

# LOS MANGLARES DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

**Editores:**

Esteban Fernando Félix Pico,  
Elisa Serviere Zaragoza,  
Rafael Riosmena Rodriguez,  
José Luis León De La Luz



# **Los Manglares de la Península de Baja California**

Esteban Fernando Félix Pico, Elisa Serviere Zaragoza, Rafael  
Riosmena Rodríguez y José Luis León de la Luz

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Centro de Investigaciones  
Biológicas del Noroeste, S.C. y Universidad Autónoma de Baja California Sur

Editores de estilo: Elisa Serviere Zaragoza, Rafael Riosmena Rodríguez, Esteban Fernando Félix Pico, José Luis León de La Luz.

Diseño editorial: Edgar Yuen Sánchez.

Diseño de portada: Gerardo Rafael Hernández García.

Imagen de portada: Fotografía aérea del estero El Chivo, Bahía Magdalena, BCS. Tomada por Charles Chandler.

Los Manglares de la Península de Baja California.

Editado por Esteban Fernando Félix Pico, Elisa Serviere Zaragoza, Rafael Riosmena Rodríguez, José Luis León de La Luz.

Primera edición 2011

D.R. © Publicación de divulgación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, 23090

ISBN 978-607-7634-06-5

Impreso y hecho en México / Printed in Mexico.

“Las opiniones expresadas por los autores (textos, figuras y fotos) no necesariamente reflejan la postura de las instituciones editoras de la publicación”.

Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método electrónico o mecánico sin autorización por escrito de los editores.

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Universidad Autónoma de Baja California Sur.



# CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<i>José Luis León de la Luz, Esteban Fernando Félix-Pico, Rafael Riosmena-Rodríguez y Elisa Serviere-Zaragoza</i>	
<b>CAPÍTULO 1. LA CALIDAD AMBIENTAL DE MANGLARES DE B.C.S. ....</b>	<b>9</b>
<i>Renato A. Mendoza-Salgado, Carlos H. Lechuga-Devéze, Edgar Amador y Sergio Pedrin-Avilés</i>	
<b>CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES MICRO-TOPOGRÁFICAS DEL SUSTRATO EN LA ESTRUCTURA DEL MANGLAR EN EL GOLFO DE CALIFORNIA .....</b>	<b>29</b>
<i>Reymundo Domínguez-Cadena, José Luis León de la Luz y Rafael Riosmena-Rodríguez</i>	
<b>CAPÍTULO 3. PATRONES DE DISTRIBUCIÓN Y DETERMINANTES AMBIENTALES DE LOS MANGLARES PENINSULARES .....</b>	<b>67</b>
<i>Patricia González-Zamorano, Enrique H. Nava-Sánchez, José Luis León de la Luz y Sara C. Díaz-Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA GENÉTICA POBLACIONAL DEL MANGLE ROJO (RHIZOPHORA MANGLE L.) EN EL NOROESTE DE MÉXICO .....</b>	<b>105</b>
<i>Raquel Muñoz-Salazar, Eduardo Sandoval-Castro, Rafael Riosmena-Rodríguez, Luis Manuel Enriquez-Paredes, Cristian Tovilla-Hernández y M. Concepción Arredondo-García</i>	
<b>CAPÍTULO 5. MICROBIOLOGÍA DEL MANGLAR .....</b>	<b>129</b>
<i>Gina Holguin†, Patricia Vazquez, Jimena Sánchez, Yossef López de Los Santos, Ana L. Flores-Mireles, Luz Marina Melgarejo, Javier Vanegas, Tania Galindo, Alfonso Dávila-Lule, Jaime Polanía y Manuel Ruiz</i>	
<b>CAPÍTULO 6. MICROALGAS ASOCIADAS A SISTEMAS DE MANGLAR .....</b>	<b>155</b>
<i>David A. Siqueiros-Beltrones, Francisco O. López-Fuerte, Oscar U. Hernández-Almeida y Uri Argumedo-Hernández</i>	

---

<b>CAPÍTULO 7. FLORA FICOLÓGICA ASOCIADA A MANGLARES DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA .....</b>	<b>183</b>
<i>Rafael Riosmena-Rodríguez, Litzia Paul-Chávez, Alejandra Mazariegos-Villareal Elisa Serviere-Zaragoza, Isai Pacheco-Ruíz, Gustavo Hernández-Carmona y Gustavo Hinojosa-Arango</i>	
<b>CAPÍTULO 8. MACROINVERTEBRADOS MARINOS ASOCIADOS AL MANGLAR .....</b>	<b>203</b>
<i>Esteban Fernando Félix-Pico, Oscar Efraín Holguin-Quiñones y Ruth Escamilla-Montes</i>	
<b>CAPÍTULO 9. USO DE HABITAT Y COMPOSICIÓN DE LA AVIFAUNA EN TRES ZONAS DE MANGLAR DE BAJA CALIFORNIA SUR .....</b>	<b>235</b>
<i>Edgar Amador, Eduardo Palacios, Renato Mendoza-Salgado y Juan Antonio de Anda-Montañez</i>	
<b>CAPÍTULO 10. PESQUERÍAS ASOCIADAS A ZONAS DE MANGLARES EN BAJA CALIFORNIA SUR.....</b>	<b>253</b>
<i>Mauricio Ramírez-Rodríguez, Esteban Fernando Félix-Pico, Alfonso Vélez-Barajas y Juan A. García-Borbón</i>	
<b>CAPÍTULO 11. CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LOS MANGLARES DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA .....</b>	<b>273</b>
<i>Noé Abraham Santamaría-Gallegos, Gustavo D. Danemann y Exequiel Ezcurra</i>	
<b>CAPÍTULO 12. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL ESTERO BANDERITAS, BAJA CALIFORNIA SUR: UNA APROXIMACIÓN .....</b>	<b>295</b>
<i>Germán Ponce-Díaz, Ivonne Dalila Gómez-Cabrera, Gustavo De la Cruz-Agüero y Luis César Almendarez-Hernández</i>	
<b>CAPÍTULO 13. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS .....</b>	<b>323</b>
<i>Rafael Riosmena-Rodríguez, Esteban Fernando Félix-Pico, José Luis León de la Luz y Elisa Serviere-Zaragoza</i>	

## AGRADECIMIENTOS

Este libro representa más de cuatro años de trabajo realizado con la colaboración de varias instituciones e investigadores, por lo que los editores agradecemos profundamente cada uno de esos esfuerzos. El antecedente de esta obra es el I Taller sobre Manglares de la Península de Baja California: Diagnóstico y Perspectivas de Investigación organizado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) con la participación de especialistas de diversas instituciones donde se abordaron temas sobre Estructura, Ecología, Microbiología, Grupos Taxonómicos y Valoración Ecológica y Conservación de los manglares de la península de Baja California. En dicho evento, los participantes identificaron la formación de un Comité regional con la participación de investigadores de CIBNOR, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) y Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), el cual tendría como una de sus principales tareas integrar en una publicación el diagnóstico de las comunidades de manglar existentes en la península de Baja California: Los Manglares de la Península de Baja California.

Durante cada una de las etapas de esta compilación interactuamos con varios especialistas de diversos campos de la ciencia, además de brindarnos su tiempo, su confianza, sus conocimientos y su paciencia. Así que nuestra principal deuda es con los autores y revisores de cada trabajo, quienes afrontaron el reto de colaborar en un esfuerzo de esta naturaleza. Es oportuno señalar también, la participación del Lic. Gerardo Rafael Hernández García en el diseño gráfico de la portada y de la M.C. Diana Leticia Dorantes Salas en la edición de los abstracts. Sin olvidarnos de la intensa participación en la revisión de textos de la M. en C. Claudia Jeannette Pérez Estrada y el diseño editorial del Ing. Edgar Yuen Sánchez, sin la cual esta obra no se hubiese concluido.

Participaron como revisores de los trabajos:

CIBNOR- La Paz: Dra. María Esther Puente, Dr. Luis Felipe Beltrán Morales, Dr. Salvador E. Lluch Cota

CICESE-Ensenada: Dr. Eric Mellink Bijtel

CICIMAR-La Paz: Dra. Bárbara González Acosta, Dr. Rafael Cervantes Duarte

COBI-Guaymas: Dr. Jorge Torre

ECOSUR-Chetumal: Dr. Julio Espinoza

ECOSUR-Tapachula: Dr. Cristian Tovilla Hernández

Museo de Historia Natural de San Diego, CA, EUA: Dr. Exequiel Ezcurra (Actualmente Universidad de California Riverside)

UABC-Ensenada: Dra. Ileana Espejel Carbajal, Dr. Ernesto Campos, Dr. Gorgonio Ruiz, Dr. José Delgadillo Rodríguez

UABCS-La Paz: M. en C. Juan Manuel López Vivas

Universidad Las Palmas, Gran Canaria, España: Dra. María Candelaria Gil Rodríguez

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas-Tuxtla Gutiérrez: Dr. Alejandro Nettel Hernanz

Universidad de Guadalajara- Guadalajara: Dr. Eduardo Ríos Jara

UNAM-Facultad de Ciencias-México, D.F.: Dr. Eberto Novelo Maldonado

UNAM-ICMYL-Mazatlán: Dr. Francisco Flores Verdugo

UMAR-Puerto Ángel: Dr. Rolando Bastida-Zavala

Agradecemos el financiamiento de los proyectos SEP-CONACYT 83339 y SEMARNAT-CONACYT 108349 para la impresión del libro.



Manglar en la isla Espiritu Santo con cañón asociado. Foto Aldo Vargas



## CAPÍTULO 2

# ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES MICRO-TOPOGRÁFICAS DEL SUSTRATO EN LA ESTRUCTURA DEL MANGLAR EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Reymundo Domínguez-Cadena<sup>1</sup>, José Luis León de la Luz<sup>1</sup> y Rafael Riosmena-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apdo. Postal 128, La Paz, BCS 23090, México. rdoming04@cibnor.mx

<sup>2</sup> Programa de Investigación en Botánica Marina, Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Km. 5.5 Carretera al Sur. Apdo. Postal 19-B, 23080, La Paz, BCS, México.

## RESUMEN

La fisonomía de los manglares peninsulares exhibe rasgos característicos, el más importante es la talla reducida de los individuos que los integran. El objetivo de esta contribución es indagar si la micro-topografía se constituye como un elemento determinante de la composición y estructura de estos manglares. Se evaluaron tres localidades de manglar, en cada una se caracterizaron cuatro tipos de condiciones micro-topográficas: costa (CO), canal (CA), zona inundación permanente (IP) y zona de inundación temporal (IT), ubicadas en un gradiente de inundación del mar hacia tierra. Las variables de la vegetación que se consideraron para cada especie fueron: número de individuos por especie, ramas por individuo, altura promedio por individuo y especie, y la sumatoria del diámetro de troncos o ramas por individuo. El resultado arrojó que *Laguncularia racemosa* es la especie dominante en la condición CO; *Rhizophora mangle* en CA y en IP y *Avicennia germinans* en IT. En consecuencia, la seriación mar a tierra de los manglares del Golfo de California es *L. racemosa* - *R. mangle* - *A. germinans*, un hecho distintivo en relación con los manglares del trópico mexicano. El análisis del crecimiento de las plantas mostró que el área basal de los tallos por unidad de superficie puede llegar a ser del mismo nivel que el de manglares tropicales. El análisis de suelo mostró que la mayor cantidad de arcilla en todas las condiciones corresponde a la zona menos inundable, la condición IT.

Palabras clave: manglares de Baja California, estructura de manglar, micro-topografía, área basal.

# ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MICROTOPOGRAPHIC CONDITIONS OF THE SUBSTRATE IN MANGROVE STRUCTURE IN THE GULF OF CALIFORNIA

## ABSTRACT

Mangroves on the Baja California Peninsula display distinct characteristics; one of the most evident is the small size of individual trees in the populations. Our objective was to determine how micro-topographic conditions became a factor to determine the structure and composition of mangrove stands. The vegetation was analyzed at three locations, each with four micro-topographic conditions: seashore (CO), channel (CA), permanently-flooded zone (IP), and seasonally-flooded zone (IT), in a gradient starting at the shoreline. Vegetation traits were a number of plants per species, a number of stems per plant, average height of individuals and species, and the summatory function for stem diameter per species. Our results show that *Laguncularia racemosa* is the dominant species at CO, *Rhizophora mangle* in CA and IP, and *Avicennia germinans* in IT sites, respectively. In consequence, the series sea to land of the mangrove stands in the Gulf of California are *L. racemosa* - *R. mangle* - *A. germinans*, a distinctive feature in relationship with the mainland stands. The structural analysis showed that the basal area of the stems per surface unit could be of the same level than that of the tropical mangrove stands. In soil samples, the highest percentage of clay occurred in seasonally-flooded areas (IT).

Key words: Baja California mangroves, mangrove structure, micro-topography, basal area.

Abreviaciones más frecuentes: Se refieren a las condiciones micro-topográficas de los manglares. CO: Costa, CA: canal, IP: zona de inundación permanente, IT: zona de inundación temporal.

## INTRODUCCIÓN

Por ser comunidades de origen eminentemente tropical, los manglares que se desarrollan en la árida Península de Baja California han sido históricamente soslayados. Aparentemente, es el naturalista John Steinbeck (1941) quien a raíz de la exploración del litoral del Golfo de California menciona por primera ocasión la presencia de comunidades de manglar sobre las costas peninsulares. Sin embargo, es hasta la publicación de la obra florística sobre la vegetación del Desierto Sonorense de Shreve y Wiggins (1964) donde se describe de manera mas formal la composición florística y algunos rasgos de la fenología reproductiva de los componentes de los manglares peninsulares: el mangle rojo *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), el mangle blanco *Laguncularia racemosa* Gaertner (Combretaceae), el mangle prieto o mangle salado *Avicennia germinans* (L.) Stern. (Avicenniaceae, aunque fue considerada como

Verbenaceae), y de manera limitada el mangle botoncillo *Conocarpus erecta* L. (Combretaceae).

En años posteriores, los trabajos publicados para describir la presencia de los manglares en las costas de la Península de Baja California han tenido un enfoque muy puntual, señalando a grandes rasgos la distribución y ubicación de las principales masas o mencionando el estado actual de algunas comunidades (Felger y Lowe 1976, Wiggins 1980, Ramírez-García y Lot 1984, Pacheco-Ruiz *et al.* 2006). Otros trabajos han abordado el aporte de materia orgánica de las especies, entre estas citas se refieren a las de Jiménez-Quiroz (1991), Arreola-Lizarraga *et al.* (2004), Félix-Pico *et al.* (2006) incluyendo una breve descripción de la composición estructural y distribución de las especies.

