

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

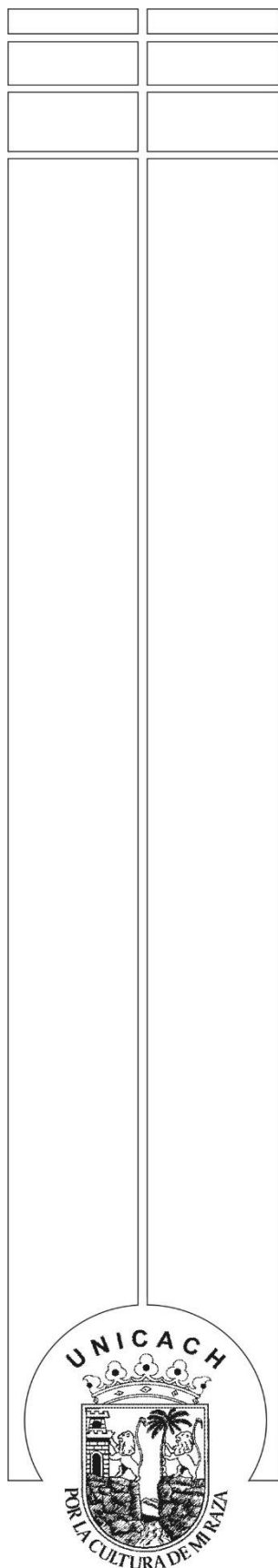
**T E S I S**

ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN DEL  
MANGLAR EN LOS MUNICIPIOS DE  
TONALÁ Y PIJIJAPAN CHIAPAS

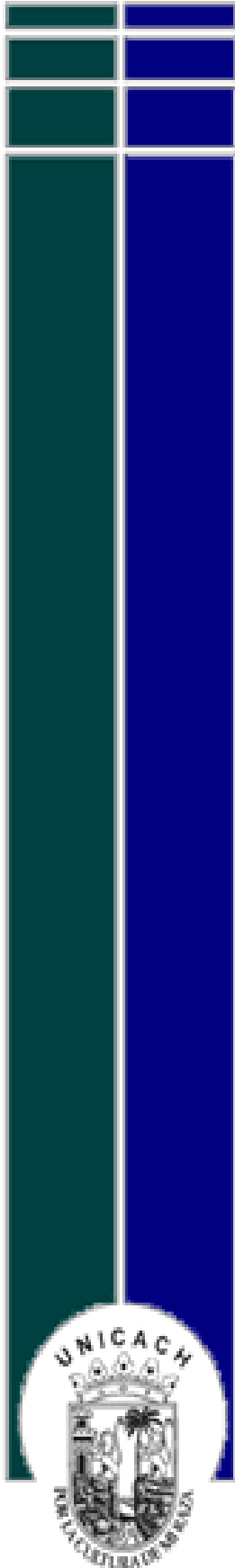
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA  
MARINA Y MANEJO INTEGRAL DE  
CUENCAS**

PRESENTA

**ERIKA MARÍA VILLATORO ARREOLA**







# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## TESIS

ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN DEL  
MANGLAR EN LOS MUNICIPIOS DE  
TONALÁ Y PIJIJAPAN CHIAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA  
Y MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**ERIKA MARIA VILLATORO ARREOLA**

Director

DR. CRISTIAN TOVILLA HERNÁNDEZ

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, UNIDAD TAPACHULA

Asesor

M. EN. C. JOSÉ REYES DÍAZ GALLEGOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS, UNICACH

Tonalá, Chiapas

Enero de 2018

# **DEDICATORIA**

**A DIOS**

**Por crear la tierra, el mar y entre ellos el manglar**

**A MI MADRE**

**Que me concede la mejor de las herencias: La educación**

**A MI HERMANA**

**Quien, sin duda, es mi persona favorita**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Departamento de Agricultura del Servicio Forestal de los Estados Unidos (siglas en inglés, USDA) por la beca otorgada del proyecto: “Establish a New Intensive Carbon Monitoring Site in La Encrucijada, Chiapas, México”. Convenio 15-JV-11242315-10.

Al proyecto: “Inventario y Monitoreo del Estado actual de los Bosques de Manglar en Chiapas y Oaxaca”, dirigido por el Dr. Cristian Tovilla Hernández. Parte importante del financiamiento, salidas de campo y viáticos al área de estudio.

Al Dr. Cristian Tovilla Hernández, por su amistad, paciencia y dirección en este trabajo.

Al M. en C. José Reyes Díaz Gallegos por su amistad y aportes valiosos a este trabajo.

A mis compañeros I.Q. Juan Carlos de la Presa, I. F. Alejandro Lan Ramírez y Andrea de la Cruz, por el apoyo en la colecta de datos y las tardes compartidas, han sido para mí un gran aprendizaje.

Al Mtro. Javier Valle Mora por el apoyo invaluable en los análisis estadísticos, su amistad y paciencia al transmitirme nuevos conocimientos.

