



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA

## TESIS

# “ESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DEL MANGLAR DE BALANDRA, BCS. MÉXICO”

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS  
CON ORIENTACIÓN EN MANEJO SUSTENTABLE

PRESENTA:

JONATHAN GIOVANNI OCHOA GÓMEZ

DIRECTOR(ES):

M.C. ESTEBAN F. FÉLIX-PICO (CICIMAR-IPN)

DR. SERGIO F. FLORES-RAMÍREZ (UABCS)

LA PAZ, B.C.S. ABRIL DE 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Fecha: 31 de Marzo de 2014

**DR. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA**  
**PRESENTE.**

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del trabajo de tesis completamente terminado, titulado:

"ESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DEL MANGLAR DE BALANDRA, B.C.S. MÉXICO"

que presentó: Biol. Mar. Jonathan Giovanni Ochoa Gómez

Otorgamos nuestro voto **aprobatorio** y consideramos que dicho Trabajo está listo para su **defensa**, a fin de obtener el **Grado de Maestría** en Ciencias Marinas y Costeras, con Orientación en Manejo Sustentable.

Comisión Revisora:

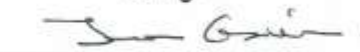
Dr. Sergio F. Flores-Ramírez  
Director Interno

M.C. Esteban F. Félix-Pico  
Director externo

Dr. Juan R. Guzmán-Poo  
Titular

  
FIRMA

  
FIRMA

  
FIRMA

Ć.c.p. Dr. Jorge Urbán Ramírez, Responsable de CIMACO.  
C.c.p. Expediente del alumno (CIMACO)

## DEDICATORIA

A MI MADRE:

OBDULIA GÓMEZ DOMINGUEZ

PERDÓN POR NO ESTAR A TÚ ALTURA. SIEMPRE HAS SIDO UN  
EJEMPLO DE ENTEREZA, AMOR Y PACIENCIA. SIN TÍ NO SERÍA  
NADA NI NADIE.

A MI HIJA:

HELENA OCHOA BARRAGÁN

MI CAPACIDAD DE AMARTE ES INFINITA Y ERES MI ÚNICO  
TESORO EN TODO EL UNIVERSO.

LAS AMO CON TODO MI SER

GRACIAS POR IMPULSAR MIS SUEÑOS Y SER PARTE DE ELLOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes que nada agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por mi formación como Biólogo Marino. A cada uno de mis profesores por enseñarme lo que debo y no debo hacer. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por las becas otorgadas.

Un agradecimiento en especial a mi comité tutorial por apoyarme y creer en mí. Al M.C. Esteban Fernando Félix-Pico por cada uno de sus comentarios tan asertivos y por la buena disposición para atenderme. Al Dr. Sergio Francisco Flores-Ramírez por aceptar dirigir esta tesis y no caer en el lado oscuro. Al Dr. Juan Ramón Guzmán-Poo por ser un guía y asesor de este trabajo y al M.C. Hermilo Santoyo-Reyes por creer en el proyecto y aportar para desarrollarlo.

En la parte de campo agradezco infinitamente a la Biol. Emma Verónica Reza Pérez que siempre estuvo apoyando moral e incondicional para elaborar las trampas y coleccionar las muestras. Así como a mis compañeros y/o amigos: M.C. Carlos Esteban Gómez Hernández, Biol. David Molina, Pas.Biol. Fany Villagómez, M.C. Nestor Robinson y Biol. Mar. Edwin Méndez.

Agradezco a mis amigos y asesores extraoficiales que colaboraron sin conveniencia alguna en revisar, corregir y/o aportar para desarrollar esta tesis. Biol. Sofia Grimaldi-Calderón, Dr. Volker Koch, Dr. Francisco Flores-Verdugo y a la Dra. Eleonora Romero-Vadillo.

Gracias a todos y a cada uno de ustedes este trabajo pudo concluirse.

# INDICE

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>Introducción.....</b>          | <b>1</b>  |
| <b>Objetivos.....</b>             | <b>6</b>  |
| <b>Área de estudio.....</b>       | <b>7</b>  |
| <b>Material y métodos.....</b>    | <b>10</b> |
| <b>Productividad.....</b>         | <b>10</b> |
| <b>Estructura.....</b>            | <b>12</b> |
| <b>Análisis estadísticos.....</b> | <b>15</b> |
| <b>Resultados.....</b>            | <b>16</b> |
| <b>Productividad.....</b>         | <b>16</b> |
| <b>Estructura.....</b>            | <b>36</b> |
| <b>Discusión.....</b>             | <b>38</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>          | <b>45</b> |

## INTRODUCCIÓN

Un mangle es un árbol o arbusto leñoso que cuando se agrupan se denominan manglares. Se localizan en la interfase de la zona terrestre y marina. Las comunidades de mangle constituyen un ecotono entre el sistema terrestre y el marino, por lo que es una zona de transición con características ecológicas muy complejas y singulares (Odum, 1971; Odum y Heald, 1972). Se menciona que el centro de origen y dispersión de las especies de mangle sería la región Indo-Pacífico, en donde se han registrados 53 especies de mangles (Chapman, 1977; Duke *et al.*, 1998).

Los manglares y marismas son considerados como los ecosistemas más productivos del mundo y su influencia es significativa para el funcionamiento y productividad de los sistemas adyacentes (Odum y Heald, 1972; Lugo y Snedaker, 1974; Chapman, 1977; Day *et al.*, 1988; Costanza *et al.*, 1997). Las comunidades de manglar proveen varios servicios ambientales y comparando con otros ecosistemas a nivel mundial son los mejores filtros biológicos de aguas contaminadas (Costanza *et al.*, 1997). Así mismo, son refugio de un significativo número de especies de varios grupos (invertebrados, peces, reptiles, aves y mamíferos), siendo el 70% de estas especies de importancia comercial (Costanza *et al.*, 1997; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). La alta producción de hojarasca es aparentemente el servicio más importante de las comunidades de manglar en las áreas costeras del noroeste árido de México (López-Medellin y Ezcurra, 2012).

Los mangles pueden crecer a diferentes salinidades que van desde 0 ups (gramos de sal por litro de agua) hasta condiciones hipersalinas ( $\geq 90$  ups), además las distintas especies de mangle poseen adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permite habitar suelos desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno y/o nutrientes (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Los mangles han desarrollado estrategias reproductivas como la viviparidad (frutos que germinan en la planta madre y que forman propágulos e hipocótilos); un sistema de raíces aéreas verticales conocidos como neumatóforos que capturan oxígeno atmosférico y de raíces de anclado que penetran hasta 60 cm y que da estabilidad y soporte al tronco. Así mismo, tienen glándulas en las hojas que les permite secretar el exceso de sal y hojas gruesas (Kathiresan y Bingham, 2001; Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Una de las características más importantes de los elementos arbóreos de los mangles es su adaptación a condiciones específicas de periodicidad de inundación y exposición al aire, característica para cada especie (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Los manglares están normalmente caracterizados por alta productividad, alta biomasa y rápida descomposición de hojarasca comparados con ecosistemas terrestres (Twilley *et al.*, 1986; Saenger y Snedaker, 1993; Mohamed *et al.*, 2008). La producción de hojarasca contribuye, vía detritus para las cadenas alimenticias de los sistemas bénticos adyacentes (Odum y Heald, 1972; Twilley *et al.*, 1986; Koch, 1999; Bouillon *et al.*, 2002; Félix-Pico *et al.*, 2006). La productividad ha sido representada en varios estudios en tasa de producción de hojarasca (partes vegetales que se desprenden de los árboles o arbustos). El volumen de la producción de hojarasca entra al sistema de detritus que es la fuente principal de energía dentro de los ecosistemas de manglar (Odum, 1971; Odum y Heald, 1972; Dye y Lasiak, 1987; Koch y Wolff, 2002; Morrisey *et al.*, 2007). El detrito fresco de valor nutritivo bajo es descompuesto a través de una secuencia física, química y procesos biológicos, así haciendo subsecuentemente material más nutritivo por procesos de enriquecimiento microbiano, que a su vez lo hace disponible para la producción primaria y así el flujo energético sigue a niveles tróficos superiores (Dye y Lasiak, 1987; Koch, 1999; Nordhaus, 2003).

El papel de la hojarasca de los manglares es fundamental en el sostenimiento de las comunidades bentónicas (Odum y Heald, 1972; Bouillon *et al.*, 2002; Koch y Wolff, 2002; Nordhaus, 2003; Félix-Pico *et al.*, 2006), además de que se reduce cuando los sistemas están más abiertos con respecto al intercambio de material con los sistemas adyacentes (Bouillon *et al.*, 2002). La caída de hojarasca se mide comúnmente en el aspecto funcional de los bosques de manglar de todo el mundo y es un elemento importante en el cálculo de la energía y los flujos de nutrientes en los ecosistemas de manglar que representan una pequeña porción del carbón fijado por árboles (Mohamed *et al.*, 2008). Se utiliza como una medida aproximada de la producción primaria neta y refleja la dinámica de los eventos fenológicos que ocurren en el mangle (Twilley *et al.*, 1986).

La tasa de producción de hojarasca de cada sistema de manglar es muy variable, como resultado de los gradientes topográficos, temperatura, salinidad y las variaciones en la hidrodinámica (Twilley *et al.*, 1986; López-Portillo y Ezcurra, 2002). Además, la productividad y la biomasa de manglares disminuyen conforme aumenta la latitud (Saenger y Snedaker, 1993; López-Portillo y Ezcurra, 2002; Morrisey *et al.*, 2007).

Lo anterior debido principalmente al congelamiento que produce embolismo en el xilema durante el ciclo congelamiento-deshielo, además de otros factores como las corrientes frías que vienen de los polos, temperatura del aire, la insolación y otras características particulares de cada lugar (Stuart, 2003).

La mayoría de los estudios de productividad de manglares (principalmente hojarasca) han sido medidos sobre un corto periodo, usualmente un año (Day *et al.*, 1988). La caída de hojarasca representa parte de la producción primaria neta (PPN), algunos autores mencionan que es de aproximadamente un tercio de la PPN (Day *et al.*, 1988; López-Portillo y Ezcurra, 2002).

Se ha reportado que en promedio la productividad de los manglares oscila entre los  $186\pm 55\text{g C/m}^2/\text{año}$  y  $1,298\pm 101\text{g C/m}^2/\text{año}$  (Twilley *et al.*, 1986), aunque algunas especies llegan a producir hasta  $2,400\text{g C/m}^2/\text{año}$  (León de la Luz *et al.*, 2011). En los manglares de zonas áridas del Golfo de California se ha reportado un promedio de  $175\text{-}590\text{g/m}^2/\text{año}$  (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004; Félix-Pico *et al.*, 2006).

Los manglares en zonas áridas no tienen las mismas características físicas y vulnerabilidad ante las limitantes ecológicas que los manglares en zonas tropicales con escorrentía constante (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). Sin embargo son muy productivos comparados con otras comunidades de manglar con mayores latitudes. Esta productividad contribuye a tener un efecto en la disminución de  $\text{CO}_2$  atmosférico contribuyendo relativamente a mitigar el cambio climático a partir de la fijación del principal gas de efecto invernadero, esto puede ser traducido también en bonos de carbono.

Las características de la estructura, la productividad y la exportación de detrito a lo largo de un gradiente de hidrología y nutrientes definen cada uno de los tipos de manglar, de tal manera que la biomasa, la altura, la producción de hojarasca y la descomposición se incrementan del manglar enano al ribereño (Lugo y Snedaker, 1974; Twilley y Day, 1999). La estructura y productividad de los manglares varían por diversos factores, sin embargo los más relevantes son la dinámica de nutrientes, hidrología, tipo de sedimentos y salinidad del suelo (Flores-Verdugo *et al.*, 1987; Flores-Verdugo *et al.*, 1992).

La principal característica de los manglares de la península de Baja California, es en general su fisonomía arbustiva, la cual contrasta con las formas arbóreas de aquellos localizados en el ambiente francamente tropical; sin embargo compensan el volumen maderable con un solo tronco robusto y amplia cobertura, con varios individuos más pequeños y con numerosas ramas, cuya área basal llega a equipararse con la de aquellos árboles del trópico (León de la Luz *et al.*, 2011).

Baja California Sur es una de las regiones más áridas en México con presencia de manglares, y constituye el límite norteño de manglares en el Pacífico (Serviere y Balart, 2005; León de la Luz *et al.*, 2011).



En la península de Baja California del lado del golfo de California las zonas más destacadas con cobertura de manglar son de Norte a Sur: bahía de Los Ángeles, bahía de Las Ánimas, bahía Concepción, bahía de Loreto, isla San José (bahía Amortajada), isla Espíritu Santo y bahía de La Paz (León de la Luz *et al.*, 2011; Mendoza-Salgado *et al.*, 2011; González-Zamorano *et al.*, 2011). En bahía de la Paz se encuentran 14 áreas con bosque de manglar, y Balandra es una de ellas (Mendoza-Salgado *et al.*, 2011). Esta cuenta con 52.5 hectáreas de superficie, de las cuales 22.5 ha son de manglar (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008; Calderón *et al.*, 2008).

En Balandra se encuentran tres de las cinco especies que hay en México: *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Rhizophora mangle* (mangle rojo) (Calderón *et al.*, 2008; CONANP, 2008). Se han realizado estudios de productividad de manglares en la Bahía de La Paz (Jiménez-Quiroz, 1991; Félix-Pico *et al.*, 2006), sin embargo en Balandra sólo se ha reportado la producción de hojarasca para *R. mangle* que fue de 948.0 g/m<sup>2</sup>/año (Espinoza-Garduño *et al.*, 1981). Jiménez-Quiroz (1991) estimó la productividad de los principales productores primarios de la bahía de La Paz incluyendo el manglar de El Mogote obteniendo un valor promedio de 740.2 g/m<sup>2</sup>/año para las tres especies de mangle (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*). Félix-Pico *et al.*, (2006) determinó la estructura y productividad del manglar de El Conchalito que fue de 590.2 g/m<sup>2</sup>/año.

Balandra fue decretada como sitio Ramsar en 2008 por su importancia ecológica, paisajística, económica, social y cultural (CONANP, 2008) y el 30 de Noviembre de 2012 fue decretada como Área Natural Protegida (Diario Oficial de la Federación). Siendo relevante por ser la única playa pública con una vista panorámica y prístina, además de ser ícono cultural de la ciudad de La Paz, B.C.S.

En la bahía de La Paz se han realizado pocos trabajos acerca de la ecología de las comunidades de manglar. Además, los manglares de regiones áridas como Balandra sólo se encuentran en el mar Rojo, el golfo Pérsico, y el golfo de California en México (Calderón *et al.*, 2008; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008).

Los manglares son de los sistemas costeros más presionados por el crecimiento poblacional y el desarrollo turístico, habiéndose reducido a nivel mundial en un 23% durante los últimos 20 años. En México, la superficie de manglar estimada fue de 770,057 ha y la región con menor cobertura de manglar se encuentra en estado de Baja California con tal sólo 28 ha de extensión (CONABIO, 2009).

