



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**CONTENIDO DE N, P, K EN LA HOJARASCA
DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN SAN
BLAS, NAYARIT**

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

P R E S E N T A

VIANEY ISELA ORTIZ VARGAS

TULANCINGO DE BRAVO, HIDALGO.

MARZO, 2009.

Los que suscriben, asesores de trabajo recepcional en la modalidad de tesis de investigación titulada: CONTENIDO DE N, P, K EN LA HOJARASCA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN SAN BLAS, NAYARIT, realizada por la alumna, VIANEY ISELA ORTIZ VARGAS, bajo la dirección del Comité Revisor, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

“INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES”

COMITÉ REVISOR

DIRECTOR

Dr. Joel Meza Rangel

ASESOR

Dr. Juan Capulín Grande

ASESOR

Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

ASESOR

Dra. Juana Fonseca González

ASESOR

M. en C. Gustavo Alonso López Zepeda

ASESOR EXTERNO

Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández

ASESOR EXTERNO

M. en C. Eduardo Valdés Velarde

Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Marzo, 2009.

DEDICATORIA

Matiana Luisa Ortiz Vargas

Para la persona más importante que me dio la vida y me apoyo incondicionalmente durante el transcurso de mi carrera en las buenas y en las malas y ha estado a mi lado durante mis tristezas, alegrías, triunfos y fracasos, brindándome todo tu amor, cariño y esta día a día motivándome para que sea alguien mejor.....para ti con amor porque sin tu apoyo no lo hubiera logrado.

Te Quiero...

Oswaldo Iván Vargas Ortiz y Orlando Eduwey Ortiz Vargas

A mis queridos hermanos quienes han sido un gran ejemplo e inspiración para mí, porque día a día luchan por ser mejores y porque gracias a Dios estamos juntos en todo momento, no importa que la distancia nos separe porque el gran amor que nos tenemos es un lazo muy fuerte que nos une día a día. Gracias por todo su apoyo, por sus consejos, sus regaños, por sus sonrisas. Les deseo de todo corazón lo mejor.

Los quiero con todo mi corazón.

Riley Thomas Vargas Nizich

A este gran pequeñito, ser al que amo con todo mi corazón, quien a su corta edad es una fuente de inspiración y superación. Para ti mi niño precioso, que Dios te bendiga y te de salud y amor.

Te Adoro

Yasmín Ayme Audry Ortiz, Reybel Renato y Cervando Mendoza Ortiz

A mis queridos primos, por ser mis hermanos de crianza y disfrutar grandes momentos juntos. Por todo el amor y apoyo que me han brindado. Les deseo lo mejor para sus vidas. Que Dios los bendiga.

Los quiero

Francisco Ortiz Martínez

A mi abuelito quien es un gran guía para mí, al ver su fortaleza y experiencia que le han brindado los años. Por todo su apoyo, por lo que he aprendido a su lado y consejos que siempre me ha brindado.

Gracias por estar conmigo.

Ángel Antonio Acevedo Franco

Para un ser tan maravilloso e inolvidable como tú, ser al que amo con todo mi corazón. Soy feliz de tenerte a mi lado brindándome amor, cariño, apoyo y comprensión. Por todos esos momentos felices y tristes que hemos compartido juntos y por todos aquellos que hemos superado; por estar conmigo en las buenas y en las malas, por todos tus consejos y por motivarme día a día para salir adelante. Brindo porque se cumplan cada uno de nuestros sueños y cada una de nuestras metas. Por toda la felicidad que me has dado y por todo lo que he aprendido a tu lado a lo largo de estos siete años.

Te Amo.

A la memoria de
Leonila Vargas Basaldua
“No tengas miedo”

Son palabras que llevo grabadas en mi mente y corazón que recuerdo a cada instante, palabras que me dan fuerza y me invitan a seguir adelante cuando siento que ya no puedo dar un paso más. Con todo mi amor para usted donde quiera que este y sé que está celebrando conmigo este gran logro, logro en el que usted fue y sigue siendo una gran fuente de inspiración.... Por todo el amor, sabiduría y todos sus sabios consejos... especialmente para usted.....

Descanse en Paz.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en especial al Área Académica Forestal del Instituto de Ciencias Agropecuarias por permitirme formar parte de su comunidad estudiantil y por formarme profesionalmente.

Al Dr. Joel Meza Rangel, por su valioso tiempo, por su apoyo, sus consejos, regaños y por su acertada dirección del presente trabajo logramos concluirlo con éxito. Gracias por apoyarme en los momentos que fueron más difíciles para mí durante el trayecto de este periodo.

A los integrantes del comité revisor: Dr. Juan Capulín Grande, Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna, Dr. Juana Fonseca González y M. C. Gustavo Alonso López Zepeda, por sus sugerencias y observaciones tan valiosas para la mejora de la presente tesis.

Al Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández, por invitarme a formar parte de una gran experiencia durante el recorrido de los manglares, gracias por compartir parte de sus conocimientos y experiencias y por las facilidades y financiamiento económico proporcionado para poder llevar a cabo la fase de campo. Gracias por brindarme la oportunidad de formar parte de este grupo de trabajo.

Al M. en C. Eduardo Valdés Velarde, por el enorme apoyo otorgado durante la fase de campo, por su gran ayuda, su tiempo, su paciencia y asesoramiento otorgado durante la elaboración de esta tesis. Gracias por creer en mí y por demostrarme todo aquello de lo que soy capaz de hacer. Sus consejos y regaños han sido y serán de gran utilidad para mi formación académica y personal. Por toda esa gran motivación que siempre me brindo. Me siento feliz porque compartimos juntos esta gran experiencia durante el recorrido del manglar siendo ambos novatos en este fabuloso ecosistema.

A mis compañeros y amigos por su amistad, apoyo y consejos que me brindaron. Por todos aquellos momentos que compartimos juntos, les deseo lo mejor.

A mi familia que me apoyo en todo momento sin dar un paso atrás y me brindo lo mejor de ellos para poder tener este gran logro.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	VVIII
INDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVO E HIPÓTESIS	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
2.3 Hipótesis	14
3. REVISIÓN DE LITERATURA	15
3.1 Manglares	15
3.1.1 Concepto	15
3.1.2 Características generales	16
3.1.3 Adaptaciones del manglar	16
3.1.4 Importancia biológica y ecológica	18
3.1.5 Importancia socioeconómica	19
3.2 Descripción de las especies de mangles	19
3.2.1 <i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	19
3.2.2 <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn f.	22
3.2.3 <i>Rhizophora mangle</i> L.	24
3.3 Aprovechamiento del manglar	26
3.4 Dinámica de nutrientes en manglares	27
3.4.1 Dinámica de Nitrógeno (N)	29
3.4.2 Dinámica de Fósforo (P)	32
3.4.3 Dinámica de Potasio (K)	35
4. MATERIALES Y MÉTODOS	37
4.1 Descripción del área de estudio	37

4.2 Metodología -----	39
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	42
5.1 Contenido de N, P, K en hojarasca de <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Rhizophora mangle</i> -----	42
5.1.1 Contenido de N y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero ---	42
5.1.2 Contenido de P y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero ----	48
5.1.3 Contenido de K y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero ---	53
6. CONCLUSIONES-----	59
7. LITERATURA CITADA -----	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Contenidos promedio de N y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangles-----	35
Cuadro 2.	Contenidos promedio de N y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangles-----	37
Cuadro 3.	Contenidos promedio de P y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangles-----	41
Cuadro 4.	Contenidos promedio de P y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangles-----	43
Cuadro 5.	Contenidos promedio de K y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangles-----	46
Cuadro 6.	Contenidos promedio de K y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangles-----	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Rhizophora mangle</i> en México y Centroamérica (MOBOT, 2008).-----	9
Figura 2.	Componentes estructurales de <i>Avicennia germinans</i> : (a) hojas, (b) raíz, (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MSBG, 2008).-----	11
Figura 3.	Componentes estructurales de <i>Laguncularia racemosa</i> : (a) hojas, (b) raíz, (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MSBG, 2008)-----	13
Figura 4.	Componentes estructurales de <i>Rhizophora mangle</i> : (a) hojas, (b) raíz (neumatóforos), (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MSBG, 2008)-----	15
Figura 5.	Localización geográfica del Ejido de San Blas, Nayarit (Google Earth, 2008)-----	28
Figura 6.	Ubicación de las zonas del estero respecto al mar en San Blas, Nayarit (Google Earth, 2008)-----	30
Figura 7.	Contenido de N en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> en San Blas, Nayarit-----	33
Figura 8.	Contenido de N en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con la época del año en San Blas, Nayarit.	36
Figura 9.	Contenido de N en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit-----	38
Figura 10.	Contenido de P en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> en San Blas, Nayarit-----	40
Figura 11.	Contenido de P en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con las épocas del año en San Blas, Nayarit-----	42
Figura 12.	Contenido de P en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit-----	44
Figura 13.	Contenido de K en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> en San Blas, Nayarit-----	45
Figura 14.	Contenido de K en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con las épocas del año en San Blas, Nayarit-----	47
Figura 15.	Contenido de K en la hojarasca de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit-----	48

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la variación del contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en hojarasca de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* y su relación con la localización en el estero respecto al mar (zonas alta, media y baja) y la época del año (lluvias y sequía). El trabajo se desarrolló en San Blas, Nayarit, México. Se realizaron recorridos a lo largo del cauce principal mediante transectos equidistantes perpendiculares al cauce del estero, tomando en consideración tres zonas (alta, media y baja). Se efectuaron colectas mensuales de hojarasca durante el periodo de sequía y de lluvias, el método utilizado para coleccionar el material vegetativo fue el de caída de hojarasca. Los resultados mostraron que los contenidos de N y P variaron significativamente en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*. *A. germinans* presentó los valores promedio mayores de 76.30 kg ha⁻¹, 3.24 kg ha⁻¹ y 46.72 kg ha⁻¹ para N, P y K, respectivamente, en comparación con *L. racemosa* y *R. mangle*. La época del año influyó de manera significativa en el contenido de N, con valores promedio de 64.33 kg ha⁻¹ y 55.27 kg ha⁻¹ para lluvia y sequía, respectivamente. Tanto en sequía como en lluvias *A. germinans* tuvo tendencia a presentar los valores promedio mayores de N, seguida por *R. mangle* y *L. racemosa*. Para el caso de P y K, la tendencia fue *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*. La zona baja del estero presentó un valor promedio de N de 68.63 kg ha⁻¹, diferente significativamente respecto a las zona alta (58.88 kg N ha⁻¹) y media (53.22 kg N ha⁻¹). Entre las especies en cada zona del estero *A. germinans* presentó los valores promedios mayores para N, no encontrándose diferencias para P y K. Los datos encontrados permiten afirmar que la mayor variabilidad en el contenido de N es atribuida a la especie y a su ubicación en el estero; la variación en el contenido de P es atribuida a la especie, mientras que los contenidos de K no se vieron afectados por ninguna de las condiciones de estudio. De igual manera se observó que *A. germinans* presentó los valores mayores de N, P, K, respecto a *L. racemosa* y *R. mangle*.

Palabras clave: manglares, contenido mineral, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, zona del estero, época del año.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the variation of the content of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in the leaf litter of *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle* and its relation with the location in the estuary with respect to the sea (high, middle and low zones) and the time of the year (rains and drought). The work was developed in San Blas, Nayarit. In the estuary, equidistant and perpendicular transects were established to the riverbed of the tideland, taking in consideration three zones (high, middle and low zones). Monthly collections of leaf litter were realized during the period of rains and drought, the method used to collect the vegetative material was that of leaf litter fall. The results showed that the contents of N and P significantly varied in leaf litter of *A. germinans*, *L. racemosa* and *R. mangle*. *A. germinans* presented the highest average values of 76.30 kg ha⁻¹, 3.24 kg ha⁻¹ and 46.72 kg ha⁻¹ for N, P and K, respectively, in comparison with *L. racemosa* and *R. mangle*. The time of the year significantly influenced the content of N, with average values of 64.33 Kg ha⁻¹ and 55.27 kg ha⁻¹ for rains and drought, respectively. As much in drought as in rains, *A. germinans* had a tendency to present highest average values of N, followed by *R. mangle* and *L. racemosa*. For the case of P and K, the tendency went *A. germinans*, *L. racemosa* and *R. mangle*. The low zone of the estuary presented an average value of 68.63 kg N ha⁻¹ significantly, different with respect to the high zone (58.88 kg N ha⁻¹) and middle zone (53.22 kg N ha⁻¹). Between the species in each zone of the estuary, *A. germinans* presented highest average values for N, with no differences for P and K. The data allows to affirm that the greater variability in the content of N is attributed to the species and its location in the estuary; the variation in the content of P is attributed to the species; whereas the contents of K were not affected by any of the conditions of study. Equally, it was observed that *A. germinans* presented highest values of N, P, K, with respect to *L. racemosa* and *R. mangle*.

Key words: mangrove, mineral content, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, estuarine zones, rain, drought.

1. INTRODUCCIÓN

Los manglares son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies conocidas como mangles. El mangle es un árbol con ramas descendentes que llegan hasta el suelo y arraigan en él, y tienen la particularidad de ser resistentes a la salinidad del agua. Los manglares se desarrollan en las planicies costeras de los trópicos húmedos cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos o alrededor de esteros y lagunas costeras. Estos ecosistemas sirven de transición entre los ecosistemas terrestres y los ecosistemas marinos (CONABIO, 2008).

Para el 2005 se estima que existen unos 15.2 millones de hectáreas de manglares en todo el mundo, 3.3 millones de hectáreas menos que las reportadas en 1980. La mayor superficie de manglares se encuentra en Asia, seguida por África y América del Norte y Central. El 48% de la superficie total mundial se concentra en Indonesia, Australia, Brasil, Nigeria y México. La superficie de manglar estimada para México en 2002 es de 882 032 ha (FAO, 2007).

Los manglares protegen las costas con árboles y arbustos que crecen por debajo del nivel máximo de las mareas de primavera. El papel de los manglares es muy importante tanto económica como ecológicamente, y el desconocimiento de tales aspectos constituye un grave problema en la actualidad, pues la población rural del ecosistema de manglar afecta considerablemente a cada una de las especies, subespecies y formaciones vegetales que constituye este hábitat con la tala indiscriminada de las mismas (Torres, 2005).

Los manglares han sido materia de estudio por especialistas en ecosistemas costeros dentro del país: biólogos, ecólogos, oceanólogos, ingenieros pesqueros y ambientalistas han estudiado los manglares de México por más de 30 años, a los que se han sumado antropólogos, sociólogos y economistas, entre otros, que han estudiado desde distintos enfoques los manglares (CONABIO, 2008). La mayor parte de trabajos de investigación, tesis o reportes se localizan en la costa del Golfo de México los cuales describen la geomorfología, vegetación, caída de hojarasca, factores ambientales y contaminación por hidrocarburos. En la vertiente del Pacífico, los estudios se han encaminado al papel que desempeñan los manglares como productores primarios en los ecosistemas lagunar-estuarinos (Valdez, 2004).

Los ecosistemas de manglar son ricos en materia orgánica (MO); sin embargo, en general son ecosistemas deficientes de nutrientes, especialmente de N y P, los cuales son

indispensables para el crecimiento de las plantas (Holguín *et al.*, 1999). El estado nutrimental de las especies de mangle no se entiende bien aún y se requiere más investigación cuantitativa que permita evaluar la dinámica de incorporación de N, P, K en ambientes de salinidad contrastante, para interpretar las variaciones en la concentración foliar de nutrimentos en condiciones naturales (Medina *et al.*, 1995). El trabajo sobre los ciclos de nutrimentos en manglares tiene importancia fundamental para entender la función de estos humedales, mientras que también proporcionan información valiosa para su manejo (Lugo, 1998).

Existe poca información sobre el ciclo, dinámica y contenido de nutrimentos en manglares de México (Lugo, 1998) por lo que la presente investigación está dirigida al estudio del contenido mineral de N, P y K en hojas senescentes y como contribución al conocimiento básico sobre el reciclaje de nutrimentos en manglares de San Blas, Nayarit, México.

2. OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Determinar el contenido de N, P, K en la hojarasca de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* de manglares de San Blas, Nayarit.

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la relación del contenido de N, P, K entre las tres especies de mangle.
2. Establecer la relación del contenido de N, P, K entre épocas del año (sequía y lluvias).
3. Determinar la relación del contenido de N, P, K entre zonas (alta, media y baja) del estero de San Blas.

2.3 Hipótesis

Existe una variación de los contenidos de N, P, K en *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* asociados a la especie, época del año y distribución a lo largo del estero en la región de San Blas, Nayarit.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Manglares

3.1.1 Concepto

En el pasado, el término “manglar” fue inconsistente y confuso. Las palabras “mangrove” y “mangrove” fueron usadas en el diccionario Oxford de habla inglesa, desde 1613 (siglo XVII); mientras que los diccionarios americanos, españoles y portugueses usan la palabra “Mangle” y “Mangue” derivada de la lengua Arahaco Haytian para los árboles y arbustos (Naskar y Mondell, 1999).

Rzedowski (1994) define el término “manglar” como una formación vegetal compuesta por plantas leñosas, en densidades elevadas, frecuentemente arbustivas, o bien arborescente, de 2 a 40 m de altura, compuesta de una o más especies fanerógamas, con ausencia de plantas herbáceas y trepadoras, rara vez con alguna planta epífita o parásitas. Las especies que lo componen son de hojas perennes, algo suculentas y de bordes enteros. El sistema radical de algunas especies presenta raíces zancas y neumatóforos que cumplen la función de sostén en el fondo lodoso y de respiración radical, pues el sustrato es muy pobre en oxígeno. La alta presión osmótica de sus tejidos y la frecuente viviparidad hacen que los propágulos sobrevivan al periodo crítico de la germinación fuera del medio salino.

Pennington y Sarukhán (1998) definen a los manglares como comunidades florísticamente uniformes, compuestas normalmente por una o dos especies arbóreas o arbustivas, que pueden alcanzar alturas de hasta 25 o 30 m pero que presentan en general menos desarrollo. Las características fisonómicas más notables de esta comunidad es el tipo de adaptaciones que presentan los sistemas radiculares de algunas de las especies componentes. Estas adaptaciones son las raíces zancudas y los neumatóforos, que tienen respectivamente funciones de fijación en el terreno lodoso y de captación de oxígeno del aire.

Mientras tanto Moreno *et al.* (2002), definen a los manglares como árboles halófitos facultativos que crecen abundantemente a lo largo de costas sedimentarias bajas situadas en áreas deltáicas donde predomina el sustrato limo-arcilloso más que arena. Asimismo, la cobertura de los bosques de manglar es más extensa en áreas costeras asociadas a grandes descargas de ríos que proporcionan nutrientes y crean ambientes de baja salinidad.