A mi madre, Gregoria Arreola Ruiz, por su total entrega, comprensión, apoyo y las sutiles reprensiones que, sin duda alguna, son de la mujer que más me ama.

A Karla Villatoro, por la compañía y las palabras de motivación en momentos de total desconcierto, por esas manos que trabajaron en apoyar mi sueño. Hoy fue por mí, mañana será por ti.

Y a todos aquellos individuos que de una u otra manera formaron parte de la historia adjunta a este trabajo... Agradecida con todos ustedes.

***“La educación ayuda a la persona a aprender a ser lo que es capaz de hacer. Hesiodo”***

## Una charla con mi amiga *Avicennia*

22/Febrero/2017 5:35 pm

En un lugar recóndito de San José

Hoy tuve una charla con mi amiga *Avicennia*; en varias ocasiones tuve el privilegio de verla y hasta tomarme fotos con ella; sin tanto contacto observar sus retoños y botones en espera de su floración. Pero hoy, fue impactante encontrarla pacífica y dominante en un borde de suelo seco, como pensando coronar al curioso que se atreviese llegar hasta ella. Mientras los varones se confundían, observaba, me acerqué y coloqué la espalda sobre un árbol robusto y chueco que encontré. Entre el vaivén de las hojas anchas y oblongas escuché una voz que preguntó mi nombre, -Me llamo Erika, y ¿tu? -respondí. *Avicennia bicolor*- escuché enseguida. Así comenzó una pequeña charla entre amigas.

Se acordaba de mí, hacía dos años atrás nos conocimos, me preguntó por un viejo amigo, chaparrito y güerito: -está bien, también él te extraña-respondí. Me platicó con tristeza las ocasiones en que ha visto morir a su amiga *Laguncularia*, unas ocasiones son por tormentas con descargas eléctricas y otras por la motosierra del hombre, hecha tablas y sin corteza se la llevan a jalones entre la humedad del bosque. Mi amiga *Avicennia* observa que algunas de su especie ya están viejas mientras otras juveniles se estiran con orgullo bajo el alto dosel.

Ella piensa que corre peligro; para no preocuparla más le compartí que tenía planes de protegerla, igual que su viejo amigo. Era tarde y la hora de partir llegó, le pedí un favor: - *Avicennia*, no sé cuándo volveremos a vernos, mientras eso pasa, haz que tu voz llegue a la consciencia de todo humano que conozca tu belleza, para transmitir vida por medio de tu rareza- me despedí.

La recuerdo con cariño, ahora es parte de mí...

# ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1	Generalidades del manglar.....	5
2.1.1	Ecosistema de manglar.....	5
2.1.2	Distribución del manglar.....	5
2.1.3	Valor ecológico y servicios ambientales.....	6
2.1.4	Características de cada especie de manglar.....	7
2.1.5	Esquemas de conservación.....	10
2.1.6	Indicadores de biodiversidad.....	11
2.1.7	Legislación.....	11
2.2	Sistemas de información geográfica.....	13
III	ANTECEDENTES.....	15
IV	OBJETIVOS.....	18
4.1	Objetivo general.....	18
4.2	Objetivos particulares.....	18
V	Hipótesis.....	19
VI	ZONA DE ESTUDIO.....	20
6.1	Sistema lagunar Mar Muerto.....	20
6.2	Sistema lagunar La Joya Buenavista.....	22
6.3	Sistema lagunar Los Patos Solo Dios.....	24
VII	METODO.....	26
7.1	Toma de datos en campo.....	26
7.2	Procesamiento de datos tomados en campo.....	29
7.3	Variación estructural entre dos monitoreos del manglar en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.....	32
7.4	Propuesta de polígono de conservación en Los Patos Solo Dios.....	33
7.5	Análisis estadístico.....	35

VIII	RESULTADOS.....	36
8.1	Sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.....	36
8.1.1	Estructura del bosque de manglar.....	36
8.1.2	Extracción y mortalidad natural.....	40
8.1.3	Regeneración natural.....	44
8.2	Sistema lagunar Los Patos Solo Dios.....	48
8.2.1	Estructura del bosque de manglar.....	48
8.2.2	Extracción y mortalidad natural.....	53
8.2.3	Regeneración natural.....	58
8.3	Variación estructural entre dos monitoreos del manglar en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.....	61
8.3.1	Índices forestales por especie y zonas.....	61
8.3.2	Parámetros estructurales por especie, tipo de bosque y zonas.....	65
8.3.3	Categorías diamétricas por especie y zonas.....	68
8.3.4	Extracción y mortalidad por especie y zonas.....	74
8.4	Propuesta de polígono de conservación en Los Patos Solo Dios.....	77
IX	DISCUSIÓN.....	82
X	CONCLUSIÓN.....	88
XI	PROPUESTAS.....	90
XII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
XIII	ANEXOS.....	109
	Anexo A. Valores de F y P de los sistemas lagunares Mar Muerto-La Joya Buenavista y Los Patos Solo Dios	109
	Anexo B. Ficha informativa con estructura de estudio previo justificativo del Sistema Lagunar Los Patos Solo Dios	110