En la última década se han abordado estudios que han sido enfocados a determinar la influencia de los micro-organismos del suelo, asociados a las raíces de mangle, entre ellos se encuentran las cianobacterias del genero *Azospirillum* y su relación con el sistema radicular de los manglares, entre estas citas se encuentran las de Holguín *et al.* (1992, 2001), Bashan *et al.* (1998), Puente *et al.* (1999) y Toledo *et al.* (2001).

Sin embargo, a causa de la distribución fraccionada de los manglares y de los cambios en el uso del suelo de la zona costera, en la actualidad no se ha tenido con precisión la extensión de los manglares peninsulares, la información aun es imprecisa y no se ha llegado a tener un consenso de la extensión real, un ejemplo de ello es el trabajo de Suman (1994), quien estima para México una superficie de manglar de 488,367 has, de las cuales el 43% (224,035 has) corresponden al golfo de México, y el restante 57% (291,540 has) al litoral del Pacífico. Con base a esa información, Loa-Loza (1994) considero que apenas el 2.4% (12,120 ha) corresponderían a la península de Baja California, y que según ese mismo autor representan un 3-4% de la superficie de manglares del Pacifico Mexicano. Sin embargo, con el uso de imágenes de satélite y la verificación de datos en campo, Ruiz-Luna *et al.* (2004) determinaron para ambos litorales de la península cerca de 24,000 ha de manglar, que representarían el 8% de los manglares nacionales. Esta discrepancia de casi el 100% entre las citas mencionadas da una idea de la dificultad que hasta la fecha ha representado el determinar con exactitud el área de manglar a una escala nacional aun utilizando sistemas de percepción remota, pero con más dificultad ha sido determinar a escala regional en la Península Baja California. Recientemente, la CONABIO (2008) cita 24,327 ha para Baja California Sur, aunque omite algunas zonas dispersas. En el capítulo siguiente de esta misma obra González-Zamorano *et al.* (en prensa) propone una superficie de 32 000 ha, obtenida en un extensivo trabajo de campo con el apoyo de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

No obstante el carácter fragmentario de los manglares peninsulares, particularmente los del Golfo de California, hasta la fecha se encuentran poco afectados por las actividades antrópicas, ante todo por la escasa presión que ejercen tanto la baja densidad

poblacional humana como la baja infraestructura portuaria que se implementa en las bahías y ensenadas en este territorio. Si bien hay que considerar que en localidades que ahora son centros urbanos anteriormente existieron comunidades de manglar que han sido afectadas en diferente medida, incluso algunas áreas han desaparecido totalmente, entre tales localidades se encuentran las Bahías de Cabo San Lucas, de La Paz, de Loreto, de Bahía Concepción, algunos centros de población en Bahía Magdalena y de la Laguna San Ignacio.

### **El manglar como una comunidad discreta**

En la actualidad, los ecólogos vegetales de la escuela americana aceptan la identidad de las comunidades vegetales de acuerdo al principio individualista de la vegetación, el cual establece que cada especie vegetal ocupa una distribución geográfico-espacial de acuerdo a sus características genéticas, fisiológicas y funcionales, moduladas por el medio físico y por la interacción con otras especies (micro-organismos, vegetales y animales) siguiendo el principio de la “continuidad de la comunidad”, que a su vez determina que en su distribución espacial las especies vegetales se intergradan entre si en diversa medida, aspecto entendible a través del concepto de gradientes ambientales (Whittaker 1975).

Conceptualizada de esta manera, los conjuntos de especies, o comunidades vegetales, son un artificio que permite agrupar a la diversidad vegetal en unidades convencionales: los tipos de vegetación. Estos son de amplio uso y utilidad para sistematizar y comprender la diversidad de la naturaleza. Sin embargo, el caso de la comunidad o agrupación vegetal de manglar, no parece seguir del todo el principio establecido por esta teoría de la vegetación de Whittaker, ya que por sus estrechos requerimientos ambientales, la distribución espacial y geográfica de las especies que lo integran, presenta límites drásticos dentro del gradiente ambiental; esto es, no se presenta una intergradación entre esta comunidad y la vegetación terrestre adyacente, por el contrario su delimitación es sumamente abrupta.

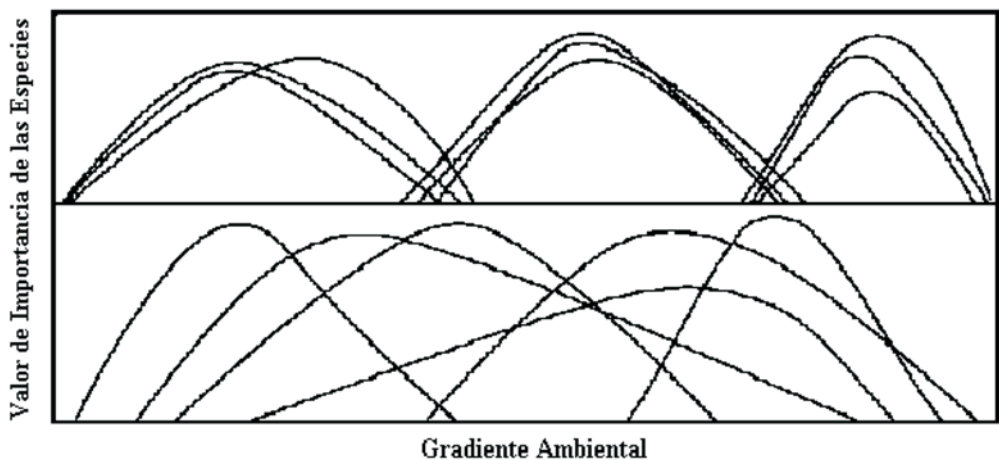
De esta manera, es posible considerar al manglar como un agrupamiento de especies vegetales (en este caso de tres especies de árboles de mangle), con alto grado de cohesividad entre si por la afinidad comunal de sus requerimientos ecológicos. Este rasgo lo hace concordar en el concepto organimicista de la vegetación de Clements (1919), que entre otros aspectos establece la existencia de una gran afinidad entre el grupo de especies que conforman una agrupación, el cual funciona como un superorganismo, y que ante eventos de disturbio tiende siempre a regenerarse hacia la misma dirección a través de etapas sucesionales predecibles.

El grupo de especies que conforman la comunidad del manglar, o en este caso la “unidad manglar” co-ocurren con un alto grado de fidelidad, a través del gradiente ambiental costero desde la línea del ecuador hasta la línea del trópico. Esta última

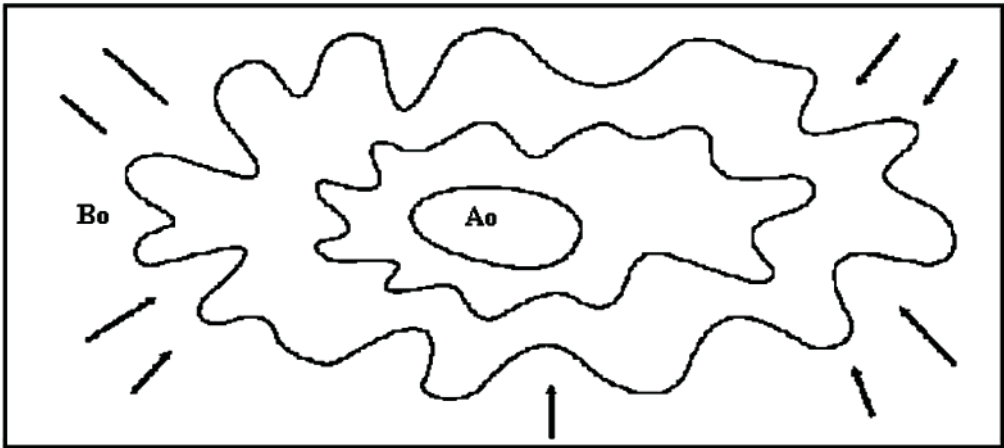
conceptualización es también congruente con el concepto de comunidad vegetal considerado por la escuela fitosociológica (europea) de estudio de la vegetación (Colinvaux 1993).

La Figura 1a muestra esquemáticamente la distribución idealizada de diferentes especies vegetales a través de un gradiente ambiental (eje  $x$ ) tomando como respuesta algún parámetro morfométrico que refleje la dominancia de cada especie, por ejemplo, el valor de importancia o la cobertura (eje  $y$ ). En este caso, el manglar corresponde a la comunidad discreta (esquema superior).

La Figura 1b esquematiza la presión que ejercen los distintos componentes del ambiente en la distribución geográfica de una especie o como en el caso del manglar un grupo de especies con alta cohesividad que prácticamente conforman una unidad. Este modelo esquemático señala que en el gradiente ambiental existe una zona (punto  $A_0$ ) en donde la respuesta de la población o del agrupamiento de especies afines es altamente compatible con el medio, situación que le permite exhibir un óptimo crecimiento, que se refleja en altos niveles de dominancia o de expresión de variables morfométricas (volumen del dosel, cobertura, valor de importancia, etc.). Contrariamente, en la zona marginal de su distribución geográfica (punto  $B_0$ ), o de su gradiente ambiental, la población enfrenta condiciones limitativas o de alta competencia que causan un mayor estrés en individuos y en la población, que finalmente se reflejan en bajos valores morfométricos comparados con el punto  $A_0$ . En este último modelo, el manglar como una unidad de vegetación, presenta menos presiones del ambiente en su “centro de origen”, esto es en la zona inter-tropical, que en la zona extra-tropical donde el balance de capacidades intrínsecas y presiones del ambiente limitan su desarrollo.



**Figura 1a.-** Distribución idealizada de diferentes especies vegetales en un gradiente ambiental (eje  $x$ ), la respuesta considera un parámetro morfométrico, Ej. Valor de importancia (eje  $y$ ).



**Figura 1b.-** Esquema de la presión que ejercen los distintos componentes del ambiente en la distribución geográfica de una especie.

### Los manglares peninsulares

Las razones para explicar la particular fisonomía arbustiva y achaparrada de los manglares peninsulares surgen de la aceptación de que estos, como comunidad vegetal, persisten en esta región en el margen de su distribución geográfica en el hemisferio norte-occidental (Norteamérica). En territorio peninsular el manglar más extremo alcanza hasta  $29^{\circ}02'N$  en Bahía de Los Ángeles, B.C., México (Pacheco-Ruiz *et al.* 2006). Esta localidad representa un sitio ubicado un poco más al norte que el correspondiente en la costa norteamericana en el Océano Atlántico, en la Bahía de Tampa, Florida ( $27^{\circ}41'N$ ; Dawes *et al.* 1999).

Sobre ambas zonas limítrofes en la distribución del manglar, las condiciones ambientales parecen ser poco propicias para que, tanto a nivel de individuos, de especie y de comunidad vegetal, exhiban su mejor vigor, expresión fisonómica y adecuación ecológica, tal y como sucede en latitudes tropicales.

En una escala más fina, es posible notar que las especies de mangles no poseen idénticos requerimientos ecológicos, sino que factores como las variaciones micro-topográficas en el sustrato pueden manifestarse seleccionando individuos y especies, así como facilitando o restringiendo la disponibilidad de nutrientes para las raíces. En la península como en el resto de México es posible apreciar que el mangle rojo *Rhizophora mangle* persiste en zonas donde ocurre una mayor frecuencia de inundación de la marea. El mangle blanco *Laguncularia racemosa* se presenta intermezclado con el mangle rojo, pero puede soportar más el descubrimiento del sustrato por la baja marea. El mangle prieto o mangle salado *Avicennia germinans* se desarrolla,

contrariamente a los dos primeros, en zonas donde solo las pleamares elevadas inundan el sustrato. La esporádica presencia del mangle botoncillo, *Conocarpus erecta*, se restringe a sitios muy dispersos entre si, localizados en pequeñas agrupaciones de individuos que ocupan una posición muy alejada de la influencia marina en sitios con menos saturación del sustrato, por esta causa no fue incluido en esta investigación.

Estas particularidades de cada especie dan lugar a una decidida tendencia a zonificarse dentro de la comunidad, la disponibilidad de sustrato parece tener el control de la misma, y este a su vez se encuentra en función de la depositación o erosión del mismo, e incluso por movimientos micro-tectónicos dentro del manglar.

Como el rasgo más importante, los manglares de la península se distinguen de los propiamente tropicales por las reducidas dimensiones de cada una de las masas arboladas que constituyen la comunidad. También por la tendencia de sus componentes individuales a presentarse como formas arbustivas o achaparradas. Esta forma reducida trae consigo rasgos propios en la estructura de los mismos individuos, tales como ramificación desde la base, con aparentes reducidos valores de área basal por individuo, por unidad de superficie y por la baja cobertura del dosel, así como de otras relacionadas con aspectos fenológicos vegetativos y reproductivos. Es oportuno señalar que estas propiedades no se encuentran aun bien descritas, ni relacionadas con variables del ambiente.

Este estudio parte de suponer que las especies que conforman los manglares peninsulares se encuentran distribuidas dentro de cuatro de tipos de condiciones micro-topográficas, acordes con la propuesta general de la clasificación de manglares del Caribe de Lugo y Snedaker (1974); a saber, los grupos de individuos se establecen en condiciones de costa (CO), de canal (CA), en zonas de inundación permanente (IP) y en zonas de inundación temporal (IT). Se ha observado que en cada una de estos tipos de condiciones se asocian a particularidades micro-ambientales que a su vez actúan en diversa medida sobre las especies de mangle exhibiendo diversos rasgos en sus atributos morfométricos e incluso excluyéndose las especies de una condición a otra.

## HIPÓTESIS

Determinar la seriación de las tres principales especies que constituyen esta comunidad en territorio peninsular, que típicamente debe comprender el arreglo mangle rojo *R. mangle* - mangle blanco *L. racemosa* - mangle prieto o mangle salado *A. germinans*, en una secuencia que va de la parte en contacto con el agua de mar, hacia tierra adentro. Debido a diferentes factores, la seriación generalmente aceptada de estas especies puede ser alterada por las condiciones relativas a las características en la micro-topografía del sustrato. Aunado a este hecho, debe considerarse que la apreciación fisonómica de los manglares peninsulares, el “achaparramiento”, puede explicarse como una aparente

respuesta a la resultante del conjunto de los factores ambientales propios en el medio peninsular, mismos que no son los mas propicios para la mejor expresión fisonómica de estas comunidades.