3.1.2 Características generales

En México, el bosque de mangles se encuentra en las orillas bajas y fangosas de las costas de ambos océanos, ocupando una superficie de 882 032 ha. Es característico de estuarios, desembocaduras de ríos y en algunos otros lugares cercanos en donde el suelo es de origen aluvial y se inunda periódicamente por aguas salobres sin oleaje fuerte (Yáñez, 1999). Rzedowski (1994) menciona que *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f. y *Rhizophora mangle* (L.), son las especies más características de los bosques de mangles localizados en México. Este tipo de vegetación presenta un gradiente florístico y estructural o “zonación”, dependiendo de su localización respecto al mar.

El manglar se encuentra en un ecotono costero que posee características físicas, químicas, biológicas y ecológicas particulares. Estas características son el resultado de la convergencia de elementos naturales tanto de la zona terrestre como de la marina, así como de aquellos propios de la zona de transición ambiental entre ambas (Corella, 2003).

La zona costera es un amplio espacio de interacción del mar, la tierra, las aguas epicontinentales y la atmósfera. Formando parte muy importante de esta zona se encuentran los estuarios y las lagunas costeras que representan alrededor del 15% de las costas de todo el mundo (Yáñez, 1982; citado por Valdez, 1991).

A los manglares se les señala como una comunidad vegetal distribuida ampliamente en los litorales de las regiones tropicales del país. Esta comunidad generalmente prospera en orillas externas de zonas costeras, bahías protegidas y desembocadura de ríos, en donde existe una mayor influencia marina y ocasionalmente se le puede encontrar tierra adentro. Los manglares necesitan un suelo profundo de textura fina, con influencia de agua salina y/o salobre y soportan cambios fuertes en el nivel y salinidad del agua, pero no se establecen en áreas sometidas a fuertes oleajes (Rzedowski, 1994).

3.1.3 Adaptaciones del manglar

Un aspecto de gran importancia es el relacionado con las adaptaciones anatómicas del manglar y la posibilidad de que estas varíen con las condiciones ambientales (López y Ezcurra, 2002). Las especies propias del manglar son plantas vasculares (Corella, 2003) que se encuentran en sitios sujetos a inundación siendo frecuentes en los suelos muy finos en donde la difusión del oxígeno en el substrato es muy lenta (López y Ezcurra, 2002).

Los mangles tienen diversos mecanismos fisiológicos que les permite sobrevivir en estos suelos inundados por el mar aún cuando parte de sus órganos queden bajo el agua salada (Valdez, 1991; Corella, 2003; Rocha, 2003). Entre estos mecanismos destacan aquellos encaminados a evitar la falta de oxígeno de los órganos sumergidos y aquellas que favorecen la eliminación de sales (Valdez, 1991; Rocha, 2003). Esto ha dado lugar a diferentes estructuras especializadas como neumatóforos en diferentes especies de *Avicennia* y *Laguncularia* y lenticelas en las raíces de zancos de especies de *Rhizophora* (López y Ezcurra, 2002).

Los manglares presentan características fisonómicas claras, asociadas a sus raíces zancudas, propias de algunas de sus especies y a los neumatóforos. Las raíces zancudas son emitidas por el tronco y ramas inferiores, formando marañas entrelazadas en todas direcciones (Corella, 2003) y llegando a introducirse profundamente en el suelo fangoso que permite que los árboles puedan resistir los movimientos periódicos del agua (Valdez, 1991; Corella, 2003). Las propias raíces fúlcreas o zancudas constituyen el apoyo y sostén más notable de los árboles pertenecientes a este tipo de vegetación (Valdez, 1991).

Los neumatóforos son raíces erectas que sobresalen del agua y facilitan la oxigenación de las partes sumergidas mediante lenticelas o aberturas hidrófobas que no se mojan y que, por lo tanto, son permeables al aire pero no al agua. Cuando las raíces respiratorias están totalmente sumergidas en el agua, el oxígeno presente en sus espacios intercelulares es utilizado en la respiración, y el dióxido de carbono, fácilmente soluble, desaparece en el agua. En cuanto los neumatóforos salen del agua absorben oxígeno atmosférico y lo transmiten a las raíces enterradas (Valdez, 1991).

Para evitar el exceso de sales estas plantas han desarrollado varios métodos para desalinizar el agua del océano. Estos métodos consisten en excluir la utilización de sal en el nivel de raíz, o eliminar el exceso de sal en la hoja, mediante el uso de la excreción de las glándulas de sal, por la transpiración cuticular en la hoja de nivel, o por la acumulación de sal en tejidos de hojas y luego arrojar las hojas (FAO, 2007).

La manifestación de viviparidad es otra propiedad significativa de los manglares, en donde el fruto germina aun cuando todavía esta prendido al árbol, madura en dos o tres meses, luego de los cuales se desarrolla el embrión y permanece en el árbol por 11 o 12 meses (Domínguez, 1994), siendo esta una de las causas que dan lugar a su extensa distribución a lo largo de las costas tropicales de casi todo el mundo. En las especies de *A. germinans*, *L.*

racemosa y *R. mangle*, las semillas pueden germinar en el árbol dentro del fruto hasta formar una plántula de hasta 50 a 60 cm de largo según la especie. Estas caen posteriormente y se clavan en el fango, dando origen a una nueva planta cuando la profundidad del agua lo permite. En aguas profundas, las plántulas flotan guardando vigor para germinar por espacios normales de uno a dos años (Tomlinson, 1986).

3.1.4 Importancia biológica y ecológica

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas costeros más importantes de México (Valdez, 2002) y más inaccesibles, la riqueza contenida en ellos despierta una seria preocupación ante la amenaza de la biodiversidad de estos delicados ecosistemas que son destruidos para convertirse en zonas turísticas, de producción agrícola y ganadera, produciendo cambios irreversibles en su estructura fundamental (Granados *et al.*, 1998).

Los manglares tienen un valor incalculable por el papel que juegan en la protección y estabilización de la línea costera, ante la constante acción erosiva del mar y fenómenos atmosféricos (ciclones y huracanes) como consecuencia de la estabilidad del piso litoral que las raíces fúlcreas proveen (INIREB, 1985). Este sistema de raíces ayuda a preservar la calidad del agua y reduce la polución, filtrando materiales suspendidos y asimilando nutrimentos disueltos. A medida que las hojas caen al agua y se descomponen, proveen una importante fuente de alimento para una variedad de animales y otros servicios como la captura de CO₂ y la función como trampas de sedimentos y material orgánico en suspensión, son de suma importancia para la permanencia de numerosas actividades económicas en los manglares y en ecosistemas adyacentes (STRI, 2000).

Los manglares son ecosistemas muy dinámicos y su complejidad radica en la gran diversidad de funciones, tipos de hábitat, productores primarios y secundarios, ciclos de vida, trama trófica, ciclos químicos muy complejos, una alta tasa de elaboración de nutrimentos así como una gran cantidad de adaptaciones fisiológicas. Los manglares comprenden un ambiente físico variable y desarrolla mecanismos ecológicos para convivir con tal variabilidad (Valdez, 1991).

Los manglares proporcionan lugares para la protección y desarrollo de fauna acuática y terrestre, la cual puede tener fines de uso doméstico, comercial o de conservación (Valdez, 2002), por ejemplo, proporciona hábitat y refugio a especies migratorias (Granados *et al.*, 1998; STRI, 2000), larvas y estadios juveniles de peces, crustáceos, equinodermos, anélidos

y moluscos que son explotados en las marismas y lagunas costeras (Granados *et al.*, 1998).

3.1.5 Importancia socioeconómica

Los manglares proporcionan una amplia variedad de recursos naturales, bienes y servicios que brindan enormes beneficios económicos. Los principales son: captación y suministro de agua; pesquería (dos terceras partes de la producción pesquera del mundo está vinculada a la salud de las zonas costeras y los manglares); la agricultura costera depende grandemente de estos ecosistemas, debido a la conservación de la capa freática y la retención de nutrimentos en los terrenos aluviales; producción de madera; recursos energéticos, como turba y materias provenientes de las plantas; recursos silvestres, cinegéticos y oportunidades de recreación y turismo (Tovilla, 2005).

3.2 Descripción de las especies de mangles

3.2.1 *Avicennia germinans* (L.) L.

Avicennia germinans (L.) L. tiene una gran variedad de nombres científicos con los que se le puede identificar, algunos de estos son: *Bontia germinans* Linn.; *A. nitida* Jacq.; *A. tomentosa* Jacq.; *A. eliptica* Holm; *A. floridiana* Raf.; *A. oblongifolia* Nut (CATIE, 1999). A esta especie se le conoce comúnmente como “mangle negro” (Veracruz, Chiapas), “mangle puyequé” (Sinaloa, Baja California), “madre de sal” (Acapetagua, Chiapas), “mangle prieto” (Yucatán) (Martínez, 1979; Pennington y Sarukhán, 1998).

Distribución y Hábitat. A la especie de *A. germinans* se le puede encontrar desde el norte de Florida (latitud 29° 53' N) hasta Espíritu Santo, en Brasil (aproximadamente a latitud 23° S) y a lo largo de las costas del Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En América del Norte y del Sur hasta el sur de Punta Malpelo, en Perú (latitud 3° 40' S) y en las costas del Océano Pacífico desde Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Figura. 1) (Jiménez y Lugo, 1985; Pennington y Sarukhán, 1998). El rango de distribución altitudinal se va desde 0 hasta 15 m.s.n.m y la precipitación anual desde 800 hasta los 7000 mm (Jiménez y Lugo, 1985).

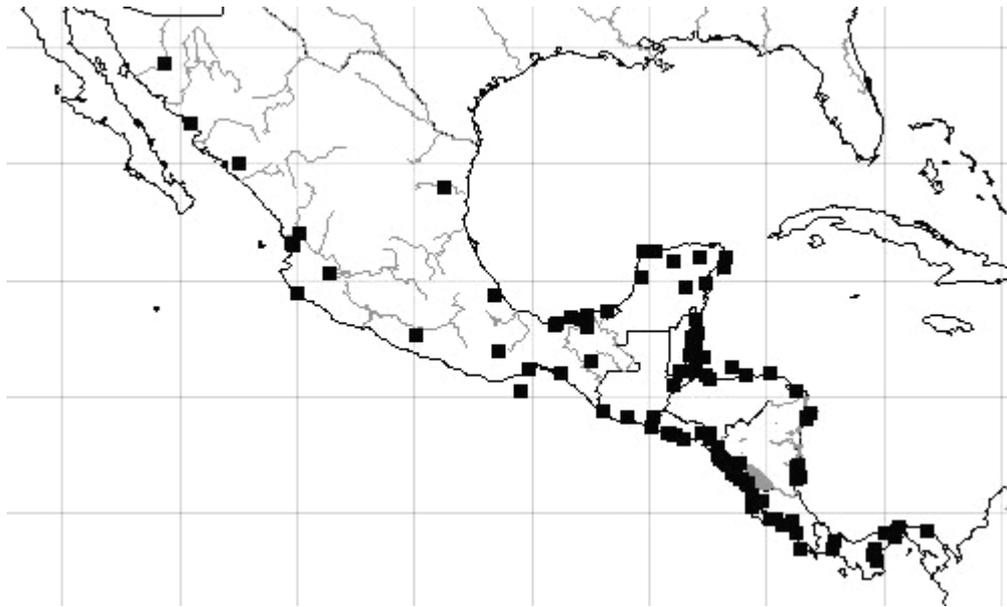


Figura 1. Distribución de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* en México y Centroamérica (MOBOT, 2008).

Avicennia germinans crece en áreas inundadas por la marea con aguas saladas o salobres, fangosas, someras, arenosas, cenegadas o arcillosas (Martínez, 1979). Toleran salinidades entre 0 y 100 partes por mil y en salinidades altas se inhibe el desarrollo estructural, el cual se alcanza mejor en los bosques ribereños tropicales, en costas, estuarios de aguas tranquilas y en las porciones internas con un menor flujo de los bosques ribereños y de las márgenes. Muestra una marcada preferencia por los suelos más altos y secos. Los suelos tienen un contenido de materia orgánica del 2 al 25 %, pero los valores pueden llegar hasta el 58 %; el contenido de nitrógeno es bajo, alrededor del 0.4 % (Jiménez y Lugo, 1985).

Esta especie se puede encontrar en rodales puros o en una asociación estrecha con otras especies de mangle dentro de su distribución. Crece junto con *Rhizophora mangle* L., *R. harrisonii* Leechm., *R. racemosa* G. F. W. Meyer, *Avicennia tonduzzii* Moldenke, *A. schaueriana* Staff & Leechm., *A. bicolor* Standl., *Laguncularia racemosa* Gaertn y *Pelliciera rhizophorae* Tr. & Pl. (Jiménez y Lugo, 1985; Pennington y Sarukhán, 1998).

Descripción botánica. *Avicennia germinans* es un árbol de hasta 25 m de altura con diámetro normal de 40 cm a 1 m, tronco derecho, ramas ascendentes, de sección transversal con cicatrices de las hojas caídas, pardo grisáceo o moreno grisáceo, copa pequeña, redondeada. Corteza externa fisurada en piezas poliédricas, ligeramente escamosa, pardo negruzco o morena muy oscura, amarillo intenso al raspar. Interna de color crema amarillento, quebradiza. Grosor de la corteza de 2 a 8 mm (Pennington y Sarukhán, 1998) (Figura 2).

Las hojas de *A. germinans* tienen yemas de 3 a 5 mm, son agudas, desnudas, simples, laminadas, elípticas, con margen entero, ápice redondeado hasta agudo, base aguda o atenuada, verde oscuro o verde amarillento y brillante en el haz, verde grisáceo y opacas en el envés, glabras; pecíolos de 2-13 mm de largo, unidos por pares. Las hojas excretan sal a través de glándulas especializadas y pueden verse cubiertas por ésta. Los árboles de esta especie son perennifolios (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las flores de *A. germinans* están en panículas densas, terminales o axilares, finamente pubescentes; flores sésiles, zigomorfas, 12 mm de diámetro, florece todo el año. Los frutos son cápsulas de 2 x 1.5 cm, ovoides, ligeramente aplastadas, bivalvada, pardo verdosas, con el cáliz persistente; contienen una semilla ovoide, aplastada, con una radícula de 1.5 cm de largo cubierta de abundantes pelos sedosos amarillentos, adherida al borde de la semilla, las cuales germinan frecuentemente dentro del fruto cuando éste aún se encuentra adherido al árbol (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las raíces de *A. germinans* son fúlcreas, ramificadas, curvas y arqueadas. Destacan las modificaciones de sus raíces en prolongaciones aéreas del tallo como zancos o prolongaciones cortas que emergen del suelo llamadas neumatóforos. Estos órganos se originan del sistema radicular que es muy superficial y está dispuesto radialmente alrededor del tronco. Los neumatóforos brotan de estas raíces y alcanzan alturas de 20 cm o más sobre el suelo y su función es la de ventilar el sistema radicular (Pennington y Sarukhán, 1998).



Figura 2. Componentes estructurales de *Avicennia germinans*: (a) hojas, (b) raíz, (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MARIE SELBY BOTANICAL GARDENS, 2008).

Usos. Localmente la especie de *A. germinans* se usa para postes y para fabricar carbón (Pennington y Sarukhán, 1998); ha sido aprovechada en la fabricación de vigas, embarcaderos y telégrafos, barriles, mangos de herramienta, durmientes o traviesas para ferrocarril, muebles e instrumentos musicales, marcos para puertas, botes y alambrado

eléctrico (Jiménez y Lugo, 1985, CONAFOR, 2008a).

3.2.2 *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn f. también es conocida con el nombre científico de *Conocarpus racemosa* L. (CATIE, 1999). Comúnmente se le conoce como “mangle blanco”, “mangle amarillo” en Sontecomapan, Veracruz (Pennington y Sarukhán, 1998); “mangle bobo” en Yucatán; “mangle chino” en Sinaloa; “sak-okom” en lengua maya en Yucatán; y “tzakol-kon” en la península de Yucatán (Martínez, 1979).

Distribución y Hábitat. A la especie de *L. racemosa* se le puede encontrar desde la Península de la Florida (latitud 28° 5' N) hasta el Río Ararangua en Brasil aproximadamente (latitud 29° S) y a lo largo de las costas del Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En Punta Malpelo en Perú (latitud 3° 40' S) y en la costa del océano Pacífico en el continente americano desde Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Figura 1) (Jiménez, 1985a; Pennington y Sarukhán, 1998). El rango de distribución altitudinal va desde 0 a 1 m.s.n.m y la precipitación anual desde 750 hasta 7000 mm (Jiménez, 1985a).

Laguncularia racemosa crece mejor en áreas en donde el agua es salada o salobre y en una gran variedad de condiciones de suelo, desde suelo arenoso hasta depósitos cenagosos o arcillosos y ha sido observado en lodazales blandos altamente enriquecidos con detrito orgánico, en turbas fibrosas sobre arcillas ligeramente oxidadas y en depósitos de turba de más de 70 cm de profundidad. Se le puede encontrar en la franja interior de los manglares, en los suelos elevados en donde las inundaciones por las mareas son menos frecuentes e intensas y en los manglares donde el flujo de la marea es limitado (Jiménez, 1985a).

Esta especie se puede encontrar creciendo en una asociación estrecha con *Avicennia* y *Rhizophora* y estar asociado con *Conocarpus erectus* L., pero rara vez domina, excepto en lugares con bajas salinidades (Jiménez, 1985a).

Descripción botánica. *Avicennia germinans* es un árbol de hasta 20 m de altura y diámetro normal de 60 cm, derecho con ramas ascendentes de sección transversal ligeramente aplanadas, pardo moreno, glabras, lenticelas escasas y pequeñas; copa redondeada y densa. Corteza externa fisurada, gris oscura a rojiza morena. Corteza interna de color rosado a rojo

oscuro, laminada y fibrosa, ligeramente amargo y con exudado rojizo. Grosor de la corteza de 6 a 10 mm (Figura 3) (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las hojas de *L. racemosa* con yemas de 3 a 20 mm de largo, agudas, filiformes, desnudas, color verde grisáceo, sedosas, decusadas, simples; elípticas, margen entero, ápice obtuso a truncado, base cuneada a obtusa, carnosas; haz verde amarillento u oscuro y brillante, envés verde amarillento, glabras; con un par de glándulas prominentes en el pecíolo cerca de la base de la hoja y nervación inconspicua; pecíolo de 4 a 15 mm, glabros. Árboles perennifolios (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las flores de *L. racemosa* son dioicas, panículas con ramas espigadas; las masculinas densas, axilares o terminales, de 3-7 cm de largo, seríceas; actinomorfas, flores femeninas parecidas a las masculinas. Florece de febrero a mayo. Los frutos son drupas de 2 a 2.5 cm de largo, ovoides, aplanadas, con surcos longitudinales, verde pardusca, sedosas, carnosas con endocarpio membranoso; contienen una semilla de 2 cm de largo rodeada por una membrana papirácea que frecuentemente empieza a germinar dentro del fruto cuando se encuentra aún adherido al árbol (Pennington y Sarukhán, 1998).