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación por tipo de rodal, categoría y asociación de especies en nueve unidades de muestreo (UM). <i>Avicennia germinans</i> (Ag), <i>Avicennia bicolor</i> (Ab), <i>Conocarpus erectus</i> (Ce), <i>Laguncularia racemosa</i> (Lr) y <i>Rhizophora mangle</i> (Rm).	36
Cuadro 2	Parámetros estructurales (Promedio $\pm$ desviación estándar) de cuatro especies encontradas en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista. Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.5$ ).	37
Cuadro 3	Índice de Valor de Importancia (IVI) registrada para las cuatro especies del sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista	38
Cuadro 4	Índice de Complejidad de Holdridge para el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista; número de especies (s), densidad de individuos (d), área basal (b) y altura (h).	38
Cuadro 5	Clasificación por tipo de bosque, categoría y asociación de especies en 45 UM. <i>Avicennia germinans</i> (Ag), <i>Avicennia bicolor</i> (Ab), <i>Conocarpus erectus</i> (Ce), <i>Laguncularia racemosa</i> (Lr) y <i>Rhizophora mangle</i> (Rm).	48
Cuadro 6	Parámetros estructurales (Promedio $\pm$ desviación estándar) de las especies encontradas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios. Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.5$ ).	50
Cuadro 7	Índice de Valor de Importancia (IVI) registrada para las cinco especies de mangle en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	51
Cuadro 8	Extracción por categorías diamétricas para las cuatro especies reportadas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	55
Cuadro 9	Mortalidad natural por categoría diamétrica para las especies reportadas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	56
Cuadro 10	Variación del Índice de Valor de Importancia (IVI) en un periodo de cuatro años para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	61

Cuadro 11	Variación del Índice de Complejidad de Holdridge en un periodo de cuatro años para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	62
Cuadro 12	Variación por zonas del Índice de Complejidad de Holdridge para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	63
Cuadro 13	Comparación por zonas del Índice de Valor de Importancia en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios para un periodo de cuatro años.	64
Cuadro 14	Comparación de los parámetros estructurales (promedio $\pm$ desviación estándar) de las especies de mangle registradas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios en un periodo de cuatro años.	66
Cuadro 15	Comparación de los parámetros estructurales (promedio $\pm$ desviación estándar) en los tipos de bosque registrados para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios en un periodo de cuatro años.	67
Cuadro 16	Comparación de los parámetros dasométricos (promedio $\pm$ desviación estándar) por zonas del sistema lagunar Los Patos Solo Dios en periodo de cuatro años.	67
Cuadro 17	Comparación por especie y zona en periodo de cuatro años sobre la extracción de mangle en Los Patos Solo Dios.	75
Cuadro 18	Comparación por especie y zona en periodo de cuatro años sobre la mortalidad natural de mangle en Los Patos Solo Dios.	76
Cuadro 19	Comparación de promedios en parámetros dasométricos en manglares de México y algunos países de América.	84
Cuadro 20	Índice de Complejidad de Holdridge en diferentes manglares de México y América.	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del sistema lagunar Mar Muero, Tonalá, Chiapas.	21
Figura 2	Ubicación del sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas.	23
Figura 3	Ubicación del sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Chiapas.	25
Figura 4	Unidades de muestreo dentro del área de estudio entre los municipios de Tonalá y Pijijiapan, Chiapas.	28
Figura 5	Distribución de árboles por clases diamétricas en las especies de mangle registradas para el Sistema Lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.	39
Figura 6	<i>Rhizophora mangle</i> en un sitio de la laguna La Joya, Tonalá, Chiapas.	40
Figura 7	Porcentaje de extracción en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya-Buenavista.	41
Figura 8	Porcentaje de mortalidad natural por categoría diamétrica en el sistema lagunar Mar Muerto La Joya Buenavista.	42
Figura 9	Porcentaje por especie de mortalidad natural en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.	42
Figura 10	Extracción de madera para tablas, ejemplar de <i>Laguncularia racemosa</i>	43
Figura 11	Mortalidad de <i>Laguncularia racemosa</i> remplazada por crecimiento de <i>Avicennia germinans</i> y <i>Rhizophora mangle</i> .	43
Figura 12	Caída de árboles por efecto del viento, <i>Avicennia germinans</i> cercano a la bocabarra, Tonalá, Chiapas.	43
Figura 13	Ampliación del cerco para ganadería con postes de <i>Conocarpus erectus</i> , Tonalá, Chiapas.	43
Figura 14	Porcentaje de plántulas vivas y muertas para el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista	45
Figura 15	Densidad de plántulas por especie registrada en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista	45
Figura 16	Porcentaje de regeneración natural (vivas y muertas) por especie en las UM del sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.	46