## OBJETIVO

Mostrar la composición y estructura de manglares de tres localidades en la costa sur occidental del Golfo de California, y relacionar las particularidades estructurales con las condiciones y el tipo de sustrato en el cual se desarrollan.

## ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

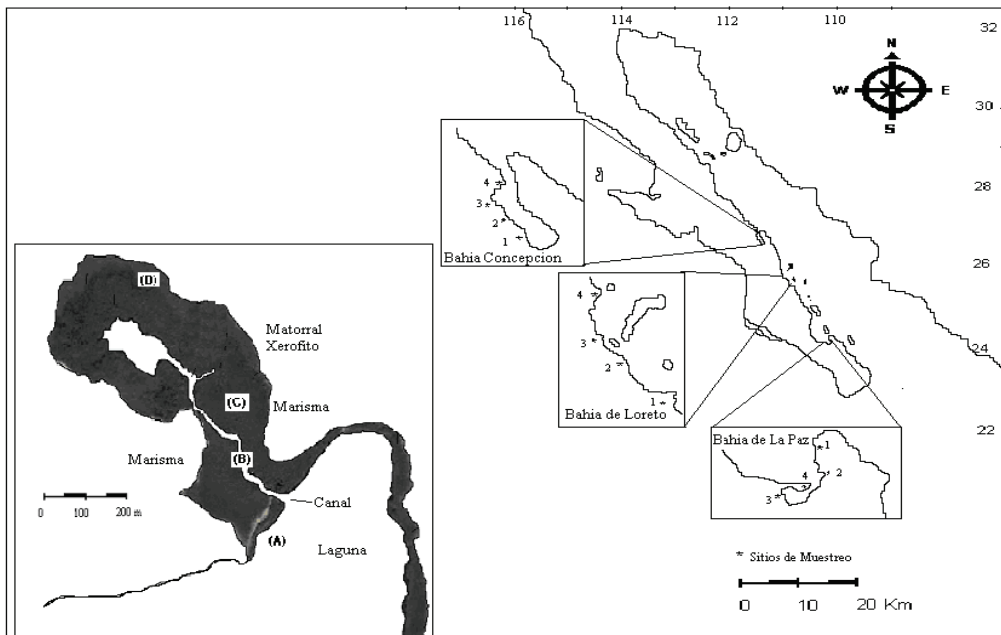
El grupo de factores que determinan el desarrollo de las comunidades del manglar se ha descrito en numerosas publicaciones (Davis 1940, Thom 1967, Lugo y Snedaker 1974, Rabinowitz 1978, Ball 1980). No obstante, en el litoral de la Península de Baja California las condicionantes generales se cumplen parcialmente. Entre los principales contrastes entre estos manglares y los tropicales se encuentra el bajo e irregular aporte y disponibilidad de agua dulce, que se traduce en la tolerancia a elevados niveles de salinidad del agua de mar, aun mayores que el estándar local de 35 ups (Álvarez-Borrego 2004). Otros más son la temperatura del aire y de mar, mismas que durante el período invernal pueden constituirse como fuertes factores limitativos. Otro factor importante es la baja disponibilidad de sedimentos apropiados (limos, arcillas), los cuales traen consigo un bajo aporte de nutrientes minerales, transportados y depositados por las corrientes fluviales, hechos que solo ocurren después de las copiosas y erráticas tormentas. Sin embargo, en la costa peninsular del Golfo de California las cuencas hidrológicas son muy pequeñas, en su conjunto, desde la bahía de La Paz a bahía de Los Ángeles apenas rebasan los 3.5 km<sup>2</sup> en total (Capítulo 3 de Zamorano *et al.*). El área de estudio se localiza en la costa sur occidental del Golfo de California, las tres localidades donde se realizaron los muestreos corresponden a manglares de Bahía de La Paz (24°09'29.07''N, 110°19'39.17''W), Bahía de Loreto (25°49'37.51''N, 111°18'51.17''W) y Bahía Concepción (26°43'28.63''N 111°54'12.43''W). En la Tabla 1 esta la relación de los sitios de muestreo.

En la Figura 2 se señalan cuatro sitios de muestreo en cada una de las tres localidades de estudio. Se esquematiza un manglar idealizado, donde se muestra la disposición de la micro-topografía (que corresponden a las cuatro condiciones de muestreo) indicada como el grupo de mangles en Costa (CO); Canal (CA); Inundación Permanente (IP) e Inundación Temporal (IT).



**Tabla 1.-** Relación de las localidades de estudio con sus sitios de muestreo en la costa sur occidental del Golfo de California.

Bahía de La Paz	Bahía de Loreto	Bahía Concepción
1.- Laguna Balandra	1.- Boca Ligui	1.- Playa Armenta
2.- Bahía Falsa	2.- Puerto Escondido	2.- Playa El Burro
3.- Estero Zacatecas	3.- Estero Nopolo	3.- Playa Cocos
4.- Punta Mogote	4.- Punta Mangle	4.- Playa Santispac

**Figura 2.-** Ubicación de las tres localidades de estudio y sus respectivos cuatro sitios de muestreo en la costa sur occidental del Golfo de California. En cada sitio se establecieron cuatro condiciones del manglar, en la imagen anexa se ejemplifica la posición de estas. (A) Costa; (B) Canal; (C) Inundación Permanente, e (D) Inundación Temporal.

### Condiciones ambientales regionales

La vegetación de manglar en la costa sur occidental del Golfo de California, se desarrolla en un ambiente regional cálido y muy seco del tipo BWh (García 1981). La temporada calido-húmeda se presenta de junio a octubre con máximo de lluvias en septiembre. Donde la temperatura diurna del aire de los días más cálidos llega a sobrepasar los 38°C a la sombra.

El invierno se caracteriza por la influencia de vientos del norte, mismos que alcanzan velocidades de hasta 50-60 km h<sup>-1</sup>. Por el contrario, es común que las temperaturas semi-diurnas (en punto del amanecer) registren niveles de la temperatura del aire por abajo de los 10° C durante el mes de enero.

En esta región CICESE (2006) reporta datos que señalan la fluctuación de la marea en dos grandes eventos estacionales: un periodo que inicia en diciembre y termina en junio, en el cual la fluctuación del ritmo de mareas se acentúa en mayor nivel en la bajamar inferior, siendo en Marzo el punto con mayor abatimiento del nivel, pues suelen alcanzar hasta -0.44 m por abajo del nivel medio de la marea, lo que se traduce para las plantas en un período de estrés hídrico y salino para la masa de mangles en general, particularmente para aquellos mas alejados del agua (*Avicennia germinans*). En este lapso, solo durante la fase de luna llena el nivel de la pleamar alcanza el límite superior de la masa de mangles.

En el período de junio a noviembre se presenta la máxima saturación del sustrato acentuándose en la pleamar superior, los límites de saturación tienen mayor incidencia también en el plenilunio, incluso el nivel del agua sobrepasa el límite superior del manglar, permaneciendo inundado por más tiempo que en el período del primer semestre del año. El mes de noviembre, en el sur de la costa occidental del Golfo de California, se presenta el máximo nivel de la marea, donde la pleamar se reporta hasta +1.46 m por arriba del promedio anual (CICESE 2006).

### **Sitios de muestreo**

En cada una de las tres localidades se seleccionaron cuatro cuerpos de manglar como sitios de muestreo, esto es en cada una de las condiciones micro-topográficas. Se atendió que cada conjunto tuviera dimensiones propias de una masa de mangles; que estuvieran presentes las tres especies cubriendo por lo menos 1 ha de superficie.

### **Selección de las condiciones micro-topografías**

Partiendo del supuesto que las diferentes condiciones actúan selectivamente sobre los individuos de las especies, la respuesta adaptativa de los individuos es desarrollar diversos atributos morfométricos, incluso llegando a ausentarse en determinada condición.

Para distinguir las diferencias entre los individuos de las especies se decidió reconocer a las siguientes condiciones del sustrato, mismas que se presentan en el gradiente desde el margen de la costa hacia el interior de la vegetación en cada comunidad: Se define Costa (CO) como la condición donde las plantas de cada especie tienen contacto permanente con el agua del mar, y donde el oleaje es mayor de todo el sistema. Canal

(CA) es la condición donde el agua del mar fluye hacia el interior del manglar pero durante las bajamar extremas el sustrato se descubre por algunas horas, aquí el oleaje presenta baja intensidad. Inundación permanente (IP) es la condición donde si bien regularmente el agua se retira por acción de la bajamar, el sustrato permanece saturado de manera continua. Inundación temporal (IT) es la condición más alejada y elevada del manglar, solo las pleamar extraordinarias del año la alcanzan, el sustrato superficial puede observarse con bajo nivel de humedad particularmente durante el primer semestre del año.

Es conveniente precisar que estas condiciones micro-topográficas que se definen no designan tipos de manglar, más bien hace referencia a la ubicación de las especies en cierta calidad de sustrato, en el cual bajo un régimen propio de dinámica de la marea permite el establecimiento de las especies.

### **Métodos de muestreo en cada condición micro-topográfica**

El análisis de la vegetación se realizó aplicando el método de cuadrantes de 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>) (Dawes *et al.* 1999). Se establecieron tres cuadrantes en cada una de las condiciones a manera de repetición separadas por lo menos 30 m una de otra.

### **Variables de la vegetación**

Una vez diferenciados e identificados taxonómicamente se registró para cada individuo los valores respectivos de las siguientes variables: altura, diámetro de troncos y ramas y número de individuos. Con esta información se obtuvieron otras variables como: frecuencia de las especies en cada repetición, área basal de troncos y ramas por especie, y densidad de troncos o ramas. Estos atributos se utilizaron para calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Brower *et al.* 1990). El IVI se estimó para cada especie registrada en el sitio en relación con el resto de las especies. En este caso, integrando los valores relativos de frecuencia, altura y área basal.

### **Procedimientos de campo**

La vegetación de los manglares peninsulares presenta un porte arbustivo (con individuos reproductivos de baja altura, ramificados desde su base y de reducido diámetro en ramas y troncos). Es conveniente precisar que las tres especies presentan un tronco bien definido, a partir del cual se desarrolla un número variable de ramas (hasta 15), particularmente en *L. racemosa*. Para considerar a los individuos con mayor ramificación, sobretodo de *A. germinans* en la condición IT, se estableció el criterio de medir los

tallos y troncos que presentan un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 1.5$  cm. Debido al reducido desarrollo vertical y la cantidad de ramas que presentan algunos individuos, la variable DAP se tomó a 80 cm del suelo, adecuación del criterio utilizado por Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983). La altura del dosel fue medida con un estadal plegable con alcance de 10 m. La frecuencia indica la proporción en que son encontrados los individuos de las especies en cada una de las 3 repeticiones para cada condición micro-topográfica en cada una de las localidades. La base del muestreo consistió en encontrar la base principal, o de mayor diámetro, de cada individuo y de la cual se desarrollan ramas secundarias de menor diámetro, criterio aplicado particularmente para *R. mangle*.

### Procedimiento para determinar el área basal

El tronco del mangle se ajusta a una forma circular, de este modo se empleó la fórmula geométrica respectiva (Caballero *et al.* 1997); esto es  $A = (\pi) (\text{diámetro}^2)/4$ , la cual se utilizó para obtener el área basal ( $g$ ) de los troncos y ramas. Debido a que los registros de campo se obtuvieron en centímetros para expresar el resultado en  $m^2$ , la fórmula se adecuó de la siguiente manera:

$$g = [(\pi * \text{diámetro}^2) / 4] * (1 / 10000).$$

donde:  $g$  = área basal de troncos y ramas en metros cuadrados ( $m^2$ ).

$\text{diámetro}^2$  = valor cuadrático del valor del diámetro de troncos y ramas en centímetros.

### Procedimiento de muestreo del sustrato y salinidad

En cada condición micro-topográfica (CO, CA, IP e IT) se realizaron dos muestreos del sustrato, utilizando un nucleador de acero de 2 pulgadas de diámetro. La muestra se extrajo a una profundidad de 1.5 m, y de cada núcleo, se analizó el segmento que contenía la zona de mayor concentración de raíces. Las fracciones de la textura (% de arena, limo y arcilla) del sustrato se obtuvieron por el método Bouyoucos (1962). La salinidad intersticial en la zona de raíces a una profundidad promedio de 40 cm. Adicionalmente, se tomó una muestra de salinidad del agua superficial como testigo.

### Procesamiento de la información

La información se capturó y en una hoja de cálculo Excel. Las variables para cada individuo (altura, diámetro de tallos y número de estos) en los tres registros de cada parcela de cada condición micro-topográfica (CO, CA, IP, TI) se procesaron como un solo sitio. El formato original consistente en realizar tres repeticiones obedece a la

necesidad de contar con el cálculo para la variable frecuencia para cada especie.

También se analizó por separado las variables estructurales: altura, diámetro de tallos y densidad de individuos, para hacer comparaciones entre las condiciones micro-topográficas de los diferentes sitios. Procesada la información, se procedió a calcular el IVI para cada especie, esta información se analizó para cada condición de cada localidad. El desarrollo vertical y la contribución del área basal de cada especie, se comparó mediante el ANOVA simple entre las condiciones micro-topográficas de cada localidad.

Finalmente, utilizando los contenidos de la textura del sustrato de cada condición de muestreo se realizó una correlación simple para demostrar si la variabilidad en el desarrollo de las especies está influenciado por las condiciones de la edafología del sustrato de cada condición micro-topográfica.

## RESULTADOS

### **Características estructurales de las especies en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) en las localidades de estudio.**

En las Tablas 2, 3 y 4 se presentan los resultados de las características de crecimiento y estructura de las especies en las condiciones micro-topográficas CO, CA, IP e IT. Los resultados de cada condición provienen de la sumatoria de repeticiones de muestreo, excepto en la altura que se analiza en el promedio del crecimiento. En la localidad de La Paz se analizaron cuatro diferentes condiciones por cada sitio de muestreo, mientras que en las localidades de Loreto y de Bahía Concepción variaron de una a tres. Si bien en cada condición se muestreó distinta superficie (por la disponibilidad de terreno), los resultados en cada localidad se presentan ajustados a una misma área de muestreo. Las dos primeras columnas en cada tabla, muestran para cada especie la sumatoria del número de individuos y del número de ramas. Las siguientes tres columnas, señalan el resultado de las variables frecuencia, altura y área basal; a partir de estas variables se calculó el valor relativo (porcentual) para entonces obtener su respectivo valor de IVI que se muestra en la última columna. Al final de cada condición, en negritas, se muestran los valores totales de cada variable.