El sistema radicular de *L. racemosa* es poco profundo con raíces que parten en forma radial desde el tronco y producen neumatóforos que sobresalen del suelo y no son tan desarrollados y suelen ocurrir agregados cerca del tronco. Los neumatóforos salen enterizos de la raíz, pero luego se bifurcan cerca de la superficie (Pennington y Sarukhán, 1998).

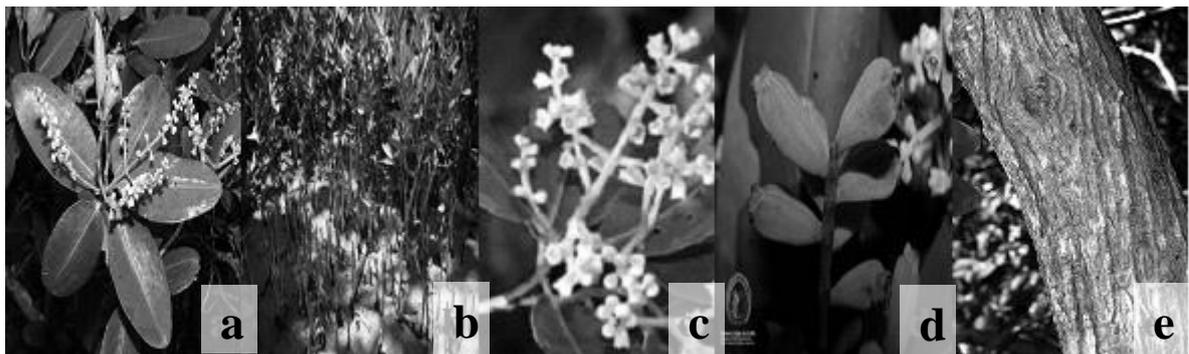


Figura 3. Componentes estructurales de *Laguncularia racemosa*: (a) hojas, (b) raíz, (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MARIE SELBY BOTANICAL GARDENS, 2008).

Usos. En México *L. racemosa* se utiliza localmente para hacer carbón y para postes después de un tratamiento especial para endurecerla debido a que los árboles rara vez alcanzan tamaño aserrable; la corteza tiene taninos y se usa para curtir pieles. Se usa extensamente como una fuente de leña y combustible en las áreas costeras tropicales. El gran número de

árboles usualmente en esta etapa hacen de éste un uso práctico para la especie (Jiménez, 1985a, CONAFOR, 2008b).

3.2.3 *Rhizophora mangle* L.

Rhizophora mangle L. tiene una gran variedad de nombres científicos con los que se le puede identificar: *R. samoensis* (Hochr) Salvora, *R. harrisonii* Leechman; *R. brevistyla* Salvora (CATIE, 1999). A esta especie se le conoce comúnmente como “mangle rojo”, “mangle colorado”, “mangle tinto” (nombres más comúnmente usados en toda su área de distribución); “candelón” (Veracruz, Sinaloa, Colima); “tabché”, “xtapché” (lengua maya, Yucatán) (Martínez, 1979; Pennington y Sarukhán, 1998).

Distribución y Hábitat. *Rhizophora mangle* se extiende desde el estado de Santa Catarina, en Brasil (latitud 27° 30' S) hasta la península de la Florida (latitud 29° N) y a lo largo de la costa del Golfo de México por Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En América del Norte y del Sur desde Punta Malpelo, Perú (latitud 3° 40' S) y las costas del Océano Pacífico por Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Figura 1) (Jiménez, 1985b; Pennington y Sarukhán, 1998). El rango de distribución altitudinal va desde 0 hasta 15 m.s.n.m y la precipitación anual desde 800 hasta los 10000 mm (Jiménez, 1985b).

Rhizophora mangle crece mejor en los suelos poco profundos y bajo una gran variedad de condiciones, desde salientes de roca dura hasta depósitos cenagosos bajo la influencia de las mareas con aguas saladas o salobres y en las áreas protegidas de las corrientes oceánicas y de las olas, también en áreas inundadas con agua fresca la mayor parte del año hasta áreas con unas salinidades del suelo arriba de 60 partes por mil. Puede crecer en áreas con o sin desagües de agua fresca. Prefiere planicies fangosas de marea con aguas poco profundas (CATIE, 1999), crece en suelos pobremente ventilados y tolera sitios con baja disponibilidad de nutrientes. Los manglares más productivos se desarrollan en estuarios con lodo fino compuesto de cieno y arcilla (Jiménez, 1985b).

Forma las asociaciones conocidas como manglares de los cuales comúnmente es la especie dominante formando masas puras (Pennington y Sarukhán, 1998). Como un componente de las comunidades de mangles, el mangle colorado se asocia con otras especies de mangles, tales como *Avicennia tonduzzi* Moldenke, *A. bicolor* Stand., *A. germinans* (L.) L., *A.*

schaueriana Stapt & Leechm., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f., *Pelliciera rhizophorae* Tr. & Pl. y *Rhizophora harrisonii* Leechm (Jiménez, 1985b).

Descripción botánica. *Rhizophora mangle* es un árbol de hasta 25 m de altura y diámetro normal hasta 30 cm, tronco derecho, copa redondeada. Ramas de color gris pardo, con grandes cicatrices de las hojas y estipulas caídas, lisas, glabras, sin lenticelas. Corteza externa fisurada regularmente en forma de cuadros, gris muy claro, roja al rasparse. La corteza interna es roja, granulosa con abundantes células pétreas, amarga. Grosor de corteza alrededor de 20 mm (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las hojas de *R. mangle* presentan yemas de 4 a 5 cm de largo, agudas. Estipulas 1 de 4 a 5 cm de largo, aguda, caediza, decusadas, aglomeradas en las puntas de las ramas, simples, oblanceoladas o elípticas, margen entero, ápice agudo u obtuso, base aguda a ligeramente decurrente; haz verde oscuro, envés verde amarillento; nervación inconspicua; coriáceas; pecíolos angostamente alados de 1 a 2.2 cm, glabros. Árboles perennifolios (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las flores de *R. mangle* están en pares axilares sobre pedúnculos de 2 a 4 cm, glabros, actinomorfas, de 2 a 2.5 cm de diámetro; sésiles, glabras. Florece durante todo el año. Frutos con una sola semilla, la cual germina en el interior del fruto (viviparidad) produciendo una radícula gruesa y verde, con la punta morena, con grandes lenticelas morenas circulares, que llegan a tener hasta 40 cm de largo; una vez alcanzado este tamaño la nueva planta cae del árbol madre para establecerse independientemente (Pennington y Sarukhán, 1998).

Las raíces de *R. mangle* son fúlcreas, ramificadas, curvas y arqueadas. Destacan las modificaciones de sus raíces en prolongaciones aéreas del tallo como zancos o prolongaciones cortas que emergen del suelo llamadas neumatóforos (CONAFOR, 2008c).



Figura 4. Componentes estructurales de *Rhizophora mangle*: (a) hojas, (b) raíz (neumatóforos), (c) flores, (d) frutos, (e) tronco (MARIE SELBY BOTANICAL GARDENS, 2008).

Usos. La madera de *R. mangle*, de dureza notable, se usa frecuentemente para producir carbón de muy buena calidad así como para construcciones marinas. La corteza se usa como curtiente de pieles por su alto contenido en tanino, se fabrican remos, instrumentos empleados en las artes de pesca, vigas, postes, barriles, mangos de herramientas, durmientes, muebles, construcciones marinas, instrumentos musicales, bebidas embriagantes, travesaños de vivienda y construcción de trampas para camarón, también se utiliza con fines medicinales (Pennington y Sarukhán, 1998).

3.3 Aprovechamiento del manglar

La falta de cultura en la sociedad llevo a creer que los manglares eran ecosistemas improductivos, insalubres y de poco valor económico y ecológico. Estos conceptos mal razonados han propiciado la eliminación de cientos de miles de hectáreas de manglares en las costas tropicales y subtropicales del mundo, mientras que sus bienes y beneficios potenciales se pierden (Jiménez, 1985a; Corella, 2003), representando esto el principal obstáculo para el desarrollo efectivo de estas áreas (Valdez, 1991).

La pérdida directa de hábitat de mangles debido a su conversión a tierras agrícolas o urbanas; al corte total para madera, leña, carbón, productos papeleros y forraje, embalsamiento para el control de mosquitos, la destrucción para el cultivo de peces y mariscos y la conversión a salitrales han resultado en la pérdida de más de la mitad del área que era ocupada por manglares. Daños significativos y pérdida de manglares también pueden ser atribuidos a la contaminación ambiental, incluyendo derrames de petróleo, insecticidas, herbicidas agrícolas y productos químicos industriales. Además, la contaminación con desperdicios humanos es un inmenso problema en ciertas regiones (Rey y Rutledge, 2002).

Durante el periodo que comprendió de 1990 al 2000 se registro una pérdida en la cobertura vegetal del mangle a nivel mundial de aproximadamente 10 321 km² y se estima un cambio en zonas conservadas de 15 000 km² a 5 315 km² en un intervalo de 22 años (1970-1992), dando como resultado una tasa anual de deforestación de 2.9 %; sin embargo, dicha tasa debe ser mucho mayor si se considera que ésta aumentó en los últimos 20 años. Para nuestro país se calcula una tasa anual de deforestación de 5 %, pero en el Caribe alcanza casi el 12 %. Realmente se carece de datos fidedignos acerca del área afectada de manglares en la República Mexicana (López y Ezcurra, 2002).

El aprovechamiento de madera de especies de mangles (con un volumen superior a los 100 000 m³ para México en 1991) es una de las actividades que representan un beneficio para las comunidades humanas establecidas en las zonas costeras, mediante su venta o consumo de subsistencia. Poco más del 40 % del volumen de madera antes mencionado se produjo en el estado de Nayarit que con aproximadamente 80 000 ha de manglares ocupa el cuarto sitio en cobertura de este tipo de vegetación en México; y con cerca de 48 000 m³ por año, es el primer lugar nacional en producción de madera de mangles (Valdez, 2004) considerando que la mayor parte de esta producción se dedica para tutores (pies derechos) y para la construcción de galeras de secado de la hoja de tabaco. Los mangles han sido cosechados desde la década de 1960, previa autorización oficial, por al menos 13 ejidos asentados en la planicie costera de dicho estado (Valdez, 2002).

Utilizando imágenes de satélite, Ramírez *et al.* (1998; citado por López y Ezcurra, 2002) calcularon que de 1970 a 1993 se perdió un 23 % de las 1 065 hectáreas de un manglar de Nayarit y se estima que por cada especie de manglar destruida se pierden anualmente 767 kg de especies marítimas de importancia comercial). De acuerdo a las estadísticas publicadas por INEGI (2000), el Municipio de San Blas, Nayarit tiene una producción maderable de mangle de 2 340 m³ en rollo con un valor aproximado de 351 mil pesos.

3.4 Dinámica de nutrimentos en manglares

El movimiento de nutrimentos a través de los bosques de mangle es uno de los aspectos menos entendidos en la función de estos ecosistemas y se requiere una comprensión más clara de los ciclos de nutrimentos y de sus interacciones mar adentro. Es necesario entender el acoplamiento del ecosistema del bosque con la altiplanicie y los ecosistemas marinos, aprendiendo con ellos como los mangles mantienen una homeostasis nutricional cuando están sujetos a los altos índices de volumen de agua (proveniente tanto del mar como de ríos y lagunas) que lixivian grandes cantidades (Lugo, 1998).

En ecosistemas de manglar, la disponibilidad de nutrimentos depende principalmente del reciclaje y fijación *in situ* ya que los aportes externos son mínimos. Sin embargo, en ecosistemas alterados donde por lo general la capa orgánica se ha perdido y la comunidad microbiana ha sido afectada, el reciclaje y fijación de elementos esenciales para el crecimiento del manglar, como el N y P pueden no estar disponibles y limitar su desarrollo y por consiguiente, la productividad del sistema (Lugo, 1998; Bashan y Holguin, 2002).

Los manglares son considerados ecosistemas de alta productividad donde los nutrientes disueltos en el agua y en los sedimentos son reciclados constantemente. El reciclaje de nutrientes es fundamental en un ecosistema y, por lo general, este ciclo se inicia con la incorporación de elementos químicos disueltos indispensables para la fabricación de materia orgánica por parte de las plantas. Dichos nutrientes se toman del medio en proporciones definidas siendo incorporados por las plantas a través de las raíces y almacenados en los tejidos, aunque una porción de estos nutrientes se pierde con la caída de frutos, hojas y por la acción de los herbívoros (Von, 1990).

El mangle acumula la MO y los nutrientes en suelos altamente orgánicos y en la biomasa. Su papel como reservorio de carbono y nutrientes es bien reconocido y lo que es menos entendido es el mecanismo de conservación de nutrientes de mangle. Un modelo útil de los muchos flujos de nutrientes en los pantanos es dado por Lugo (1982) quien propuso un modelo del ciclo de nutrientes para pantanos en el cual describió siete controladores biológicos y tres controladores abióticos del uso eficiente de nutrientes que se podrían utilizar para evaluar el uso eficiente de nutrientes en estos ecosistemas; cada uno de los índices evalúa un sector diferente del ecosistema, por lo que sería incorrecto utilizar cualquier índice para evaluar el ecosistema en su totalidad.

Modelos como este se pueden utilizar para planear la investigación en estos ecosistemas. Sin embargo, la escasez de datos, limita las evaluaciones a algunos índices que se centran en las hojas y biomasa, es decir, la acumulación de nutrientes por unidad de biomasa o concentración de nutrientes en tejidos, el índice de traslocación de nutrientes antes de la caída de las hojas y la cantidad de nutrientes de vuelta por unidad de biomasa en hojarasca (Lugo, 1998).

Las hojas producidas en el follaje del manglar, influyen en el ciclo de nutrientes inorgánicos en el piso del bosque y la exportación de MO hacia las aguas costeras oceánicas. Por lo tanto, la dinámica de la foliación del manglar, incluyendo productividad, descomposición y exportación ejerce influencia los presupuestos de nutrientes y MO en el ecosistema. Los manglares son ecosistemas forestados y muchas de las funciones ecológicas de ciclos de nutrientes descritas para bosques terrestres, pueden ocurrir también en estos bosques de humedales intermareales. La acumulación de hojarasca sobre el piso del manglar puede ser un importante factor para la inmovilización de nutrientes durante la descomposición (Yáñez *et al.*, 1998).

La concentración de nutrimentos en los tejidos finos del mangle esta dentro de la gama divulgada por Rodin y Bazilevich (1967; citado por Lugo, 1998) para árboles de la altiplanicie. Sin embargo, hay mucha variación en la concentración de macronutrientes en las hojas de mangle, es decir, nutrimentos almacenados por unidad de biomasa. Por consiguiente, altos contenidos reflejan mayor demanda de nutrimentos (almacenaje) por unidad de biomasa. Idealmente, este cálculo es el mejor hecho en el nivel del ecosistema, es decir, estimando la masa total y almacenaje de nutrimentos por el comportamiento y obteniendo su cociente. *Rhizophora* es más común en ambientes con agua en movimiento, mientras *Avicennia* predomina en aguas inmóviles donde la oportunidad para reciclar es mayor (Lugo, 1998).

Los bosques de manglares tienen una importancia a nivel fisiológico, bioquímico y una participación muy activa en la movilidad de los nutrimentos (Nielsen y Anderson, 2003). La descomposición y la subsecuente liberación de nutrimentos es un aspecto muy importante en cuanto a la función de los ecosistemas de los esteros. A través de los procesos de degradación el C, N, P y otros elementos minerales son liberados a los ecosistemas de estero y al mar abierto. En el caso de los manglares, la degradación de la biomasa depende de la especie, componentes químicos iniciales de la materia a descomponer y localización dentro del bosque del manglar. Esos factores dependen de la frecuencia de inundación por mareas, clima, latitud y la presencia o ausencia de fauna consumidora de hojas y macro consumidores (Mfilinge *et al.*, 2002).

3.4.1 Dinámica de Nitrógeno (N)

El ciclo del N en el follaje del bosque está acoplado con la dinámica de los nutrimentos en los suelos del mismo, y estos están influidos por la ecología nutricional en estos árboles (Yáñez *et al.*, 1998). El N es uno de los dos macronutrientes más importantes que regulan la producción primaria en los ecosistemas costeros. El N se encuentra prominentemente en todas las esferas del ambiente; puede ser un nutriente esencial limitante para el crecimiento, pero es generalmente el nutriente limitante secundario (después del P) en los ambientes carbonatados (Pugibet *et al.*, 2006).

La concentración del N en la hojarasca generalmente se incrementa durante la descomposición sobre el piso del bosque lo que aparentemente es una función de la demanda del mantillo por la microbiota que coloniza el detritus. En bosques de *Rhizophora* la tasa de descomposición de hojarasca es más baja y la inmovilización de N es más alta que

en bosques de *Avicennia*, como resultado de una relación C:N; sin embargo, hay evidencias de que la traslocación de nutrientes previa a la defoliación, es mayor en *Rhizophora* que en *Avicennia*, contribuyendo esto en la alta tasa C:N en hojarasca de *Rhizophora*. Esto sugiere que más N puede ser reciclado en el follaje de los bosques dominados por *Rhizophora* que en *Avicennia*. Complementariamente, la mayor mineralización de N en la hojarasca de *Avicennia* puede suplir la demanda de N en el follaje de este género (Yáñez *et al.*, 1998).

La productividad en ecosistemas marinos y costeros es influenciada por la disponibilidad de nutrientes, particularmente N. La limitación del crecimiento y de la productividad por la disponibilidad de N ha sido reportada para marismas y ecosistemas de mangle (Valiela y Teal, 1974, citado por Rogers, 1997). La disponibilidad de N a la planta está determinada por el contenido de N en el sedimento, pero también por una gama de procesos en el sedimento (ejemplo, fijación de N y desnitrificación) e intercambio en la columna sedimento-agua (Boto y Wellington, 1983).