Figura 17	Plántulas de <i>Avicennia germinans</i> en Vuelta Rica, Tonalá, Chiapas	46
Figura 18	Regeneración natural de <i>Rhizophora mangle</i> en Tonalá, Chiapas.	46
Figura 19	Ejemplar de <i>Avicennia bicolor</i> adulto en Vuelta rica, Tonalá, Chiapas.	47
Figura 20	Botones para floración de <i>Avicennia bicolor</i> .	47
Figura 21	Grupo de bagres ( <i>Lacantunia enigmática</i> ) en la superficie debido a la disminución de oxígeno en el agua del canal San José, Tonalá.	47
Figura 22	Distribución de árboles por categorías diamétricas en las especies de mangle registradas del sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	52
Figura 23	Bosque dominante de <i>Rhizophora mangle</i> en Isla San José, Pijijiapan, Chiapas.	52
Figura 24	Bosque monoespecífico de <i>Avicennia germinans</i> en laguna La Balona, Pijijiapan, Chiapas.	52
Figura 25	Porcentaje de extracción por categorías diamétricas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	53
Figura 26	Porcentaje de extracción por especie para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	54
Figura 27	Porcentaje por categorías diamétricas de mortalidad natural en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	56
Figura 28	Mortalidad natural por especie en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	57
Figura 29	Puente con acceso a la palapa, anteriormente basurero y presencia de <i>Rhizophora mangle</i> , Pijijiapan, Chiapas.	57
Figura 30	Postes de <i>Laguncularia racemosa</i> para cercos, construcciones de tapos y demás en la comunidad Manguito, Tonalá, Chiapas.	57
Figura 31	Desechos de dragado en pequeños canales depositados en áreas con manglar.	57
Figura 32	Porcentajes de regeneración natural (vivos y muertos) para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	58
Figura 33	Densidad por especie de regeneración natural en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	59

Figura 34	Porcentaje de regeneración natural (vivas y muertas) por especie en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	59
Figura 35	Regeneración natural de <i>Laguncularia racemosa</i> en un sitio de Los Patos Solo Dios	60
Figura 36	Regeneración natural de <i>Avicennia germinans</i> en el área de estudio.	60
Figura 37	<i>Ardea alba</i> , fauna del área de estudio, Pijijiapan, Chiapas.	60
Figura 38	Grupo mixto de aves playeras con dos Pico pando Canelos ( <i>Limosa fedoa</i> ), Pijijiapan, Chiapas.	60
Figura 39	Canal La Conquista, Pijijiapan, Chiapas.	60
Figura 40	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de <i>Avicennia bicolor</i> en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	68
Figura 41	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de <i>Avicennia germinans</i> en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	69
Figura 42	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de <i>Laguncularia racemosa</i> en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	70
Figura 43	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de <i>Rhizophora mangle</i> para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	71
Figura 44	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de <i>Conocarpus erectus</i> en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	71
Figura 45	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 1 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	72
Figura 46	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 2 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	73
Figura 47	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 3 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.	73
Figura 48	Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 4 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios	74

Figura 49	Ubicación de la propuesta del polígono de conservación Los Patos Solo Dios, Tonalá y Pijijiapan, Chiapas.	80
Figura 50	Puntos con presencia de <i>Avicennia bicolor</i> en la propuesta del área de protección.	81

## RESUMEN

Los manglares son asociaciones vegetales, desarrollados en ambientes salobres, cuya productividad primaria se encuentra entre las mayores de los ecosistemas costeros. Pese a la importancia ecológica y económica que representan, son propensos a impactos meteorológicos y antropogénicos, provocando la pérdida de su diversidad biológica, alteración y fragmentación del hábitad, esto afecta la estructura forestal. Este estudio consideró 54 unidades de muestreo (UM) en los sistemas lagunares Mar Muerto-La Joya Buenavista (MM-LJB) y Los Patos Solo Dios (LPSD), de 300m<sup>2</sup> para estimar la estructura y composición de las comunidades de mangle. En cada UM se obtuvo el DAP y la condición del fuste y altura de raíz, se eligió el 20% del total de los árboles contabilizados, tomando proporciones iguales de árboles pequeños, medianos y grandes; en estos árboles se estimó altura total, de fuste y la cobertura arbórea; en cada UM se contabilizó el número de árboles extraídos, midiendo el diámetro de los tocones, también se estimó la mortalidad y regeneración natural. Los datos obtenidos en campo se procesaron para obtener el Índice de Valor de Importancia, índice de Complejidad de Holdridge (ICH), área basal, área de copa. El tipo de bosque dominante en los sistemas lagunares fue de tipo borde con diferencias significativas entre especies. En el sistema lagunar MM-LJB, se encontró un solo ejemplar de *Avicennia bicolor* dentro de una UM, se obtuvo una densidad de 1288 ind/ha, ICH=17.55, las especies más importantes son: *Avicennia germinans* (116.99%), *Rhizophora mangle* (68.63%) y *Conocarpus erectus* (67.34%). Presenta extracción en *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* de 22 tocones/ha (1.26% comparado con el arbolado en pie) y mortalidad natural de *Avicennia germinans* y *Avicennia bicolor* con 493 tocones/ha (27.88% comparado con arbolado en pie); regeneración natural principalmente en *A germinans* (26 588 plántulas/ha) y *R mangle* (22647 plántulas/ha). Para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios se encontró presencia de *Conocarpus erectus* no registrado en un estudio anterior, se obtuvo una densidad de 2060 ind/ha, ICH=20.23, las especies más importantes son: *Rhizophora mangle* (91.12%), *Avicennia germinans* (87.99%) y *Laguncularia racemosa* (83.03%). Presenta extracción en *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* de 412 –