### **Localidad Bahía de La Paz**

Los resultados del muestreo se muestran en la Tabla 2, y se observa que las tres especies de mangle se encuentran en cada una de las cuatro condiciones. En la condición

costa (CO) el número de individuos totales es notablemente mayor que en las otras tres. El mismo patrón se observa en el número de ramas y en la sumatoria del área basal.

En cuanto a la variable altura en las condiciones CO, CA e IP el promedio del perfil de las especies varía de 3.9 a 3.1 m, lo cual contrasta con la condición IT sensiblemente inferior (2.3 m). Es notable la dominancia (reflejada en el IVI) de cada especie en las distintas condiciones; *L. racemosa* es dominante en CO, *R. mangle* en las condiciones CA e IP, finalmente *A. germinans* en la condición IT.

En total, por el área muestreada se obtuvieron 5.47 m<sup>2</sup> ocupados por los tallos de todas las especies, que extrapolados a la unidad de superficie (ha) corresponden a 45.58 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, si bien este es un dato teórico, ya que en el área de estudio no se presentan tal extensión, pero es de utilidad comparativa para otras áreas del país.

**Tabla 2.-** Resumen de las características estructurales para cada una de las especies de mangle en la localidad de Bahía de La Paz, de cada uno de los cuatro tipos de condición micro-topográfica correspondientes a cuatro sitios (Laguna Balandra, Bahía Falsa, Estero Zacatecas y Punta Mogote). El IVI corresponde a la suma de los valores relativos de las tres últimas variables. Los resultados de las columnas para cada tipo de condición corresponden a sumatorias de las parcelas que cubren una superficie de 300 m<sup>2</sup>.

Tipo de Condición Micro-topográfica	Σ No. Indiv.	Σ No. Ramas	Frec.	Altura promedio (m)	Σ Área Basal m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	I.V.I. <sup>2</sup>
<b>(CO) COSTA</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	45	163	1.00	3.84±1.12	0.50	83.4
<i>Laguncularia racemosa</i>	135	862	1.00	4.32±0.85	1.98	130.1
<i>Rhizophora mangle</i>	52	432	0.75	3.62±0.81	1.0	86.5
	<b>232</b>	<b>1457</b>		<b>3.92±0.35</b>	<b>3.48</b>	<b>300.00</b>
<b>(CA) CANAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	14	55	0.75	3.18±1.00	0.10	63.8
<i>Laguncularia racemosa</i>	46	208	0.75	4.56±1.43	0.63	111.0
<i>Rhizophora mangle</i>	72	595	1.00	3.96±0.92	0.77	125.2
	<b>132</b>	<b>858</b>		<b>3.90±0.69</b>	<b>1.50</b>	<b>300.00</b>
<b>(IP) INUND. PERMANEN</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	0	0	0.25	2.95±1.08	0.21	89.3
<i>Laguncularia racemosa</i>	15	45	0.75	3.34±1.12	0.02	77.0
<i>Rhizophora mangle</i>	78	486	1.00	3.19±1.12	0.23	133.7
	<b>93</b>	<b>531</b>		<b>3.16±0.19</b>	<b>0.46</b>	<b>300.00</b>
<b>(IT) INUND. TEMPORAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	150	489	1.00	2.25±0.63	0.010	129.9
<i>Laguncularia racemosa</i>	4	17	0.25	2.55±0.47	0.020	115.3
<i>Rhizophora mangle</i>	2	4	0.25	2.25±0.35	0.002	54.8
	<b>156</b>	<b>509</b>		<b>2.35±0.17</b>	<b>0.032</b>	<b>300.00</b>
Σ Área Basal para toda la localidad, corresponde a una superficie de 1,200 m <sup>2</sup> = <b>5.47 m<sup>2</sup></b>						
Área Basal extrapolada a m <sup>2</sup> / ha = <b>45.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup></b>						

<sup>1</sup> Modificada de Caballero *et al.* (1997); <sup>2</sup> Bowers *et al.* (1990).

### Localidad Bahía de Loreto

En la Tabla 3 se señalan los resultados correspondientes a esta localidad, y se encontro que en CA, se presentan dos especies *A. germinans* y *L. racemosa*; y en IP; *A. germinans* y *R. mangle*. Mientras que en CO e IT, son representativas por una especie; *L. racemosa* y *A. germinans*, respectivamente. En esta localidad, la mayoría de los manglares se ubican en el margen de la desembocadura de arroyos intermitentes, normalmente una barra arenosa separa la vegetacion del oleaje, aunque dicha barra se modifica constantemente dependiendo de factores ambientales.

Los datos indican que *L. racemosa* es dominante en CO y en CA, en esta última se presenta con individuos robustos (138 plantas con 7.3 m). También en esta localidad la

**Tabla 3.-** Resumen de las características estructurales para cada una de las especies de mangle en la Localidad de Bahía de Loreto para cada una de los cuatro tipos de condición micro-topográfica, correspondientes a cuatro sitios (Boca Ligui, Puerto Escondido, Estero Nopolo y Punta Mangle). Los datos corresponden a una superficie de muestreo ajustada a 300 m<sup>2</sup>. El IVI corresponde a la suma de los valores relativos de las tres últimas variables.

Tipo de condicion Micro-topografica	Σ No. Indiv	Σ No. Ramas	Frec.	Altura promedio (m)	Σ Área Basal m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	I.V.I. <sup>2</sup>
<b>(CO) COSTA</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	188	596	0.25	3.00±0.88	0.44	300.0
<i>Rhizophora mangle</i>	0	0	0	0	0	0
	<b>188</b>	<b>596</b>		<b>3.00±0.88</b>	<b>0.44</b>	<b>300.00</b>
<b>(CA) CANAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	52	296	0.50	6.59±0.58	1.64	126.95
<i>Laguncularia racemosa</i>	138	458	0.50	7.30±1.64	3.92	173.05
<i>Rhizophora mangle</i>	0	0	0	0	0	0
	<b>190</b>	<b>704</b>		<b>6.94±0.35</b>	<b>5.56</b>	<b>300.00</b>
<b>(IP) INUND. PERMANEN.</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	36	164	0.25	2.82±0.39	0.16	118.94
<i>Laguncularia racemosa</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizophora mangle</i>	80	308	0.25	3.39±1.03	0.52	181.06
	<b>116</b>	<b>472</b>		<b>3.10±0.28</b>	<b>0.68</b>	<b>300.00</b>
<b>(IT) INUND. TEMPORAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	108	304	0.25	2.40±0.56	0.16	300.0
<i>Laguncularia racemosa</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizophora mangle</i>	0	0	0	0	0	0
	<b>108</b>	<b>304</b>		<b>2.40±0.56</b>	<b>0.16</b>	<b>300.00</b>
Σ Área Basal para toda la localidad, corresponde a una superficie de 1,200 m <sup>2</sup> = <b>6.84 m<sup>2</sup></b>						
Área Basal extrapolada a m <sup>2</sup> /ha = <b>57 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup></b>						

<sup>1</sup> Modificada de Caballero *et al.* (1997); <sup>2</sup> Bowers *et al.* (1990).

dominancia del IVI se reparte entre las especies en las distintas condiciones; así *L. racemosa* es dominante en CO y CA, mientras que *R. mangle* en IP, finalmente *A. germinans* es dominante en la condición IT.

En total por el área muestreada se obtuvieron 6.84 m<sup>2</sup> ocupados por tallos de estas especies, que extrapolada a la unidad de área (ha) se obtienen 57 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

### Localidad Bahía Concepción

En la Tabla 4 se señalan los resultados para esta localidad. Cabe señalar que debido al sustrato rocoso del margen costero que se presenta en esta localidad, no se establecen las especies de mangle, por ello no se registró la condición CO. Las especies de manglar se establecen en lagunas semi-cerradas por una barra arenosa, donde el agua que proviene del nivel de la marea se introduce hacia el interior por pequeños canales y por infiltración.

En la condición CA, *R. mangle* exhibe una elevada densidad de plantas, así como la mayor cantidad de ramas. En CA e IP *A. germinans* presenta menos abundancia, pero

**Tabla 4.-** Resumen de las características estructurales para cada una de las especies de mangle en la Localidad de Bahía Concepción, encontradas en cada una de los tres tipos de condición micro-topográfica; correspondientes a los sitios (Playa Armenta, Playa El Burro, Playa Cocos y Playa Santispac). Los datos corresponden a una superficie de muestreo ajustada a 300 m<sup>2</sup>. El IVI corresponde a la suma de los valores relativos de las tres últimas variables.

Tipo de Condicion Micro-topografica	Σ No. Indiv.	Σ No. Ramas	Frec.	Altura promedio (m)	Σ Area Basal m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	I.V.I. <sup>2</sup>
<b>(CA) CANAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	36	132	0.25	4.73±1.12	1.08	159.48
<i>Laguncularia racemosa</i>	20	68	0.25	2.66±0.70	0.04	61.30
<i>Rhizophora mangle</i>	56	284	0.25	3.28±0.47	0.20	79.22
	<b>112</b>	<b>484</b>		<b>2.97±0.31</b>	<b>1.32</b>	<b>300.00</b>
<b>(IP) INUND. PERMANEN.</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	17	92	0.50	4.78±0.92	0.94	106.33
<i>Laguncularia racemosa</i>	59	416	0.50	5.16±0.87	0.79	102.13
<i>Rhizophora mangle</i>	48	261	0.75	4.02±0.75	0.43	91.54
	<b>93</b>	<b>396</b>		<b>4.59±0.57</b>	<b>2.16</b>	<b>300.00</b>
<b>(IT) INUND. TEMPORAL</b>						
<i>Avicennia germinans</i>	124	544	0.50	2.85±0.93	0.36	181.09
<i>Laguncularia racemosa</i>	12	80	0.50	3.43±0.10	0.06	118.91
<i>Rhizophora mangle</i>	0	0	0	0	0	0
	<b>136</b>	<b>624</b>		<b>3.14±0.41</b>	<b>0.42</b>	<b>300.00</b>
Σ Área Basal para toda la localidad, corresponde a una superficie de 900 m <sup>2</sup> ** = <b>3.90 m<sup>2</sup></b>						
Área Basal extrapolada a m <sup>2</sup> /ha = <b>43.33 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup></b>						

<sup>1</sup>Modificada de Caballero *et al.* (1997); <sup>2</sup>Bowers *et al.* (1990). \*\*: No se encuentra la condición CO.



en IT es notoria su alta densidad, particularmente en el numero de ramas. En la condición IP es notable el mayor desarrollo vertical de los individuos, la altura promedio alcanza los 4.6 m. Mientras que en CA y en IT se ubica alrededor de los 3.0 m.

De acuerdo al valor acumulativo del IVI, en esta localidad se encontró que en CA dominante *A. germinans*, especie que presenta un valor de 159.48, mientras que en IP se observa poca diferencia entre las tres especies y en IT sobresale considerablemente *A. germinans* sobre *L. racemosa*.

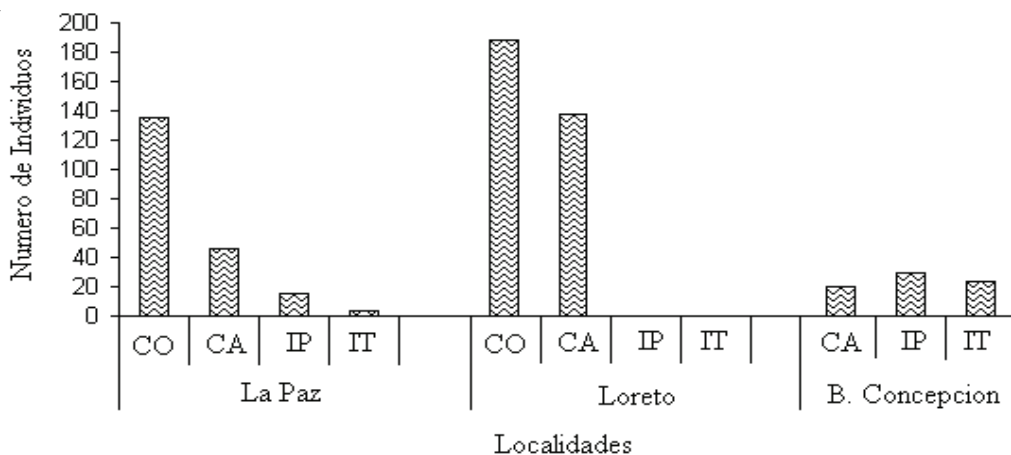
Se obtuvo un valor de 3.90 m<sup>2</sup> ocupados por tallos de todas las especies, que extrapolados a la unidad de área analizada (300 m<sup>2</sup>) corresponde a un valor de 43.33 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

En menor medida que en las anteriores localidades, la dominancia del IVI se reparte solo entre dos especies en las tres condiciones encontradas; así *L. racemosa* es subordinada de *A. germinans* que de acuerdo a esta variable es dominante en la condición todas las condiciones. Mientras que la especie mas acuática, *R. mangle* no resultó dominante en condición alguna.

### **Densidad de las especies en las condiciones micro topo-graficas (CO, CA, IP e IT) en las localidades**

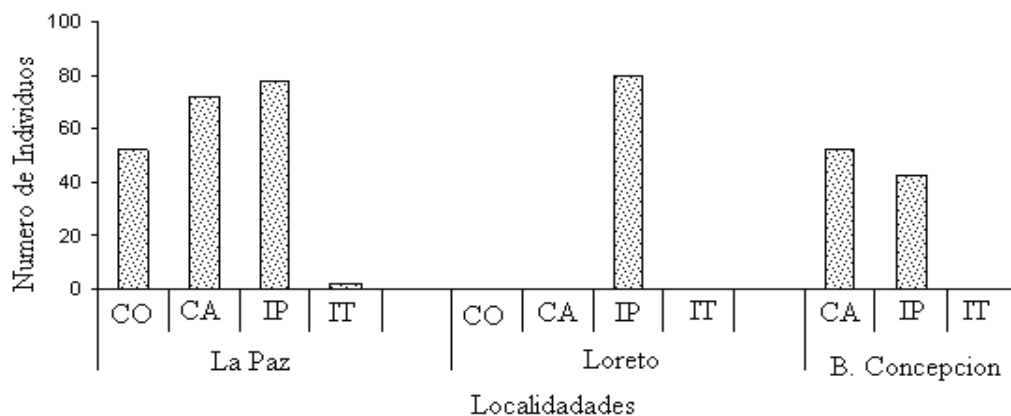
Las especies de mangle presentan diferentes niveles en la abundancia de una condición a otra, como puede notarse en las Tablas 2, 3 y 4, donde se señala la densidad de los individuos en cada condición de cada localidad (ajustada a 300 m<sup>2</sup>). En las Figuras 3, 4 y 5 se muestra bajo la perspectiva gráfica la densidad de individuos de cada especie en cada tipo de condición micro-topográfica (CO, CA, IP e IT) por cada localidad. La zonificación de condiciones micro-topográficas corresponde desde el margen costero (CO) hacia la parte interior del manglar (IT).

