminario sobre estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO.18-32 p.

Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli, Y., 1983, Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe -ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 109p.

Clough, B.F. 1992. Primary Productivity and Growth of Mangrove Forests. Vol. 41. In: Robertson A.I. and D.M. Alongi (eds). Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union. Washington, DC. 336 p.

Cuatrecasas-J. 1958. Introducción al estudio de los manglares. Boletín de la salud botánica de México 23. 41 p.

Cupul-Magaña, F.G. 2004. Estudio exploratorio de la densidad del cangrejo violinista *Uca latimanus* (Rathbun, 1893) en el Salado, Jalisco. Ciencia y Mar 8(22).41-47 p

Duke, N.C., M.C. Ball and J.C. Ellison.1998. Factors Influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7. 27-47 p.

Elster, C., 2000. Reasons for reforestation success and failure with three mangrove species in Colombia. *Forest Ecology and Managements* 131: 201-214 p.

Estrada-Duran, G., F.G. Cupul-Magaña y A.L. Cupul Magaña. 2001. Aspectos de la estructura y producción de hojarasca del bosque de manglar del estero “El Salado”, Puerto Vallarta, Jalisco. *Ciencia y Mar* 5(15).3-12 p.

Flores-Verdugo, F.J. 1990. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. En: Rosa-Veles, J de la y F. González-Farías (eds.) *Temas de Oceanografía Biológica en México*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 1-27 p.

Flores-Verdugo, F.J., González-Farías, D.S. Zamorano y P.G. Ramírez. 1992. Mangrove Ecosystem of the Pacific COSAT of Mexico: Distribution structure litterfall, and detritus dynamics.*Coastal Plant Communities of Latin America*, Academia Press, Inc. 269-288 p.

Flores-Verdugo, F.J. 2003. Creación y restauración de ecosistemas de manglar: Principios básicos, en: *Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal*. Moreno Casasola, *et al.* Maderas y Bosques. 1-13 p.

Franco, J.A. 2004. *Aminoácidos*. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 1-17 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática, de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) *Inst. Geografía, UNAM*. 246 p.

Guillikin, D.P. B. De Wachter y J.F. Tack. 2004. Physiological responses of two ecologically important Kenyan mangrove crabs exposed to altered salinity regimes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 300(2004) 93-109 pp.

Hussain-Zakir, 1995. La silvicultura de manglares en: *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales de la FAO*, 181(46). 1-10 p.

INEGI, 2000. Anuario Estadístico

INEGI, 1970. Carta topográfica, Mazatlán F-13-A-45, Villa Unión F-13-A-46 escala 1:50,000.

Jiménez, J. A. y A. E. Lugo. 2000. *Avicennia germinans*. John K. Francis y Carol A. Lowe, (Ed.) *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 59-64 p.

Jiménez, J.A. 1994. *Los manglares el Pacifico Centroamericano*. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad. UNA. 336 p.

Kaly-L. y G.P. Jones. 1998. Mangrove restoration: a potential tool for ecosystem management of coastal fisheries in: *AMBIO*, 27(8). 656-661 p.

Kuenzler-E. 1974. Mangrove Swamp Systems in: H. T. Odum, B. J. Copeland, E. A. McMahan. *Coastal ecological systems of the United States*, Vol. I. 346-371.

Kovacs-M. 1999. Assessing mangrove use at the local scale in: *Landscape and Urban Planning* 43. 201-208 p.

Lankford, R.R. 1997. Coastal lagoons of México: their origin and classification. Wiley M. (Ed.). Estuarine processes, Circulation, Sediments and transfer of materials the estuary. Academic Press Inc., Nueva York, 2: 182-215 p.

Lee, S.Y., 1997. Potential trophic importance of the faecal material of the mangrove crab *Sesarma messa*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 159. 275– 284 p.

Lee, S.Y., 1998. Ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: a review. Marine and Freshwater Research 49: 335-343.

Lewis R.R.III.1982. Mangrove Forests in: Creation and restoration of coastal plant communities.154-168 p.

Lewis-R., y Streever B. 2000. Restoration of mangrove habitat in : WRP technical notes coleccion (ERDC TN-WRP-VN-RS-3.2), US Army Engineer Research and Development Center.1-7 p.

Lewis, R.R. III, M.J. Phillips, B. Clough and D.J.Macintosh. 2003. Thematic Review on Coastal Wetland Habitats and Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 81 p..

Lewis, R.R., 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. Ecological Engineering 24 (2005) 403–418

López Portillo, J. y E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. Madera y Bosques Número especial: 27-51p.

Lugo, A.E., Snedaker, S. C.1974. The ecology of mangroves. Ann. Rev. Ecol. Syst: 5: 39-64.