Baja California Sur tiene poca de la cobertura de manglar a nivel nacional (3.3%) (CONABIO, 2009). El turismo en la zona costera es el eje principal del desarrollo en Baja California Sur y Balandra es la playa icono de la ciudad de La Paz y una de las más visitadas por locales y turistas. Por consiguiente es de suma importancia evaluar la estructura y productividad del sistema de manglar como línea base de estudios posteriores. Esto para monitorear el funcionamiento de la comunidad de manglar y conservar el componente natural más importante de la recién decretada Área de Protección de Flora y Fauna.

## **OBJETIVO GENERAL**

“Estimar la productividad primaria y la estructura del manglar de Balandra, BCS. México”

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1) Cuantificar la producción hojarasca mensualmente de las tres especies que integran el bosque de manglar de Balandra.
- 2) Establecer la relación de la productividad de las especies de mangle con factores abióticos: temperatura del aire, insolación, precipitación y humedad relativa.
- 3) Estimar el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951. En: González-Zamorano, 2002 y Agraz-Hernández *et al.*, 2006).
- 4) Estimar el Índice de Complejidad (IC) (Holdridge, 1967. En: González-Zamorano, 2002 y Agraz-Hernández *et al.*, 2006).
- 5) Determinar la densidad, altura y área basal de cada una de las especies de la comunidad de manglar.

## ÁREA DE ESTUDIO

Balandra se localiza en el Municipio de La Paz, en el estado de Baja California Sur, México entre los 24°20' y los 24°17' latitud Norte y los 110°16' y los 110°20' de longitud Oeste, en el extremo este de la bahía de La Paz (Fig.1). La región tiene clima seco desértico cálido con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 24°C y una oscilación térmica diurna entre 7°C y 14°C. La velocidad media histórica mensual de los vientos dominantes durante los meses de invierno es de 2-3m s<sup>-1</sup>, con dirección Noroeste, y los vientos dominantes de verano son de 2-3m s<sup>-1</sup> con dirección Sur. Por lo regular, la precipitación media anual es de 184.8 mm, con una precipitación máxima en septiembre (60mm). De marzo a junio la precipitación es mínima (Robles Gil-Mestre, 1998 en: Félix-Pico *et al.*, 2006).

En la ciudad de La Paz la precipitación anual en el 2012 (286.2 mm) fue la más alta registrada desde el 2003 (304mm). Las precipitaciones en agosto (110.2mm) y septiembre (114.9) de 2012 fueron las más altas registradas desde el 2003. En diciembre 2012 (19.2mm) se registró la precipitación promedio más alta en ese mes de la última década. Las mayores lluvias en 2012-2013 se presentaron en los meses de agosto y septiembre (Tabla 1). Sin embargo, 2010 (27.5mm) y 2011 (48.6mm) fueron los años más secos registrados en la ciudad de al menos siete años antes del 2010. Lo anterior, según los registros proporcionados por la estación meteorológica de La Paz de la Comisión Nacional del Agua (Informe CONAGUA).

El manglar de Balandra es una comunidad tipo bosque-matorral, aunque predomina el tipo matorral, sobre todo en las regiones externas o de transición a la zona terrestre. Es una laguna costera con tres caletas y una pequeña boca barra de 80 m de apertura del canal aproximadamente (CONANP, 2008).

Se encuentra a 27 km de La Paz e incluye una vista panorámica singular con un típico desierto sonoreense. Balandra esta sobre una de las principales cuencas hidrológicas de la bahía de La Paz (CONANP, 2008; Calderón *et al.* 2008; Giani *et al.*, 1996). La laguna tiene un espejo de agua de 30ha y el bosque de manglar una cobertura de 22.5ha (Calderón *et al.*, 2008; Giani *et al.*, 1996). El manglar de Balandra fisonómicamente es de tipo "borde" característico de las lagunas costeras (Agraz-Hernández *et al.*, 2006). Las tres especies de mangle que circundan la laguna son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), seguido del mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y en la parte externa o más cercana a la tierra, el mangle negro (*Avicennia germinans*) (Giani *et al.*, 1996; CONANP, 2008).

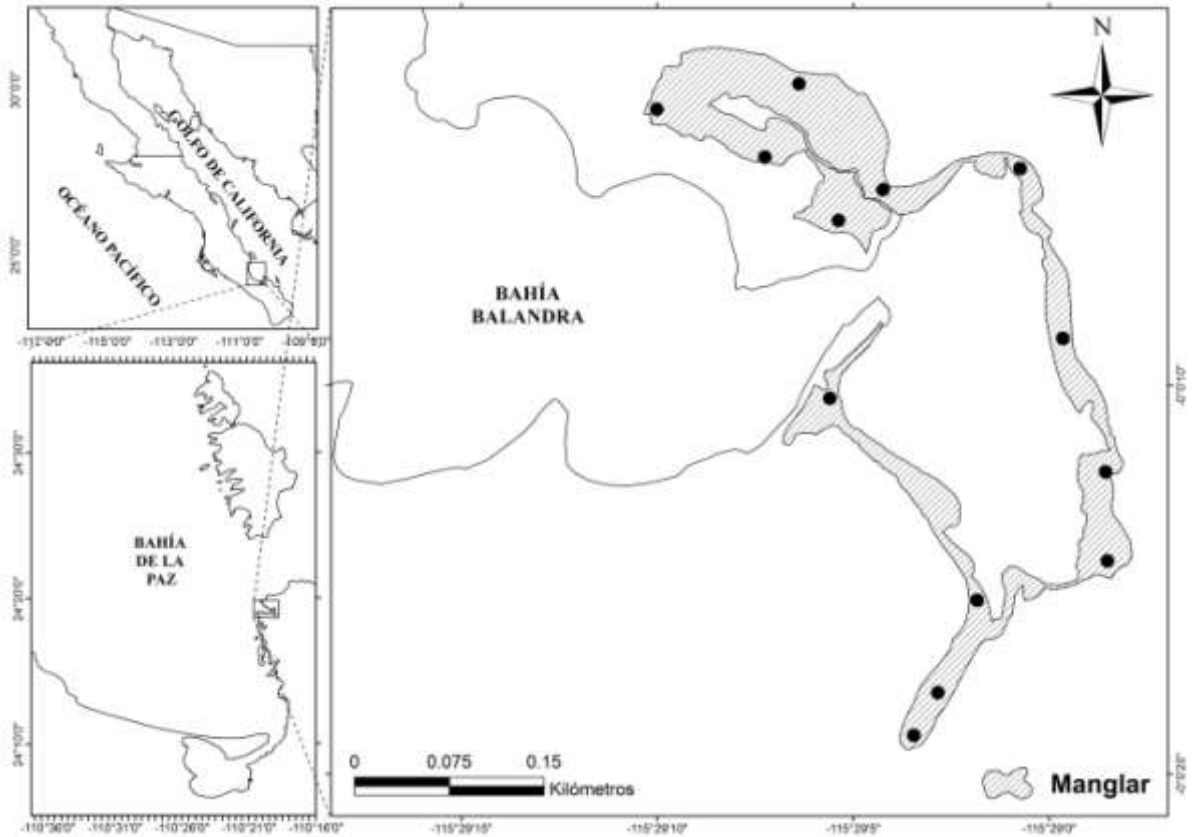


Figura 1. Localización de la laguna costera de Balandra. Los puntos negros son las zonas donde se instalaron las trampas o colectores de hojarasca.

Tabla 1. Factores ambientales de la estación meteorologica de CONAGUA en La Paz en el periodo de muestreo abril 2012 a septiembre 2013.

| Meses<br>2012-2013 | Precipitación<br>(mm) | Temperatura<br>(°C) | Insolación<br>(horas luz) | Humedad<br>(%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|----------------|
| Abril              | 0.00                  | 23.50               | 11.5                      | 60             |
| Mayo               | 0.00                  | 26.70               | 11.63                     | 55             |
| Junio              | 0.00                  | 27.90               | 11.48                     | 56             |
| Julio              | 5.10                  | 30.90               | 10.26                     | 58             |
| Agosto             | 110.20                | 31.00               | 8.66                      | 67             |
| Septiembre         | 114.90                | 30.00               | 7.63                      | 68             |
| Octubre            | 26.90                 | 27.60               | 9.18                      | 68             |
| Noviembre          | 0.00                  | 24.80               | 8.46                      | 64             |
| Diciembre          | 19.20                 | 20.60               | 6.31                      | 74             |
| Enero              | 0.00                  | 18.80               | 7.7                       | 61             |
| Febrero            | 0.00                  | 19.50               | 7.77                      | 56             |
| Marzo              | 0.00                  | 23.10               | 9.35                      | 48             |
| Abril              | 0.00                  | 23.30               | 10.83                     | 53             |
| Mayo               | 0.00                  | 25.70               | 11.2                      | 52             |
| Junio              | 0.00                  | 28.10               | 11.5                      | 54             |
| Julio              | 0.00                  | 29.80               | 10.01                     | 61             |
| Agosto             | 65.80                 | 30.00               | 11.63                     | 55             |
| Septiembre         | 54.10                 | 33.00               | 11.48                     | 60             |

# MATERIAL Y MÉTODOS

## Producción de hojarasca / Productividad

Se cuantificó la producción de hojarasca a partir del 22 de abril de 2012 al 15 de septiembre de 2013 en el manglar de Balandra (Fig. 1). Se utilizaron trampas o colectores de hojarasca de 0.25 m<sup>2</sup>, hechos con malla mosquitera de 2 mm de luz de malla y una estructura de policloruro de vinilo (PVC) (Fig. 2). Se establecieron en promedio 24 colectores de hojarasca de forma azarosa en todo el complejo de manglar. Las trampas fueron recolectadas mensualmente o en su defecto se contaron los días que estuvieron captando hojarasca. La hojarasca (ramas, hojas, flores/frutos) de cada recolector se clasificó por especie, se secó a 90°C por 24 h a peso constante en una balanza con 0.001 g de precisión (Heald, 1971 en: Félix-Pico *et al.*, 2006). La producción de hojarasca al final se estableció en unidades de peso/área/tiempo. Se correlacionó la producción de hojarasca con factores abióticos como: temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), insolación (horas luz) y precipitación (mm). Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica de la ciudad de La Paz a cargo de la Comisión Nacional del Agua (Informe CONAGUA) y los facilitó la M.C. Sandra Robles Gil-Mestre.

Los valores de producción primaria neta (PPN) transformados a unidades de carbono son equivalentes, con base a la siguiente expresión (Clough y Attiwill, 1982; Dawes 1998):

Hojarasca como carbono (PPN)= Peso seco de los componentes g (2.4<sup>-1</sup>)



Fig. 2. Trampas o colectores de hojarasca de 50 cm por 50 cm (0.25 m<sup>2</sup>)

Se realizó una revisión exhaustiva de la producción de hojarasca en la región del noroeste de México. Esto con el fin de comparar la producción de hojarasca del manglar de Balandra con otros sitios de la misma región (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de hojarasca en el noroeste de México (*Ag: Avicennia germinans; Lr: Laguncularia racemosa; Rm: Rhizophora mangle*)

| Lugar   | Tipo  | Especies          | g/m <sup>2</sup> /año                  | Referencia   |
|---|-------|-------------------|--|--|
| Agua brava, Sin.  | Borde | <u>Rm, Lr, Ag</u> | 1,015                                  | Flores-Verdugo y Ramírez (1987) en: Flores-Verdugo et al., 1992.             |
| Balandra, BCS.  | Borde | <u>Rm</u>         | 948                                    | Espinoza-Garduño et al., (1981)  |
| El Mogote, BCS.   | Borde | <u>Rm, Lr, Ag</u> | 740.2                                  | Jiménez-Quiroz (1991)  |
| Balandra, BCS.  | Borde | <u>Rm, Lr, Ag</u> | 698.5                                  | Este estudio (2012-2013)   |
| Conchalito, BCS.  | Borde | <u>Rm, Lr, Ag</u> | 590.2                                  | Félix-Pico et al., (2006)  |
| Bahía Magdalena   | Borde | <u>Rm, Lr, Ag</u> | 1,094.14                               | Chavez-Rosales (2006)  |
| Las Guásimas, Son.  | Borde | <u>Ag</u>         | 175                                    | Arreola-Lizárraga et al., (2004)   |
| Sonora: Agiabampo, Yavaros, Tobarí, Lobos, El Sargento, La Cruz y Las Guásimas. | Borde | <u>Ag</u>         | 740, 666, 585, 467.3, 396, 205.5 y 204 | Meling-López et al., Datos no publicados en: López-Medellín y Ezcurra, 2012. |
| Sonora: Yaqui, Mayo y El Fuerte   | Borde | <u>Ag</u>         | 712, 1,501.3, y 1,506.2                | Sánchez-Andrés et al., 2010  |



## Estructura

Se realizaron 5 transectos perpendiculares a la línea de costa de diferentes longitudes y en diferentes zonas del manglar de Balandra, tratando de cubrir todo el bosque-matorral y haciéndolo de forma azarosa (Fig. 1). Se obtuvo un total de 31 puntos por medio del método del punto-central o “vecino más cercano” propuesto por Cottam y Curtis (1956) (tomado de Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984 en: Agraz-Hernández *et al.*, 2006) y con el protocolo de Dahdouh-Guebas y Koedam (2006). Se estimó el promedio de la densidad, altura media, área basal e índices de complejidad (IC) (Holdridge *et al.*, 1971 en: Agraz-Hernández *et al.*, 2006) y de valor de importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951 en: Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Los transectos se realizaron de diferentes longitudes de acuerdo a un criterio particular de la amplitud o el ancho de cada una de las zonas o parches de manglar, que van aproximadamente de entre 20 a 70 metros de ancho desde la zona marina hasta la terrestre. Los puntos dentro de los transectos fueron tomados con una distancia de cinco metros entre punto y punto. La ubicación geográfica de los transectos en coordenadas UTM es la siguiente:

- 1: Transecto de 20 m en: N 24.31112° W 110.31824°
- 2: Transecto de 20 m en: N 24.31130° W 110.31773°
- 3: Transecto de 30 m en: N 24.31835° W 110.31542°
- 4: Transecto de 50 m en: N 24.32222° W 110.32210°
- 5: Transecto de 50 m en: N 24.32294° W 110.32424°

Se estimó la densidad (midiendo distancias), área basal (midiendo circunferencia) y altura media (midiendo hasta el límite de la copa) con un flexómetro y un estadal de PVC. Se determinó el IVI, el cual nos indica la relevancia de cada especie dentro del bosque de manglar. El IVI resulta de la sumatoria de la densidad, frecuencia y dominancia relativas de cada una de las especies de mangle (González-Zamorano, 2002). El valor de las variables se expresa en porcentaje, por lo que el valor máximo total es de 300.

$$IVI = Ar_i + Fr_i + Dr_i$$

Donde:  $Ar_i$  = Densidad relativa de la especie  $i=(n_i/N) 100$   
 $Fr_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i=(F_i/\Sigma F) 100$   
 $Dr_i$  = Dominancia relativa de la especie  $i=(D_i/D) 100$

Donde:  $n_i$  = Número de individuos de la especie.  
 $N$  = No. Total de individuos de las especies presentes.  
 $F_i$  = No. De observaciones en los cuales aparece la especie  $i$ .  
 $\Sigma F$  = No. Total de observaciones  
 $D_i$  = Dominancia de la especie  $i$ .  
 $D$  = Dominancia total.