tocones/ha (16.67% comparado con el arbolado en pie) y mortalidad natural de *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* con 338 ind/ha (14.12 % comparado con el arbolado en pie); regeneración natural principalmente en *Rhizophora mangle* (27 418 plántulas/ha) y *Avicennia germinans* (11 108 plántulas/ha). En base a esto y revisión bibliográfica se generó un polígono como propuesta para considerar a futuro un área de conservación para el estado de Chiapas, protegiendo un área considerable de vegetación, principalmente manglar, área donde se distribuye la especie de mangle *Avicennia bicolor*, con mejores condiciones estructurales y ecológicas que han permitido su permanencia y desarrollo, es considerada la sexta especie de mangle a nivel nacional y carece de protección legal; por sus características, carente investigación de su biología y ecología, y rareza podría ser catalogada como amenazada.

**Palabras clave:** *Avicennia bicolor*, Deforestación, Polígono de conservación



## ABSTRACT

The mangroves are vegetable associations, developed in brackish atmospheres whose primary productivity is among those bigger than the coastal ecosystems. In spite of the ecological and economic importance that you represent, they are prone to meteorological impacts and antropogenics, causing the los of the biological diversity, alteraion and fragmentation of the you inhabit that it affects the forest structure. This study considered 54 sampling units (UM) in the systems lagoons Sea Dead-the Jewel Buenavista (MM-LJB) and The Ducks Single God (LPSD), de 300m<sup>2</sup> to estimate the structure and composition of the mangrove communities. In each UM it was obtained the condition of the shaft and root height, 20% of the total was chosen of you hoist them counted, taking proportions similar of small, médium and big trees, in these trees it was considered total height, of shaft and the arboreal covering, in each UM the number of extracted trees was counted, measuring the diameter of the stumps, it was also considered the mortality and natural regeneration. The data obtained in field were processed to obtain the Indexo f Value of Importance (IVI), Indexo f Complexity of Holdridge (ICH), basal area, glass area. The type of dominant forest in the systems lagoons was of type it embroiders with significant differences among species. In the system lagoon MM-LJB it was a single copy of *Avicennia bicolor* inside an UM, a density of 1288 ind/ha was obtained, ICH=17.55, the most important species are: *Avicennia germinans* (116.99%), *Rhizophora mangle* (68.63%) and *Conocarpus erectus* (67.34%). It presents extraction in *Avicennia germinans* and *Conocarpus erectus* of 22 tocones/ha (1.26% compared with the tree-lined one in foot) and natural mortality of *Avicennia germinans* and *Avicennia bicolor* with 493 tocones/ha (27.88% compared with having hoisted in foot); natural regeneration mainly in *A germinanas* (26 588 plántulas/ha) and *R mangle* (22 647 plántulas/ha). Fort he system lagoon The Ducks Single God were not presence of *Conocarpus erectus* registered in a previous study, a density of 2060 ind/ha was obtained, ICH=20.23, the most important species are: *Rhizophora mangle* (91.12%), *Avicennia germinans* (87.99%) and *Laguncularia racemosa* (83.03%). It presents extraction in *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle* of 412 tocones/ha (16.67% compared with the tree-lined one in foot) and natural mortality of *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle* with 338 ind/ha

(14.12% compared with the tree-lined one in foot); natural regeneration mainly *Rhizophora mangle* (27 418 plántulas/ha) and *Avicennia germinans* (11 108plántulas/ha). Base don this and bibliographical revisión was generated a polygon like popostal to consider tu future a cnsevation area for the state of Chiapas, protecting a considerable area of vegetation, mainly swamp,area where the mangrove species *Avicennia bicolor* is distributed, with better structural and ecological conditions that have allowed their permanency and development, the sixth mangrove species is considered at national level and it lacks legal protection; for their characteristics, lacking investigation of their biology and ecology, and rarity could be classified as threatened.

**Words key:** *Avicennia bicolor*, Deforestation, Polígono of conservation.

## I. INTRODUCCION

Debido a su ubicación geográfica, relieve, extensión terrestre y marítima e historia evolutiva, México posee una gran biodiversidad, característica que permite clasificarlo como un país megadiverso (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013). Parte de ello, son los bosques de mangle, que ofrecen servicios ambientales y una riqueza natural, cuyo papel es significativo por la importancia ecológica (Pizarro *et al.*, 2004) y económica que esta vegetación representa (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Los manglares se ubican en las zonas litorales tropicales y subtropicales (Agraz-Hernández *et al.*, 2006) especialmente alrededor de esteros y lagunas costeras, cerca de la desembocadura de ríos y arroyos, formando una zona de transición entre los ecosistemas marinos y terrestres (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Éstos son sistemas complejos, desarrollados en ambientes costeros, sostienen una gran diversidad de especies residentes y temporales de moluscos, crustáceos, anfibios, peces, insectos, reptiles, mamíferos y aves migratorias que se benefician de los nutrientes generados por este ecosistema, reconocido como altamente productivo (Mejía-Quiñones *et al.*, 2014); provee estabilidad a los suelos, proporciona materiales de construcción para viviendas, fabricación de postes para cercas ganaderas, delimitación de terrenos y muchos otros beneficios invaluable, que debieran ser compatibles con su protección y conservación (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