La variación en la densidad poblacional del mangle blanco *L. racemosa* se muestra en la Figura 3. Esta especie tiende a desarrollarse en las condiciones micro-topográficas de costa y canal (CO y CA), particularmente en La Paz y Loreto. En menor grado en las zonas inundables (IP e IT) en Bahía Concepción y La Paz. En la localidad de bahía Concepción no se presentó la condición CO, el análisis de las gráficas sugiere que esta especie es favorecida en la condición CO y CA, mientras que las condiciones de inundación (IT e IP) su densidad es baja o bien se excluye. En la localidad de La Paz se aplico una prueba de *t* (Student  $p \leq 0.05$ ) para mostrar estadísticamente diferencias de densidad entre las condiciones, el análisis apareado para esta especie muestra significancia entre los datos de CO-CA ( $t = 4.4297$  con  $p = 0.021374$ ). Para las condiciones CO-IP ( $t = 5.669467$  con  $p = 0.010870$ ) y CO-IT ( $t = 5.611423$  con  $p = 0.011187$ ), teniendo IP e IT menor densidad de individuos que en CA, la comparación debe resultar aún con mayor significancia que en el primer caso.



**Figura 3.-** Abundancia de *L. racemosa* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

La variación poblacional del mangle rojo *R. mangle* se muestra en la Figura 4. Esta especie, presenta abundancia importante de individuos en las condiciones micro-topográficas CO, CA e IP, aunque solo en esta última se manifiesta en todas las localidades, por lo que el análisis gráfico señala que esta especie es favorecida en la condición IP. En Loreto la condición CO y CA se encuentran ausentes, una explicación es la falta de sedimentos de fango (limo y arcilla) para su establecimiento, ya que aquí dominan los arenosos y gravosos. De igual forma que para el caso anterior, se aplico



**Figura 4.-** Abundancia de *R. mangle* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

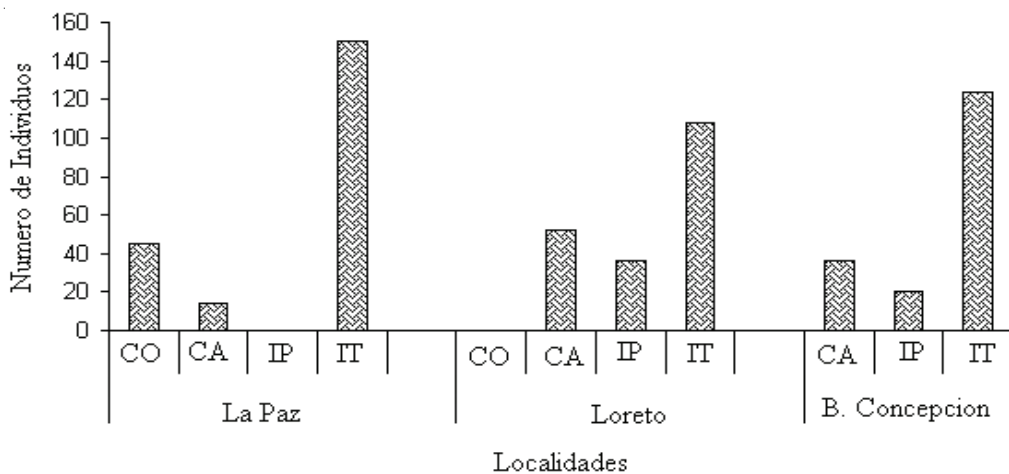
una prueba de  $t$  ( $p \leq 0.05$ ), y comparando a IP con CO y CA, los datos sugieren que no es significativa la diferencia entre IP-CO ( $p = 0.212156$ ;  $t = -1.580360$ ) e IP-CA ( $p = 0.848182$ ;  $t = 0.208514$ ).

En la Figura 5 se observa la abundancia del mangle negro *A. germinans* en las distintas condiciones y localidades de estudio. Esta especie persiste como la más abundante en la condición de inundación temporal (IT) de todas las localidades, aunque muestra una presencia poco representativa en el resto de las condiciones, CO, CA e IP, por lo que el análisis gráfico señala que esta especie es favorecida en la condición IT. Su presencia en CO de la Localidad La Paz se explica considerando una rápida erosión de la costa que ha dejado expuesta una superficie que permaneció al resguardo del oleaje.

De igual forma que para la anterior especie para este mangle se aplicó una prueba de  $t$  ( $p \leq 0.05$ ), los datos de abundancia sugieren que en la localidad de La Paz, no son significativos de CO-IT ( $p = 0.116302$ ),  $t = -2.18956$ ) donde de igual forma no se muestran valores no significativos entre tales condiciones de Loreto y de Bahía Concepción por carecer de replicas en las condiciones.

### Altura de las especies en las condiciones micro topo-gráficas (CO, CA, IP e IT) en las localidades

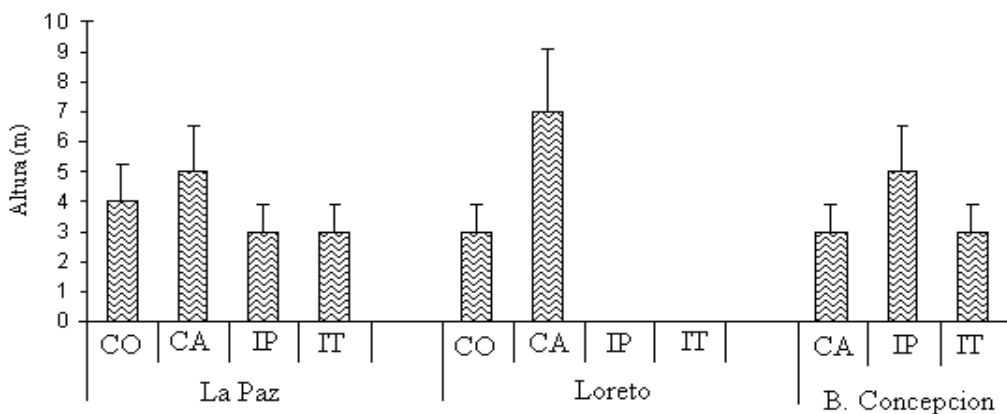
Los mangles presentan diferentes niveles en el desarrollo vertical en cada de las condiciones micro-topográficas de las tres localidades, tal y como se muestra en las Figuras 6, 7 y 8.



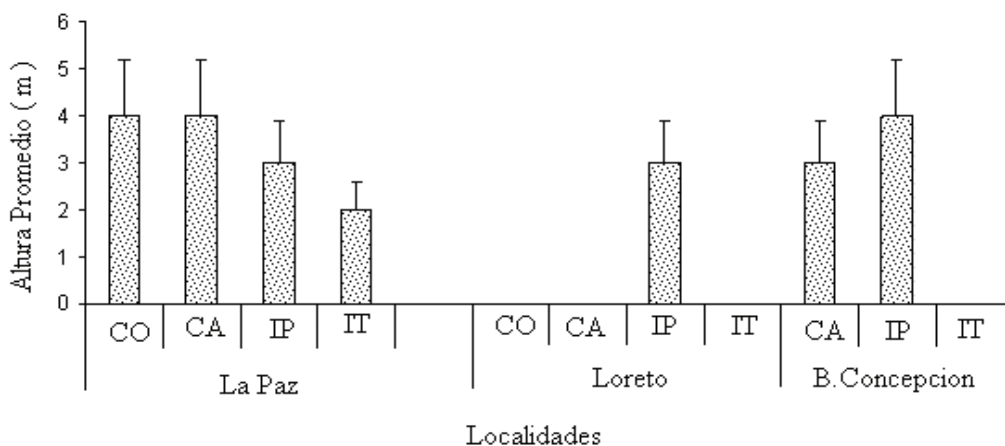
**Figura 5.-** Abundancia de *A. germinans* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

El perfil gráfico inter-sitios de la altura promedio para *L. racemosa* en las diferentes condiciones y localidades se muestra en la Figura 6. Esta especie, presenta mayor desarrollo vertical en las condiciones micro-topográficas de canal (CA) y costa (CO), aunque en inundación (IP e IT) no parecen estar alejados del primer caso. Por medio de un Análisis de varianza de una vía, se aplicó la prueba de Duncan (Statistica v. 5.1; Edic. 1998;) misma que a un nivel de confianza de 95% indica que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las condiciones CO-IP ( $p < 0.023145$ ), CO-IT ( $p < 0.000064$ ), CA-IP ( $p < 0.006346$ ) y CA-IT ( $p < 0.000008$ ) de la localidad de La Paz. Mientras que en la localidad de Loreto es significativa la diferencia solo entre las condiciones CO-CA ( $p \leq 0.000104$ ). En Bahía Concepción existe diferencia en las condiciones CA-IP ( $p \leq 0.00061$ ) y en IP-IT ( $p \leq 0.000239$ ).

El desarrollo de *R. mangle* se muestra en la Figura 7. Esta especie presenta un desarrollo vertical más uniforme que las otras dos especies. Su altura promedio no sobrepasa los cuatro metros, aun en la zona donde se suponía podría alcanzar su mejor desarrollo (CA e IP). Hipotéticamente esta especie se desarrolla mejor en la zona inundable, sin embargo es de llamar la atención que en la localidad Bahía Concepción solo existe la condición IP, mientras que en Loreto el sustrato propio para la especie (fangoso) es limitado (ver apartado de sustrato). En términos generales, la especie permanece en niveles semejantes de altura en las tres condiciones donde el nivel del agua es permanente (CO, CA e IP). En un Análisis de varianza de una vía, se aplicó la prueba de Duncan en un nivel de confianza de 95% la cual indica que existen diferencias significativas entre la altura de esta especie en las condiciones micro-topográficas CO-IP ( $p \leq 0.000035$ ) y en CA-IP ( $p \leq 0.000011$ ) en la localidad de La Paz.



**Figura 6.-** Altura de *L. racemosa* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

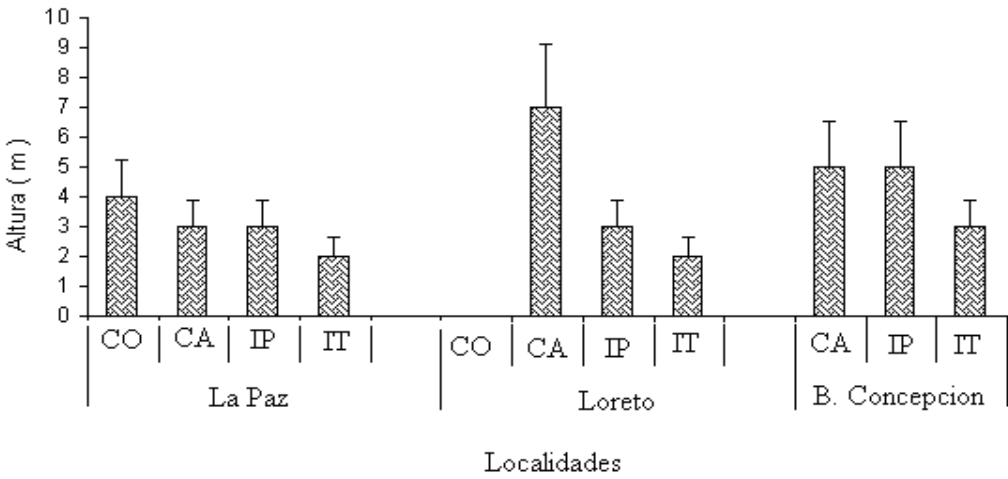


**Figura 7.-** Altura de *R. mangle* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

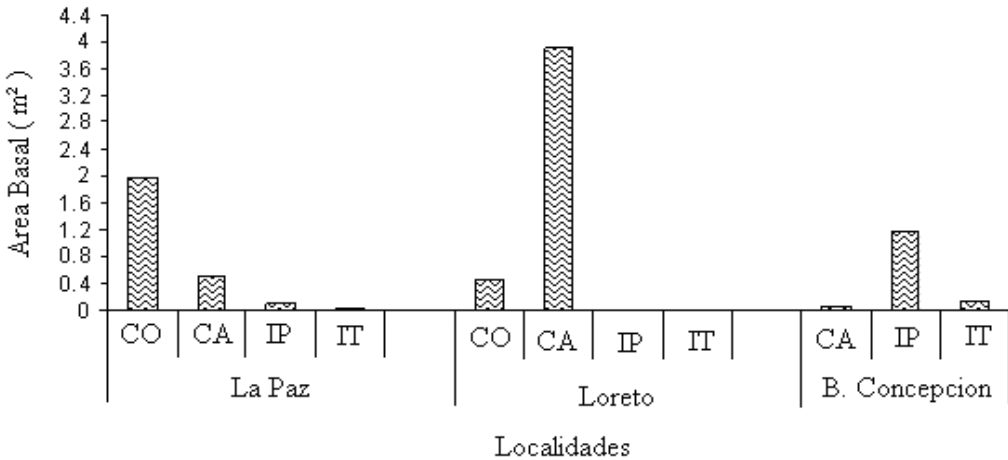
La variación poblacional entre sitios y entre condiciones de *A. germinans* es muy particular, (Fig. 8) ya que esta especie es considerada el mangle más “terrestre”, pero los muestreos exhiben que su permanencia y desarrollo se encuentra en todas las condiciones excepto en las localidades de Loreto y Bahía Concepción en la condición CO, ya que esta se encuentra ausente en la localidad. En un Análisis de varianza de una vía, se aplicó la prueba de Duncan en un nivel de confianza de 95% la cual indica que existen diferencias significativas en la altura de esta especie en las condiciones micro-topográficas CO-CA ( $p \leq 0.01230$ ), en CO-IT ( $p \leq 0.000011$ ) y en CA-IT ( $p \leq 0.000012$ ) en la localidad de La Paz. En la localidad de Loreto se encontró que esta especie muestra diferencias en la condición CA-IP ( $p \leq 0.000117$ ) y en CA-IT ( $p \leq 0.000061$ ). En Bahía Concepción se encontró que esta especie muestra diferencias en CA-IT ( $p \leq 0.00115$ ) y en IP-IT ( $p \leq 0.000062$ ).