La dominancia se estimó a través del área basal por hectárea tomada a la altura del pecho (aproximadamente 1.30 m) (Agraz-Hernández *et al.*, 2006), excepto para *R. mangle* que se tomó 30cm arriba de la última raíz aérea (Dahdouh-Guebas y Koedam; 2006). El área basal indica el desarrollo que puede tener un bosque y se relaciona con la biomasa y volumen de éste (Pool *et al.*, 1977). Generalmente se expresa en  $m^2$  por ha ( $m^2/ha$ ) para todos los individuos con diámetros a la altura del pecho (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

### *Índice de Complejidad Estructural*

Este índice representa una descripción cuantitativa de la complejidad estructural de la vegetación (Snedaker y Snedaker, 1984 en: González-Zamorano, 2002; Agraz-Hernández *et al.*, 2006), permitiendo realizar comparaciones entre comunidades ubicadas en diferentes puntos geográficos. El índice se calculó para 0.1ha y el número de especies se tomó del dato más representativo dentro de toda la comunidad para 0.1 ha (Félix-Pico *et al.*, 2006).

$$IC = (s \cdot d \cdot b \cdot h) / 1000$$

Donde:  $s$  = Número de especies en 0.1 ha  
 $d$  = Densidad de individuos en 0.1 ha  
 $b$  = Área basal en 0.1 ha  
 $h$  = Altura promedio

El área basal está directamente relacionada con el diámetro y puede ser fácilmente calculada a partir de éste. Para obtener el diámetro (d), se midió la circunferencia del tronco (c) de todos los individuos con alturas mayores a 1.30 m, para la cual se seguirán los procedimientos estandarizados propuestos por Snedaker y Snedaker, 1984 (en: González-Zamorano, 2002) y Agraz-Hernández *et al.*, (2006).

El cálculo se realizó mediante la expresión  $d = c/\pi$ , a partir de la cual se derivó el radio ( $r = d/2$ ), posteriormente se seleccionaron todos los individuos y se procedió a estimar el área basal en  $m^2$  por ha mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \sum \pi * r^2$$

Donde: AB = Área basal de los individuos

$\pi = 3.1416$

r = Radio individual ( $m^2$ )

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizaron pruebas a priori de normalidad y homocedasticidad. Se utilizó el estadístico Kruskal-Wallis para comparar las varianzas y observar si existía diferencia significativa entre las mismas. Se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANDEVA) para comparar los distintos meses, periodos y temporadas completas de los años 2012 y 2013. Así mismo, se comparó la producción de cada una de las especies y para cada uno de los componentes (hojas, ramas, flor/fruto) entre periodos, temporadas y años.

Se detectó si existía diferencia significativa en la producción de hojarasca entre especies y para cada uno de los componentes, entre cada uno de los periodos, temporadas y años.

Finalmente se relacionó mediante una regresión lineal múltiple la producción de hojarasca con los factores ambientales: temperatura, humedad relativa, insolación y precipitación. Tomando en cuenta solo aquellos modelos y factores ambientales que explicarán o se relacionen significativamente con la producción de hojarasca de Balandra.

Cada uno de los análisis anteriores se realizó 95% de confianza.

## RESULTADOS

### Producción de hojarasca / productividad

La producción de hojarasca total y para cada una de las especies se explica por periodo de muestreo y en unidades de gramos / m<sup>2</sup> / día (Tabla 3).

Tabla 3.- Hojarasca total (hojas, ramas y flor/fruto) promedio en el manglar de Balandra por periodo de muestreo que fue de abril 2012 a septiembre 2013. El color blanco es el valor mínimo y el verde intenso es el máximo.

| Periodo de Muestreo 2012-2013          | Balandra (g/m <sup>2</sup> /día) | <i>Laguncularia racemosa</i> (g/m <sup>2</sup> /día) | <i>Avicennia germinans</i> (g/m <sup>2</sup> /día) | <i>Rhizophora mangle</i> (g/m <sup>2</sup> /día) |
|--|----------------------------------|--|--|--|
| 22/Abril/2012<br>22/Mayo/2012          | 3.136                            | 2.484  | 1.771  | 5.153  |
| 22/Mayo/2012<br>23/Junio/2012          | 2.092                            | 2.548  | 1.965  | 1.762  |
| 23/Junio/2012<br>22/Julio/2012         | 2.311                            | 3.027  | 1.254  | 2.649  |
| 22/Julio/2012<br>25/Agosto/2012        | 2.297                            | 2.5431   | 1.262  | 3.088  |
| 25/Agosto/2012<br>01/Octubre/2012      | 2.136                            | 2.792  | 1.197  | 2.418  |
| 01/Octubre /2012<br>02/Noviembre/2012  | 1.582                            | 1.229  | 1.495  | 2.021  |
| 02/Noviembre/2012<br>12/Diciembre/2012 | 0.941                            | 0.363  | 1.291  | 1.169  |
| 12/Diciembre/2012<br>23/Enero/2013     | 0.658                            | 0.336  | 0.845  | 0.793  |
| 23/Enero/2012<br>02/Marzo/2013         | 1.183                            | 0.734  | 1.414  | 1.401  |
| 02/Marzo/2013<br>06/Abril/2013         | 2.883                            | 1.999  | 1.852  | 1.203  |
| 06/Abril/2013<br>02/Junio/2013         | 2.514                            | 1.844  | 2.393  | 3.306  |
| 02/Junio/2013<br>03/Julio/2013         | 2.134                            | 2.804  | 1.981  | 1.619  |
| 03/Julio/2013<br>2/Septiembre/ 2013    | 2.207                            | 3.822  | 1.251  | 1.548  |
| Septiembre/2013                        | 2.578                            | 3.231  | 2.537  | 1.966  |

Los resultados se describen por periodo(s) en mes(es) y/o temporada(s) cálida(s) o de estiaje en abril-septiembre, caracterizada por altas temperaturas y la mayor insolación anual, o temporada de invierno en diciembre-enero con bajas temperaturas y menor insolación anual.

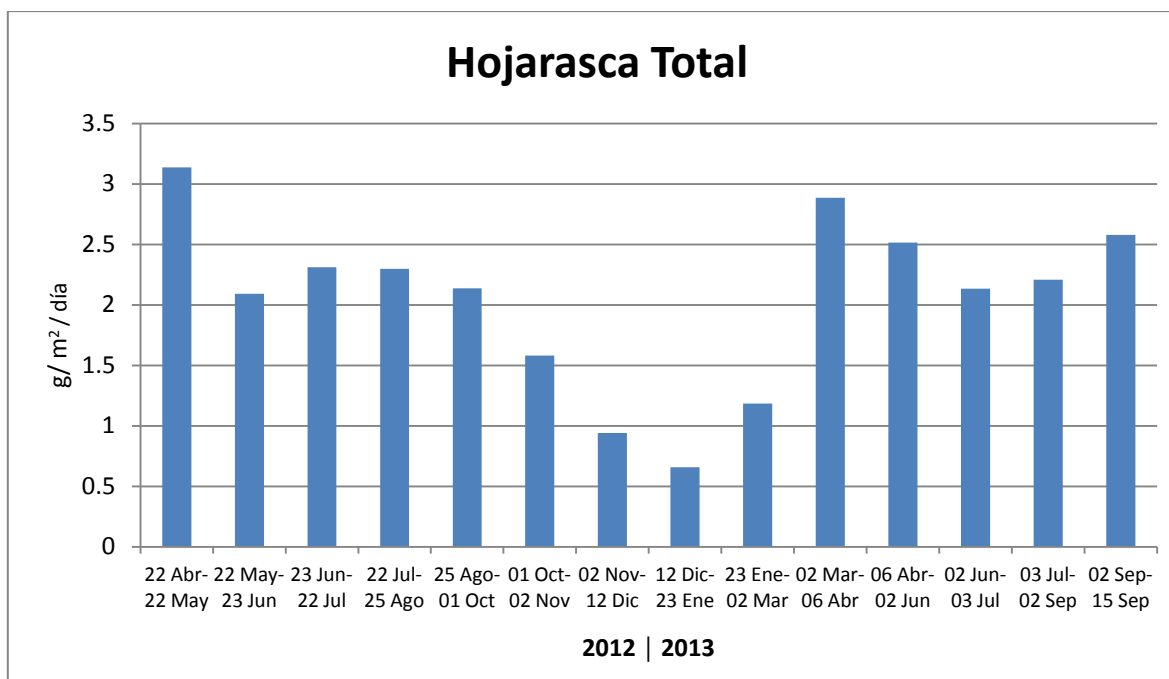


Fig. 3. Producción de hojarasca (hoja, ramas y flor/fruto) por fecha de muestreo en el manglar de Balandra.

El promedio máximo de producción de hojarasca total para la comunidad de manglar de Balandra fue de 3.13 g/m<sup>2</sup>/día en el inicio de la temporada cálida durante el periodo abril-mayo 2012. En el periodo abril-mayo 2013 la producción total disminuyó 0.62g/m<sup>2</sup>/día, respecto al año anterior (Fig. 3). Se compararon ambos periodos (22 de abril-22 de mayo 2012 y 06 abril-02 junio 2013) y no se encontró diferencia significativa (F=0.45 p>0.05).

El segundo valor más alto de todo el muestreo fue en el periodo marzo-abril 2013 con 2.88 g/m<sup>2</sup>/día, aproximadamente un mes antes que el valor máximo alcanzado un año antes (Fig.3).

Se observa prácticamente un comportamiento cíclico, no obstante al final de la temporada cálida, en septiembre 2013 se dio un aumento en la producción de flor/fruto único. Siendo la semilla (fruto), el principal material arrojado por las tres especies de mangles que integran la comunidad de Balandra.

Lo anterior, ocasionó un pico de producción de hojarasca por el peso del fruto. Sin embargo, la mayor producción de hojarasca para la comunidad de Balandra en ambos años se dio durante el periodo marzo-mayo, entre el final del invierno e inicio de la temporada cálida (Fig.3).

En el periodo junio-agosto de ambos años se observó un patrón de producción total similar entre años, con una variación de aproximadamente  $\pm 0.25\text{g/m}^2/\text{día}$  entre periodos. Al finalizar agosto hay una caída gradual en la producción, bien marcada para el año 2012. Sin embargo, para el siguiente año en septiembre 2013 la producción aumentó a  $2.57\text{g/m}^2/\text{día}$  y un mes antes en agosto 2013 fue de  $2.20\text{g/m}^2/\text{día}$ . El mínimo de producción de hojarasca se dio en temporada de invierno con  $0.65\text{g/m}^2/\text{día}$  (Fig. 3).

Se encontró una diferencia significativa entre ambas temporadas cálidas para la producción total de los componentes hojas ( $F=24.23$   $p<0.05$ ) y para la producción total de los componentes flor/fruto ( $F=26.37$   $p<0.05$ ) de todas las especies. La temporada cálida 2013 obtuvo una productividad promedio mayor que 2012 en hojas y flor/fruto del total de las tres especies. La producción de ramas/madera total disminuyó de forma significativa ( $F=8.47$   $p<0.05$ ) en el periodo cálido 2013, respecto al año anterior.

El promedio de hojarasca y carbono para el complejo de manglar de Balandra es de aproximadamente  $1.91\text{g/m}^2/\text{día}$  ó  $7\text{t/ha/año}$  y  $0.79\text{g C/m}^2/\text{día}$  ó  $2.8\text{t C/ha/año}$ , respectivamente (Tabla 4). El promedio mensual mínimo de hojarasca en peso seco fue de  $0.65\text{g/m}^2/\text{día}$  ó  $2.4\text{t/ha/año}$  ( $0.27\text{g C/m}^2/\text{día}$  ó  $1.0\text{t C/ha/año}$ ) en enero 2013 y el máximo de  $3.12\text{g/m}^2/\text{día}$  ó  $11.4\text{t/ha/año}$  ( $1.28\text{g C/m}^2/\text{día}$  ó  $4.70\text{t C/ha/año}$ ) en abril 2012.

Tabla 4.- Producción de hojarasca total en peso seco y equivalencia en carbono.

| Especie                      | $\text{g/m}^2/\text{día}$ | $\text{g C/m}^2/\text{día}$ |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Avicennia germinans</i>   | $1.52\pm 0.43$            | 0.63                        |
| <i>Laguncularia racemosa</i> | $1.80\pm 0.98$            | 0.75                        |
| <i>Rhizophora mangle</i>     | $2.26\pm 1.25$            | 0.94                        |
| Tasa Promedio                | $1.91\pm 0.73$            | 0.79                        |

La productividad promedio para el manglar de Balandra con una cobertura de 22.5ha es de 17.77g C/día ó 63 t C/año. La productividad más alta fue de *R. mangle* con 0.94g C/m<sup>2</sup>/día (3.4t C/ha/año) la mínima fue de *A. germinans* con 0.63g C/m<sup>2</sup>/día (2.3t C/ha/año) (Tabla 4).

La producción de hojarasca se correlacionó con la temperatura del aire, humedad relativa, precipitación e insolación. Sin embargo, solo la temperatura e insolación se relacionan significativamente con la producción de hojarasca (Fig. 4). Lo cual nos arrojó un modelo al 95% de confianza con una R<sup>2</sup>=0.74, esto para predecir la producción total de hojarasca de la comunidad de manglar de Balandra, obteniendo la siguiente ecuación (Fig. 4):

$$\text{Producción total de hojarasca (g/m}^2\text{/día)} = -2.47204 + 0.0611291 * (\text{Temperatura}) + 0.304866 * (\text{Insolación}).$$

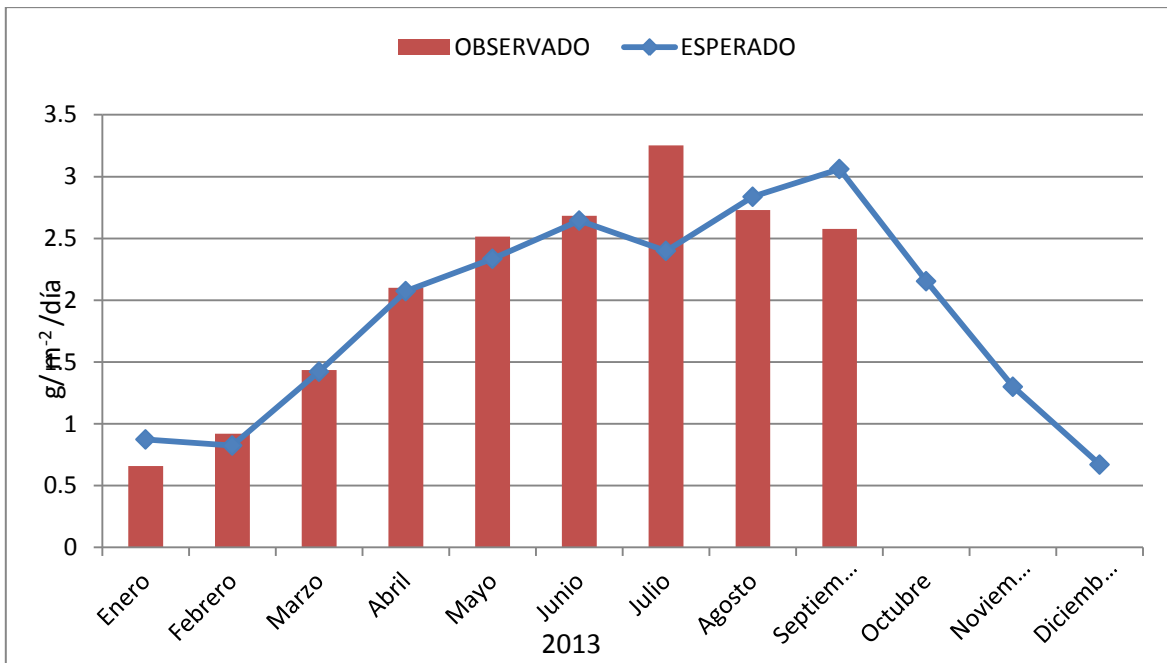


Fig. 4. Ajuste del modelo de regresión a los datos observados de producción de hojarasca para las tres especies de mangle de la comunidad de Balandra, La Paz. B.C.S.