La absorción de nutrientes por los bosques de mangles, lleva a la inmovilización de cantidades significativas de N en los tejidos de las plantas. Para el caso de Australia se ha observado que los contenidos promedio de N en las hojas de mangle, los cuales promedian de 1 a 1.5 %, es bajo si se compara con otro tipo de plantas (Rogers, 1997). El contenido de N en hojas de mangle y otros componentes estructurales es variado, de acuerdo a la posición de las especies dentro del bosque (Lacerda *et al.*, 1986), estatus nutricional del sedimento (Boto y Wellington, 1983), componente estructural del bosque y edad de la hoja. De los componentes estructurales de mangle, las hojas mostraron el contenido de N más alto (Rogers, 1997).

El nivel de N de las hojas, particularmente en las hojas senescentes, determina la contribución de los manglares a los ciclos de nutrientes costa afuera pero es también importante para el ciclo de nutrientes interno del bosque de mangle. Los manglares son generalmente más eficientes para la retención de N durante la senescencia de las hojas, con una remoción arriba del 69 % de N antes de la abscisión; las especies con alto contenido de N en hojas tienden a tener las más altas tasas de absorción de N, aproximadamente 69 %, en tanto que las especies de *Rhizophora* absorben únicamente alrededor de 53-60 % (Rao, 1994, citado por Rogers 1997). La fijación de N en el manglar está asociada con hojas en

descomposición y varía de acuerdo con la época del año siendo afectada por el clima y factores ambientales como la luz y la temperatura (Bashan y Holguin, 2002).

Formas químicas del N en humedales. Las formas predominantes de N en la capa superficial de los suelos del manglar son amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). Las formas inorgánicas principales (biodisponibles) del N son el nitrato (NO_3^-), el nitrito (NO_2^-). El N orgánico disuelto (NOD) está compuesto de ácidos húmicos y fúlvicos, macromoléculas, coloides orgánicos y otros fragmentos de moléculas orgánicas. Los ciclos de marea promueven las reacciones de nitrificación y desnitrificación e inciden en la pérdida de N en el ecosistema (Rogers, 1997).

La forma preferencial para su asimilación por la mayoría de las plantas es como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). El nitrato se forma en gran medida por el efecto de las tormentas, que poseen la energía necesaria para unir al nitrógeno gaseoso con el oxígeno. A partir del amonio empieza un proceso de oxidación a nitrato, llevado a cabo por las bacterias nitrificantes. Este proceso de oxidación es un proceso de quimiosíntesis, que utilizan las bacterias para obtener la energía necesaria para la síntesis de sus carbohidratos (Flores *et al.*, 2002).

El ciclo del N es más complejo que el del P, ya que el primero es dominado por una fase gaseosa y mediado por transformaciones microbianas que involucran cambios en el estado de oxidación. El N gaseoso puede incorporarse a compuestos inorgánicos y orgánicos mediante procesos altamente energéticos (relámpagos) y mediante la fijación por microorganismos (conversión del N_2 a NH_4^+). Los productores primarios pueden entonces utilizar el N orgánico e inorgánico (nitrato) y amonio de las aguas superficiales (Pugibet *et al.*, 2006).

La mineralización del N se realiza principalmente mediante la oxidación bacteriana de las formas orgánicas. El amonio y los aminoácidos disueltos son las formas inorgánicas disueltas regeneradas del N (producido como un subproducto del catabolismo de los aminoácidos). El amonio se asimila más fácilmente que el nitrito o el nitrato porque el nitrato tiene que ser reducido antes de ser asimilado por las plantas. El nitrato puede regenerarse a partir de la oxidación del amonio y el nitrito que se libera de los sedimentos (Pugibet *et al.*, 2006).

Importancia del N en las plantas. El N es absorbido por los vegetales tanto en forma de nitrato (NO_3^-) como de amonio (NH_4^+). El amonio es absorbido y utilizado fundamentalmente por las plantas jóvenes, mientras que el nitrato es la fuente principal utilizada durante el periodo de crecimiento. El N ejerce numerosas funciones en la planta (Urrestarazu, 2004) debido a que es usado por los organismos en procesos como formación de aminoácidos, síntesis de proteínas, en procesos de ácidos nucleicos (Urrestarazu, 2004; Pugibet *et al.*, 2006) y bases nitrogenadas, además es constituyente de nucleótidos, amidas, aminas y varias coenzimas, por lo que juegan un papel en numerosas reacciones metabólicas. Debido a que el N forma parte de la molécula de clorofila, una deficiencia del mismo origina un color amarillento en las hojas (clorosis), debido a la falta de clorofila. El N es también un constituyente de las paredes celulares (Urrestarazu, 2004).

3.4.2 Dinámica de Fósforo (P)

A diferencia del N, no hay fuentes atmosféricas de P, por lo que los aportes naturales a ecosistemas suceden por medio del flujo del agua o por la regeneración de materias orgánicas e inorgánicas en los sedimentos. Los aportes antropogénicos de P de las aguas residuales, de desechos industriales y de fuentes no puntuales (agrícolas, urbano, submarinos) pueden causar cambios en la producción y la composición por especies (Pugibet *et al.*, 2006).

En muchos ecosistemas tropicales costeros, el P es un nutriente limitante para la producción neta (Feller *et al.*, 1999; Pugibet *et al.*, 2006) en las regiones intermareales altas de los bosques de mangle (Boto y Wellington, 1983). En bosques no contaminados de mangle, las concentraciones de P son bajas (Alongi *et al.*, 1992) y la afinidad de los suelos por el P es generalmente muy alta. La dinámica de la MO, particularmente las hojas, se ha observado que es importante para el ciclo del N en los sedimentos del mangle (Kristensen *et al.*, 1995) y el ciclo de P es influenciado por la caída y la descomposición de las hojas (Nielsen y Andersen, 2003). Las hojas son el reservorio principal del P y las acumulaciones de P asociada con la descomposición de la hojarasca tienden a preservar el P en los sedimentos (Silva y Sampaio 1998). Esto adquiere especial importancia en el bosque de mangle dado que los bajos niveles de P en la hojarasca indican la limitación severa de P de los árboles (Boto y Wellington, 1983; Feller *et al.*, 1999; Nielsen y Andersen, 2003) afectando su crecimiento (Nicholls *et al.*, 2004).

Los procesos clave en este ciclo son la descomposición de la MO y la disolución del P inorgánico (Flores *et al.*, 2002). La concentración del P en el agua de mar puede determinarse para la disponibilidad total (disuelto + particulado), así como también para las fracciones disueltas, particuladas, orgánicas e inorgánicas (Pugibet *et al.*, 2006).

Existen pocos datos disponibles respecto a las concentraciones y transformaciones de P en sedimentos de los bosques de mangles. Los datos disponibles sugieren que las reservas de P están predominantemente en la forma orgánica y que son en gran parte inaccesibles para el consumo de la planta (Boto y Wellington, 1984).

El estado del P también varía entre los diversos componentes estructurales que a su vez tienen diferentes concentraciones de P. Los rangos de concentración de P en hojas de mangle van desde 0.002 – 0.167 %. Las concentraciones varían con la especie, con la posición dentro del bosque relativo a la inundación de la marea (Rogers, 1997) y del estado de nutrimentos en el sedimento (Boto y Wellington, 1983). De la comparación de % de P en hojas frescas y senescentes está claro que el P es menos reabsorbido eficientemente de las hojas senescentes que el nitrógeno (Rogers, 1997).

Formas químicas del P en los humedales. El P está presente en el agua de mar, disuelto y en forma de partículas. La forma más simple es la de ortofosfato (PO_4^{3-}). El P se origina a partir de la mineralización de los fosfatos del suelo y las rocas, la hidrólisis de polímeros de fosfatos o drenajes que contengan fertilizantes o productos industriales como detergentes. El movimiento y el almacenaje del P en sistemas acuáticos está determinado por el intercambio entre las reservas disueltas (fosfato, FOD), la biomasa y las fases mineral o de enlace mineral en las partículas suspendidas y en los sedimentos (Pugibet *et al.*, 2006).

El P particulado se encuentra en formas orgánicas (FOP) e inorgánicas (FIP). La mayoría del FOP proviene de la descomposición de la MO y está asociado con el material detrítico y los minerales arcillosos. El P orgánico disuelto (FOD) comprende usualmente una proporción notable de la reserva de fósforo disuelto total en las aguas superficiales. El fosfato orgánico disuelto y particulado se encuentran en las aguas superficiales y someras como resultado de la descomposición de la materia orgánica como son los restos de materia vegetal. (Pugibet *et al.*, 2006).

El P inorgánico disuelto (FID) existe casi completamente como un producto ionizado del ácido fosfórico (H_3PO_4). El FID se refiere comúnmente en la literatura como ortofosfato, P

reactivo soluble (FRS) y P de fosfato inorgánico esta es la única forma biológicamente disponible de P y puede tener un tiempo de residencia de unos pocos minutos en ambientes oligotróficos. El P se encuentra en el suelo en igual cantidad en promedio en forma orgánica e inorgánica siendo el H_2PO_4 y HPO_4 las dos formas de aniones del P que dependen del pH del suelo. La concentración de estas formas está en función del pH del suelo. El P se libera en la solución del suelo con la descomposición de residuos de cosecha por medio de los microorganismos. La única forma química del P que reviste importancia para los ecosistemas forestales es el fosfato (PO_4^{-3}) (Pugibet *et al.*, 2006).

En pequeña escala es posible encontrar productos de oxidación y reducción microbiana como fosfina (PH_3), fosfuro de hidrógeno (P_4H_2), fosfito (PO_3^{-3}), entre otros. En el suelo se le puede encontrar predominantemente como fosfato inorgánico insoluble, con calcio y hierro (Flores, *et al.*, 2002).

El sulfuro reacciona químicamente con el fosfato de hierro formando sulfuro ferroso y liberando al fosfato a la columna de agua. La adición de P a los suelos con los fertilizantes y detergentes (polifosfatos), puede incrementar el crecimiento de algas y causar eutrofización. Los procesos clave en este ciclo son la descomposición de la MO y la disolución del P inorgánico (Flores, *et al.*, 2002).

Debe señalarse la importancia de la limitación de P con relación al N, sin embargo, es una función de la tasa relativa de intercambio de agua y de los procesos bioquímicos internos que actúan para ajustar la relación de la disponibilidad N: P (Pugibet *et al.*, 2006).

Aunque no se requiere en cantidades grandes, como el N y el C (Flores *et al.*, 2002) el P es un elemento limitante para la vegetación del manglar ya que los fosfatos suelen precipitarse ante la disponibilidad de cationes en estos ambientes (Bashan y Holguin, 2002).

Importancia del P para las plantas. El P es absorbido por los vegetales en cualquiera de sus formas (Urrestarazu, 2004). El P es un componente importante de la MO y es vital para todos los organismos (Flores *et al.*, 2002; Pugibet *et al.*, 2006), dado que es un constituyente de los ácidos nucleicos, ATP, fosfolípidos (Flores *et al.*, 2002; Urrestarazu, 2004; Pugibet *et al.*, 2006), fosfoproteínas, constituyentes de las membranas citoplasmáticas, así como enzimas y proteínas. Igualmente, ejerce un papel regulador en la formación y traslocación de sustancias como azúcares y almidón, el P interviene en los procesos de maduración,

formación de semillas, crecimiento radical y está ligado a la fijación simbiótica del N (Urrestarazu, 2004).

3.4.3 Dinámica de Potasio (K)

El K se incorpora a los ecosistemas forestales a partir de dos fuentes principales: la precipitación atmosférica y el intemperismo mineral. La precipitación es una solución muy diluida, y el suministro de K fluctúa desde 1 hasta 5 kg ha⁻¹ al año. El polvo y los aerosoles también contienen K⁺, dicha “precipitación seca” es muy común encontrarla en la cercanía de los ambientes marítimos. El intemperismo de los minerales del suelo adiciona otros 5 y 10 kg de K⁺ ha⁻¹ al año a los suelos jóvenes, o bien menos de 1 kg ha⁻¹ al año a los suelos arenosos y en los suelos viejos y agotados (Binkley, 1993).

El K sólo existe en forma iónica libre en las plantas y su liberación del humus frecuentemente es más rápida que cualquier otro nutriente. En efecto, casi la mitad del contenido de este nutriente de las hojas se libera antes de la formación del mantillo. Una vez que se encuentra en la solución del suelo, el K sigue tres caminos: Las plantas y los microorganismos lo podrían absorber, podría ser retenido en los sitios donde se llevaba a cabo el intercambio catiónico, o bien podría lixiviarse de la zona de enraizamiento del bosque (Binkley, 1993).

Una vez que es absorbido por las plantas, el K permanece sin unirse a los compuestos orgánicos y se moviliza en forma de catión libre dentro de las plantas para catalizar reacciones químicas y regular el potencial osmótico. El potencial osmótico se refiere al equilibrio del agua y los compuestos disueltos que ayudan a mantener la turgencia o rigidez de las células vegetales. Si se absorbe en los sitios de intercambio catiónico, el K⁺ permanece disponible para que más tarde lo utilice la vegetación. Parte del K puede “fijarse” dentro de las celdas unitarias del mineral de algunos tipos de arcillas y entonces presentará menos disponibilidad para las plantas. Pero cuando no se absorbe puede lixiviarse fácilmente del suelo (Binkley, 1993).

El suministro de K⁺ es mayor que su pérdida hacia el sistema y este elemento limita el crecimiento de los bosques sólo en algunos ecosistemas arenosos; algunos suelos orgánicos y algunos suelos intemperizados muy antiguos (Binkley, 1993).

La edad de la hoja es un determinante importante que afecta la concentración mineral interna del K (Lacerda *et al.*, 1985) y con el desarrollo de las hojas jóvenes a viejas, el contenido de

K decrece. El K puede ser translocado de las hojas senescentes y rehusado para el crecimiento de nuevos órganos. (Zheng *et al.*, 1999). El contenido de K de la materia seca de las hojas va del 1 al 5%. Los valores de suficiencia varían de 1.3 a 3% en las hojas recién maduras de la mayoría de las plantas. El contenido de K se considera excesivo o deficiente cuando los valores críticos son mayores de 3.5% o menores de 1.5%, concentraciones mayores se presentan en las hojas nuevas, sus pecíolos y tallos de las plantas. La mayoría de las plantas absorben más K de lo que necesitan (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

Formas químicas del K en los humedales. El K existe en el suelo en cuatro formas como K^+ en la solución del suelo, como K intercambiable absorbido en los coloides del suelo, y el fijado en las latices de arcillas, y como un componente de metales potásicos. Existe un equilibrio entre el K en solución, el K intercambiable y K fijado (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

Importancia del K en las plantas. El K, como los otros dos elementos anteriores, también tiene funciones primordiales en la nutrición, diferentes pero no por ello menos o más importantes, sino complementarias de los otros: promueve el desarrollo y crecimiento de flores y frutos; da resistencia a las plantas contra plagas y enfermedades; determina la mayor o menor coloración en flores y frutales y el sabor en éstos últimos, es, asimismo, esencial para la formación de almidones y azúcares. El K regula la fotosíntesis y es bueno para todas las plantas, especialmente para las de flor (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

El K es un nutriente requerido por las células para incrementar su turgencia, mantener su potencial osmótico; en especial las células oclusivas, encargadas de la apertura de estomas. Esta implicado en la captación de agua del suelo, retención de agua en los tejidos vegetales y transporte de agua y es requerido como activador de más de 60 enzimas en tejidos meristemáticos (Urrestarazu, 2004).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

Localización. La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de San Blas, Nayarit (Figura 5), el cual se encuentra entre las coordenadas geográficas 21° 31' y 21° 36' 19'' latitud Norte y los 105° 11' 26'' y 105° 16' 46'' longitud Oeste; tiene una superficie total de 1897 ha (Valdez, 2004). Se localiza en la región Norte del estado, limita al Norte con el municipio de Santiago Ixcuintla, al Sur con los municipios de Compostela y Xalisco y el Océano Pacífico, al Este con Tepic y Xalisco y al Oeste con el Océano Pacífico. San Blas tiene una extensión territorial de 846 km² (INEGI, 2006). La altura promedio de la zona es de 2 m.s.n.m. (García, 1987).

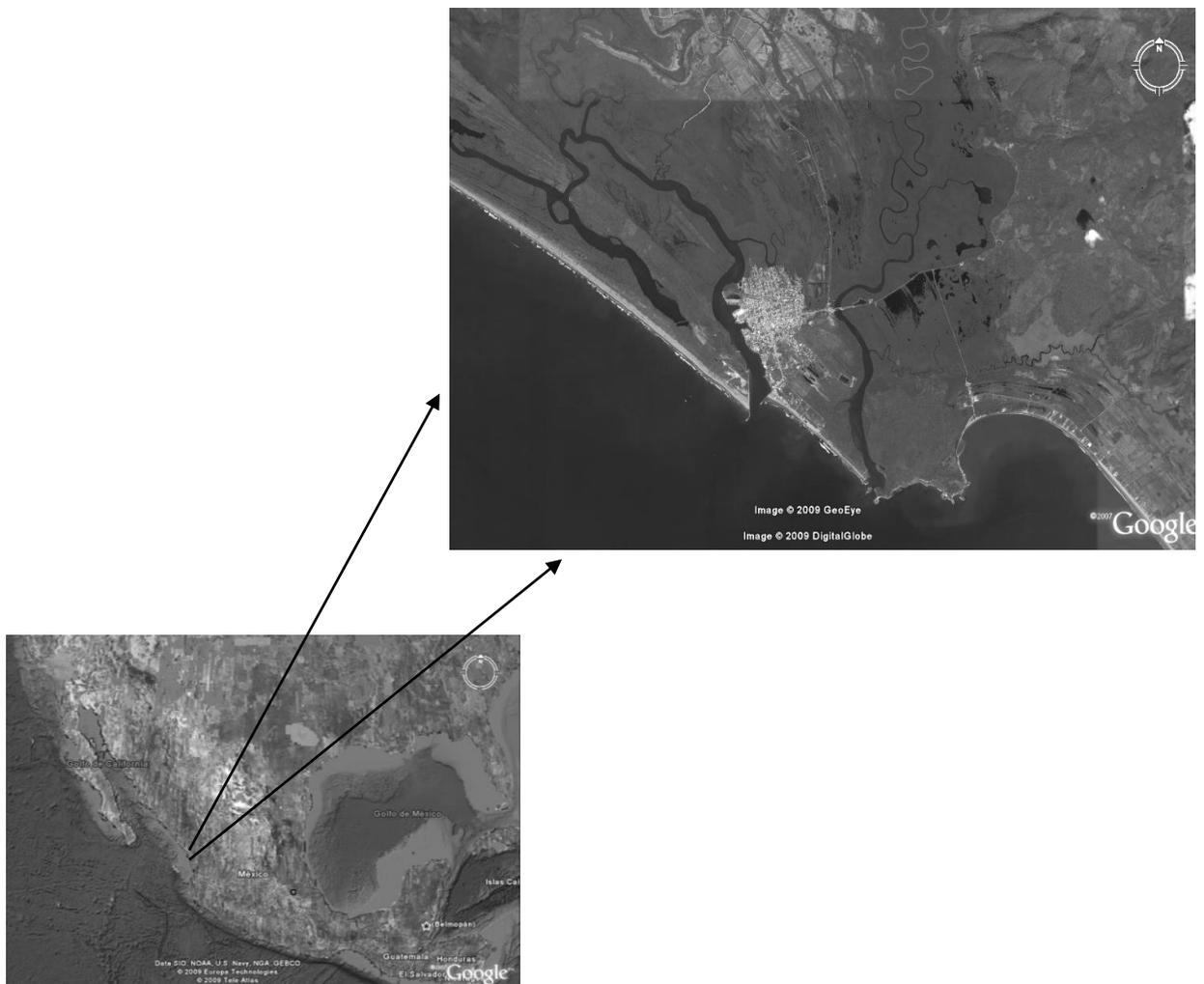


Figura 5. Localización geográfica del Ejido de San Blas, Nayarit (Google Earth, 2008).