### Área basal de las especies en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) en las localidades

El área basal de *L. racemosa* se muestra en la Figura 9. Esta especie, presenta mayores valores de desarrollo en las condiciones micro-topográficas de costa (CO) de La Paz y en canal (CA) de Loreto. En las restantes condiciones apenas sobrepasa el promedio de  $0.50 \text{ m}^2$  o su registro es poco relevante. En términos generales esta es la especie que muestra un comportamiento más irregular. En un Análisis de varianza de una vía, se aplicó la prueba de Duncan, a un nivel de confianza de 95% los resultados indican que existen diferencias significativas entre el área basal de *L. racemosa* en las condiciones



**Figura 8.-** Altura de *A. germinans* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.



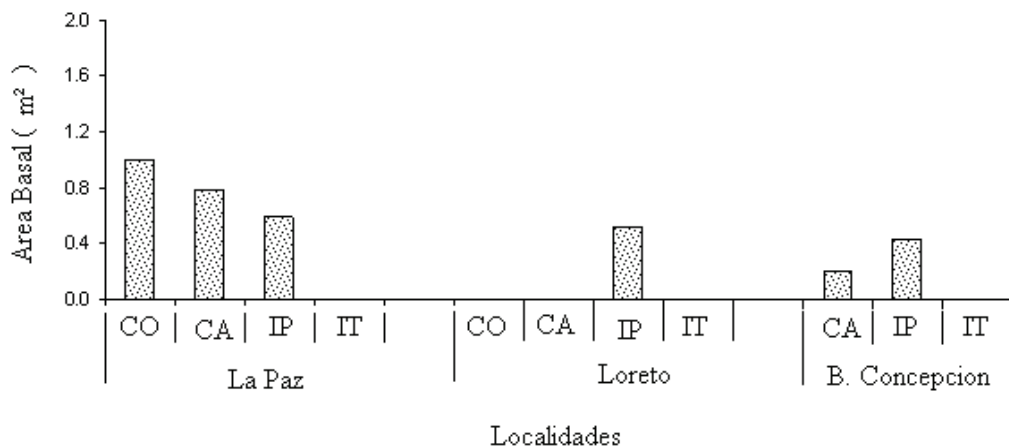
**Figura 9.-** Área basal de *L. racemosa* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

micro-topográficas (CO-IT:  $p \leq 0.010810$ ) y en (IP-IT:  $p \leq 0.032568$ ) de la localidad de La Paz. En la localidad de Loreto existe diferencia en (CO-CA:  $p \leq 0.000009$ ). En Bahía Concepción es significativa la diferencia en las condiciones (CA-IP:  $p \leq 0.000052$ ), y en (IP-IT:  $p = 0.000109$ ).

El comportamiento de *R. mangle* se muestra en la Figura 10. Esta especie presenta

en las condiciones CO y en CA de La Paz los mayores registros (sin llegar a sobrepasar un metro cuadrado de área basal). Los valores muestran que esta especie se desarrolla mejor en CO y CA, sitios que mantienen un flujo permanente de la marea, y en la condición IP se mantiene constante en las tres localidades, aunque con relativos bajos registros. La prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) del análisis de varianza de una vía, indican que existen diferencias significativas del área basal de *R. mangle* en las condiciones (CO-IP:  $p \leq 0.009782$ ) en la localidad de La Paz. En la localidad de Loreto se encontró que esta especie solo se distribuye en una condición de IP. En Bahía Concepción se encontró que es significativa la diferencia en las condiciones (CA-IP:  $p \leq 0.000115$ ).

El comportamiento de *A. germinans* se muestra en la Figura 11. Los resultados para esta especie señalan su mejor desarrollo en sitios conformados como lagunas cerradas, como en IP de Bahía Concepción, donde alcanza un valor promedio de 0.71 m<sup>2</sup> en los 450 m<sup>2</sup> muestreados. La información que se muestra en la figura, alude que esta especie puede desarrollarse mejor en otras condiciones micro-topográficas diferentes a la que frecuentemente se le encuentra en IT, en donde es la única capaz de desarrollarse. El Análisis de varianza de una vía y la prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) indican que existen diferencias significativas del área basal de *A. germinans* en las condiciones (CO-CA:  $p \leq 0.000009$ ), en (CO-IT:  $p \leq 0.000010$ ) y en (CA-IT:  $p \leq 0.000011$ ) en la localidad de La Paz. En la localidad de Loreto se encontró que esta especie presenta diferencia significativas en (CA-IP:  $p \leq 0.000009$ ) y en (CA-IT:  $p \leq 0.000011$ ). En Bahía Concepción se encontró que es significativa la diferencia en las condiciones (CA-IP:  $p = 0.000033$ ) y en (CA-IT:  $p = 0.000016$ ).



**Figura 10.-** Área basal de *R. mangle* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

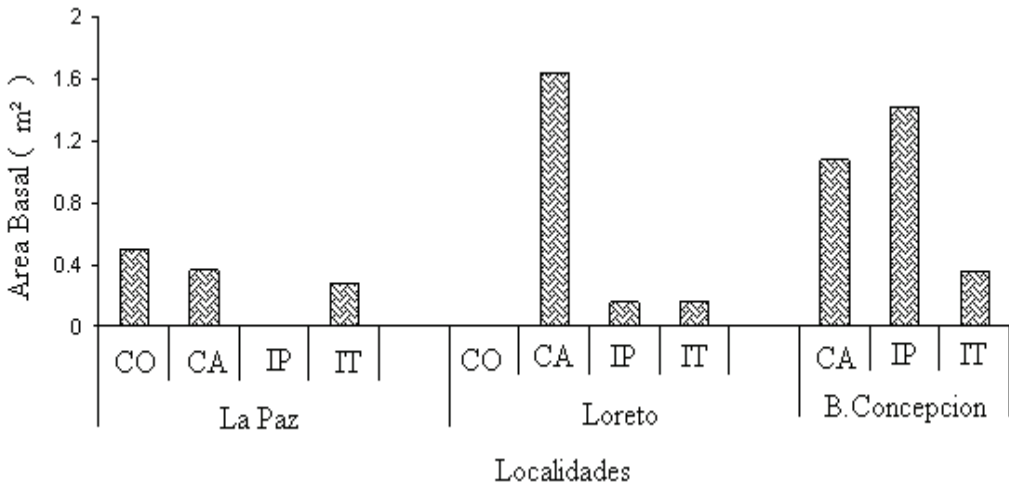


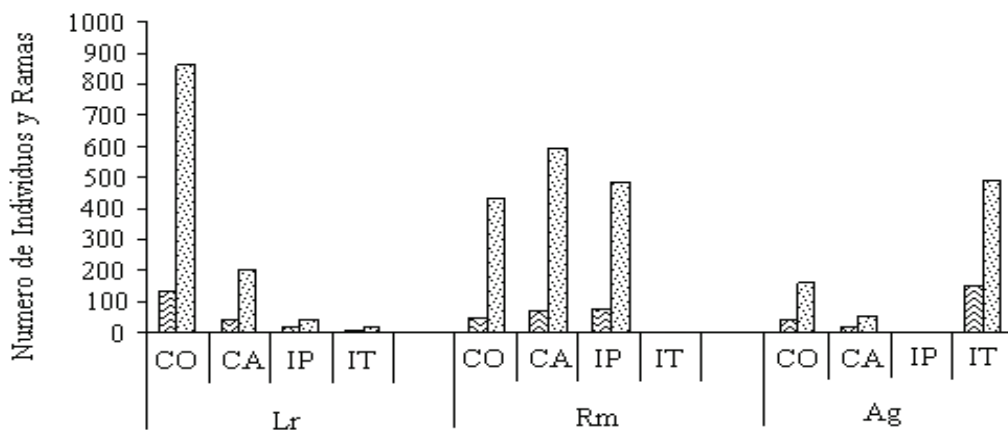
Figura 11.- Área basal de *A. germinans* en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de Bahía de La Paz, Bahía de Loreto y Bahía Concepción.

### Abundancia de ramas de las especies en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) en las localidades

En un análisis gráfico se muestra la abundancia de ramas de las especies en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT). Los datos se presentan apareados como la sumatoria del número de individuos comparado con la sumatoria el número de sus ramas por cada condición de cada localidad. Los datos se ajustaron a una superficie de 300 m<sup>2</sup>. En la Figura 12, se compara la abundancia de ramas de las tres especies en la localidad de La Paz, y en la Tabla 6 se muestran los datos de la relación de ramas por individuos, obtenidos de un análisis de correlación simple.

Para *L. racemosa* se observa en CO el sitio de mayor desarrollo de ramas en una relación de 6.4 ramas por individuo, donde  $\beta$  en un análisis de correlación simple, muestra un valor de 6.4885, que significa la más elevada proporción de ramas en los individuos. Mientras que en CA es notoria una menor abundancia pues la relación de  $\beta$  es 4.4356. En IP se obtiene una  $\beta$  de 2.4043. Para *R. mangle* en CO se obtiene una  $\beta$  de 8.6543, producto de la relación de 52 individuos y 432 ramas. En CA la relación de  $\beta$  es de 13, mientras que en IP la relación de 78 individuos con 486 ramas revela un valor de  $\beta$  de 5.5529. La especie *A. germinans* en CO la relación de 163 ramas en 45 individuos muestra una de  $\beta$  3.4583. En CA los individuos producen 4 ramas, con un valor  $\beta$  de 3.5588. En IP no se presenta esta especie. En IT la proporción de 150 individuos con 489 ramas muestra una  $\beta$  de 3.331 que significa una ligera reducción en la producción de ramas.





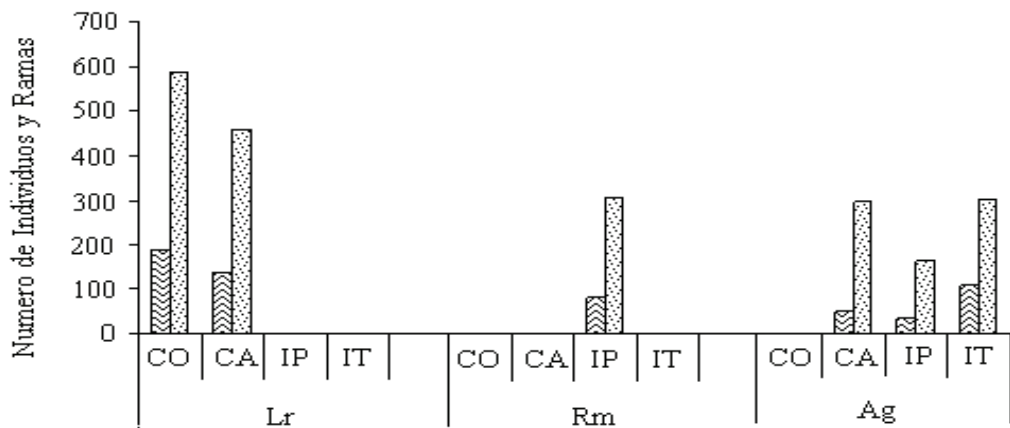
**Figura 12.-** Abundancia de ramas (▨) por individuos (▩) en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) en la localidad de La Paz.

**Tabla 6.-** Proporción de ramas y numero de individuos por especie en cada condición micro-topográfica determinada por el valor de  $\beta$  de una ecuación de correlación. Información para la localidad de La Paz. Ver texto para interpretación.

Condiciones	Especies	Ecuación de regresión	Correlación
CO	<i>L. racemosa</i>	$Y = 6.4885 x - 3.4885$	$R^2 = 0.3248$
CA	<i>L. racemosa</i>	$Y = 4.3127 x + 2.4043$	$R^2 = 0.9584$
IP	<i>L. racemosa</i>	$Y = 2.9333 x$	$R^2 = 0.7683$
CO	<i>R. mangle</i>	$Y = 8.6543 x$	$R^2 = 0.8843$
CA	<i>R. mangle</i>	$Y = 13 x - 85.25$	$R^2 = 0.8534$
IP	<i>R. mangle</i>	$Y = 5.5529 x$	$R^2 = - 3.9405$
CO	<i>A. germinans</i>	$Y = 3.4583 x$	$R^2 = 0.8000$
CA	<i>A. germinans</i>	$Y = 3.5588 x + 1.2941$	$R^2 = 0.778$
IT	<i>A. germinans</i>	$Y = 3.331 x$	$R^2 = 0.9838$

En la Figura 13, se compara la abundancia de ramas de las tres especies en la localidad de Loreto. Oportunamente se mencionó que en esta localidad los sitios se encuentran separados y cada uno representa a una condición, razón por la que se decidió obtener el valor de correlación  $\beta$  de la localidad.

En la Tabla 7 para la especie *L. racemosa* se observa una abundancia de ramas en CO, con una relación de 3.1 ramas por individuo, ligeramente menor que en CA (3.3) con una de 5.6129.



**Figura 13.-** Abundancia de ramas (▨) por individuos (□) en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de la localidad de Loreto.

**Tabla 7.-** Proporción de ramas y número de individuos por especie en cada condición micro-topográfica determinada por el valor de  $\beta$  de una ecuación de regresión. Información para la localidad de Loreto. Ver texto para interpretación.

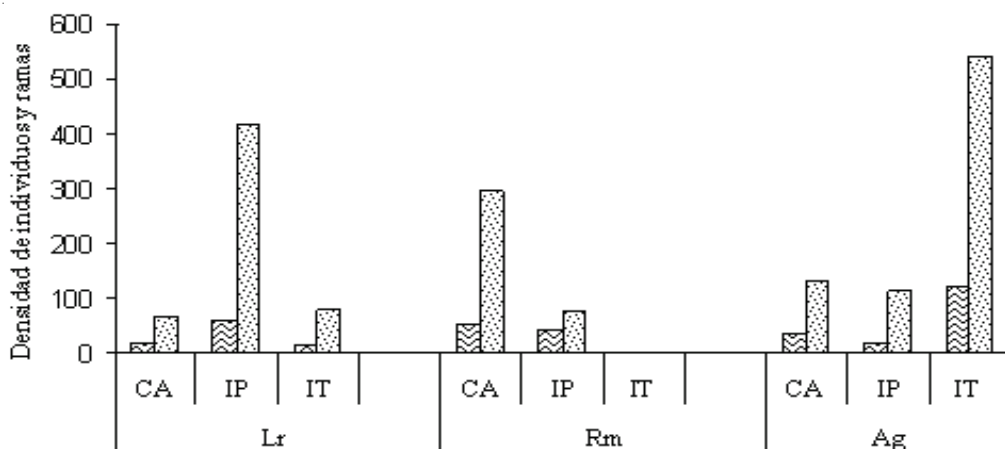
Condiciones	Especies	Ecuación de regresión	Correlación
CO-IT	<i>L. racemosa</i>	$Y = 3.1675 x + 2.1129$	$R^2 = 0.9954$
CO-IT	<i>A. germinans</i>	$Y = 4.3462 x$	$R^2 = 0.9854$

La especie *R. mangle* muestra 3.8 ramas por individuo, mientras que *A. germinans* produce 5.7 por individuo una de 4.3462.