En México, existen cuatro especies de mangles: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); mientras que en la costa de Chiapas se ha registrado la presencia de *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii* (López-Portillo y Ezcurra, 2002; Tovilla-Hernández *et al.*, 2007; Nettel *et al.*, 2008; Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013; Santamaría-Damián, 2013).

Por la particularidad de adaptarse en ambientes salinos, los manglares están expuestos a sufrir diversos impactos, tanto de origen natural como antrópicos. Entre

las principales alteraciones que enfrentan, se pueden mencionar: la pérdida de la vegetación por el avance de la ganadería y sobrepastoreo, agricultura, urbanización (asentamientos humanos, desarrollos turísticos), usos forestales (madera, leña, postes), contaminación (aguas negras) e impacto directo del desarrollo (Jiménez, Lugo y Cintrón, 1985; Farnsworth y Ellison,1997; Ramírez-García, López-Blanco y Ocaña,1998; Kovacs, 2000).

Es importante destacar que las obras de desarrollo cumplen un papel importante en el deterioro del manglar, algunas son: la construcción de canales, tendido de líneas de transmisión de energía, desazolve de lagunas y canales, desarrollo acuícola, diques y caminos de terracería que se abren dentro de áreas de manglar y modifican el flujo hídrico del sistema (Jiménez, Lugo y Cintrón, 1985; Farnsworth y Ellison,1997; Ramírez-García, López-Blanco y Ocaña,1998 y Kovacs, 2000); a nivel local, la extracción de madera y leña incrementan la deforestación del manglar (Ewel *et al.*, 1998 y Walters, 2005), la desecación de pantanos para expandir las fronteras agropecuarias continúa avanzando, según el desarrollo de las comunidades, aumenta la salinización y alteración de las condiciones en las que se ha desarrollado la vegetación existente, resultando en un deterioro progresivo y constante del paisaje, la alteración y fragmentación del hábitat que afectan la estructura, funcionamiento y sobrevivencia (Fulai, 1997; Epstein, 1998; Quarto, 1999).

El estado ecológico del bosque, afectado por las actividades antes mencionadas, reduce la posibilidad de encontrar mayor cantidad de árboles en edad reproductiva y en consecuencia las posibilidades de permanencia y desarrollo de las mismas; los propágulos y frutos de las diferentes especies de mangle, encuentran ambientes poco adecuados para establecerse y sustituir a las especies dominantes.

Particularmente, la costa de Chiapas padece algunas problemáticas como: la ganadería extensiva, el saqueo de fauna y flora para un comercio clandestino; la deforestación, la extracción de leña para cercados y vigas para techos de casas y palapas, recursos y servicios que satisfacen las necesidades de las personas establecidas dentro del ecosistema; generando una presión creciente conforme aumentan los asentamientos humanos a lo largo de la zona costera.

Los estudios del análisis estructural de la vegetación, permiten conocer la abundancia de cada especie y la conformación espacial que presenta la misma en el sitio de manera horizontal y vertical (Franco *et al.*, 1989). La caracterización estructural horizontal hace referencia a la composición de especies, diversidad, altura, diámetro, área basal y densidad de árboles (Smith, 1992), mientras que la caracterización estructural vertical, nos permite observar patrones espaciales siendo posible evaluar el grado de madurez o desarrollo del bosque (Kangas, 2002).

Así mismo, los análisis de extracción y mortalidad del arbolado son importantes para identificar algunas actividades de origen antropogénico, el uso selectivo que se le da a la madera y las clases diamétricas más utilizadas (Tovilla-Hernández, 2007).

Entre las necesidades más apremiantes para los manglares de la costa de Chiapas, se encuentra el abordar esquemas para la conservación y aprovechamiento sustentable del recurso. Además, se conoce la presencia de una especie de mangle (*Avicennia bicolor*), cuya distribución en México se restringe a la costa de Chiapas, específicamente en los sistemas lagunares de los municipios de Tonalá y Pijijiapan; la investigación en estructura y descripción de esta especie, aun es carente y por tanto no se encuentra en una categoría de protección, pese a ser una especie de distribución reducida.