Fisiografía. Esta zona pertenece a la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico, cubierta en su mayor parte por los aluviones depositados por los ríos que bajan al mar desde la Sierra Madre Occidental formando los deltas en los litorales: río Yaqui y Fuerte en el

norte y del río Grande de Santiago en el sur; región en donde se ha integrado, al norte de San Blas, un sistema de barras paralelas originando lagunas, esteros y marismas. La subprovincia Delta del Río Grande de Santiago representa el 15.65% de la superficie estatal y comprende parte de los municipios: Acaponeta, Tuxpan, Tecuala, Rosamorada, Santiago Ixcuintla y San Blas, y una mínima porción del municipio de Ruíz. (Valdez, 2004).

Topografía. Forma parte de los siguientes sistemas de topomorfias: barra de barrera, en una delgada franja situada al noreste; llanura deltaica – áreas muy planas formadas por los aluviones depositados por los ríos – al sureste; marisma con lagunas – extensión lodosa muy plana a nivel del mar sujeta a inundaciones por la marea – al noreste, al sur y al este; y barras paralelas de antiguas líneas de costa, al suroeste (Valdez, 1991).

Clima. El clima predominante en San Blas es el Aw₂ (w) (e), el más húmedo de los cálido-subhúmedos con lluvias en verano y una oscilación anual de la temperatura superior de 7 °C. El régimen de lluvias va de junio a octubre, reportándose una precipitación promedio anual de 1436 mm y una temperatura promedio anual de 25.2 °C (García, 1987).

Suelo. Los principales grupos de suelos en el área de estudio son Solonchak gléyico y Fluvisol eútrico. Los Solonchaks gléyicos muestran un contraste débil entre horizontes, su color es comúnmente gris o pardo grisáceo, a menudo con motas y en muchos casos, tienen en la superficie una costra delgada de sal. En el área de estudio, el Solonchak gléyico presenta una fase sódica y textura media, un horizonte sálico y una conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE) mayor de 16 dSm⁻¹ a menos de 125 cm de profundidad. Los Fluvisoles eútricos son suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales recientes y tienen una saturación de bases superior al 50 % a una profundidad de 20 a 50 cm de la superficie. En el área de estudio, el Fluvisol eútrico es moderadamente salino y tiene una textura media, con una CE de 4 dSm⁻¹ a 8 dSm⁻¹ a menos de 125 cm de profundidad (Valdez, 2004).

Vegetación. Los principales tipos de vegetación en la región de interés son manglar, vegetación halófito y selva mediana subcaducifolia con palmar; aunque existen también manchones de selva baja caducifolia con elementos de bosque espinoso y vegetación de dunas costeras (Valdez, 2004). En el predio bajo estudio se identificaron dos tipos de bosque de mangles, cuenca y ribereño. El bosque de cuenca, en particular, posee un desarrollo estructural superior al de otros manglares del Continente Americano (Valdez, 2004). Las especies dominantes en el área de estudio son: mangle rojo o “candelón” (*Rhizophora mangle* L.), mangle blanco o “mangle” (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn) y mangle

prieto o “puyeque” (*Avicennia germinans* L.) (Valdez, 1991). En México, las tres especies de mangles, además de *Conocarpus erectus*, están consideradas bajo protección especial (CONAFOR, 2008d).

4.2 Metodología

Selección del sitio de muestreo. Se realizó un recorrido a lo largo del cauce principal del área de estudio mediante transectos equidistantes perpendiculares al cauce del estero. Se establecieron 19 sitios de muestreo que de acuerdo a la ubicación dentro del estero respecto al mar fueron clasificados por zonas (alta, media y baja), de acuerdo al comportamiento de las especies de interés (Figura 6) (Valdez, 2004).

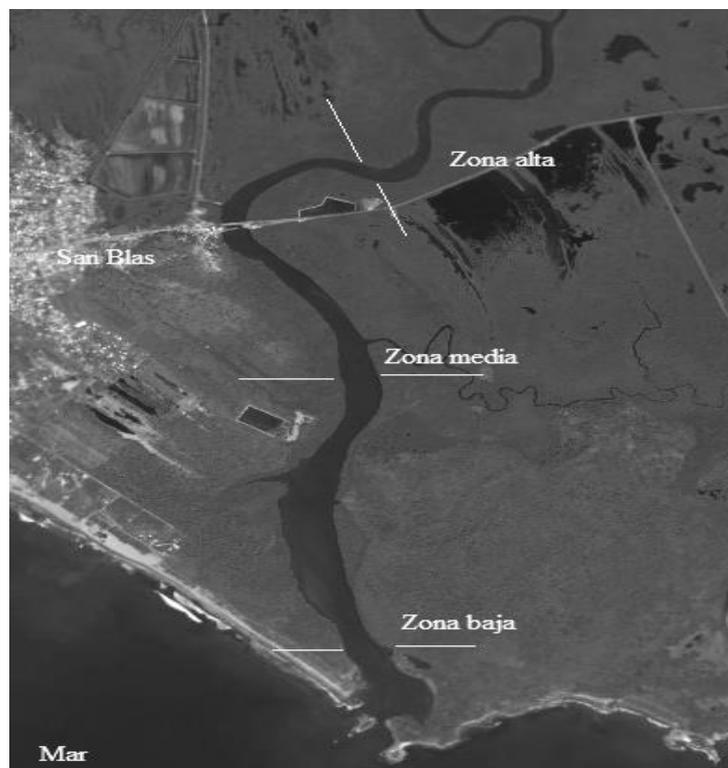


Figura 6. Ubicación de las zonas del estero respecto al mar en San Blas, Nayarit (Google earth, 2008).

Colecta y tratamiento de la hojarasca. Se colectaron hojas senescentes de las especies de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* durante las épocas de sequía (noviembre a mayo) y lluvia (junio a octubre) tomando en consideración tres zonas a lo largo del estero (alta, media y baja). El método utilizado para coleccionar el material vegetativo fue el de caída de hojarasca, utilizándose trampas o canastas colectoras; el cuerpo de las canastas fueron fabricadas de tela de gallinero de plástico color verde, la más cerrada posible para poder captar la mayor cantidad de sus componentes, formando un cuadrado de 1m x 1m. Las

canastas fueron distribuidas de acuerdo al comportamiento de las especies dentro de los sitios de muestreo. Las canastas se aseguraron bajo los árboles con cuerdas en las esquinas atadas a los troncos para quedarse suspendidas evitando cualquier contacto con las mareas. Las canastas fueron numeradas y rotuladas para su respectiva identificación (Valdez, 2004).

La hojarasca acumulada fue recogida mensualmente agrupando el contenido cuidadosamente en sus diversos componentes (hojas, flores, frutos, tallos), fueron envueltos en periódico y colocados en una bolsa de papel en la cual se le asignaron datos de identificación tales como: fecha de colecta, nombre de la especie, número de control, número de parcela y nombre de la localidad y posteriormente se transportaron al Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, Texcoco, México. Los componentes colectados fueron secados en una estufa ventilada a 65 ° C durante 72 horas. Las hojas de cada especie fueron molidas en un molino analítico modelo A11 Basic para material vegetal. Posteriormente se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo un total de 72 muestras de hojarasca molida para su análisis químico.

Análisis de minerales. Para la determinación del N, P y K se utilizaron tres métodos:

Determinación del N total por el método Kjeldahl. En este método el N orgánico y los nitratos (cuando se adiciona ácido salicílico) son convertidos a la forma amoniacal en presencia de ácido sulfúrico; el amonio es posteriormente destilado y recibido en ácido bórico, para finalmente ser cuantificado por titulación con ácido fuerte en presencia de un indicador, que generalmente es la mezcla de bromocresol – rojo de metilo. Debido a la lentitud de la reacción inicial, está se acelera mediante el uso de uno o más catalizadores que pueden ser: cobre, selenio o mercurio y se aumenta el punto de ebullición del ácido sulfúrico cuando se añade a la mezcla de digestión Na_2SO_4 o K_2SO_4 (Alcántar y Sandoval, 1999).

Determinación del P total por el método de amarillo vanadato molibdato. Los iones vanadatos, molibdatos y ortofosfatos reaccionan para dar un complejo amarillo en soluciones ácidas. En soluciones de ácido nítrico, el color no se desarrolla si la acidez es menor a 0.2 N, y se desarrolla lentamente, si la acidez es mayor de 1.6 N. La concentración óptima es de 0.5 N, aunque hay una gama de concentraciones de ácido nítrico, en las que el color se desarrolla de manera satisfactoria; 5 ml de ácido nítrico 5 N por 50 ml de volumen final son suficientes para dar una acidez óptima. La acidez de alícuotas de la solución en cenizas en plantas no es por lo general suficiente para afectar a la densidad del color

amarillo. El color se desarrolla en varios minutos, normalmente deben transcurrir 30 min para un desarrollo completo del color. (Alcántar y Sandoval, 1999).

Determinación de K total por el método de emisión de llama-Flamometría. La espectrofotometría de emisión es un método de análisis químico basado en la medida de la intensidad de líneas espectrales (Alcántar y Sandoval, 1999).

Análisis estadístico. Los resultados del contenido de N, P y K se analizaron mediante técnicas estadísticas utilizando el procedimiento PROC GLM SAS (SAS, 1999), con un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey (alfa=5%), para determinar diferencias estadísticas bajo los siguientes criterios:

- a) Por especies (*A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*).
- b) Por época del año en la que fue colectada (sequía y lluvias).
- c) Por ubicación de la especie de interés entre zonas del estero (alta, media y baja).

Por medio de este análisis estadístico se determinó si cada uno de los factores o la combinación de estos influyen en la concentración de los nutrimentos en la hojarasca.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Contenido de N, P, K en hojarasca de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*

5.1.1 Contenido de N y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero.

En el área de estudio se observó que *A. germinans* (76.30 kg ha^{-1}), *L. racemosa* (47.89 kg ha^{-1}) y *R. mangle* (64.10 kg ha^{-1}) presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellas (Figura 7). En un estudio realizado en el estuario del Rio Mucuri, Brasil, Cuzzuol y Campos (2001) encontraron que los contenidos de N difieren en las tres especies de mangle; *A. germinans* presentó el mayor nivel de N, en comparación con *R. mangle* y *L. racemosa* tanto en bosques ribereños como en bosques de bahía coincidiendo con el presente estudio. Esto puede ser explicado en el sentido de que las diferencias en los contenidos promedio de N está influenciado por la dinámica propia de los bosques de mangle que determina una movilización insignificante de N en los tejidos de las plantas y esta puede influir en el contenido entre especies, particularmente en las hojas (Lacerda *et al.*, 1986).

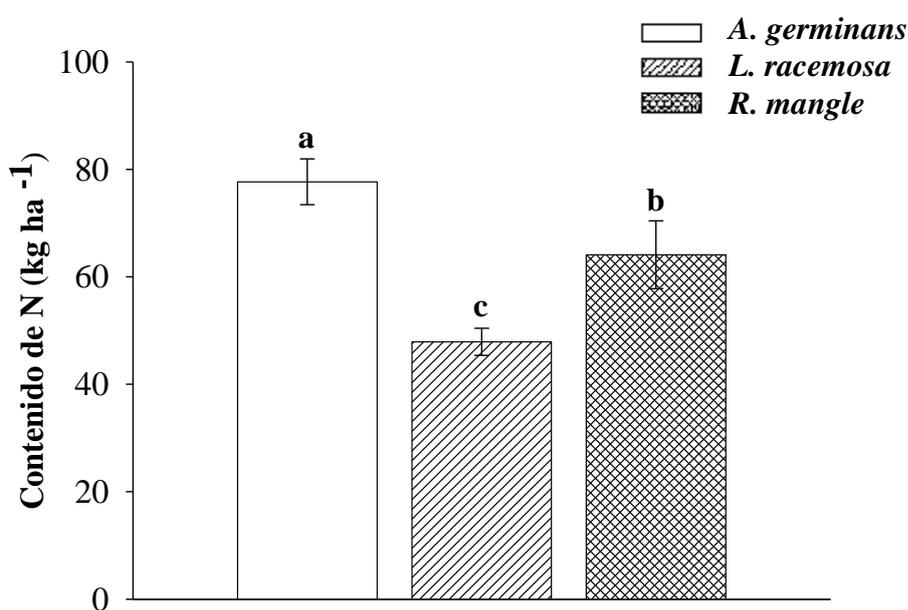


Figura 7. Contenido de N en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* en San Blas, Nayarit.

Lugo (1998) comparó la capacidad de traslocación de N en hojas de *Avicennia*, *Laguncularia* y *Rhizophora* antes de la abscisión y encontró que el 62 % de N para *Avicennia* y el 65 % de N para las otras dos especies fué traslocado antes de la abscisión de las hojas a componentes estructurales más jóvenes; lo anterior, pudiera explicar en parte

porque *Avicennia* presentó el mayor contenido de N en la hojarasca en comparación con *Rhizophora* y *Laguncularia*.

Mediante un análisis en la composición química de las hojas de tres especies de mangle en Itingussu, Sepetiba Bay, Lacerda *et al.* (1986) hallaron que *R. mangle* presentó los contenidos de N más altos seguido de *L. racemosa* y *A. germinans*. De igual manera Medina *et al.* (1995) al comparar los valores de *R. mangle* y *A. germinans* en cuanto al contenido de N, las hojas de *L. racemosa* manifestaron valores intermedios de N con contenidos variable de otros nutrimentos en la Laguna de Sontecomapan, Veracruz. Tales investigaciones difieren con lo reportado en el presente estudio.

Iizumi (1986; citado por Alongi *et al.*, 1992) comparo los contenidos de N en especies de mangle y encontró que las rizoforáceas presentaron consistentemente valores más bajos que otras especies de mangles y tales diferencias se explican por los atributos morfológicas entre las diferentes especies, que en el caso particular de las rizoforáceas presentan cutícula delgada con un alto contenido de carbono y baja composición de N (Rogers, 1997). Lo anterior difiere con lo encontrado en el presente estudio, en relación de que *R. mangle* presentó los contenidos promedios intermedios de N en comparación con *A. germinans* y *L. racemosa*.

La época del año fue un factor que influyó en los contenidos de N, donde se observó que el contenido de N durante la época de sequía presentó un valor medio de 55.27 kg ha⁻¹ significativamente menor a 64.33 kg ha⁻¹ en la condición de lluvias (Cuadro 1). Lin y Wang (2001) compararon la traslocación de N durante la senescencia de las hojas en árboles de mangle durante un año y encontraron que hay una traslocación similar tanto en el periodo de lluvias como el periodo de sequía, sin embargo, si se observó una mayor traslocación de N durante el periodo de lluvias. Lo anterior difiere con lo encontrado en este estudio, en el sentido de que al existir mayor capacidad de traslocación de N durante las lluvias existió un menor contenido de N en la hojarasca.

Cuadro 1. Contenidos promedio de N y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangle

Época	Contenido de N (kg ha ⁻¹)
Sequía	55.27 b ^z

^z Letras diferentes entre cada condición de estudio indican diferencia estadística. P = 0.05

Se puede decir que *A. germinans* presentó los valores absolutos mayores, seguidos por *R. mangle* y *L. racemosa* (Figura 8). Durante la época de sequía *L. racemosa* presentó un valor promedio de 41.21 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de *R. mangle* de 61.00 kg ha⁻¹, pero menor al valor promedio de 74.6 kg ha⁻¹ que presentó *A. germinans*. La época de lluvia produjo un resultado similar al de sequía, es decir, *L. racemosa* presentó un valor promedio de 54.94 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de *R. mangle* de 68.75 kg ha⁻¹, pero menor al valor promedio de 78.09 kg ha⁻¹ que presentó *A. germinans*. Finalmente, entre cada especie estudiada la época del año no afectó los contenidos medios de N en la hojarasca.

Lin y Wang (2001) encontraron que *Rhizophora* mostró la menor capacidad de traslocación de N durante la época de sequía en comparación con la época de lluvias, por lo tanto, la hojarasca de *Rhizophora* presentó el mayor contenido de N durante la sequía. Sin embargo, fue muy notable que, sin importar la época del año, *Rhizophora* manifestó menor traslocación de N tanto en sequía como lluvias en comparación con otras especies de mangle. Lo anterior difiere con este estudio en el sentido de que *Rhizophora* presentó contenidos intermedios de N tanto sequía como en lluvias.

La hidrología es un factor que interacciona con los nutrientes y el suelo en la producción y exportación de materia orgánica en humedales (Lugo, 1982). Lo anterior quedó de manifiesto en los resultados de nuestro estudio, es decir, la lluvia es un factor que nos está modificando el contenido de N en las especies estudiadas. Los nutrientes entran al ciclo nutrimental con los flujos hidrológicos asociados con las precipitaciones considerándose como uno de los mayores suministradores de nutrientes junto con el suelo y la biomasa (Brinson *et al.*, 1981). Comparando el aporte de nutrientes, Brinson *et al.*, (1981) encontraron que la tasa de retorno de nutrientes de la copa al piso del bosque en sitios con corrientes de agua fue más alto (1.6 kg ha⁻¹ año⁻¹) que en bosques situados en sitios de tierras altas en tanto que en sitios con aguas quietas el valor fue de 0.8 kg ha⁻¹ año⁻¹.