En la Figura 14, se compara la abundancia de ramas de las tres especies en la localidad de Bahía Concepción, al igual que en Loreto, los sitios representan a una condición, razón por la que se decidió obtener el valor de correlación de la localidad. Para *L. racemosa* la mayor abundancia de ramas (7 por individuo) se encuentra en la condición de IP, cuyo  $\beta$  es de 5.6129. Para *R. mangle* CA presenta la mayor cantidad de 5.6 ramas por individuo, con una  $\beta$  de 5.3954. Para la especie *A. germinans* en esta localidad IT es la condición que presenta mayor abundancia de ramas por individuo 4.3, con una  $\beta$  de 4.6839 (Tabla 8).

### Textura del sustrato y salinidad vs área basal de las especies

Se realizó un análisis gráfico para observar los niveles de textura del sustrato (proporción de arena, limo y arcilla) así como de la concentración de la salinidad del



**Figura 14.-** Abundancia de individuos (▨) y ramas (▧) de las especies en las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) de la localidad de Bahía Concepción.

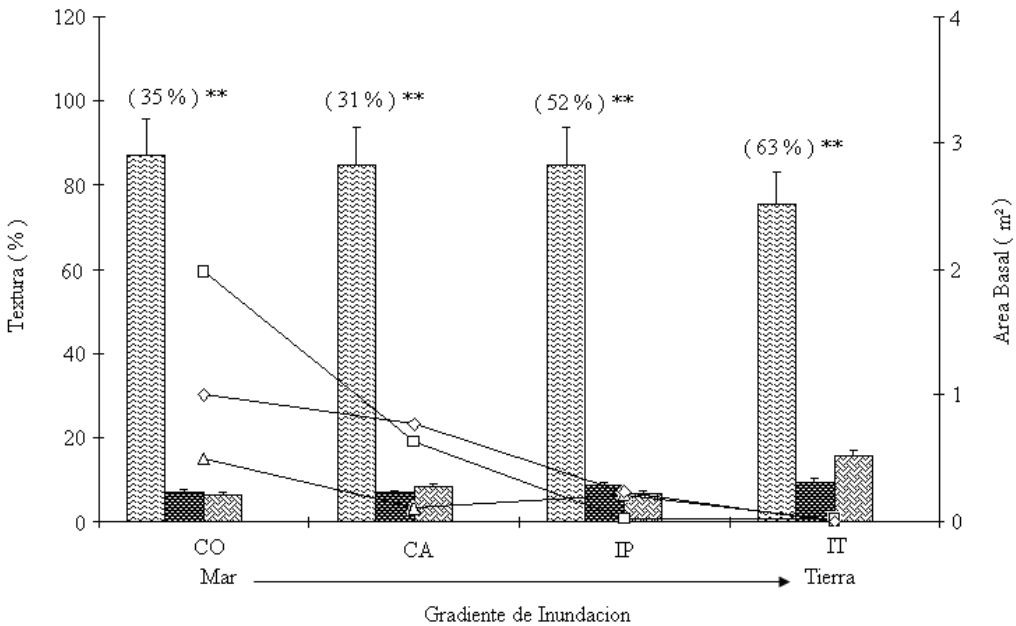
**Tabla 8.-** Proporción de ramas y número de individuos por especie en cada condición micro-topográfica determinada por el valor de  $\beta$  de una ecuación de regresión. Información para la localidad de Bahía Concepción. Ver texto para interpretación.

Condiciones	Especies	Ecuación de regresión	Correlación
CA-IT	<i>L. racemosa</i>	$Y = 5.6129 x - 3.1613$	$R^2 = 0.8078$
CA-IT	<i>R. mangle</i>	$Y = 5.3954 x$	$R^2 = 0.9988$
CA-IT	<i>A. germinans</i>	$Y = 4.6839 x$	$R^2 = 0.9367$

agua intersticial (en la zona de mayor concentración de raíces, 0.3 a 0.5 m de profundidad) con respecto a los valores obtenidos de área basal de cada una de las especies de mangle. Los valores de textura y salinidad corresponden a cada una de las condiciones micro-topográficas y se presentan como el promedio en cada sitio de muestreo. El valor del área basal corresponde a una superficie ajustada a 300 m<sup>2</sup>.

### Localidad de La Paz

En la Figura 15 se grafica para cada una de las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT) la proporción (%) de la textura del suelo en barras, adicionalmente la parte superior de las barras, se representa el porcentaje de las unidades prácticas de la salinidad (ups), obtenida directamente de la zona de raíces (ambas se presentan en la misma



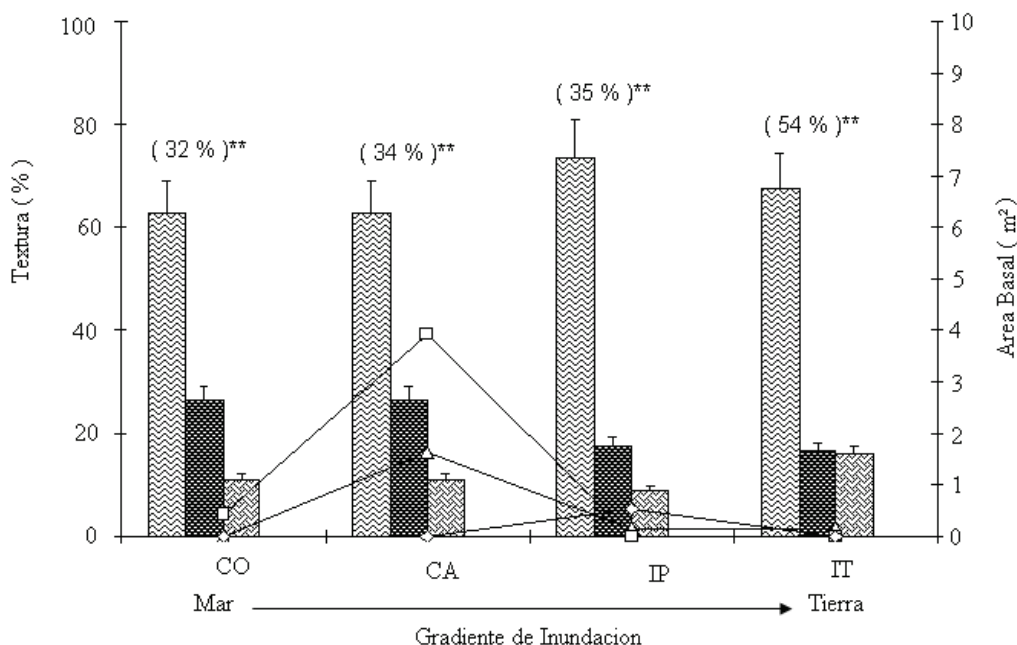
**Figura 15.-** Proporción de partículas de arena (▨), limo (▩) y arcilla (▧) y de la concentración de salinidad (\*\*) en relación con el área basal de las especies *A. germinans* (—△), *L. racemosa* (—□) y *R. mangle* (—○), en las condiciones micro-topográficas Costa (CO), Canal (CA), Inundación Permanente (IP) e Inundación Temporal (IT) en La Paz.

escala hasta 100). Sobrepuestas, en líneas diferenciadas en la escala derecha, se grafica el área basal obtenida como la sumatoria para cada especie en el área muestreada.

En la grafica anterior se observa una clara dominancia del sustrato arenoso. Es notable un ligero aumento en la proporción de limo y arcilla desde CO hacia el interior en IT. En el gradiente vertical del sustrato (0.3 a 0.6 m de profundidad) una notable proporción de salinidad de 30 a 50 UPS. Para todas las especies de mangle, se presenta una clara tendencia a disminuir la sumatoria del área basal hacia la zona de tierra (IT). Un significativo nivel de área basal se observa en *L. racemosa* en la condición CO. *R. mangle* y *A. germinans* presentan su mejor nivel de área basal también en la condición CO.

### Localidad de Loreto

Como en el caso previo, la Figura 16 muestra gráficamente (barras) la proporción (%) de la textura del suelo, y del promedio de salinidad en la zona de raíces (ambas se presentan en la misma escala hasta 100) en cada una de las condiciones micro-



**Figura 16.-** Proporción de partículas de arena (▨), limo (■) y arcilla (▤) y de la concentración de salinidad (\*\*), en relación con el área basal de las especies *A. germinans* (—△), *L. racemosa* (—□) y *R. mangle* (—○), en las condiciones micro-topográficas Costa (CO), Canal (CA), Inundación Permanente (IP) e Inundación Temporal (IT) en Loreto.

topográficas (CO, CA, IP e IT) de esta localidad. Sobrepuestas, en líneas diferenciadas en la segunda escala, se gráfica el área basal obtenido para cada una de las especies de mangle en cada condición, en esta localidad el área de muestreo se ajustó a 300 m<sup>2</sup>.

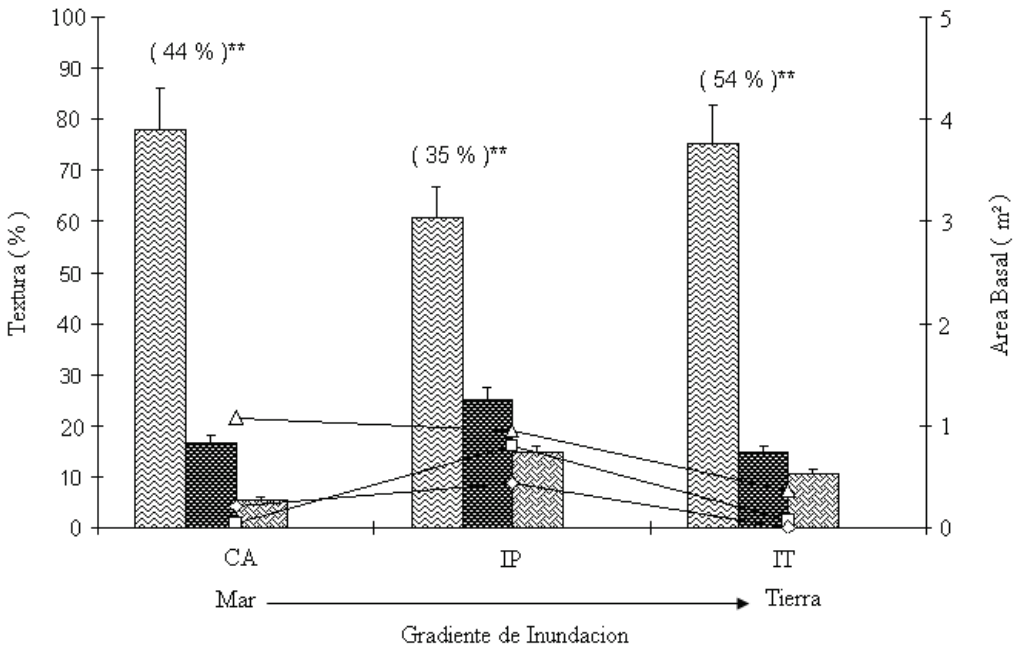
Del análisis gráfico de las barras correspondientes, es notable la similitud de los resultados con la localidad de La Paz. De igual manera, para cada especie de mangle, en esta localidad se presenta una clara tendencia a disminuir su área basal hacia la zona de inundación. Un notable nivel de área basal se observa en *L. racemosa* en la condición CA. *R. mangle* es la especie menos desarrollada aunque muestra un ligero incremento en la condición IP. *A. germinans* presentan su mejor nivel de área basal en la condición CA.

### Localidad de Bahía Concepción

En la Figura 17 se esquematiza con barras la proporción (%) de la textura del suelo, la barra adyacente representa el promedio de salinidad, obtenido en la zona de raíces

(ambas se presentan en la misma escala hasta 100) para cada una de las condiciones micro-topográficas (CO, CA, IP e IT). Sobrepuestas, en líneas diferenciadas en la segunda escala, se muestra gráficamente el área basal obtenida para cada una de las especies de mangle; también, en esta localidad el área muestreada fue ajustada a 300 m<sup>2</sup>.

De igual modo, es notable la similitud de las proporciones de la textura del suelo como en los dos casos anteriores, aunque en este caso el nivel de salinidad intersticial tiende a incrementar ligeramente hacia la zona inundable (IT). En *R. mangle* se observa una escasa área basal hacia la zona de inundación, siendo ligeramente IP su mejor nivel. Los mejores niveles de área basal se observan en *A. germinans* y *L. racemosa* en la condición IP donde la proporción de arcillas es mas elevada, aunque no parece ser significativa de las otras condiciones.



**Figura 17.-** Proporción de partículas de arena (▨), limo (▩), arcilla (▧) y de la concentración de salinidad (\*\*) en relación con el área basal de las especies *A. germinans* (—△), *L. racemosa* (—□) y *R. mangle* (—○), en las condiciones micro-topográficas Costa (CO), Canal (CA), Inundación Permanente (IP) e Inundación Temporal (IT) en Bahía Concepción.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los manglares peninsulares se establecen en el margen de su distribución geográfica, en consecuencia enfrentan condiciones del ambiente más adversas y limitativas que en las zonas tropicales, su zona de origen. En las costas de la Península de Baja California, la escasa precipitación pluvial, y su transportación fluvial hasta la desembocadura de los arroyos, parece ser una causa primaria que limita el aporte no solo de agua dulce, también de sustrato adecuado (limo y arcilla) y nutrientes propios para estas especies, que en latitudes tropicales se transportan a través de las continuas corrientes fluviales. Adicionalmente, la estacionalidad en la variación y en la amplitud del nivel de la marea, las relativas bajas temperaturas invernales en el agua del mar y en el ambiente, parecen ser los principales factores que acumulados, y en interacción, causan que cada una de las especies de mangle y en su conjunto limiten su establecimiento, crecimiento y dispersión.