### *Producción de hojarasca por especie*

La especie con mayor producción fue *R. mangle*, obteniendo sus mayores valores en el mes de abril con  $5.1 \pm 3 \text{g/m}^2/\text{día}$ . El mínimo de producción para *R. mangle* fue en enero, en temporada invernal con  $0.79 \pm 0.35 \text{g/m}^2/\text{día}$  (Tabla 5).

*L. racemosa* presenta sus picos máximos en temporada cálida en el periodo junio-septiembre con  $3.03 \pm 1.04 \text{g/m}^2/\text{día}$  a  $2.79 \pm 1.14 \text{g/m}^2/\text{día}$ . Así mismo, se observa una caída en la producción en el periodo octubre-noviembre de  $1.22 \pm 0.84 \text{g/m}^2/\text{día}$  hasta  $0.36 \pm 0.13 \text{g/m}^2/\text{día}$ . El mínimo para *L. racemosa* fue en enero 2013 con  $0.34 \pm 0.16 \text{g/m}^2/\text{día}$  (Tabla 5).

En *A. germinans* la máxima producción de hojarasca fue en septiembre 2013 con  $2.54 \pm 1.22 \text{g/m}^2/\text{día}$ . Se presentó un pico menor en mayo 2013 con  $2.39 \pm 1.75 \text{g/m}^2/\text{día}$ . El mínimo de producción para *A. germinans* fue en invierno, en el mes de enero con  $0.85 \pm 0.30 \text{g/m}^2/\text{día}$  (Fig. 5; Tabla 5). En la misma temporada que las otras especies.

La insolación y la temperatura son los factores que presentan un comportamiento estacional bien marcado (Tabla 1; Fig. 5) y que tienen una relación directa significativa (insolación  $t=2.68$   $p=0.01$ ; temperatura  $t=2.89$   $p=0.01$ ) en la producción de hojarasca en *L. racemosa*. La producción de *R. mangle* solo presentó una relación directa significativa con la insolación ( $t= 3.18$   $p=0.00$ ). *L. racemosa* y *R. mangle*, alcanzan el mínimo de producción en invierno y el máximo en temporada cálida (Fig. 5). La producción de hojarasca de *A. germinans* no presentó relación significativa con alguno de los factores ambientales.

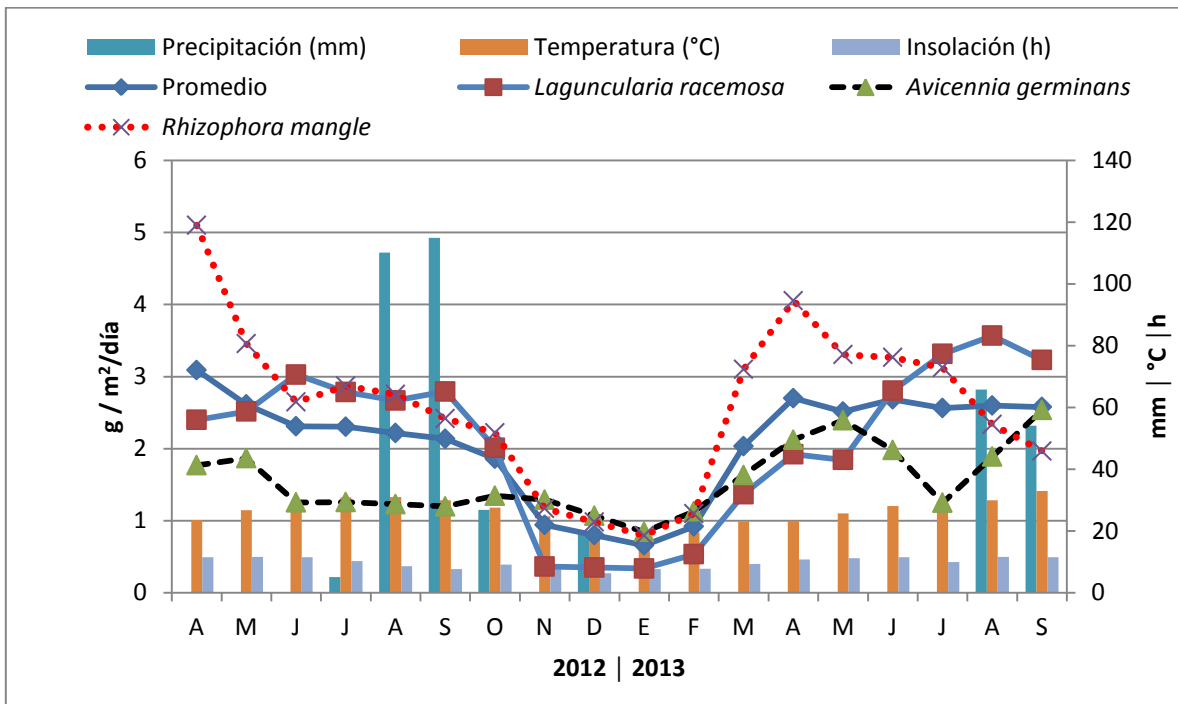


Fig. 5. Producción de hojarasca (hojas, ramas y flor/fruto) de forma mensual durante el periodo de muestreo.

Tabla 5.- Estimación promedio de producción total de hojarasca por especie, por mes en gramos / m<sup>2</sup> / día, ± la desviación estándar (número de trampas).

| Mes / Promedio Año     | <i>Laguncularia racemosa</i> | <i>Avicennia germinans</i> | <i>Rhizophora mangle</i> |
|------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Abril / 3.09 2012      | 2.40±0.9 (12)                | 1.77±0.74 (6)              | 5.10±3 (4)               |
| Mayo / 2.61 2012       | 2.52±1.0 (12)                | 1.87±0.93 (8)              | 3.46±1.93(4)             |
| Junio / 2.31 2012      | 3.03±1.04(12)                | 1.25±1.13 (7)              | 2.65±0.90 (6)            |
| Julio / 2.30 2012      | 2.79±2.04(11)                | 1.26±0.42 (8)              | 2.87±0.39(6)             |
| Agosto / 2.22 2012     | 2.67±2.14(16)                | 1.23±0.60 (8)              | 2.75±1.58(6)             |
| Septiembre / 2.14 2012 | 2.79±1.14(16)                | 1.20±0.45 (8)              | 2.42±0.86(7)             |
| Octubre / 1.86 2012    | 2.01±0.84(17)                | 1.35±0.8 (10)              | 2.22±0.80(9)             |
| Noviembre / 0.94 2012  | 0.36±0.13(10)                | 1.29±0.8 (11)              | 1.17±0.62(9)             |
| Diciembre / 0.80 2012  | 0.35±0.18(12)                | 1.07±0.37 (7)              | 0.98±0.40 (6)            |
| Enero / 0.66 2013      | 0.34±0.16 (12)               | 0.85±0.30 (7)              | 0.79±0.35(5)             |
| Febrero / 0.92 2013    | 0.54±0.27(12)                | 1.13±0.75 (5)              | 1.10±0.33(5)             |
| Marzo / 1.43 2013      | 1.37±0.79 (9)                | 1.63±0.69(4)               | 1.30±0.41(3)             |
| Abril / 2.10 2013      | 1.92±0.74 (8)                | 2.12±1.68(4)               | 2.26±0.8 (3)             |
| Mayo / 2.51 2013       | 1.84±0.72 (8)                | 2.39±1.75 (4)              | 3.31±1.10 (3)            |
| Junio / 2.68 2013      | 2.80±1.66 (11)               | 1.98±1.80 (4)              | 3.27±1.62(3)             |
| Julio / 3.25 2013      | 3.32±1.69 (10)               | 1.25±1.19 (3)              | 3.12±1.76(3)             |
| Agosto / 2.73 2013     | 3.57±1.82 (10)               | 1.89 ±1.87 (3)             | 2.34±1.7(3)              |
| Septiembre / 2.58 2013 | 3.23±1.59 (9)                | 2.54±1.22 (3)              | 1.97±1.06(3)             |

*R. mangle* y *L. racemosa* tienen un patrón similar en cuanto a la producción de hojarasca en temporada cálida o de invierno. Ambas especies, en temporada cálida con una temperatura del aire promedio de 23.3-33°C y con horas luz promedio de 9.56h/día, presentaron un aumento en la producción de hojarasca total. En invierno, con una diferencia promedio de al menos 2.7°C con respecto a la temporada cálida y con menor insolación con 7h/día, bajaron su producción de hojarasca. Sea temporada cálida o de invierno, *R. mangle* presenta valores de producción más altos que *L. racemosa* (Tabla 2; Tabla 5).

*A. germinans* presenta un comportamiento similar a las anteriores, ya que alcanzó un máximo de producción en temporada cálida en el periodo septiembre 2013, con un valor de 2.54g/m<sup>2</sup>/día. La producción mínima fue en invierno con 0.84g/m<sup>2</sup>/día. *A. germinans* en invierno tiene la mayor producción de hojarasca de las tres especies de 0.84g/m<sup>2</sup>/día (Fig. 5).

*A. germinans* presenta el intervalo más reducido de producción de hojarasca de las tres especies. *A. germinans* tiene un intervalo de 0.84-2.53g/m<sup>2</sup>/día (amplitud del intervalo 1.69g). El intervalo de producción de *R. mangle* es de 0.75-5.15g/m<sup>2</sup>/día (amplitud del intervalo 4.4g) y el de *L. racemosa* de 0.33-3.82g/m<sup>2</sup>/día (amplitud del intervalo 3.49g).

## Hojas

Las hojas representaron el 84.74% de la hojarasca total. Estimando una diferencia significativa ( $F= 9$ ;  $p<0.05$ ) en la producción de hojas entre *A. germinans* y las otras dos especies (*R. mangle* y *L. racemosa*). Entre *R. mangle* y *L. racemosa* no existe diferencia significativa ( $F=3.01$ ;  $p>0.05$ ) en la producción de hojas.

*R. mangle* presenta un pico máximo de producción de hojas en abril 2012 y un pico secundario en 2013 en el mes de mayo. Posteriormente se observa un decaimiento en la producción con un valle de octubre a marzo (Fig. 6).

*L. racemosa* presenta un periodo de producción de hojas relativamente constante en el 2012 desde abril hasta un presentar pico máximo en julio-agosto, seguido de una caída hasta un mínimo de producción que va de noviembre a enero. En 2013 se incrementó gradualmente la producción en febrero-marzo y se mantiene relativamente constante de marzo hasta agosto y en septiembre se presentó el pico máximo del 2013. Se observa una disminución en la producción promedio de hojas en 2013, respecto al año anterior (Fig. 6).

*A. germinans* presentó dos picos de producción de hojas en 2012, el principal en junio y otro secundario en noviembre. De julio a octubre 2012 la producción es relativamente similar. En el 2013 se observa una asintota desde marzo hasta agosto y en el mes de septiembre presenta el valor mínimo de ambos años de muestreo (Fig. 6).

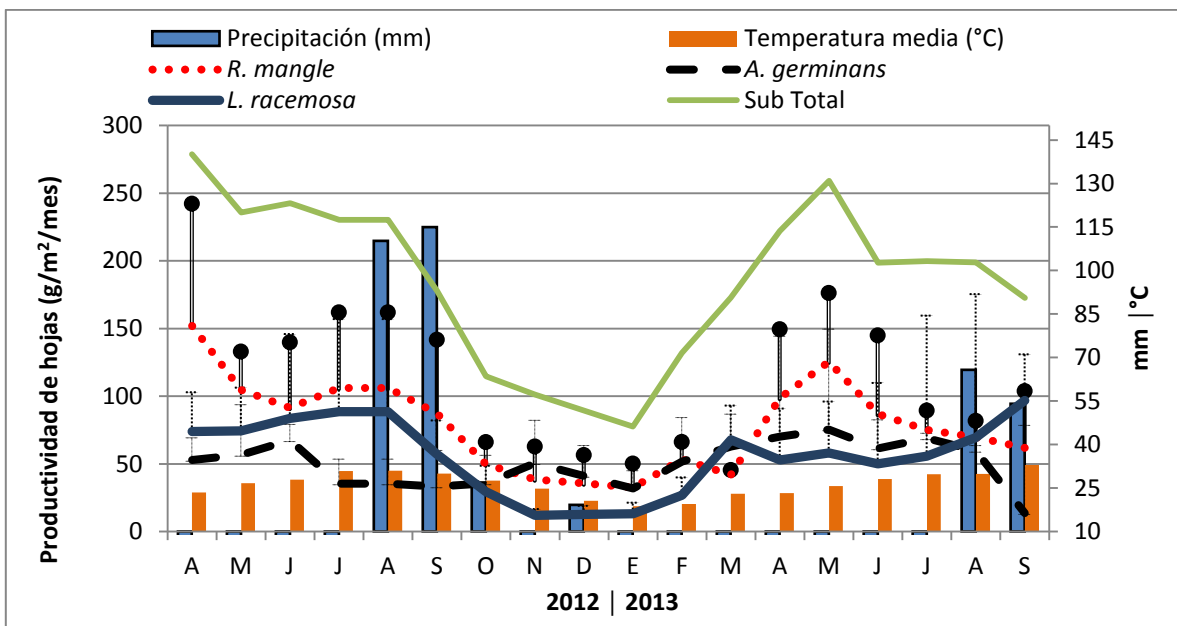


Fig. 6. Producción de hojas de forma mensual durante el periodo de muestreo para las tres especies.