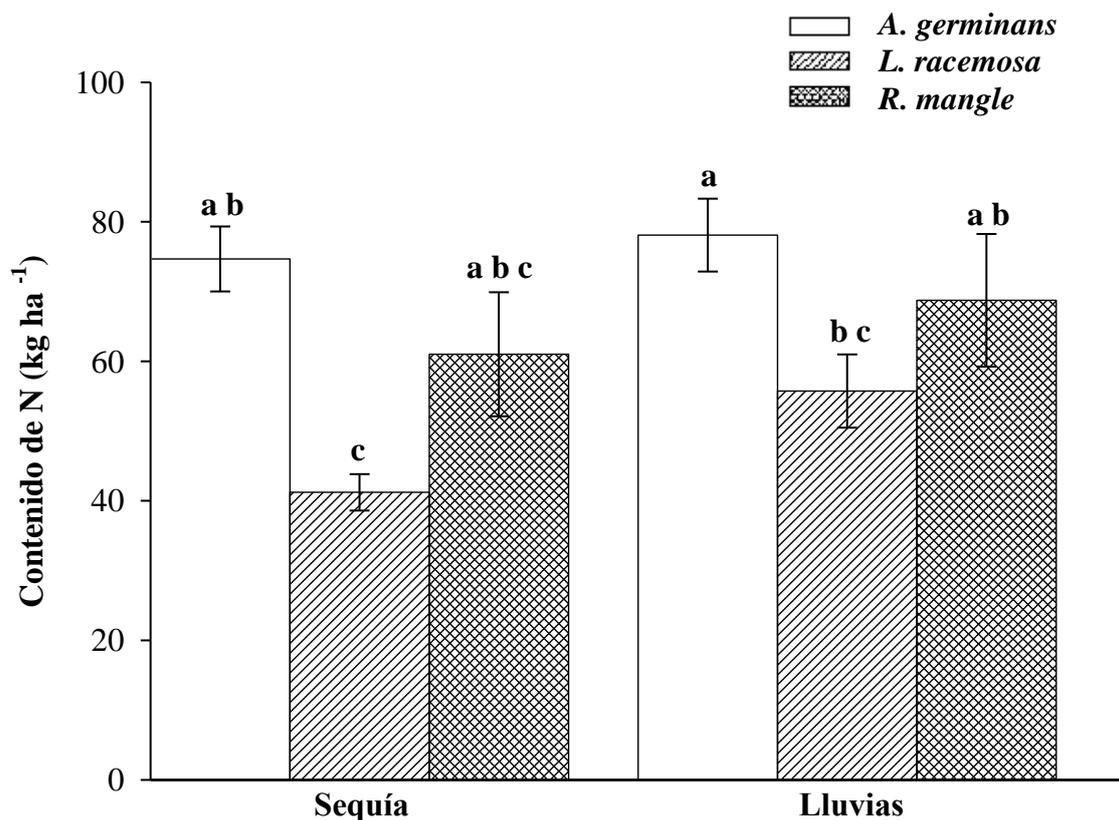


Figura 8. Contenido promedio de N en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con la época del año en San Blas, Nayarit.

Como se indicó previamente, comparando la respuesta a la condición de lluvia-sequía entre las especies (Figura 8), no se observó diferencia estadística significativa; sin embargo, en todos los casos la condición de lluvia incrementó los niveles de N. Lo anterior podría indicar una tendencia hacia un mayor aporte de N por efecto de las lluvias, remarcando nuevamente el efecto positivo de la lluvia en el ciclo de nutrientes. Los mayores niveles que se presentaron en *A. germinans* son posiblemente debido a que esta especie se desarrolla en sitios de aguas con poco movimiento y por tanto tiene una mayor oportunidad de reciclaje nutricional (Lugo, 1990), efecto que se ve potenciado por una mayor aportación de nutrientes por las lluvias.

El contenido de N de las especies de mangles estudiadas fue influenciado por la ubicación dentro de las zonas del estero donde se observó que el contenido de N para la zona baja del estero presentó un valor medio de 68.63 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de la zona alta del estero de 58.88 kg ha⁻¹, pero fue estadísticamente superior al promedio de 53.32 kg ha⁻¹ que presentó la zona media del estero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido promedio de N y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangle

Zona	Contenido de N (kg ha ⁻¹)
Alta	58.88 a b ^z
Media	53.32 b
Baja	68.63 a

^z Letras diferentes entre cada condición de estudio indican diferencia estadística. P = 0.05

En cuanto al contenido de N en las tres zonas estudiadas, la Figura 9 muestra que *A. germinans* presentó los valores absolutos mayores, seguido por *R. mangle* y *L. racemosa* en las zonas media y baja, en tanto que en la zona alta los valores absolutos menores respecto a *A. germinans* fueron *L. racemosa* y *R. mangle*. En la zona alta del estero *R. mangle* presentó un valor promedio de 45.50 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de *L. racemosa* de 49.06 kg ha⁻¹, pero inferior del valor promedio que presentó *A. germinans* de 78.22 kg ha⁻¹. En la zona media del estero el contenido de N presentó valores medios de 65.50 kg ha⁻¹, 55.333 kg ha⁻¹ y 46.14 kg ha⁻¹ para *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*, respectivamente, sin mostrar diferencias estadísticas significativas. En la zona baja del estero *A. germinans* presentó un valor promedio de 87.83 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de *R. mangle* de 77.40 kg ha⁻¹, pero superior del valor medio de *L. racemosa* de 48.75 kg ha⁻¹. Finalmente, entre cada especie estudiada, la zona del estero no afectó los contenidos medios de N en la hojarasca de *A. germinans* y *L. racemosa*; sin embargo, *R. mangle* en la zona alta del estero presentó un valor promedio de 45.50 kg ha⁻¹ significativamente menor en comparación al de la zona baja del estero (77.40 kg ha⁻¹) y la zona media del estero (55.33 kg ha⁻¹).

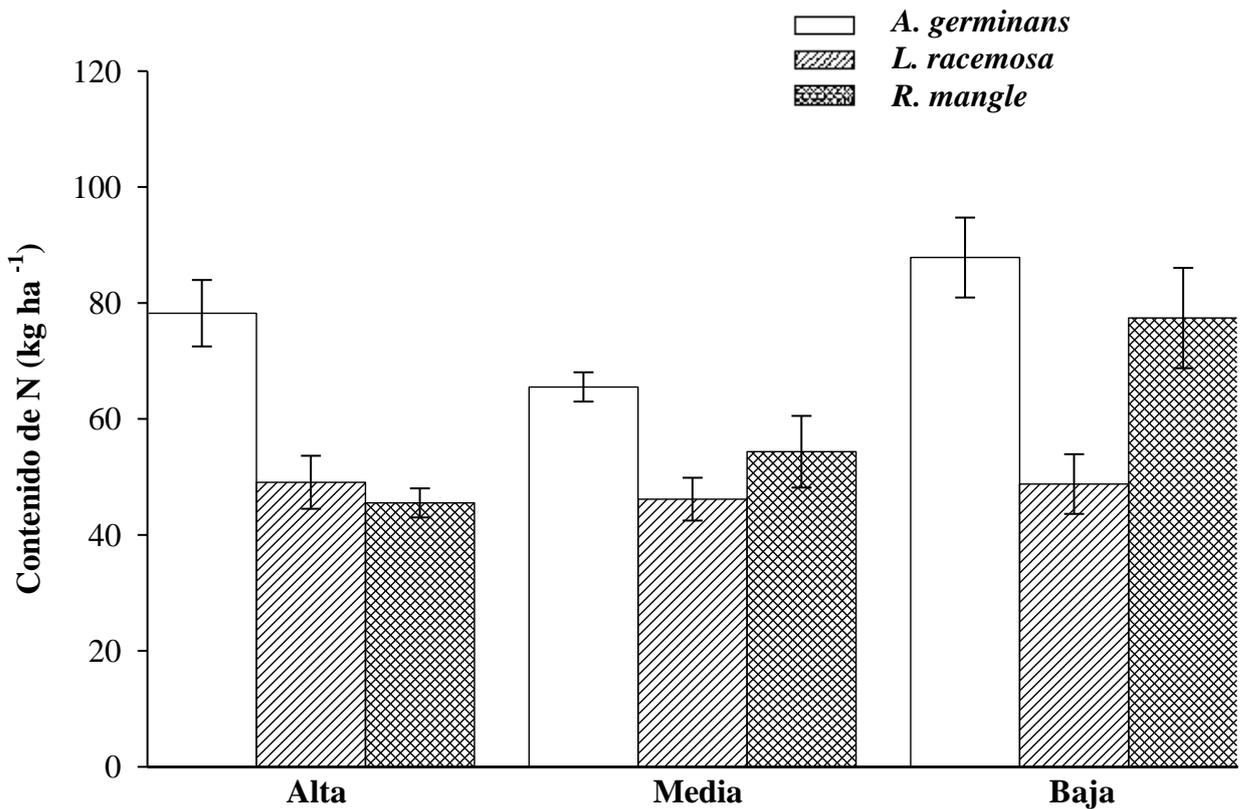


Figura 9. Contenido promedio de N en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit.

Sumado a la diferencia entre especies, Lugo (1998) menciona que, incluso dentro de un mismo sitio, la edad de la hoja es un factor adicional en la variabilidad de nutrimentos en general y de N en particular. Si se comparan los sitios de crecimiento de *Rhizophora* y las del género *Avicennia*, se observa que crecen en ambientes muy contrastantes, lo que ha llevado a sugerir que tales diferencias se explican porque *Rhizophora* es más común en ambientes con agua en movimiento, en tanto que *Avicennia* predomina en aguas tranquilas donde la oportunidad de reciclamiento es mayor y por tanto su contenido interno de nutrimentos aumenta (Lugo, 1990).

En los ecosistemas de manglar, tanto el hidroperiodo como el nivel de salinidad determinan la composición de la vegetación (Medina, *et al.*, 1995). En ese sentido, los contenidos medios de N encontrados en las diferentes zonas, reflejan tanto la capacidad de traslocación de cada especie como seguramente la interrelación con el grado de inundación. Lo anterior, sin embargo, no es un factor limitante para el crecimiento de las tres especies estudiadas ya que existieron poblaciones en todas las zonas de estudio. En otros estudios, se ha demostrado que los contenidos totales en hojas maduras de *A. germinans* presenta los valores nutrimentales más bajos si se comparan con *L. racemosa* y *R. mangle* y que esto

está en función de sus necesidades (Cuzzuol y Campos, 2001), cuyos valores difieren con nuestro estudio por la capacidad de reabsorción entre las especies. Aunque cabe mencionar que en otras especies de mangle se ha encontrado que más de 60 % del N es traslocado fuera de las hojas senescentes (Lin y Wang, 2001). Como señala Saenger y Snedaker (1993; citados por Imgraben y Dittmann, 2008), el clima y la época del año son factores que están asociados a la producción de biomasa, particularmente las hojas, lo que explica en parte el contenido de N en las zonas bajas. Como menciona Lin y Sternberg (2007) el N en *R. mangle* tiene una alta capacidad de traslocación por lo que la concentración en hojas senescentes disminuye significativamente, siendo en tal sentido *A. germinans* más eficiente en cuanto a reciclaje de nutrimentos que las otras dos especies.

5.1.2 Contenido de P y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero.

En el área de estudio se observó que *A. germinans* presentó un contenido mayor de P (3.24 Kg ha⁻¹) que *R. mangle* (1.22 kg ha⁻¹), pero estadísticamente similar a *L. racemosa* (1.64 kg ha⁻¹) (Figura 10). Medina *et al.* (1995) encontraron que *R. mangle* tienen mayor contenido de N, P, K en comparación con *L. racemosa* en la Laguna de Sontecomapan, Veracruz difiriendo con este estudio, mientras que Cuzzuol y Campos (2001) reportaron que *R. mangle* presentó menores contenidos de P, en comparación con *L. racemosa* del estuario del Rio Mucuri, Brasil coincidiendo con el presente estudio. Esta coincidencia se explica porque las hojas de *Rhizophora* se tornan amarillas durante la senescencia y traslocan el P antes de la abscisión (Silva y Sampaio, 1998; Feller *et al.*, 1999) en un 40 % mientras que otras especies de mangles presenta una traslocación de entre el 50 % y 60 % haciéndolos disponibles para la producción de nuevas estructuras. Este hecho, aumenta el uso de elementos absorbidos y reduce la dependencia de la planta del suministro del suelo (Lin y Wang, 2001) y que podría explicar los diversos depósitos de P en el sedimento (Silva y Sampaio, 1998).

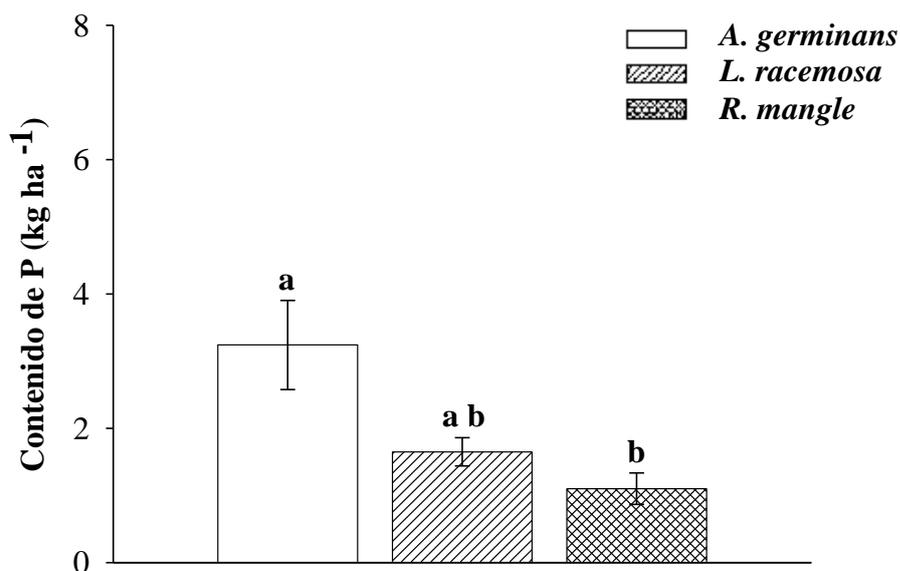


Figura 10. Contenido promedio de P en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* en San Blas, Nayarit.

Nielsen y Andersen (2003) encontraron que en el manglar de Bangrong la concentración de P en la hojarasca de *Rhizophora* estaba en el rango más bajo (0.03-0.11% y 0.01-0.06%), coincidiendo con el presente estudio en relación de que esta especie presenta los valores más bajos en su contenido de P. Lugo (1982) señala que algunas partes del árbol como hojas, frutos y flores tienen altos contenidos de nutrientes (0.8 mg P g⁻¹ en hojas) con reservas de 2 kg P ha⁻¹ y que se han encontrado diferentes contenidos de los elementos en las hojas de la misma especie, además de que las diferentes especies también acumularon elementos diferencialmente. El aumento en la permanencia de P en la hojarasca de mangle podría ser debido a la inmovilización de P por los microorganismos (Cuzzuol y Campos, 2001). Los microorganismos pueden influir el ciclo de P produciendo compuestos orgánicos refractarios de P. Esto se puede reflejar en el 50% del P unido a fracciones orgánicas en las hojas en descomposición (Nielsen y Andersen, 2003). La exportación de N y de P del bosque de mangle a los sistemas marinos costeros a través de la hojarasca es una función de la cantidad de hojarasca exportada y de las concentraciones de nutrientes (Silva *et al.*, 2007).

En términos generales, los contenidos de los elementos minerales de la hojarasca pueden afectar su estado de suministro en los árboles. Pero los contenidos en la hoja son influenciados por varios factores, tales como estación o época del año y el estado fisiológico de los árboles (Lin y Wang, 2001). El contenido de P para la época de sequía presentó un valor medio de 2.39 kg ha⁻¹ sin presentar diferencias estadísticas respecto a 1.87 kg ha⁻¹ en la

condición de lluvias (Cuadro 3). Lo anterior coincide con lo reportado por Lin y Wang (2001) quienes compararon los cambios en la traslocación eficiente de elementos durante la senescencia de las hojas y encontraron que en los meses que abarca el periodo de sequía las especies de mangles presentan menor capacidad de traslocación de P en comparación con el periodo de lluvias; lo anterior puede explicar en parte la mayor concentración de P encontrada durante la época de sequía en el presente estudio.

Cuadro 3. Contenido promedio de P y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangle

Época	Contenido de P (kg ha ⁻¹)
Sequía	2.39 a ^z
Lluvia	1.87 a

^zLetras iguales entre cada condición de estudio indican igualdad estadística. P = 0.05

Se puede decir que *A. germinans* presenta los valores absolutos mayores en el contenido de P, seguidos por *L. racemosa* y *R. mangle* en las dos condiciones de estudio (Figura 11). Durante la época de sequía *A. germinans* presentó un valor promedio de 4.21 kg ha⁻¹ estadísticamente igual al valor medio de *L. racemosa* de 1.42 kg ha⁻¹, pero superior del valor promedio de 0.83 kg ha⁻¹ que presentó *R. mangle*. Durante la época de lluvias no se encontraron diferencias estadísticas significativas, encontrando valores de 2.0 kg ha⁻¹, 1.88 kg ha⁻¹ y 1.50 kg ha⁻¹ para *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*, respectivamente. Finalmente, si comparamos los contenidos promedio entre cada especie estudiada la época del año, no se afectaron los contenidos medios de P en la hojarasca. Lin y Wang (2001) compararon la capacidad de traslocación de nutrimentos de tres especies de mangles y encontraron que *Rhizophora* presentó la menor capacidad de traslocación de P durante la senectud de las hojas en comparación con las otras especies; lo anterior indica que *Rhizophora* presentó mayor concentración de P lo cual difirió con lo reportado en este estudio.