### Aspectos Estructurales

Acorde a la clasificación de Lugo y Snedaker (1974) descrita para manglares del caribe centroamericano, los manglares peninsulares muestran correspondencia al tipo arbustivo de franja (*fringe*). Las especies del manglar aquí documentadas exhiben una cierta variabilidad estructural en cada una de las localidades de estudio. La variación en las características edáficas (que implican proporciones de las partículas del sustrato, y de aquí la disponibilidad de nutrientes y los contenidos de materia orgánica) en las distintas condiciones de la micro-topografía, tienen un papel en el desarrollo de las especies de manglar.

En cada localidad existen variaciones en las características edáficas, que si bien tienden a guardar un patrón (por ejemplo la arena es dominante sobre las otras texturas, las proporciones de limo y arcilla se mantienen, salvo excepciones dominando la primera sobre la segunda; y la salinidad se mantiene en niveles poco variables, 1.7 a 2.5 UPS). Poco sabemos del umbral de respuesta fisiológica de estos organismos, razón por la cual es difícil asignar a una determinada variable como la condicionante de la respuesta estructural.

Los datos provenientes de las comunidades de manglar árido en estudio (ver 3 últimas columnas de la Tabla 9) muestran comparativamente que los niveles de área basal obtenidos se encuentran en cantidades cercanas e incluso superiores a los de rodales de manglar de zonas tropicales e intertropicales.

Dawes *et al.* (1999) menciona que en la costa de Tampa, Florida, una de las zonas límite para los manglares en la costa Atlántica, los individuos muestran desarrollo de área basal de relativo bajo nivel para todas las especies de la localidad (hasta 21 m<sup>2</sup> ha

**Tabla 9.-** Características estructurales de manglares en tres localidades de la costa sur occidental del Golfo de California y datos comparativos de localidades de manglares tropicales. Los resultados de este trabajo se presentan ajustados a unidades comparables con las de la bibliografía consultada.

Parámetros	Manglares en zona tropicales de la cuenca del Pacífico					Manglares de zonas áridas del Golfo de California		
	R - C Teconoapa, Guerrero <sup>1</sup>	R Río las Cañas, Sinaloa <sup>2</sup>	F El Verde, Sinaloa <sup>3</sup>	A Boca del Toro, Panamá <sup>4</sup>	A Las Guasimas, Sonora <sup>5</sup>	F La Paz, B.C.S. <sup>6</sup>	F Loreto B.C.S. <sup>6</sup>	F Bahía Concep. B.C.S. <sup>6</sup>
Altura dosel (m)	24.0	16.0	6.0	0.74	2.7	3.6	5.0	3.9
Ramas / ha	--	--	1800	33600	4700	23883	18346	21555
Individuos/ 0.1 ha	791	282				524	605	420
Á. basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	54.8	11.39	9.9	6.8	13.5	45.6	71.7	47.8
No. de especies	1	3	1	1	1	3	3	3

R - C: Riverino-Cuenca; R: Riverino; F: Franja; A: Arbustivo; <sup>1</sup> Tovilla (1998); <sup>2</sup> Pool *et al.* (1977) (0.1 ha); <sup>3</sup> Flores-Verdugo *et al.* (1987) *L. racemosa*; <sup>4</sup> Lovelock *et al.* (2005) *R. mangle*; <sup>5</sup> Arreola-Lizarraga *et al.* (2004) solo troncos de *A. germinans*; <sup>6</sup> *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, cuyos DAP de ramas fueron tomados a partir de 1.5 cm de diámetro.

<sup>1</sup>) en comparación con comunidades riverinas del sur de esa misma península (20-39 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). En las zonas francamente tropicales de México, Tovilla (1998) en Teconoapa, Guerrero, reportó sumatorias de áreas basales de hasta 40.8 m<sup>2</sup>/ha para las especies del manglar, incluido *Conocarpus erectus*, mientras que Lovelock *et al.* (2005) en Boca del Toro, Panamá, reportan áreas basales de hasta 30.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. m<sup>2</sup>/ ha para *R. mangle*. Así entonces, la estrategia adaptativa de nuestros manglares es dividir la participación del área basal en numerosos individuos, contrario a los manglares tropicales donde el área basal se concentra en pocos de estos.

Si bien el número de tallos registrados es sumamente alto (ver columna respectiva en Tablas 2, 3 y 4), *a priori* se había supuesto que los niveles de área basal en los manglares peninsulares deberían ser significativamente inferiores al de localidades de zonas tropicales.

## Distribución de especies

En las localidades de estudio se encontraron las tres especies de mangle más comunes en el territorio mexicano. Las características de las condiciones micro-topográficas donde se intergradan parece ser el principal factor que explica la selección y la dominancia de alguna de las especies de mangle. De esta manera, *L. racemosa* tiende a ser la más dominante en la zona más cercana a la costa (CO). Las propiedades ambientales que se encuentran implícitas en esa condición micro-topográfica (CO) son entre otros factores, la menor variabilidad del estrés hídrico para las plantas por ser una zona de



permanente contacto con al agua de mar y que favorece una mayor oxigenación a las raíces que en las zonas inundables en distinto grado (CA, IP e IT), así como también presentar en el sustrato una tendencia a niveles de textura para mantener un aporte de nutrientes adecuado, reflejados en los mayores niveles de limo que en las otras condiciones micro-topográficas (ver Figuras 15, 16 y 17).

La presencia de *R. mangle* en la zona de fango (IP y CA) es notoria porque es numéricamente abundante, aunque en el margen del canal (CA) los individuos alcanzan la mejor altura, en promedio  $3.96 \pm 0.92$  m, que desciende levemente hasta  $3.19 \pm 1.12$  m en inundación permanente (IP) donde es prácticamente la única especie presente (ver Tablas 2, 3 y 4).

Típicamente se reconoce que *A. germinans* se encuentra solo en las zonas de inundación temporal (IT), pero en las localidades peninsulares esta especie se encuentra presente en todas las condiciones micro-topográficas, logrando en cada una diferentes niveles de importancia (ver Tablas 2, 3 y 4). Este hecho sugiere que *A. germinans* tolera un amplio rango de condiciones del sustrato, llama la atención el observar individuos que compiten en desarrollo vertical y basal con las otras especies en CO, CA e IP. De este modo, su sola presencia en la condición IT se debe a su tolerancia a las condiciones allí existentes, aunque las condiciones extremas limitan su desarrollo, condiciones que no toleran las otras dos especies.

*A. germinans* exhibe amplia tolerancia a la salinidad, ya que durante el inicio del verano, se observó lo que parece se el limite del estrés salino, pues las hojas exudan gran cantidad de cristales de sal por el haz y envés, situación que se sugiere ser la causante del aborto de yemas en el inicio temporal del desarrollo foliar y gran parte de los botones florales, ya que estos eventos fenológicos se inician precisamente en esta temporada, situación salvada para la planta al entrar la temporada de lluvias.

Por último, la seriación reconocida de las especies en los ambientes de lagunas salobres de áreas tropicales, se presenta en la siguiente secuencia: *R. mangle-L. racemosa-A. germinans* establecida del margen de la costa al interior (Chapman 1977, Tomlinson 1986), en este estudio se concluye que de acuerdo a las evidencias de distribución y en un orden de importancia acorde a la conformación estructural mostradas en las Figuras 3, 4, y 5, es factible señalar en los manglares peninsulares las especies se establecen en una seriación: *L. racemosa-R. mangle-A. germinans* en el gradiente desde la línea de costa hacia el límite interior de la inundación temporal con la zona de salitral.

## AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la Beca No. 159418 otorgada a RDC, esta contribución forma parte del primer capítulo de la tesis de Doctorado, titulada “Análisis de la Estructura, la Fenología y la Regeneración Natural de las especies del manglar en la Costa Sur

occidental del Golfo de California” que se realiza dentro del programa de posgrado en Ciencias Marinas y Costeras (CIMACO) en la UABCS.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez-Borrego S (2004) Oceanography of the Gulf of California. En: Gulf of California Conference, June 13-16. Tucson, AZ.
- Arreola-Lizárraga JA, Flores-Verdugo FJ, Ortega-Rubio A (2004) Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California Mexico. *Aquatic Botany* 79(2):137-143.
- Ball MC (1980) Patterns of secondary succession in a mangrove forest of Southern Florida. *Oecologia* 44:226-235.
- Bashan Y, Puente ME, Myrold DD, Toledo G (1998) In vitro transfer black mangrove seedlings. *FEMS Microbiol Ecol* 26:165-170.
- Brower JE, Zar JH, von Ende CN (1990) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Pub., Dubuque IW.
- Bouyoucos GJ (1962) Hydrometer method improved for marking particle size analysis of soils. *Agron J* 54:464-465.
- Caballero AC, Bernardez J, Martínez L (1997) Tablas Matemáticas. Cuadragésima quinta edición. Edit Esfinge, SA de CV, Naucalpan, Méx.
- Cintrón G, Schaffer-Novelli Y (1984) Methods for studying mangrove structure. En: S.C. Snedaker y J.G. Snedaker (eds) *The Mangrove ecosystems: research methods*. UNESCO. Monogr Ocean Method 8 UNESCO, Paris, Francia.
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (2006) Predicción de Mareas. Hoja La Paz, Loreto y Santa Rosalía. Laboratorio de Nivel del Mar. <http://oceanografia.cicese.mx/predmar/>
- Chapman VJ (1977) Introduction in Chapman VJ (ed) *Ecosystems of the world*. Vol. I. Wet Coastal Ecosystems. Elsevier, Amsterdam. p 1-29
- Clements FE (1919) Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Publ. 242. Carnegie Inst. of Washington, Wash., DC
- Comisión Nacional para el Estudio y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Estudio y Conocimiento de la Biodiversidad, México D.F. 38 p.
- Colinvaux P (1993) Pleistocene biogeography and diversity in forest of South America. En: P. Goldbaltt (ed) *Biological relationships between Africa and South America*. Yale University Press, NH.
- Davis JH (1940) The ecology and geology role of mangroves in Florida. Carnegie Inst. Wash. Pub. 32:302-412.
- Dawes CJ, Siar K, Marlett D (1999) Mangrove structure, litter ad macroalgal productivity in a northern-most forest of Florida. *Mangroves and Salt Marshes* 3:259-267.
- Félix-Pico EF, Olguín-Quñones OE, Hernández-Herrera A, Flores-Verdugo FJ (2006) Producción primaria de los mangles del Estero el Conchalito en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 32:1A:53-63.

- Felger R, Lowe C (1976) The island and coastal vegetation and flora of the northern part of the Gulf of California. Los Angeles County Mus. Contr Sci Nat Hist 285:1-59.
- Flores-Verdugo FJ, Day JW Jr, Briceño-Dueñas R (1987) Structure, litter fall, decomposition and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Mar Ecol Prog Ser* 35:83-90.
- García E (1981) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México, DF.
- González-Zamorano P, Nava-Sánchez EH, León-de la Luz JL, Díaz-Castro SC (2011) Patrones de distribución y controles ambientales de los manglares peninsulares. En: Félix-Pico EF, Serviere-Zaragoza E, Riosmena-Rodríguez R, León de la Luz JL (eds) *Los Manglares de la Península de Baja California*. p 67-102.
- Holguín G, Guzmán MA, Bashan Y (1992) Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: their isolation, identification and in vitro interaction with rhizosphere *Staphylococcus* sp. *Microbiol Ecol* 101:207-216.
- Holguín G, Vazquez P, Bashan Y (2001) The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation and rehabilitation of the mangrove ecosystems: an overview. *Biol Fertil Soils* 33:265-278.
- Jiménez-Quiroz MC (1991) Contribución al conocimiento de los productores primarios de la Ensenada de La Paz. Análisis de la comunidad de Manglar. Tesis MC, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur.
- Loa-Loza E (1994) Los manglares de México: Sinopsis general de su manejo. En: Suman D (ed.) *El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación*. University of Florida, Miami, FL.
- Lovelock CE, Feller IC, McKee KL, Thompson R (2005) Variation in mangrove forest structure and sediment characteristics in Boca del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science* 41(3):456-464.
- Lugo AE, Snedaker SC (1974) The ecology of mangroves. *Ann Rev Ecol Syst* 5:39-64.
- Pacheco-Ruiz I, Zertuche-González JA, Meling AE, Riosmena-Rodríguez R, Orduña-Rojas J (2006) El límite norte de *Rhizophora mangle* L en el Golfo de California, México. *Ciencia y Mar* 28:19-22.
- Puente ME, Olguín G, Glick BR, Bashan Y (1999) Root surface colonization of black mangrove seedlings by *Azospirillum halopraeferens* and *Azospirillum brasilense* in seawater. *FEMS Microbiol Ecol* 29:283-292.
- Rabinowitz D (1978) Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama. *J Ecol* 66:45-52.
- Ramírez-García P, Lot HA (1994) La distribución del manglar y los pastos marinos en el Golfo de California, México. *Anales Inst Biol Univ Autón México Ser Bot* 65(1):63-72.
- Ruiz-Luna A, Acosta-Velásquez J, Flores-Verdugo FJ, Berlanga-Robles CA, Trelles-Ríos NA, Monzalvo-Santos K (2004) Aplicación de técnicas de percepción remota para el análisis de la distribución, extensión y estructura de sistemas de manglar en Baja California Sur, México. XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. Santiago de Chile.

- Suman D (1994) El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe, su manejo y conservación. Miami University. Miami FL.
- Steinbeck J (1941) The long form of the Sea of Cortez. Penguin Books. San Francisco, Cal.
- Shreve F, Wiggins IL (1964) Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vols I, II. Stanford University Press, Stanford, CA.
- Tovilla HC (1998) Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Teconoapa, Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Toledo G, Rojas A, Bashan Y (2001) Monitoring of black mangrove restoration with nursery-reared seedling on an arid coastal lagoon. *Hydrobiologia* 444:101-109.
- Tomlinson PB (1986) The Botany of Mangroves. Cambridge University Press, UK.
- Thom BG (1967) Mangrove ecology from deltaic geomorphology. Tabasco, México. *J Ecol* 55:301-343.
- Whittaker RH (1975) *Communities and Ecosystems*. 2<sup>nd</sup> Ed McMillan Pub Co New York, USA.
- Wiggins IL (1980) *Flora of Baja California*. California Academy Press. Berkeley, CA.

El libro Los Manglares de la Península de Baja California  
se terminó de imprimir en Junio de 2011 en Arte Visual Impreso  
José Sotero Castañeda No. 717, 06850 México, D.F.  
Tel.: 01 (55) 5538 2261 [artevisualimpreso@gmail.com](mailto:artevisualimpreso@gmail.com)  
Tiraje elaborado: 500 Libros