Macintosh, D.J. y E.C. Ashton 2004. Principios para un Código de Conducta para la Gestión y Uso Sostenible de Ecosistemas de Manglar. Banco Mundial, ISME, cenTer Aarhus (2004) 118 p.

Martteucci, D. S. y A. Colama 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Edit. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Washington, D.C.1-163 p.

Medina, E. 1999. Mangrove Physiology. The challenge of SALT, heat, y Light stress Under recurrent flooding, p. 109-126. A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (eds) Ecosistemas de manglar en América Tropical Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/HORMA. Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA 380 p.

Micheli, F., Gherardi, F., Vannini, M., 1991. Feeding and burrowing ecology of two East African mangrove crabs. Mar. Biol. 111. 247– 254 p.

Odum, W.E., McIvor, C.C., and Smith III, T. J. 1982. The ecology of the mangroves of south Florida. A community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services. FWS/OBS-81/24. 144 p

Pool. D.J., S.C. Snedaker, A.E. Lugo.1977. Structure of Mangrove Forests in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. Biotropica 9(3) 195-212 p.

Prieto A. S. Ruiz, L. J. y Montes, A. 2004. Abundancia y morfometría de una población de *Uca rapax rapax* (Brachiura: ocyropodidae) en la laguna de Bocaripo, estado Sucre, Venezuela. En: boletín del centro de investigaciones biológicas vol. 38, (2) 281-93 p

RAMSAR, (1970). Convención Internacional de Humedales de Teherán, Irán.

Reyes-de la Cruz A, G. López-Ocaña, H. Hernández-Trejo, 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle en: *Universidad y Ciencia*, 18(36). 136-137 p.

Ridd, P.V., 1996. Flow through animal burrows in mangrove creeks. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 43. 617– 625 p.

Robertson, A.I., 1986. Leaf-burying crabs: their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in northeastern Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 102. 237–248 p.

Robertson, A.I. and Daniel, P.A.1989. The influence of crabs on litter processing in high intertidal mangrove forests in tropical Australia. *Oecología* 78: 191-198 p.

Sherman, P.M. 2003. Effects of Land Crabs on Leaf Litter Distributions and Accumulations in a Mainland Tropical Rain Forest. *Biotropica* 35 (3): 365-374 p.

Sherman, R.E., T.J. Fahey and J.J. Battles.2000.Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *Journal of Ecology* 88:165-178 p.

Smith, T.J., Boto, K.G., Frusher, S.D., Giddens, R.L., 1991. Keystone species and mangrove forest dynamics: the influence of burrowing by crabs on soil nutrient status and forest productivity. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 33 (5). 419–432 p.

Snedaker-S., y Getter, C. 1985. Pautas para el manejo de recursos costeros. Serie de información sobre recursos renovables. Research Planning Institute, 2, 33-53 p.

Teas, H. J. 1977. Ecology and restoration of mangrove Shorelines in Florida. *Environmental Conservation*. Vol. 4(1):51-58 p

Tomlinson, P.B. 1988. The botany of mangroves. Cambridge University Press Cambridge. 413 p.

Tovilla-Hernández, C. 1994. Manglares. En: De la Lanza E. G. y Cáceres M. (eds.) Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad de Baja California Sur. 371-414 p.

Turner R.E. and R.R. Lewis III. 1997. Hydrologic restoration of coastal wetlands: Wetlands Ecology and Management vol. 4 no. 2. SPB Academic Publishing by, Amsterdam. 65-72 p

Twilley, R.R., A.E. Lugo y C. Patterson-Zucca. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in Southwest Florida. Ecology, 67(3):670-680 p

Twilley, R.R., S. C. Snedaker, A. Yáñez-Arancibia y E. Medina. 1996. Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuarios: perspectivas of mangrove ecosystems. En: H.A. Money, J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Salas and E.D. Schulze (eds). Functional roles of biodiversity: A global perspective. SCOPE. 327-370 p.

Twilley, R.R., and J.W. Day, Jr. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove, ecosystem, in: A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (eds.) Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 127-152 p.

Warren, J.H., Underwood, A.J., 1986. Effects of burrowing crabs on the topography of mangrove swamps in New South Wales. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 102. 223– 236 p.

Whittaker, RH y G.E, Likens. 1975. The Biosphere and Man. en: H. Lieth y R.H: Whittaker (Eds). Primary productivity of the Biosphere. Springer-Verlag Inc. NY. 21 pp.

Yañez-Arancibia, A., R. R. Twilley y A.L. Lara-Domínguez .1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Maderas y Bosques.4 (2), 3-19 p.

Zar, J. H.1996. Biostatistical Análisis. 3ª ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 662 p.

Zheng Dezhang, Zheng Songfa, Liao Baowen, Li Yun.1995. The utilization, protection and afforestation on mangrove wetland. Forest Research [FOR. RES.]. Vol. 8, (3) 322-328 p.