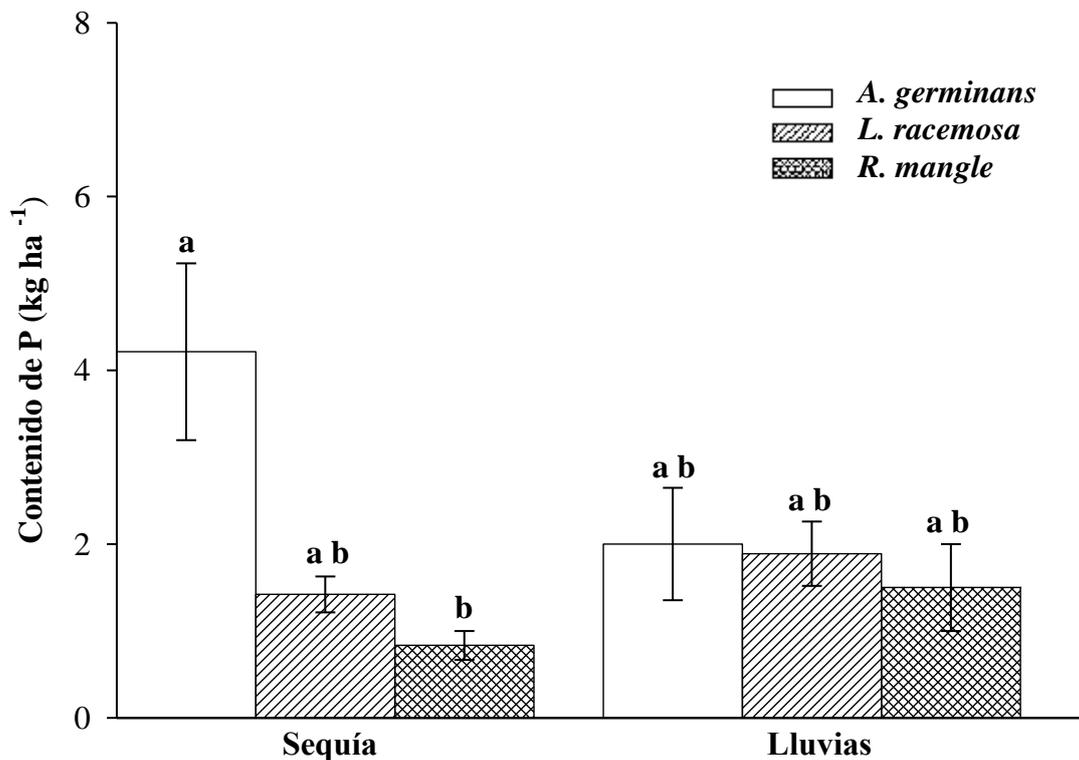


Figura 11. Contenido promedio de P en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con las épocas del año en San Blas, Nayarit.

En algunos humedales, la precipitación se convierte en la fuente principal de nutrientes. Los nutrientes entran al sistema con los flujos hidrológicos asociados a la precipitación (Lugo, 1982); sin embargo, como mencionamos anteriormente en el presente estudio, la época de lluvias no influyó en el contenido de P. En un estudio en Carolina del Norte, Yarbrow (1979; citado por Lugo, 1982) encontró que hasta el 8% del P que entró al bosque fue debido al aluvión provocado por la precipitación. La entrada promedio fue de 0.6 - 0.8 kg ha⁻¹ año⁻¹. Mientras que en un humedal de aguas tranquilas en Florida tenía una entrada de 1.2 kg ha⁻¹ año⁻¹ y el P que entró por la precipitación fue de 1 kg ha⁻¹ año⁻¹. Por lo tanto, la precipitación solamente podía suministrar el 83 % anual del P del humedal.

El contenido de P de las especies de mangles estudiadas no fue influenciado por la ubicación de las especies dentro de las zonas del estero. El Cuadro 4, muestra que el contenido de P para la zona alta, media y baja del estero no presentó diferencias estadísticas significativas teniendo valores medios de 2.50 kg ha⁻¹, 2.04 kg ha⁻¹ y 1.77 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 4. Contenido promedio de P y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangle

Zona	Contenido de P (kg ha ⁻¹)
Alta	2.50 a ^z
Media	2.04 a
Baja	1.77 a

^z Letras iguales entre cada condición de estudio indican igualdad estadística. P = 0.05

En cuanto al contenido de P por especie, la Figura 12 muestra que *A. germinans* tiene los contenidos de P más altos en las tres zonas del estero con una tendencia de disminuir (alta > media > baja), seguido de *L. racemosa* y *R. mangle* en las zonas alta y baja, en tanto que en la zona media los valores absolutos menores respecto a *A. germinans* fueron *R. mangle* y *L. racemosa*. El contenido de P entre especies para cada una de las zonas del estero no presentó diferencias estadísticas. Finalmente, entre cada especie estudiada, la zona del estero no afectó los contenidos medios de P en la hojarasca. Cuzzuol y Campos (2001) al realizar la comparación del contenido de P en bosques ribereños y bosques de bahía, encontraron que la mayor concentración de P fue en *A. germinans* seguido de *L. racemosa* y *R. mangle* coincidiendo este orden para las zonas alta y baja del estero pero difiriendo con la zona media de este estudio.

En un estudio de mangles altos en el parque de Matheson Hammock en Estados Unidos, Lin y Sternberg (2007) encontraron que éstos tenían contenidos más altos de N y de P en hojas senescentes que los de los mangles enanos; pero contenidos similares de N y de P en las hojas senescentes de mangles altos en Matheson Hammock y el sitio de Flamigo, lo que coincide con el presente estudio.

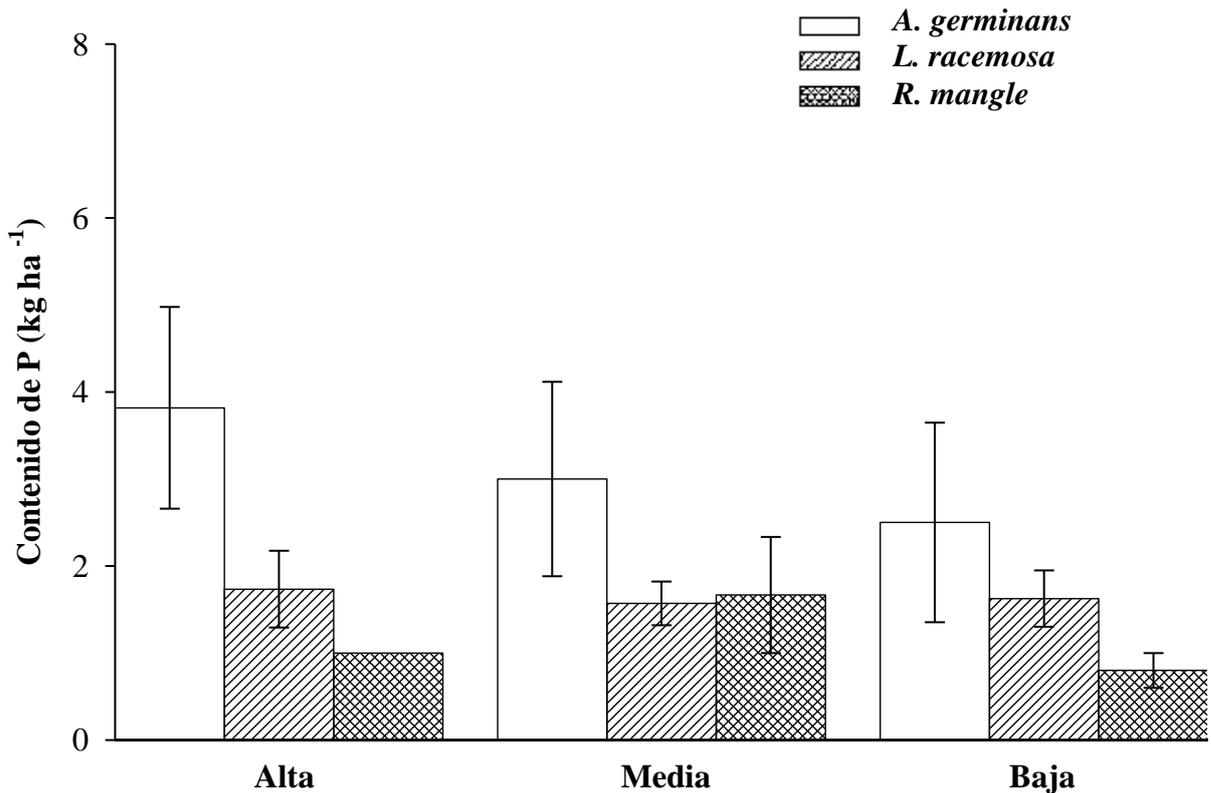


Figura 12. Contenido promedio de P en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit.

5.1.3 Contenido de K y su relación entre especies, épocas del año y zonas del estero.

El contenido de K no fue afectado por ninguno de los tres factores de estudio (especie, época del año y zonas del estero). En la Figura 13 se observa que para este estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el contenido de K en la hojarasca de las tres especies de mangle, teniendo el mayor contenido *A. germinans* (46.72 kg ha⁻¹) seguido de *L. racemosa* (43.02 kg ha⁻¹) y *R. mangle* (39.20 kg ha⁻¹). Medina *et al.* (1995) encontraron que *R. mangle* tiene mayor contenido de K en comparación con *L. racemosa* en la Laguna de Sontecomapan, Veracruz; lo cual difiere con este estudio. Mientras que Lacerda *et al.* (1985) encontraron que para la Bahía de Sepetiba, Río de Janeiro, la concentración interna de K presenta gran variabilidad, *R. mangle* y *L. racemosa* tienen concentración de K similares y *A. germinans* presentó contenidos diferentes de K significativamente menores en comparación de *R. mangle* y *L. racemosa*, lo cual contrasta con la presente investigación. El comportamiento de los elementos minerales, se explica por su función en el metabolismo de las plantas, la condición ambiental y las relaciones entre ellos, siendo en el caso particular de K su contribución al ajuste osmótico.

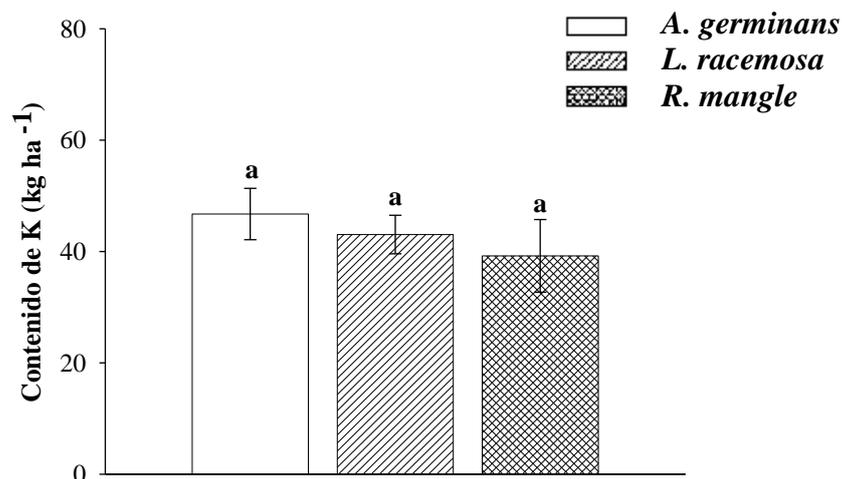


Figura 13. Contenido promedio de K en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* en San Blas, Nayarit.

Cuzzuol y Campos (2001) reportaron que *R. mangle* presentó menores contenidos de K, aunque estadísticamente son iguales, en comparación con *L. racemosa*, para el bosque de bahía del estuario del Rio Mucuri, Brasil, coincidiendo con el presente estudio, lo cual es explicado porque las hojas de *Rhizophora* durante la senescencia, translocan el K en un 25% antes de la abscisión (Silva y Sampaio, 1998; Feller *et al.*, 1999), mientras que otras especies de mangle presentan una traslocación de 30% de K (Lin y Wang, 2001), ya que al existir menor capacidad de traslocación de K antes de la abscisión, la hojarasca de mangle contiene una mayor concentración de este elemento. Cuzzuol y Campos (2001) mencionan que aunque las tres especies de mangles estudiadas poseen cualitativamente la misma necesidad nutricional, difieren en proporción y concentración de los niveles internos de elementos minerales, sobre todo en las bases intercambiables, encontrando que la composición mineral foliar de las especies de los manglares de Mucuri, Brasil, difieren entre sí en las concentración de bases intercambiables siguiendo un orden $K > Mg > Ca$ en *A. germinans*, $Ca > Mg > K$ en *L. racemosa* y $Ca > Mg > K$ en *R. mangle*.

El Cuadro 5 presenta los contenidos de K durante las épocas del año donde se observa que tanto la época de sequía como la de lluvia no presentaron diferencias estadísticas significativas, teniendo valores medios de 44.33 kg ha⁻¹ y 43.12 kg ha⁻¹, respectivamente. Lo anterior coincide con lo reportado por Lin y Wang (2001) quienes compararon los cambios en la traslocación eficiente de elementos durante la senescencia de las hojas y encontraron que en los meses que abarca el periodo de sequía las especies de mangles presentan menor

capacidad de traslocación de K en comparación con el periodo de lluvias; lo anterior puede explicar en parte la mayor concentración de K encontrada durante la época de sequía.

Cuadro 5. Contenido promedio de K y su relación con las épocas del año en hojarasca de tres especies de mangle

Época	Contenido de K (kg ha⁻¹)
Sequía	44.33 a ^z
Lluvia	43.12 a

^z Letras iguales entre cada condición de estudio indican igualdad estadística. P = 0.05

En la Figura 14 se observa que *A. germinans*, durante el periodo de sequía y de lluvias, presentó los valores medios más altos de K seguido de *L. racemosa* y *R. mangle*. La época de sequía y de lluvias no influyó en el contenido de K en ninguna de las tres especies siendo estadísticamente iguales. Finalmente, entre cada especie estudiada la época del año no afectó los contenidos medios de K en la hojarasca. Lin y Wang (2001) encontraron que *Rhizophora* mostró una traslocación menor de K durante la época de sequía en comparación con la época de lluvias, por lo tanto, la hojarasca de *Rhizophora* presentó el mayor contenido de K durante la sequía, no siendo así para el presente estudio donde se observaron valores de 38.00 kg ha⁻¹ y 41.00 kg ha⁻¹, para sequía y lluvias, respectivamente. *Rhizophora* de igual manera manifestó tener una capacidad de traslocación intermedia de K tanto en sequía como lluvias en comparación con otras especies de mangle. Lo anterior difiere con este estudio en el sentido de que *Rhizophora* presentó los contenidos más bajos de K para las dos épocas del año.

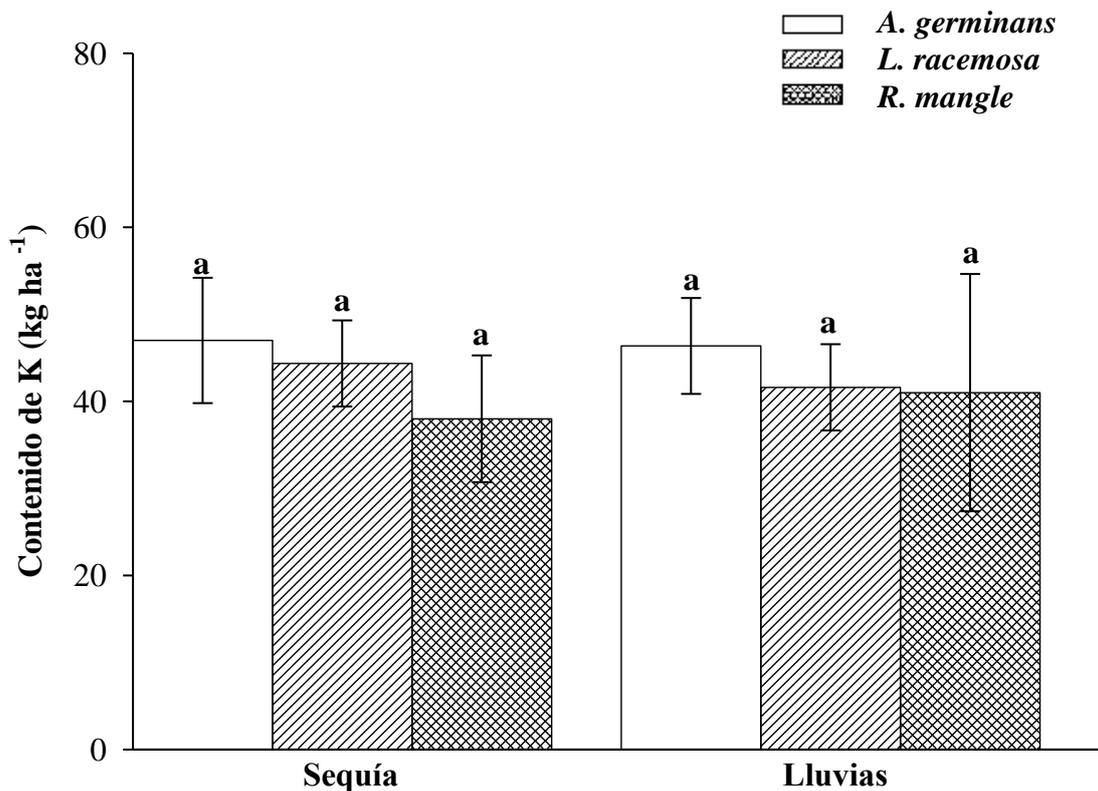


Figura 14. Contenido promedio de K en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con las épocas del año en San Blas, Nayarit.

El contenido de K de las especies de mangles estudiadas no fue influenciado por la ubicación de las especies dentro de las zonas del estero. En el Cuadro 6 se muestra que el contenido de K para la zona alta (42.71 kg ha⁻¹), media (43.88 kg ha⁻¹) y baja (45.21 kg ha⁻¹) del estero no presentó diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, estudios realizados por Lacerda *et al.* (1985) reportaron que los niveles de K variaron entre los diferentes sitios estudiados para la Bahía de Sepetiba en Río de Janeiro, lo cual no coincide con el presente estudio.

Cuadro 6. Contenido promedio de K y su relación con las zonas del estero en hojarasca de tres especies de mangle

Zona	Contenido de K (kg ha ⁻¹)
Alta	42.71 a ^z
Media	43.88 a
Baja	45.21 a

^z Letras iguales entre cada condición de estudio indican igualdad estadística. P = 0.05

En la zona alta, media y baja del estero (Figura 15) no se encontraron diferencias estadísticas significativas para ninguna de las especies estudiadas, pero se observó una tendencia de los contenidos promedio de K. En la zona alta *R. mangle* tiene los valores mayores seguido de *A. germinans* y *L. racemosa*. En la zona media *L. racemosa* presentó el mayor contenido y el menor *A. germinans*. Mientras que en la zona baja los contenidos más altos de K los presentó *A. germinans* seguido de *L. racemosa* y *R. mangle*.