No obstante, Chiapas cuenta con 11 sitios Ramsar, algunos coinciden con áreas bajo algún tipo de protección estatal o federal, que fomentan un uso y aprovechamiento adecuado del ecosistema. Sin embargo, existen otros sitios que carecen de protección, como el sistema lagunar Los Patos Solo Dios, que se ubica en los límites de Tonalá y Pijijiapan, en donde se reporta la presencia de *Avicennia bicolor* (Tovilla-Hernández *et al.*, 2007), la cual representa la sexta especie de mangle a nivel nacional, y carece de protección legal. Esta zona, es un área significativa por el establecimiento y desarrollo de la misma que puede ser debido a las condiciones ecológicas específicas, similares en Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, donde se ha reportado su distribución.

Debido a ello, se decidió realizar el presente trabajo sobre los manglares de los sistemas lagunares: Mar Muerto, La Joya-Buenavista y Los Patos Solo Dios de los municipios de Tonalá y Pijijiapan Chiapas, por ser zonas de producción pesquera

y refugio para la diversidad de especies que allí habitan; además de contar con áreas de manglar sin alguna categoría de protección federal o estatal; el estudio para el sistema lagunar Mar Muerto, se restringe al estado de Chiapas para áreas con presencia confirmada de *Avicennia bicolor*, mientras que en el municipio de Pijijiapan se consideró solamente el sistema lagunar Los Patos Solo Dios por ser un sistema carente de alguna clase de protección.

Sin embargo, el sistema lagunar LPSD es considerado como un sitio prioritario para la conservación, de acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e inventarios de los manglares de la costa de Chiapas y Oaxaca, realizados por El Colegio de La Frontera Sur, dentro del proyecto: Inventario Nacional de Manglares de México de la CONABIO. Aunado a esto, se compiló información para justificar la propuesta de protección de un área considerable de manglar, que incluye la sexta especie de mangle a nivel nacional: *Avicennia bicolor*, en el sistema LPSD.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades del manglar

#### 2.1.1. Ecosistema de manglar

La palabra “manglar” proviene del vocablo guaraní, que significa árbol torcido. Estas son plantas halófitas facultativas; es decir, toleran y se desarrollan en ambientes con diferentes grados de salinidad (Cintrón y Schaeffer, 1983). Para ello, han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten crecer en suelos limosos hasta arenosos y muy inestables, con bajas concentraciones de oxígeno.

Presentan como estrategias reproductivas como la viviparidad y criptoviviparidad: tiene un crecimiento fuera de la cubierta de la semilla y del fruto, y germinan aún y cuando éste todavía se mantiene prendido a la planta pariente, formando propágulos e hipocótilos (Tomlinson, 1986). Algunas especies tienen un sistema de raíces llamados neumatóforos que utiliza para intercambiar oxígeno y dióxido de carbono, otros presentan un sistema de raíces de cables y anclado que proporcionan estabilidad y soporte necesario al tronco (Cintrón y Schaeffer, 1981); para el caso de *Avicennia germinans*, además, posee glándulas en las hojas que le permiten excretar el exceso de sal.

#### 2.1.2. Distribución del manglar

Geográficamente, los manglares se han adaptado a características climáticas y fisiográficas que existen a lo largo de las costas entre los 30°N y 30°S (Kangas y Lugo, 1990).

En el mundo se conocen alrededor de 70 especies de mangle (Polidoro *et al.*, 2010), agrupadas en 21 familias y 28 géneros; Indonesia y Australia reportan 45 y 40 especies, Brasil (Spalding, Kainuma y Collins, 2010) reporta ocho especie y México seis (Giri *et al.*, 2000; López-Portillo y Escurra, 2002).

En México, estudios realizados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), clasifica la distribución del manglar del país en cinco subregiones: Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco), Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo), Pacífico Norte (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa Y Nayarit), Pacífico Centro (Jalisco, Colima y Michoacán) y Pacífico Sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas) (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013), ésta última es la subregión donde se ubican los manglares de Chiapas, una zona de colisión tectónica activa (Placa de Cocos) (Flores-Verdugo, 1992), es considerada una llanura costera en desarrollo, accidentada con acantilados y playas reducidas (Carranza-Edwards, 1975).

Otro factor que interviene en la distribución del manglar es el intervalo de las mareas puesto que el rango conocido para el pacífico es superior a un metro (Agraz-Hernández *et al.*, 2006). Aunado a esto, las asociaciones entre las especies de mangle se relacionan con los cambios latitudinales, la adaptación a los distintos gradientes de salinidad, flujos de las mareas, la precipitación, el aporte de agua dulce, sedimentos y las características locales de los sustratos; mismas que condicionan la distribución, composición, fisonomía y función del sistema (López-Portillo y Ezcurra, 2002; Alongi, 2009).

### **2.1.3. Valor ecológico y servicios ambientales**

Entre las funciones más importantes del manglar, podemos mencionar que: son un sistema de control y barrera contra el impacto de las tormentas tropicales y otros desastres naturales, cruciales en zonas con alta frecuencia de huracanes y tormentas (Agraz-Hernández *et al.*, 2006) siendo menos frecuentes, en lugares con presencia de manglares en comparación con zonas desprovistas del mismo (Giri *et al.*, 2008); además, protegen y controlan la erosión en la costa. Se conocen como filtros biológicos pues la hojarasca producida es importante para la regeneración de nutrientes en el suelo, la exportación de detritus en las cadenas tróficas costeras y principalmente microbianas (Wafar *et al.*, 1997; Gattuso, Franignoulle y Wollast, 1998; Lacerda *et al.*, 2001; Machiwa y Hallberg, 2002).