## *Flor / fruto*

Existe una diferencia significativa ( $F=26.37$ ;  $p<0.05$ ) en la producción de flor/fruto para ambas temporadas cálidas. En septiembre 2013 incrementó la producción de hojarasca respecto a 2012, esto ocasionado principalmente por el componente flor/fruto (Fig. 7). En septiembre 2012 el aporte de flor/fruto fue de  $1.89\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $56.92\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) y en septiembre 2013 fue sólo de fruto  $7.06\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $212.07\text{g/m}^2/\text{mes}$ ). En septiembre 2013 fue el mes donde se observó mayor incremento en la producción de flor/fruto (principalmente fruto) (Fig. 7).

La producción de flor/fruto aporta el 11.73% de la hojarasca total. La producción de flor/fruto para *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*, es al final de la temporada cálida y al final de las lluvias, durante el periodo septiembre-octubre (Fig. 7).

*L. racemosa* presentó un patrón de producción de flor/fruto en septiembre de ambos años. *A. germinans* en 2012 tuvo una escasa producción, no obstante en 2013 incrementó su producción de forma exponencial, posterior a las dos temporadas lluviosas de ambos años. *R. mangle* es el que obtuvo menor cantidad de flor/fruto de las tres especies y es el único que presenta producción de flor/fruto en temporada pre-invernal en el periodo octubre-noviembre (Fig. 7).

*A. germinans* a diferencia de las otras especies presentó picos de producción en 2013, al inicio (abril-mayo) y al final de la temporada cálida. El pico máximo de producción fue en agosto-septiembre 2013, posterior a las lluvias acumuladas de dos años y después de al menos dos años de sequía intensa.

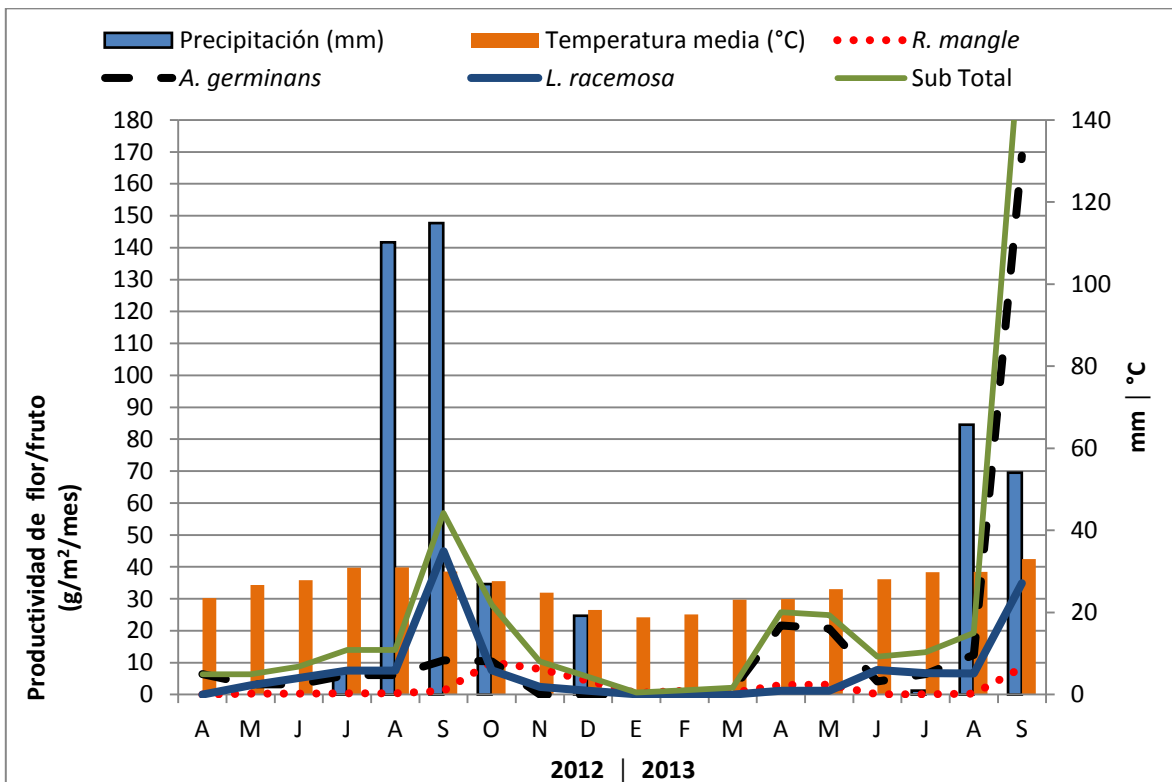


Fig. 7. Producción de flor/fruto de forma mensual durante el periodo de muestreo para las tres especies.



## *Ramas / madera*

Existe diferencia significativa ( $F=6.46$   $p<0.05$ ) en la producción de ramas/madera en ambas temporadas cálidas. El promedio mayor de producción de ramas/madera fue en el año 2012.

La menor cantidad de material deciduo fue por parte del componente ramas/madera, que junto con estipulas y algunos misceláneos acumulan el 3.52% de la hojarasca total. Las ramas/madera tuvieron picos de producción en los periodos abril-mayo, con valores en 2012 de  $0.66\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $19.96\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) y un poco menos en 2013 con  $0.42\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $12.66\text{g/m}^2/\text{mes}$ ). Se observan picos y valles constantes durante todo el periodo de muestreo (Fig. 8). *L. racemosa* y *R. mangle* bajan su producción de ramas/madera en el periodo noviembre-febrero, siendo *A. germinans* el que obtuvo el valor máximo con  $0.15\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $4.51\text{g/m}^2/\text{mes}$ ), *R. mangle* obtuvo el valor mínimo de  $0.034\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $1.04\text{g/m}^2/\text{mes}$ ), aunque no muy por debajo de *L. racemosa* que obtuvo  $0.035\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $1.07\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) (Fig. 8).

Se observa una disminución de ramas/madera y principalmente hojas en el final de la temporada cálida en septiembre. El valor mínimo de producción de ramas/madera fue para *L. racemosa* y *R. mangle* con valores de cero  $\text{g/m}^2/\text{día}$  en el mes de septiembre 2013, justo en el mes donde la producción de flor/fruto aumentó considerablemente. *A. germinans* presenta el valor máximo de producción de ramas/madera con  $0.39\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $11.75\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) en el mes de abril 2012 (Fig.8). *A. germinans* en septiembre obtuvo un valor promedio de  $0.02\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $0.61\text{g/m}^2/\text{mes}$ ).

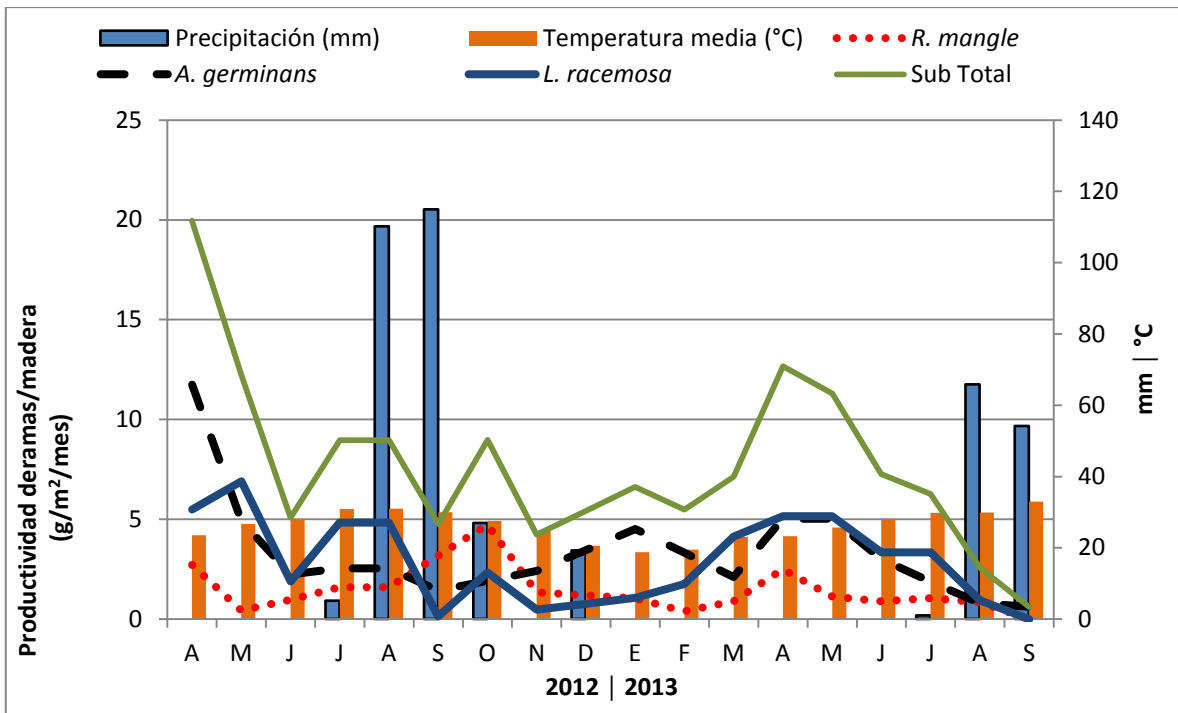


Fig. 8. Producción de ramas/madera de forma mensual durante el periodo de muestreo para las tres especies.

## *Rhizophora mangle*

La producción de *R. mangle* se comparó para los periodos del 22 de abril-22 mayo 2012 y 06 abril-02 junio 2013, sin encontrar diferencias significativas ( $F=1.63$ ;  $p>0.05$ ) en la producción de hojas. Igualmente, no hay diferencia significativa entre temporadas cálidas (abril-septiembre 2012-2013) ( $F=2.21$ ;  $p>0.05$ ). Sin embargo, si existe diferencia significativa ( $F=6.03$ ;  $p<0.05$ ) en la producción de flor/fruto de *R. mangle* para ambas temporadas cálidas, teniendo una media mayor la temporada 2013 (Fig. 9).

*R. mangle* presenta un pico de producción máximo en abril 2012 y un pico secundario en mayo 2013. *R. mangle* presenta su producción máxima en temporada cálida, con valores que van de  $2.06-5.15\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $61.99-151.8\text{g/m}^2/\text{mes}$ ). Mostrando un valle de producción de hojarasca de noviembre a marzo que va de  $1.2-1.4\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $38.56\text{g/m}^2/\text{mes}-42.07\text{g/m}^2/\text{mes}$ ).

Los picos de producción de flor/fruto son al final de la temporada cálida (Fig.8). El valor promedio para el periodo septiembre-octubre 2012 fue de  $0.192\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $5.76\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) y de  $0.28\text{g/m}^2/\text{día}$  ( $8.4\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) para el mes de septiembre 2013.

La caída de ramas/madera fue principalmente posterior a la temporada cálida 2012, en el periodo octubre-diciembre. Las ramas/madera fueron el componente que se encontró en menor proporción durante todo el ciclo de muestreo (Fig. 9). No se encontró diferencia significativa ( $F=0.10$   $p>0.05$ ) en la producción de ramas/madera entre ambos periodos cálidos.

Se correlacionaron los factores ambientales y la producción de hojarasca de *R. mangle* con una regresión lineal múltiple. Sin embargo, nos arrojó un modelo con baja  $R^2$  y la única relación directa significativa con los parámetros ambientales fue con la insolación ( $t=3.18$   $p=0.00$ ).

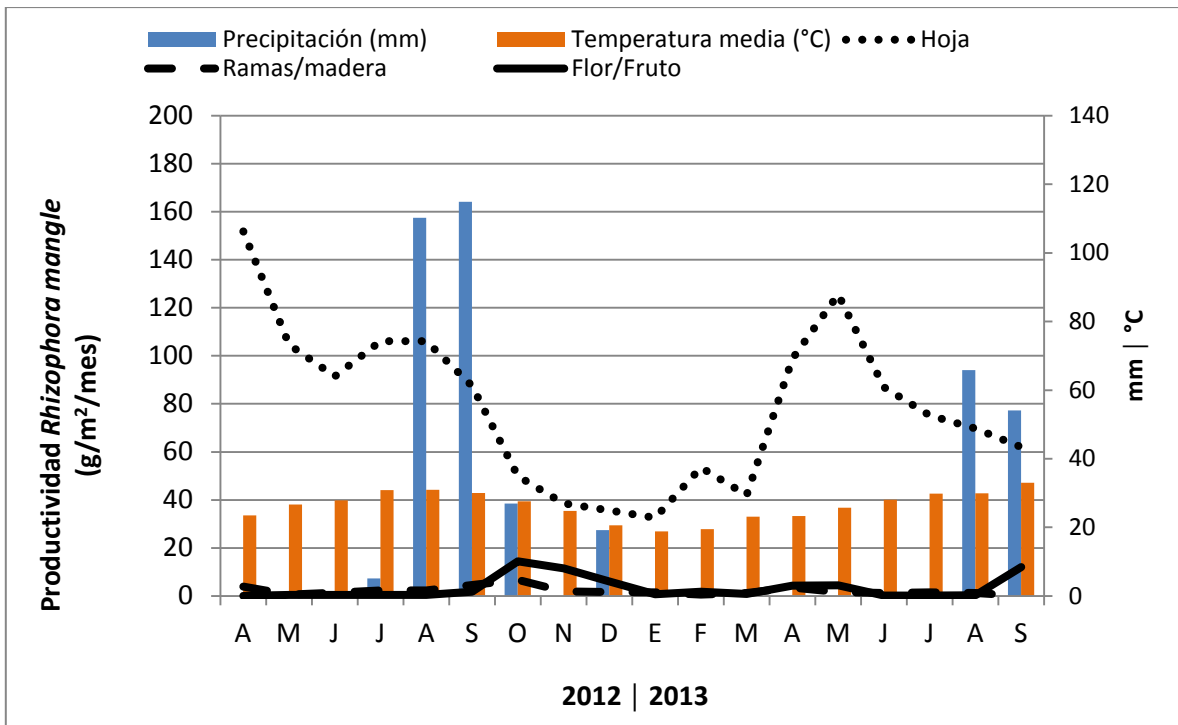


Fig. 9. Producción de *Rhizophora mangle* de forma mensual durante el periodo de muestreo

## *Laguncularia racemosa*

La especie con mayor representatividad en número de trampas en todo el bosque-matorral de Balandra fue *L. racemosa*. La producción de hojarasca de *L. racemosa* fue claramente estacional, observando un valor extremo de 6.39g/m<sup>2</sup>/día (191.75gr/m<sup>2</sup>/mes) en abril-mayo 2012, eliminado estadísticamente por ser un punto aberrante. El promedio máximo de producción de hojarasca fue en septiembre 2013, con una estimación de 3.23g/m<sup>2</sup>/día (96.93 g/m<sup>2</sup>/mes). *L. racemosa* presentó un valle de producción y el valor más bajo para las tres especies de mangle durante el invierno. En el periodo noviembre-febrero 2012 obtuvo 0.36-0.54g/m<sup>2</sup>/día de hojarasca (Fig. 10).