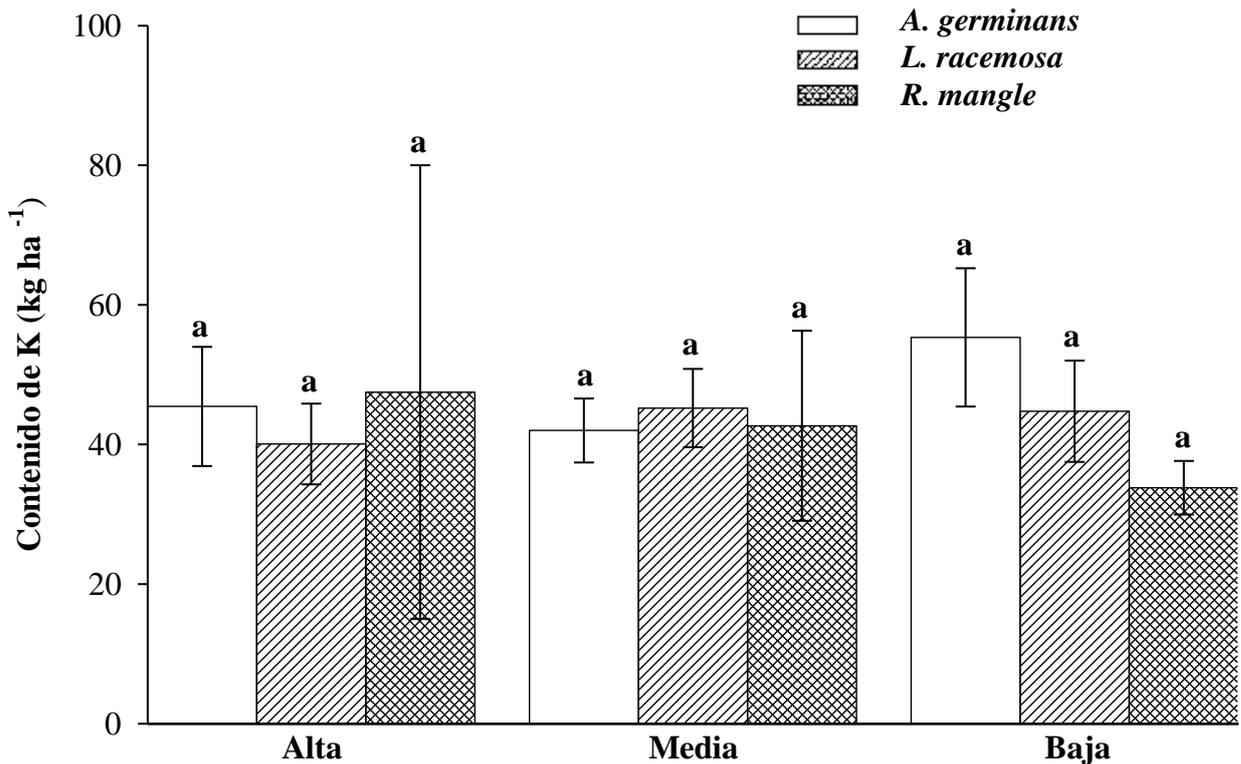


Figura 15. Contenido de K en la hojarasca de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* y su relación con las zonas del estero en San Blas, Nayarit.

Cuzzuol y Campos (2001) realizaron una comparación de tres diferentes sitios y su relación con el contenido de K en *A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*, encontrando diferencias entre bosques ribereños (margen del río) y bosques de bahía (interior), con un mayor contenido de K para *A. germinans* seguido de *R. mangle* y *L. racemosa* en el bosque ribereño, en tanto que hacia el interior se presentan diferencias entre todas las especies, teniendo *A. germinans* la mayor concentración, *L. racemosa* una concentración media y *R. mangle* la menor, comportamiento que en nuestro estudio coincide únicamente con la zona baja del estero ya que tienen la misma tendencia en su concentración.

Lacerda *et al.* (1985) compararon la concentración mineral en hojas de árboles de mangles para dos diferentes sitios (estación 1 y estación 2), quienes encontraron que los dos sitios

presentaron diferencias en la concentración de cationes (Na, K, Ca): la estación 1 presentó los valores más altos para todos los elementos. Este resultado se vio atribuido a la cercanía del mar a este sitio; así mismo estos autores encontraron que la especie de *A. germinans* presentó para cada uno de los sitios contenidos menores significativos en comparación con *R. mangle* y *L. racemosa* y al realizar la comparación de la misma especie en diferentes sitios se observa que existieron diferencias significativas, lo cual tampoco coincide con lo encontrado en el presente estudio.

6. CONCLUSIONES

- a) Los contenidos de N y P variaron significativamente en la hojarasca de las tres especies de mangle, no siendo así para el K. *Avicennia germinans* fue la especie que presentó los contenidos promedio más altos de N (76.30 kg ha^{-1}), P (3.24 kg ha^{-1}), K (46.72 kg ha^{-1}) en comparación con *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.
- b) La época del año influyó de manera significativa en el contenido de N, con valores promedio de 64.33 kg ha^{-1} y 55.27 kg ha^{-1} para lluvias y sequía, respectivamente. Aunque estadísticamente los contenidos promedio de P (2.39 kg ha^{-1} y 1.87 kg ha^{-1}) y K (44.33 kg ha^{-1} y 43.12 kg ha^{-1}) son iguales tanto en sequía como en lluvias, respectivamente, se presentó un contenido mayor de estos durante la sequía. Tanto en sequía como en lluvias *A. germinans*, tuvo tendencia a presentar los valores promedio mayores de N, seguido por *R. mangle* y *L. racemosa*. Para el caso de P y K, la tendencia fue *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*.
- c) La zona baja del estero presentó un valor promedio de $68.63 \text{ kg de N ha}^{-1}$, diferente significativamente respecto a las zona alta ($58.88 \text{ kg de N ha}^{-1}$) y media ($53.22 \text{ kg de N ha}^{-1}$). Entre las especies en cada zona del estero *A. germinans* presentó los valores promedios mayores para N, no encontrándose diferencias para P y K.
- d) Los datos encontrados permiten afirmar que la mayor variabilidad en el contenido de N es atribuida a la especie y a su ubicación en el estero; la variación en el contenido de P es atribuida a la especie; mientras que los contenidos de K no se vieron afectados por ninguna de las condiciones de estudio.

7. LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 156p.
- Alongi, D. M.; K. G. Boto and A. I. Robertson. 1992. Nitrogen and Phosphorus Cycles. In Robertson, A. I. and D. M. Alongi (Eds). *Tropical Mangrove Ecosystems*. 251-292.
- Bashan, Y. and G. Holguin. 2002. Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. *Tree* 16:159-166.
- Binkley D. 1993. Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo. Ed. Limusa. México, D. F. 518p.
- Boto, K. G. and J. T. Wellington. 1983. Phosphorous and nitrogen nutritional status of a Northern Australian Mangrove Forest. *Marine Ecology Progress Series* 11: 63-69.
- Boto, K. G. and J. T. Wellington. 1984. Soil characteristics and nutrient status in a Northern Australian Mangrove Forest. *Estuaries* 7: 61-69.
- Brinson, M. M.; A. E. Lugo and S. Brown. 1981. Primary productivity, decomposition and consumer activity in freshwater wetlands. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 12: 123-161.
- CATIE. 1999. Nota técnica sobre el Manejo de Semillas Forestales No. 96. *Avicennia germinans* (L.) Stearn, *Laguncularia racemosa* (L) Gaertn f. y *Rhizophora mangle* L. Turrialba, Costa Rica. 6p.
- CONABIO. 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. CONABIO. México. 38p.
- CONAFOR. 2007. Ecología y restauración de los manglares. Comisión Nacional Forestal, México. 86p.
- CONAFOR, 2008a. *Avicennia germinans*. Fichas Técnicas elaboradas por el Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Avicennia%20germinans.pdf> [Fecha de consulta: 15 noviembre 2008]
- CONAFOR. 2008b. *Laguncularia racemosa*. Fichas Técnicas elaboradas por el Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Laguncularia%20recemosa.pdf> [Fecha de consulta: 18 noviembre 2008]
- CONAFOR. 2008c. *Rhizophora mangle*. Fichas Técnicas elaboradas por el Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Rhizophora%20mangle.pdf> [Fecha de consulta: 19 noviembre 2008]
- CONAFOR. 2008d. *Rhizophora mangle*. Fichas Técnicas elaboradas por el Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF). CONAFOR. http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Rhizophoramangle [Fecha de consulta: 19 noviembre 2008]

- Corella J., F. 2003. Estructura, fenología y repoblación natural de un manglar en pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 131p.
- Cuzzuol, G. R. F; A. Campos. 2001. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. *Revta Brasil. Bot., São Paulo* 24 (2): 227-234.
- Domínguez D., M. 1994. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Rhizophora mangle* L. bajo diferentes condiciones de sustrato e intensidad de luz. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 150p.
- FAO, 2007. The world's Mangrove 1980-2005. A thematic study prepared on the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Working paper No. 153. Rome.
- Feller, I. C.; D. F. Whigman; J. P. O'Neill and K. L. McKee. 1999. Effects of nutrient enrichment on within-stand cycling in a mangrove forest. *Ecology* 80(7): 2193-2208.
- Feller, I. C.; D. F. Whigham; K. L. McKee and J. P. O'Neill. 2002. Nitrogen vs. Phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. *Biogeochemistry* 62: 145-175.
- Flores V., F.; C. M. Agraz H.; D. Benítez P. 2002. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. *Conservación y restauración*: 147-166.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. México, D. F. 217p.
- Granados S., D.; G. López R.; F. de J. Martínez V. y J. Martínez C. 1998. Los manglares de Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Ambientales* 4(2): 253-265.
- Gómez L., J. M. del C.; R. Flores R. 2003. El fascinante mundo del manglar. Secretaría de Marina Armada de México, IV Sector Naval Militar de Chetumal, Quintana Roo. 40 p.
- Holguín, G.; Y. Bashan; R. A. Mendoza S.; E. Amador; G. Toledo; P. Vázquez y A. Amador. 1999. La microbiología de los manglares: Bosques en la frontera entre el mar y la tierra. *Ciencia y desarrollo* 144: 27-35.
- Imgraben, S. y S. Dittmann. 2008. Leaf litter dynamics and consumption in two temperate South Australian mangrove forest. *Journal of Sea Research* 59: 83-93.
- INEGI. 2000. Anuario estadístico de Nayarit. http://ssrs.yale.edu/egcdl/pdfs/Nayarit/2000/Nayarit_2000_12.pdf [Fecha de consulta: 25 Octubre 2008]
- INEGI. 2006. Anuario estadístico de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. INEGI. México. 256p.
- INIREB. 1985. El manglar. INIREB INFORMA. Comunicado No. 21 sobre recursos bióticos. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos A.C. 6p.

- Jiménez, J. A y A. E. Lugo. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Mangle prieto. Familia Avicenniaceae. USDA Forest Service. Puerto Rico. 6p.
- Jiménez, J. A. 1985a. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. Mangle blanco. Familia Combretaceae. USDA Forest Service. Puerto Rico. 4p.
- Jiménez, J. A. 1985b. *Rhizophora mangle* L. Mangle rojo. Familia Rhizophoraceae. USDA Forest Service. Puerto Rico. 7p.
- Kristensen, E.; M. Holmer; G. T. Banta; M. H. Jensen and K. Hansen. 1995. Carbon, nitrogen and sulfur cycling in sediments of the Ao Nam Bor Mangrove Forest, Phuket, Thailand: a review. *Phuket mar. boil. Cent. Res. Bull* 60:37-64
- Lacerda, L. D.; C. E. Rezende; D. Vilela J.; J. C. Wasserman and M. C. Francisco. 1985. Mineral Concentrations in Leaves of Mangrove Trees. *Biotropica* 17 (3): 260-262
- Lacerda, L. D.; D. Vilela J.; C. E. Rezende; M. C. Francisco; J. C Wasserman. and J. C. Martins. 1986. Leaf chemical characteristics affecting herbivory in a New World mangrove forest. *Biotropica* 18 (4):350-355.
- Lin, P. y Wang W. 2001. Changes in the leaf composition, leaf mass and leaf area durin leaf senescence in three species of mangroves. *Ecological Engineering* 16: 415-424.
- Lin, P. and L. da S. L. Sternberg. 2007. Nitrogen and phosphorus dynamics and nutrient resorption of *Rhizophora mangle* leaves in South Florida, USA. *Bulletin of Marine Science* 80: 159-169.
- López P., J y E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques Número especial*: 27-51.
- Lugo, A.E. 1982. Some aspects of the interaction among nutrient cycling, hydrology, and soils in wetlands. *Water International* 7: 178-184.
- Lugo, A. E. 1990. Mangroves of the Pacific islands: research opportunities. Gen. Tech. Rep. PSW-118. Berkeley, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 13p.
- Lugo, A. E. 1998. Mangrove Ecosystem Research with Emphasis on Nutrient Cycling. *Ecology Today: An Anthology of Contemporary Ecological Research*: 279-305.
- Marie Selby Botanical Gardens. 2008. MANGROVES OF FLORIDA. Selby Botanical Gardens Press. Marie Selby Botanical Gardens, USA. <http://www.selby.org/index.php?src=gendocs&link=Mangroves&category=Plants%20%26%20Collections> [Fecha de consulta: 25 septiembre 2008]
- Martínez C., G. El manglar como capital de servicios ambientales. Bios Iguana A.C. Colima, México. http://www.senado.gob.mx/comisiones/LX/cyt/content/presentaciones/docs/Martinez_Campos.pdf [Fecha de consulta: 8 diciembre 2008]
- Martínez, M. 1979. Catalogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1220p.

- Medina, E.; A. E. Lugo y A. Novelo. 1995. Contenido Mineral del Tejido Foliar de Especies de Manglar de la Laguna de Sontecomapan (Veracruz, México) y su Relación con la Salinidad. *Biotropica* 27(3): 317-323.
- Mfilinge, P. L.; N. Atta and M. Tsuchiya. 2002. Nutrient dynamics and leaf litter decomposition in a subtropical mangrove forest at Oura Bay, Okinawa, Japan. *Trees* 16: 172- 180.
- MOBOT. 2008. Mapa de distribución de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*. Missouri Botanical Garden. http://mobot1.mobot.org/website/map_post.asp. [Fecha de consulta: 15 octubre 2008]
- Moreno C., P.; J. L. Rojas G.; D. Zárate L.; M. A. Ortiz P.; A. L. Lara D. Y T. Saavedra V. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: Distribución, vínculo de los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques Número especial*: 61-88.
- Naskar, K. y Mondell R. 1999. Ecology and Biodiversity of Indian Mangroves. Tomo II. Morpho-anatomy of mangroves. 754 p.
- Nicholls, P.; A. M. Schwarz and N. Hancock. 2004. Nutrient enrichment in mangrove ecosystems: a growing concert. *Water & Atmosphere* 12 (4): 16-17.
- Nielsen, T. and F. O. Andersen. 2003. Phosphorus dynamics during decomposition of mangrove (*Rhizophora apiculata*) leaves in sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 293: 73-88.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM- Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523p.
- Pugibet, E., Vega, M., Geraldés, F. 2006. Protocolo de Monitoreo a Largo Plazo, Estuario Yuna-Barracote y Bahía de Samana, República Dominicana. Preparado por The Nature Conservancy. Santo Domingo: Acuario Nacional. 84p.
- Ramos S., C. A.; S. R. Oliveira; R. D. P. Rego; A. A. Mozeto. 2007. Dynamics of phosphorus and nitrogen through litter fall and decomposition in a tropical mangrove forest. *Marine Environmental Research* 64: 524-534.
- Rey, J. R y C. R. Rutledge. 2002. Los mangles. Departamento de Entomología y Nematología, del Servicio de Extensión Cooperativo de la Florida, del Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, University of Florida. ENY-660S (IN196). 6p.
- Robertson, A.I., Alongi, D.M. and Boto, K.G. 1992. Food chains and carbon fluxes. In: Robertson, A.I. and Alongi, D.M. (Eds.) *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington, DC. 293-326.
- Rocha G., V. 2003. Repoblación de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. en el Ejido Villa Juárez, Nayarit. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 91p.
- Rodríguez, F., H; A. J. Rodríguez. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. México. Editorial Trillas: UANL. 196p.

- Rogers, J. Bsc (Hons). 1997. Nutrient Dynamics and Productivity in Mangrove Ecosystems. Thesis for the degree of Bachelor of Science. Australia. 71p.
- Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 432 p.
- Saenger, P; S. C. Snedaker. 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia* 96: 293-299.
- SAS, 1999. SAS Procedures Guide Version 6.04. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Silva, C.A.R. and Sampaio, L.S., 1998. Speciation of phosphorus in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. *Mangroves and Salt Marshes* 02 (01), 59–62.
- Silva, C. A. R.; S.R. Oliveira; R. D. P. Rego and A. A. Mozeto. 2007. Dynamics of phosphorus and nitrogen through litter fall and decomposition in a tropical mangrove forest. *Marine Environmental Research* 64: 524-534.
- STRI. 2000. Manglares en Panamá: Viviendo en el límite. Un Puente entre el Currículo de Panamá y el Programa Educativo Ambiental Marino del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales STRI. Oficina de Educación. Programa de educación Ambiental Marino del STRI. 4p.
- Tomlinson, P. B. 1986. The Botany of Mangrove. Cambridge University Press, Cambridge. 99p.
- Torres G., N. 2005. Necesidad de un estudio lingüístico de la fitonimia de la Flora del Manglar para un mejor manejo de los recursos costeros. *CIGET Pinar del Río* 7 (1): enero- marzo (trimestral) <http://www.ciget.pinar.cu/No.2005-1/manglar.htm> [Fecha de consulta: 21 agosto 2008]
- Tovilla H., C. 2005. Inventario forestal de los bosques de manglar de la costa de Chiapas. Resumen del I Taller sobre Manglares de la Península de Baja California: Diagnóstico y Perspectivas de Investigación. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La Paz, Baja California Sur 3 y 4 de Noviembre.
- Urrestarazu G., M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Universidad de Almería. Barcelona, España. 914p.
- Valdez H., J. I. 1991. Estructura fisonómica del bosque de mangle de la laguna de Agua Brava, Nayarit. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo, Estado de México. 263p.
- Valdez H., J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. *Madera y Bosques Numero Especial* 1: 129-145.
- Valdez H., J. I. 2004. Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. *Madera y Bosques número especial* 2: 93-104.
- Von P., H. 1990. El manglar como ecosistema esencial. <http://www.villegaseditores.com/loslibros/9589138497/esencial.php> [Fecha de consulta: 30 noviembre 2008]

- Yáñez A., A.; R. R. Twilley y A. L. Lara D. 1998. Los ecosistemas del manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques* 4(2): 3-19.
- Yáñez E., L. 1999. Efectos de la inundación en la madera y la corteza de las principales especies del bosque de mangles en el estero El Conchal, Nayarit. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 129p.
- Zheng, W.; W. Wang and P. Lin. 1999. Dynamics of element during the development of hypocotyles and leaves of certain mangrove species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 233 (2): 247-257.