El pico de producción de flor/fruto fue muy claro y se presentó en el mes de septiembre de ambas temporadas, con un valor máximo de 1.49g/m<sup>2</sup>/día (44.91g/m<sup>2</sup>/mes) en 2012. Las ramas/madera y misceláneos se mantuvieron casi constantes a lo largo del ciclo completo, con máximos de 0.66g/m<sup>2</sup>/día (19.96 g/m<sup>2</sup>/mes) en abril 2012 y la mínima de producción de 0.02g/m<sup>2</sup>/día (0.62 g/m<sup>2</sup>/mes) en septiembre 2013 (Fig. 10).

*L. racemosa* en el periodo del 22 de abril-22 mayo 2012 y 06 de abril-02 junio 2013, presentaron diferencia significativa ( $F=4.49$ ;  $p<0.05$ ) en la producción de hojas, teniendo el periodo 2012 una media mayor. Sin embargo, para toda la temporada cálida no se encontraron diferencias entre años, tanto para el componente hojas ( $F= 0.57$ ;  $p>0.05$ ), como para el componente flor/fruto ( $F=1.70$ ;  $p>0.05$ ).

La producción menor de los tres componentes de hojarasca de *L. racemosa* fue de ramas/madera, principalmente en temporada cálida (Fig. 10). Se compararon ambas temporadas cálidas y se encontró una diferencia significativa ( $F=4.35$   $p<0.05$ ) en la producción de ramas/madera, siendo el 2012 el año con un producción promedio mayor que 2013.

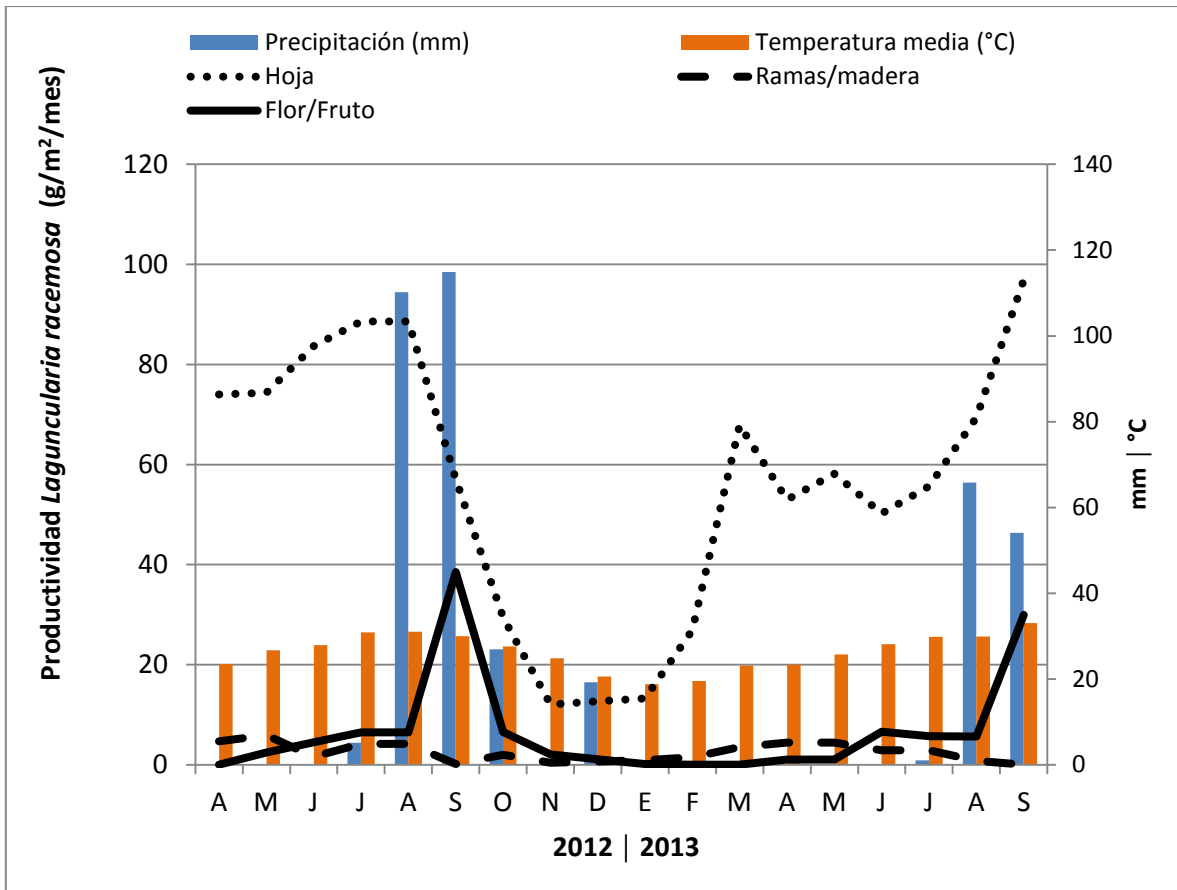


Fig. 10. Producción de *Laguncularia racemosa* de forma mensual durante el periodo de muestreo.

Se correlacionaron los factores ambientales con una regresión lineal múltiple, arrojándonos un modelo con una  $R^2 = 0.85$  y una  $p < 0.05$ . Los factores que explican mejor la producción de hojarasca *L. racemosa* son la humedad y la insolación dándonos la siguiente ecuación:

$$\text{Producción de hojarasca (g/m}^2\text{/día)} = -4.91707 + 0.178258 * (\text{Temperatura}) + 0.236772 * (\text{Insolación}).$$

El valor de p en la tabla ANDEVA es menor que 0.01, esta relación entre variables es estadísticamente significativa al 99% de confianza.

## *Avicennia germinans*

*A. germinans* presenta los valores más altos de las tres especies en producción de ramas/madera en abril (2012), al inicio de la temporada cálida. El incremento de flor/fruto es exponencial posterior a las precipitaciones (Fig. 11). Sin embargo, el promedio de producción de hojarasca en 2013 fue mayor respecto al 2012.

En *A. germinans* no se encontró diferencia significativa ( $F=0.05$ ;  $p>0.05$ ) en la producción de hojas para las temporadas cálidas de ambos años. Aunque, *A. germinans* aumentó la producción de hojas significativamente ( $F=5.96$ ;  $p<0.05$ ) entre los periodos del 06 de abril-02 junio 2013 y 22 de abril-22 de mayo 2012 (Fig. 11).

*A. germinans* aumentó la producción de flor/fruto para el año 2013 de forma significativa ( $F=6.91$ ;  $p<0.05$ ). Siendo notorio (observación personal), el aumento principalmente en la producción de fruto para esta misma temporada, influenciado probablemente por las intensidad de las precipitaciones en ambos años.

*A. germinans* no presentó diferencias significativas ( $F=1.78$ ;  $p>0.05$ ) en caída de ramas entre los periodos 22 de abril-22 de mayo 2012 y 02 de abril-06 junio ( $F=0.78$ ;  $p>0.05$ ). Así mismo, no se encontró diferencia significativa ( $F=1.78$ ;  $p>0.05$ ) en la temporada cálida de ambos años en la caída del mismo componente.

Se correlacionaron los factores ambientales y la producción de hojarasca de *A. germinans* con una regresión lineal múltiple. Sin embargo, nos arrojó un modelo con baja  $R^2$  y sin relación significativa con los parámetros ambientales.

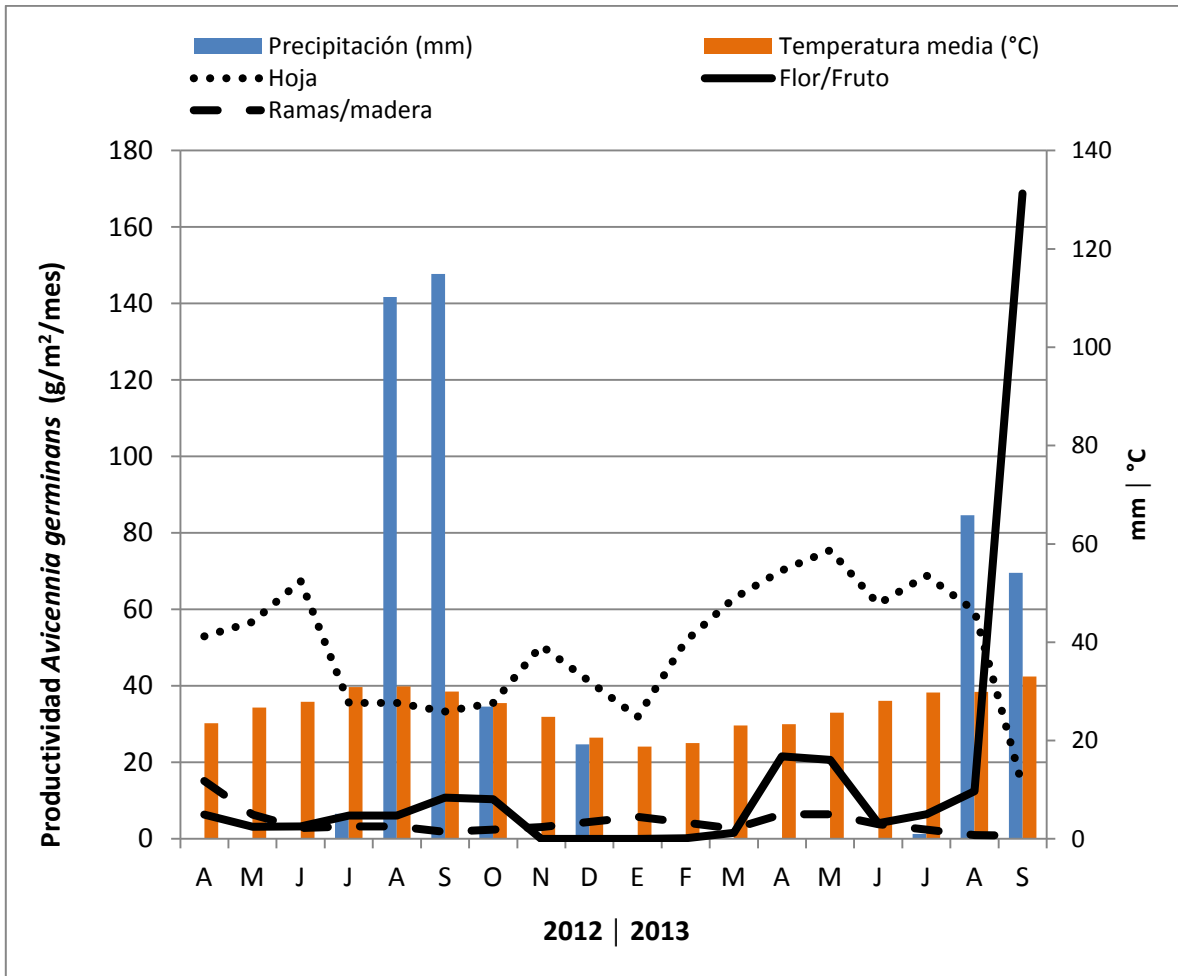


Fig. 11. Producción de *Avicennia germinans* de forma mensual durante el periodo de muestreo.



## *Estructura*

La comunidad del manglar de Balandra es de tipo borde y presenta una zonación en su mayoría bien delimitada de mar a tierra por *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*. Se determinó la estructura (Tabla 6) midiendo la altura, densidad, proporción y área basal. El índice de valor de importancia (IVI) resulta de la sumatoria de la densidad, frecuencia y dominancia relativas de cada una de las especies de mangle (Tabla 7). El índice de complejidad se estimó para 0.1 ha en la comunidad de manglar de Balandra y fue de 2.87.

La densidad varía por especie, área basal y las condiciones geomorfológicas-ambientales de cada área dentro de la comunidad de manglar. La mayor proporción de árboles y dominancia en la comunidad de Balandra es por parte de *R. mangle*, seguido muy de cerca por *L. racemosa* y por último en la zona más terrestre e hipersalina *A. germinans* (Tabla 6). La altura de los árboles de *R. mangle* y *L. racemosa* es muy parecida, aunque la dispersión entre individuos y arquitectura de cada especie es muy distinta. *R. mangle* por su arquitectura y raíces zancudas se encuentra entrelazado y muchas veces un solo individuo tiene varios fustes o troncos principales. En cambio, *L. racemosa* y *A. germinans* presentan un solo fuste bien definido y la distancia entre cada individuo es mayor que la de *R. mangle*. Dentro de la comunidad de manglar *A. germinans* es el mangle más representativo tipo matorral o enano, su altura por lo regular no rebasa los dos metros.

Tabla 6. Estructura del manglar de Balandra. Los valores son los promedios  $\pm$  la desviación estándar (número de árboles medidos).

| Especie                      | Densidad (árboles/ha) | Altura media (m)    | Proporción (%) | Área basal (m <sup>2</sup> /ha) |
|------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|
| <i>Avicennia germinans</i>   | 505.1 $\pm$ 101.8     | 1.7 $\pm$ 0.2 (10)  | 8.1            | 0.4 $\pm$ 0.2 (10)              |
| <i>Laguncularia racemosa</i> | 2,576.1 $\pm$ 383.1   | 2.5 $\pm$ 0.9 (51)  | 41.1           | 4.04 $\pm$ 1.3 (51)             |
| <i>Rhizophora mangle</i>     | 3,182.2 $\pm$ 516.8   | 2.4 $\pm$ 0.7 (63)  | 50.8           | 4.17 $\pm$ 1.2 (63)             |
| Balandra                     | 6,263.4 $\pm$ 2,698.8 | 2.4 $\pm$ 0.8 (124) | 100            | 8.6 $\pm$ 1.9 (124)             |

Tabla 7. Índice de Valor de Importancia para cada una de las especies de la comunidad de manglar de Balandra.

| Índice de Valor de Importancia (IVI) |        |
|--------------------------------------|--------|
| <i>Rhizophora mangle</i>             | 150.11 |
| <i>Laguncularia racemosa</i>         | 129.15 |
| <i>Avicennia germinans</i>           | 20.66  |

## DISCUSIÓN

Los factores que controlan la estructura y productividad de los bosques de manglar varían en tiempo y espacio. El máximo de producción fue en la temporada cálida (abril-septiembre) con altas temperaturas y mayor cantidad de horas-luz (insolación) y el mínimo de producción para las tres especies de manglar de Balandra fue en invierno (enero 2013). La temperatura y la cantidad de luz son un factor determinante en la producción de hojarasca (Day Jr. *et al.*, 1996; Twilley *et al.*, 1986; Flores-Verdugo *et al.*, 1987). Enero es el mes con las temperaturas promedio más bajas registradas desde hace una década en la ciudad de La Paz, B.C.S. (CONAGUA) y con la menor insolación promedio. La variación interanual en la productividad de los manglares es afectada por variaciones en factores como el nivel del mar, temperatura, insolación, flujo de agua, precipitación, la relación humedad- evaporación, velocidad del viento, concentración de nutrientes, procesos de oxido-reducción, salinidad del suelo o bien el grado de estrés ya sea por causas naturales o antropogénicas (Twilley, 1985; Day Jr. *et al.*, 1996; Williams *et al.*, 1981; Wafar *et al.*, 1997). Estos factores son el resultado de fuerzas que actúan sobre áreas grandes y pueden producir patrones similares interanuales de productividad en diferentes bosques de manglar en la misma región geográfica (Day Jr. *et al.*, 1996). La producción de bahía Magdalena reportada por Chávez-Rosales (2006) fue la más alta reportada en la región de la península de Baja California Sur ( $1094.14\text{g/m}^2/\text{año}$ ) y menciona que puede deberse por una intrusión de agua dulce a la zona costera por parte del acuífero de Magdalena, ocasionando una disminución en la salinidad del agua intersticial de la comunidad de manglar.

La productividad en distintas comunidades de manglar dentro de la bahía de La Paz se ha registrado en diversos estudios, el orden de menor a mayor producción es: El Conchalito (Félix-Pico *et al.*, 2006:  $590\text{g/m}^2/\text{año}$ ), Balandra (Este estudio:  $698.5\text{g/m}^2/\text{año}$ ) y El Mogote (Jiménez-Quiroz, 1991:  $740.2\text{g/m}^2/\text{año}$ ) (Tabla 2). La productividad de Balandra es de  $2.8\text{t C/ha/año}$ , la de El Conchalito es de  $2.5\text{t C/ha/año}$  (Félix-Pico *et al.*, 2006) y la de El Mogote de  $3.08\text{t C/ha/año}$  (Jiménez-Quiroz, 1991).

El tiempo en que se realizaron los estudios es diferente, ocasionando que algunos factores ambientales como la precipitación varíen, siendo esta determinante en la producción de hojarasca en comunidades de manglares áridos o semiáridos (Aburto *et al.*, 2008).

El bosque-matorral de Balandra tiene un área basal de  $8.6\text{m}^2/\text{ha}$ , una altura promedio de  $2.4\text{m}$ , una densidad promedio de  $6,263\text{ind/ha}$  y un índice de complejidad de 2.8. Los valores son similares a los reportados para manglares del noroeste de México (Tabla 2).

Félix-Pico *et al.*, (2006) reportó para El Conchalito un área basal de 10.2m<sup>2</sup>/ha, una altura promedio de 3.1m, una densidad promedio de 2,960ind/ha y un índice de complejidad de 2.9. Arreola-Lizárraga *et al.*, (2004) reportó un área basal para el estero las Guásimas, Sonora de 13.5 m<sup>2</sup>/ha, una altura promedio de 2.7m, una densidad promedio de 4,700ind/ha y un índice de complejidad de 1.7. Chávez-Rosales (2006) reportó para el manglar de bahía Magdalena una densidad de 2,569ind/ha con un área basal de 3.21m<sup>2</sup>/ha y una altura de 3.15m. Por lo anterior, los manglares de zonas áridas o semiáridas se caracterizan por densidades elevadas y una altura promedio menor a 4m. Agraz-Hernández *et al.*, (2006) reporta para bosques de manglar tipo borde una densidad de 5930±3005, un área basal de 17.9±2.9m<sup>2</sup>/ha y una altura de 8.2±1.1m.

El bosque-matorral de Balandra es de tipo borde, siendo *A. germinans* el árbol más enano o arbustivo, su altura promedio fue de 1.7±0.2m y con la menor densidad para las tres especies. *L. racemosa* presentó una densidad de 2,576.1±383.1 por encima de *A. germinans* y por debajo de *R. mangle* (3,182.2±516.8). Siendo este último el dominante y con el mayor índice de valor de importancia de las comunidad. La altura promedio de *R. mangle* y *L. racemosa* varía por poco, aunque se observan árboles de *L. racemosa* que rebasan los 6m de altura. Se observan dos estratos en la zonación del manglar, el enano o tipo matorral que es *A. germinans* y el otro el de parches de *R. mangle* y/o *L. racemosa*. *R. mangle* está bien desarrollado en la zona de canales y *L. racemosa* es la que se encuentra en toda la zonificación del manglar, exceptuando las zonas hipersalinas.

La geomorfología pudiera evidenciar que el manglar de El Conchalito es ligeramente el de mayor edad por su ubicación dentro de la bahía de La Paz, seguido de Balandra y al final la comunidad más joven o reciente sería la de El Mogote, ya que la barra donde se encuentra asentada es la formación geológica mas reciente dentro de la bahía. Siqueiros-Beltrones *et al.*, (2009) estimó que El Conchalito data de 5000 a 6000 años (Técnica C<sup>14</sup> con Delta-R de 250 años±50 años, así mismo determinó que el suelo del manglar indica una edad de entre 3110 años±60años antes del presente y con una calibración estándar da un aproximado de 2850 años hasta 3330 años antes del presente. Esto concuerda con los resultados de producción de hojarasca, ya que la productividad en árboles jóvenes es mayor que en la de árboles maduros o senescentes (Twilley y Day, 1999). Por lo tanto, El Conchalito es una comunidad de manglar ligeramente más madura y por consiguiente menos productiva que Balandra.

Agraz-Hernández *et al.*, (2006) reporta una producción de hojarasca para manglares de tipo borde de  $906 \pm 89 \text{g/m}^2/\text{año}$  y para tipo matorral de  $130 \text{g/m}^2/\text{año}$ . Chávez-Rosales (2006) estimó para bahía Magdalena una producción foliar de  $1,094.14 \text{g/m}^2/\text{año}$ . Balandra obtuvo una producción de hojarasca de  $698 \text{g/m}^2/\text{año}$ . Los manglares en zonas tropicales tienen un productividad por medio de la caída al suelo de hojas, ramas y componentes reproductivos, que va de  $8\text{-}16 \text{g C/m}^2/\text{día}$  (Clough y Attiwill, 1982; Dawes, 1998). El manglar árido de Balandra obtuvo un promedio de carbono  $0.81 \text{g C/m}^2/\text{día}$ . No obstante, Twilley y Day (1999) mencionan que los valores de producción de hojarasca alrededor del mundo van de 2 a 16 t/ha/año y Balandra obtuvo una producción de hojarasca de 7t/ha/año. Farooqui *et al.*, (2012) encontró en mangles semiáridos del delta de un río de Pakistán una producción total de hojarasca de 4.7t/ha/año, asimismo correlacionó la velocidad del viento y la producción de hojarasca ( $R^2=0.7$ ), sugiriendo que la velocidad del viento se relaciona mejor que la altura de los árboles en cuanto a la producción de hojarasca.

Saenger y Snedaker (1993) encontraron que globalmente la productividad varía por las condiciones locales, pero en una escala amplia la tendencia general es que esta disminuya conforme incrementa la latitud. Ellos también encontraron una fuerte correlación entre la altura del árbol y la latitud, sugiriendo que la influencia de la insolación, temperatura y posiblemente la disponibilidad de agua, son reflejados en la cantidad de materia orgánica producida (López-Medellín y Ezcurra, 2012).

Se observaron diferencias en la producción de hojarasca entre trampas de la misma especie. Esto podría ser debido a la variación en los diferentes factores ambientales *in situ* tales como salinidad, inundación, temperatura del suelo y nutrientes, que afectan las condiciones de crecimiento, altura de los árboles y regulan la tasa de producción de hojarasca (Heald, 1971; Lugo y Snedaker, 1974; Saenger y Snedaker, 1993). Las condiciones de crecimiento de los árboles han sido particularmente consideradas como uno de los mayores factores en la producción de hojarasca, esto por Woodroffe *et al.* (1988) quien categorizó la tasa de producción y la relación de la altura de los árboles. Por ejemplo, altura de árboles que exceden los 10m producen hojarasca arriba de 8 t/ha/año y la producción más baja (3 t/ha/año) ha sido atribuida a manglares enanos (Woodroffe *et al.*, 1988).

Aké-Castillo *et al.*, (2006) menciona que los bosques de manglar jóvenes contribuyen entre 60-80% de hojas del total de producción de hojarasca. Balandra contribuyó del total de la hojarasca con 84% de hojas estando dentro del límite superior de lo reportado por Aké-Castillo *et al.* (2006), pudiendo indicar que es un manglar relativamente joven. El principal componente de la hojarasca son las hojas y generalmente la caída se da en temporada de lluvias (Clough y Attiwill, 1982; Dawes, 1998; Twilley y Day, 1999; Félix-Pico *et al.*, 2006).

La producción de hojas aumentó en la temporada cálida 2013, esto puede ser debido a que se venía de una sequía y posteriormente se dio una precipitación “acumulada” de dos años (Tabla 1). Baja California Sur sufrió un periodo de al menos dos años de sequía intensa en 2010-2011, con precipitaciones promedio anuales de 27.5mm y 48.6mm, respectivamente. El promedio de precipitación anual desde 1921 según la CONAGUA es de 180mm. La precipitación promedio de 2012 (286.2mm) fue la más alta registrada desde 2003 (304.1mm). Asimismo, no se registraba una precipitación tan alta en el mes de diciembre (2012: 19.2mm) desde al menos nueve años (Informe CONAGUA). Se encontró una diferencia entre ambas temporadas cálidas para la producción de hojas y flor/fruto. Esto puede ser dado al aporte de agua dulce por lluvias intensas en ambos años y los aportes de nutrientes por las escorrentías. El componente flor/fruto, incrementó exponencialmente en el 2013 por el oportunismo de los mangles (observación personal: sobre todo en *A. germinans*) para usar el agua dulce disponible para producir semilla.

La producción total de hojarasca de las tres especies se vio influenciada significativamente por la insolación y la temperatura como se muestra en el modelo de regresión lineal (Fig. 4). La precipitación acumulada influye biológicamente la producción de biomasa (Flores-Verdugo *et al.*, 1987; Twilley *et al.*, 1986), aunque estadísticamente no pudo corroborarse, esto por la serie de valores mostrados que en su mayoría son inapreciables y que de manera súbita aumenta en los meses lluviosos. El elevado aporte de hojarasca de *L. racemosa* puede obedecer a que se encuentran en la parte interna del manglar, donde permanecen inundados la mayor parte del tiempo (Félix-Pico *et al.*, 2006). Según Cintrón y Shaeffer-Novelli (1984), al encontrarse los neumatóforos inundados por mucho tiempo se disminuye la concentración de oxígeno en el árbol por taponamiento de su sistema radicular. Lo que ocasiona una degradación en los cloroplastos y un aumento en el cierre de los estomas, provocando una disminución en el contenido de agua de la hoja, y por consiguiente mayor desprendimiento de éstas.

En comunidades de manglar similares a Balandra como El Conchalito, la mayor producción de hojarasca se da en época de lluvias, no obstante factores como la elevada temperatura en el verano, mayor insolación, el efecto del viento reinante del noroeste y el aporte de nutrientes por las escorrentías, son factores importantes que influyen la producción de hojarasca (Félix-Pico *et al.*, 2006).

La producción de hojarasca de *A. germinans* y *L. racemosa* en las costas mexicanas se ve influenciada por aportes de agua dulce, hidroperiodo, tipo de suelo y la dinámica de nutrientes (Flores-Verdugo *et al.*, 1992; Agraz-Hernandez, 1999).

En el estero de Urías, Sinaloa, la producción alta de *R. mangle* inicia en el mes de abril (Agraz-Hernández, 1999), igual que en Balandra (Fig. 5). En el mismo estero de Urías, *A. germinans* tiene su mayor producción a partir del mes de junio (Agraz-Hernández, 1999), mientras que en Balandra fue principalmente en mayo. En el Caribe y las costas de Florida se ha observado un patrón similar, en el que la mayor producción ocurre entre julio y octubre (Pool *et al.*, 1977; López-Portillo y Ezcurra, 1985; Twilley *et al.*, 1986).

Arreola-Lizarraga *et al.*, (2004) encontró una producción promedio de *A. germinans* de 175 g/m<sup>2</sup>/año, atribuyendo este valor a efectos combinados del flujo de marea mínimo y la escasa disponibilidad de agua dulce en la zona, donde la evaporación sobrepasa a la lluvia. Balandra obtuvo un valor para *A. germinans* de 555.5 g/m<sup>2</sup>/año, muy por encima de lo encontrado por Arreola-Lizarraga *et al.* (2004), probablemente influenciado por la latitud y las precipitaciones.

Un estudio de producción de hojarasca realizado por Espinoza-Garduño *et al.*, (1981) para *R. mangle* en el estero de Balandra, Baja California Sur, reportó un valor alto para ecosistemas de manglar en zonas áridas de 1,634 g/m<sup>2</sup>/año. Este estudio fue realizado en un estuario impactado por la construcción de una carretera que interrumpió el flujo de la marea, causando estrés. Sin embargo, *R. mangle* en latitudes similares bajo condiciones ambientales favorables también presenta alta producción de hojarasca que va de 1,100-1,263 g/m<sup>2</sup>/año (López-Medellin y Ezcurra, 2012). Estos valores son comparables a los reportados para estuarios cercanos al ecuador, con más condiciones favorables para el desarrollo de bosques de manglar (Flores-Verdugo *et al.*, 1992; Saenger y Snedaker, 1993).

La especie con mayor producción fue *R. mangle* (5.15 g/m<sup>2</sup>/día) esto probablemente debido al tamaño y a la masa foliar de las hojas, siendo de las tres especies la hoja más grande y gruesa. Sea temporada cálida o de invierno, *R. mangle* presenta valores de producción más altos que *L. racemosa*, probablemente por la diferencia en la biomasa de la hoja de cada una de las especies.

*L. racemosa* en el mes de julio aumentó la producción y posteriormente en agosto cae súbitamente hasta alcanzar el mínimo en noviembre-enero. Esto pudiera ser la respuesta del árbol ante precipitaciones después de un periodo largo de sequia intensa, generando biomasa y formación de nuevos brotes.

La precipitación pudiera ser el factor más importante en manglares de zonas áridas (Aburto *et al.*, 2008), ocasionando baja o nula producción de flor/fruto como en otros sistemas de manglar de otras latitudes más cercanas a los trópicos, donde la producción de flor/fruto puede ser casi durante todo el año.

*L. racemosa* y *R. mangle* tienen un patrón similar de producción de flor/fruto en el final de la temporada cálida agosto-octubre y antes de iniciar el invierno. *A. germinans* tuvo un pico de producción exponencial de flor/fruto (principalmente semilla) en septiembre 2013 y un pico secundario en el periodo abril-mayo 2013. Al parecer *A. germinans* es la especie más sensible a la lluvia y/o escorrentías de nutrientes, probablemente por el estrés constante al que está sometido.

Balandra presentó una baja producción de ramas/madera con 3.52% del total de la hojarasca. Arreola-Lizárraga *et al.* (2004) en un manglar árido de Sonora, reportó un promedio de 13.7% de ramas del total de hojarasca para *Avicennia germinans*. Félix-Pico *et al.* (2006) reportó un promedio de 7.66% de producción de ramas/madera, esto para las tres especies (*A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*) a lo largo de todo el año. Los valores en cuanto a producción de ramas/madera en Balandra son de menos de la mitad que los reportado por Félix-Pico *et al.* (2006) para El Conchalito.

Los componentes hojas y ramas/madera coinciden en su máximo de producción de ambas temporadas cálidas. Esto es probablemente coincide con el máximo de estrés o con el preludeo a la temporada cálida arriba de las temperaturas máximas de 40°C. Desde 2003 a la fecha ninguna temperatura máxima ha alcanzado o rebasado los 40°C (CONAGUA). A finales del 2013, el componente ramas/madera decae súbitamente al mínimo de producción en todo el periodo de muestreo con 0.62g/m<sup>2</sup>/mes . La máxima producción de flor/fruto de *A. germinans* en el mes de septiembre 2013, tiene una relación inversa a la producción de ramas/madera para el mismo mes. Se infiere que el árbol después de recibir abundante agua dulce de lluvias intensas y frecuentes de los años 2012-2013, el mangle aumentó su biomasa en pie y/o aérea con corteza, ramas y/o madera en general. Sin embargo, para corroborar lo anterior se tienen que realizar experimentos con un mejor número de trampas y posiblemente con mejores métodos para ese objetivo.



La producción de ramas/madera disminuyó de forma importante en el periodo cálido 2013, respecto al año anterior. Esto pudiera ser por la creación de biomasa y la disminución de estrés del árbol. Destacando que las precipitaciones de 2012-2013 son de las más altas registradas en la ciudad de La Paz desde hace casi una década.

La única especie que presentó diferencia significativa en la producción de ramas/madera fue *L. racemosa*, siendo el 2012 el año con el mayor promedio de producción de este componente. Esto pudiera haber sido ocasionado por las lluvias y es probable que la corteza del árbol se conservara o aumentara.

*A. germinans* y *R. mangle* no presentaron diferencias en caída de ramas entre los periodos y no se encontró diferencia en la temporada cálida de ambos años en la caída del mismo componente. Esto pudiera ser un indicador de la resiliencia de *A. germinans*, notándose que después de un largo periodo (26 meses) de precipitaciones mínimas e incluso en su mayoría inapreciables no hubo un efecto preponderante en la caída de ramas y/o madera. La producción de hojarasca sea relacionado de forma inversa con la salinidad del suelo (Day Jr. *et al.*, 1996), tal cual se observó en *Avicennia germinans*, que se caracteriza por ser un mangle tolerante a ambientes hipersalinos. La alta salinidad del suelo ha sido mostrada por mangles estresados y causa baja producción de hojarasca en bosques de manglar (Lugo *et al.*, 1988; Twilley *et al.*, 1986).

En conclusión, los manglares áridos y semi-áridos, producen altas cantidades de materia orgánica. Alongi (2009) sugiere que en ambientes con escasez de nutrientes, los manglares exhiben una rápida tasa de recambio de hojas y por consiguiente alta producción de hojarasca. Holguin *et al.*, (2001) describe un efectivo sistema de reciclaje de nutrientes formado por hongos, bacterias, protozoarios y algas asociadas con las raíces de los manglares, lo cual ayuda a retener nutrientes importantes y produce materia orgánica.

## BIBLIOGRAFIA

Agraz-Hernández, 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. **Tesis Doctoral**. Universidad Autónoma de Nuevo León. 107pp.

Agraz-Hernández, C., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, J.J. 2006. **Guía de Campo**. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45p.

Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J., y Sala, E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. The National Academy of Sciences of the USA, Environmental Sciences. **PNAS**, July 2008, vol. 105, no. 30, pp. 10456–10459.

Aké-Castillo, J. A., Vazquez, G. y Lopez-Portillo, J. 2006. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. **Hydrobiologia**. vol. 559 pp. 101-111.

Alongi, D. M. 2009. **The energetics of mangrove forests**. Springer. 213pp.

Arreola-Lizárraga, J.A., Flores-Verdugo, F.J. y Ortega-Rubio, A. 2004. Structure and litterfall of an arid mangrove stand of the Gulf of California, México. **Aquatic Botany**. vol. 79 pp.134-143.

Bouillon, S., Koedam N., Raman, V.A. y Dahairs, F. 2002. Primary producers sustaining macro-invertebrate communities in intertidal mangrove forests. **Oecologia**. vol. 130 pp. 441-448.

Calderón, C., Anaya, G., De la Cueva, M.A. y Aburto, O. 2008. Balandra: El bosque costero de La Paz. CONABIO. **Biodiversitas**. vol. 78 pp. 1-7.

Chapman, V.J. 1977. Introduction. pp 1-29. In: Chapman, V. J. (Ed). Ecosystems of the World 1. **Wet Coastal Ecosystems**. Elsevier, New York. 428 pp.

Chávez-Rosales, S. 2006. El papel de los manglares en la producción de las comunidades acuáticas de Bahía Magdalena, B.C.S. **Tesis de Doctorado**. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México

Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli, Y. 1984. Methods for studying mangrove structure. **Monographs on Oceanographic Methodology**, vol. 8.

Clough, B.F. y Attiwill, P.M. 1982. Primary productivity of mangroves. In: Clough, B. F. (ed), **Mangrove Ecosystems in Australia**. Australia Institute of Marine Sciences and Australia National Univ. Press, Canberra, pp. 213-222.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2008. **Estudio Previo Justificativo del Área de Protección de Flora y Fauna “Balandra”, en el Estado de Baja California Sur.** México, D.F. 75 pp.

CONABIO. 2009. **Manglares de México: Extensión y distribución**, 2da ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99pp.

Costanza, R., Arge, R.D., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Robert, G., Raskin, Sutton, P. y Marjan Van Den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**. vol. 387 pp. 253-260.

Dawes, C.J. 1998. **Marine Botany**. 2ed. Jhon Wiley and Sons, New York, 480pp.

Dahdouh-Guebas, F. y Koedam, N. 2006. Empirical estimate of the reliability of the use of the Point-Centred Quarter Method (PCQM): Solutions to ambiguous field situations and description of the PCQM+ protocol. **Forest Ecology and Management**. vol. 228 pp. 1-18.

Day Jr, J. W., Coronado-Molina, C., Vera-Herrera, F. R., Twilley, R., Rivera-Monroy, V. H., Alvarez-Guillen, H. y Conner, W. 1996. A 7 year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. **Aquatic Botany**. vol. 55 pp. 39-60.

Day, J.W., Corner, W. H., Ley-Lou, F., Day, R.H. y Machado, A.N., 1988. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, México. **Aquatic Botany**. vol. 27 pp. 267-284.

Dye, A.H. y Lasiak, T.A. 1987. Assimilation efficiencies of fiddler crabs and deposit-feeding gastropods from tropical mangrove sediments. **Camp. Biochem. Physiol.** 87(2): 341-344.

Duke, N.C, Ball M.C. y Ellison, J.C. 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangrove. **Global Ecol and Biogeography**. vol. 7 pp. 27-47.

Espinoza-Garduño M, Sánchez P, Muñoz E. 1981. Valor energético de los detrito y algunos aspectos sobre la productividad y degradación de *Rhizophora mangle* entre zonas de manglar de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. **Inf. Gral. De Lab. Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz, BCS**, México. 137-179pp.

Farooqui, Z., Shafique, S., Latif Khan, K., Ali, A., Iqbal, P. y Siddiqui, P.J.A. 2012. Assesment of litter production in semi-arid mangroves forests near active Indus river mouth (hajambro creek) and karachi backwaters, Pakistan. **Pak. J. Bot.**, 44(5):1763-1768.

Félix-Pico, E.F., Holguin-Quiñones, O. E., Hernández-Herrera, A. y Flores-Verdugo, F. 2006. Producción primaria de los mangles El Conchalito en la Bahía de La Paz, BCS. México. **Ciencias Marinas**. vol. 32 pp. 53-63.

Flores-Verdugo, F.J., Day Jr., J.W., Briseño-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.** vol. 35 pp. 83-90

Flores-Verdugo, F.J., González-Farías, F., Zamorano, D.S. y Ramírez-García, P., 1992. Mangrove ecosystem of the Pacific coast of México: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. In: Seeliger, U. (Ed), **Coastal Plant Communities of Latin America**. Academic Press, New York, USA, pp. 269-287.

Giani, L., Y.Bashan, G. Holguin, A. Strangmann. 1996. Characteristics and methanogenesis of the Balandra lagoon mangrove soils, Baja California Sur, México. **Geoderma** vol. 72 pp. 149-160.

González-Zamorano, P. 2002. Estructura y análisis espacial de la cobertura del manglar El conchalito. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. 88pp.

González-Zamorano, P., Nava-Sánchez, E.H., León de la Luz, J.L. y Díaz-Castro, S. C. Capítulo 3. pp 67-102 En: Félix Pico, E.F., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez y J.L. León de la Luz (Eds.) 2011. **Los manglares de la Península de Baja California**. CIBNOR-CICIMAR-UABCS. 326 pp.

Heald, E. 1971. The production of organic detritus in a south Florida estuary. **Sea Grant Tech. Bull.** Miami Univ. vol. 6 pp. 110

Holguin, G., Vázquez, P. y Bashan, Y. 2001. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of the mangrove ecosystems: an overview. **Biol. Fert. Soils**. vol. 33 pp. 265-278.

Informe CONAGUA. Robles Gil-Mestre, S. 2013. Estación meteorológica de La Paz, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Comunicación personal.

Jiménez-Quiroz, M. C. 1991. Contribución al conocimiento de los productores primarios de la Ensenada de La Paz. Análisis de la comunidad de manglar. **Tesis Maestría**. CICIMAR-IPN. 223pp.

Kathiresan, K. y B.L. Bingham. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. **Advances in Marine Biology**. vol 40 pp. 81-251.

Koch, V. 1999. Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil. **PhD Thesis**. University of Bremen. 101 pp.

Koch V. y Wolff M. 2002. Energy Budget and ecological role of mangrove epibenthos in the Caeté estuary, North Brazil. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** vol. 228 pp. 119-130.

León de la Luz, J.L., Félix-Pico, E.F., Riosmena-Rodríguez, R. y Serviere, E. Introducción. pp 1-5. En: Félix Pico, E.F., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez y J.L. León de la Luz (Eds.) 2011. **Los manglares de la Península de Baja California**. CIBNOR-CICIMAR-UABCS. 326 pp.

López Portillo, J. y E. Ezcurra. 1985. Litterfall of *Avicennia germinans* in a one-year cycle in a mudflat at the Laguna de Mecoacán, Tabasco, Mexico. **Biotropica**. vol. 17(3) pp.186-190.

López-Portillo y Ezcurra, 2002. Los manglares de México: una revisión. **Madera y bosques**. vol. 8(99) pp. 27-51.

López-Medellín, X. y Ezcurra, E. 2012. The productivity of mangroves in northwestern Mexico: a meta-analysis of current data. **Journal of Coastal Conservation**. vol.16(3) pp. 399-403.

Lugo, A.E. y S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. **Annual review of Ecology and Systematic**. 5: 39-64.

Mendoza-Salgado, R.A., Lechuga-Devéze, C.H., Amador, E. y Pedrín-Avilés, S. Capítulo 1. pp 9-26. En: Félix Pico, E.F., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez y J.L. León de la Luz (Eds.) 2011. **Los manglares de la Península de Baja California**. CIBNOR-CICIMAR-UABCS. 326 pp.

Mohamed O. S. M., Mangion P., Mwangi S., Kairo J. G., Dahdouh-Guebas F., y Koedam N. 2008. Productivity in a peri-urban mangrove: Does sewage exposure have an impact? Submitted to **Hydrobiologia**. pp. 82-101

Morrisey, D., Beard, C. Morrison, M., Craggs, R. y M. Lowe. 2007. The New Zealand mangrove: review of the current state of knowledge. **Auckland Regional Council**. NZ. 162pp.

Nordhaus, I. 2003. Feeding ecology of the semi-terrestrial crab *Ucides cordatus* (Decapoda: Brachyura) in a mangrove forest in northern Brazil. **PhD Thesis**. University Bremen. 217pp.

Odum, W.E. 1971. Pathways of energy flow in a south Florida estuary. University of Miami. **Sea Grant Bulletin** 7: 162 pp

Odum, W.E. y E.J. Heald, 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. **Bulletin of Marine Science** 22: 671-738.

Pool, D. J., Snedaker, S. C., y Lugo, A. E. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. **Biotropica**. pp.195-212.

Saenger, P. y Snedaker, S.C. 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and litter fall. **Oecologia** 96: 293-299.

Sanchez-Andrés, R., Sanchez-Castillo, S., Alatorre, L.C. Cirujano, S. y Álvarez-Cobelas, S. 2010 Litterfall dynamics and nutrient decomposition of arid mangroves in the Gulf of California: Their role sustaining ecosystem heterotrophy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. vol. 89 pp. 191-199

Serviere, Z, P. y Balart P. E. Taller sobre los Manglares de la Península de Baja California: Diagnóstico y Perspectivas de Investigación. Libro de Resúmenes. **CIBNOR**. Noviembre 3-4, 2005, La Paz, BCS.

Siqueiros Beltrones, D. A., E. F. Félix Pico y O. U. Hernández Almeida. 2009. Stratigraphic evidence of pro-thrombolitic ground formation around the La Paz lagoon (México). **CICIMAR. Océánides**, 24(1): 59-63.

Stuart, S. 2003. What sets the latitudinal limit of the mangrove habitat?. **Thesis for the degree of Bachelor of Arts**. Department of Biology. Harvard University. 57 pp.

Twilley, R. R. 1985. **An Analysis of mangrove forests along the Gambia River estuary: implications for the management of estuarine resources** (No. 6). Great Lakes and Marine Waters Center, University of Michigan.

Twilley, R.R., A.L. Lugo y C. Patterson-Zucca. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forest in southwest Florida. **En**: López-Portillo, J. y Ezcurra, E. Los manglares de México: una revisión. **Madera y Bosques**. Número especial, 2002:27-51.

Twilley, R.R. y J.W. Day. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem. **En**: Zaldivar J., A. J. Herrera S., C. Coronado M. y D. Alonzo P. 2004. Estructura y productividad de los manglares en la reserva de la biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. **Madera y Bosques**. Número especial 2:25-35.

Valiela I, JL Bowen y JK York 2001. Mangrove forests: one of the World's threatened major tropical environments. **BioScience** 51, 10:807-815.

Wafar, S., Untawale, A. G. y Wafar, M. 1997. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. vol. 44(1) pp. 111-124.

Williams, W. T., Bunt, J. S. y Duke, N. C. 1981. Mangrove litter fall in north-eastern Australia. II. Periodicity. **Australian journal of botany**. vol. 29(5) pp. 555-563.

Woodroffe, C.D., 1988. Changing mangrove and wetland habitats over the past 8000 years, northern Australia and Southeast Asia. In: Wade- Marshall, D., and Loveday, P., (Eds.), **Northern Australia: Progress and Prospects**, Vol. 2: Floodplains research, pp. 1-33, North Australia Research Unit, Australian National University Press, Canberra.