Las raíces de los mangles son el lugar propicio para el crecimiento y desarrollo de muchas especies de moluscos como caracoles, ostras (por ejemplo *Crassostrea rhizophorae*) son zonas de protección, crianza y desove de especies de peces comerciales como el bagre, lisa, mojarra, pargos, robalo, sábalo y otros como los cangrejos, jaibas, camarones y langostinos (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Algunas especies de aves utilizan el manglar para descanso y anidación: la garza azul (*Egretta caerulea*), la garza roja (*E. rufescens*), la garza morada (*E. tricolor*), la garza gris (*Ardea herodias*), el bobo café (*Sula leucogaster*), el cormorán orejudo (*Phalacrocorax auritus*), la fragata (*Fregata magnificens*) y la chocolatera (*Ajaia ajaja*) (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

En la rama de los arboles podemos encontrar algunas especies de iguanas: la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), iguana oaxaqueña de cola espinosa (*C. quinquecarinata*) y la iguana rayada (*C. similis*) o sujetas a protección especial: iguana espinosa del golfo (*C. acanthura*), iguana de palo (*C. hemilophae*) y la iguana verde (*Iguana iguana*), éstas se encuentran en categoría de amenazadas (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

En este tipo de hábitat viven los cocodrilos de río y de pantano: *Cocodylus acutus* y *Cocodylus moreletti*, respectivamente. Algunas especies de plantas tolerantes a la salinidad pueden ser parte de las comunidades de manglar, como el zapote (*Manilkara zapota*), palo de agua (*Paquira acuática*), cuerno de toro (*Acacia cornígera*) (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

#### **2.1.4. Características de cada especie de manglar:**

✿ *Rhizophora mangle* Linneo 1753

Sinonimia: *Rhizophora americana* Nutt.; *Rhizophora mangle* var. *samoensis* Hochr. ; *Rhizophora mangle* var. *Racemosa* (G. Mey.) Engl. In C. Martius; *Rhizophora samoensis* (Hochr.) Salvoza.

Descripción: Comúnmente llamado “mangle rojo o mangle colorado”. Es un árbol o arbusto perennifolio de hasta 30 metros de altura con un diámetro de hasta 80 cm; presenta una copa redondeada, hojas elípticas a oblongas, aglomeradas en las

puntas de las ramas, regularmente presenta troncos rectos, con ramas apoyadas en numerosas raíces aéreas o zancos, su corteza es color claro a olivo pálido con manchas grises; cuando se raspa adquiere un color rojo; presenta inflorescencias simples, con una, dos hasta seis flores por inflorescencia. Desarrolla un propágulo por fruto, rara vez dos. Ejerce la reproducción por viviparidad, es una especie con un alto patrón de distribución, siendo característica de los litorales, se forma en las zonas intermareales de lagunas costeras y esteros con influencia de agua salada. Los más productivos se desarrollan en estuarios con lodo fino, compuestos de cieno, arcilla y alto porcentajes de materia orgánica (Tomlinson, 1986; Tovilla-Hernández, 1999).

✿ *Laguncularia racemosa*:

Sinonimia: *Conocarpus racemosus* L. Horau *racemosus* (L.) M. Gómez, *Laguncularia abovata* Miq., *Laguncularia racemosa* f. *longifolia*. J. F. Macbr., *Rhizaeris alba* Raf., *Schousboea commutata* Spreng.

Descripción: conocido como mangle blanco, es un árbol o arbusto pequeño de hasta 20 metros de alto por 60 cm de diámetro (pero es muy variable), cabe mencionar que, en la reserva La Encrucijada existen árboles de hasta 40 m. de altura y hasta 59 cm de grosor. Son plantas halófitas cuyas raíces son de gran tamaño, extendidas y horizontales, la corteza externa es gris oscuro a rojiza y se parte en pequeñas placas; las hojas son opuestas, elípticas y redondeadas tanto en la base como en el ápice, las flores crecen en grupos sobre la punta de ramillas, en las axilas de las hojas o al final de las ramas jóvenes. Prospera en las orillas de las lagunas costeras y esteros, tiene menor tolerancia de salinidad que el mangle rojo (Tomlinson, 1986).

Crece en una gran variedad de suelos, desde arenosos hasta depósitos cenagosos o arcillosos y presenta gran capacidad de regeneración vegetativa (Tovilla-Hernández, 2003). Por lo general, está asociado con el mangle negro, en la franja interior de la línea de costa y rara vez domina. Debido a su sistema radical es muy susceptible a ser volcado por el viento; tiene un sistema de neumatóforos que permite a estos árboles ventilar el sistema radical; las semillas son muy pequeñas y se dispersan por flotación libre, alcanzando lugares lejanos por el largo tiempo que puede mantenerse a flote. Su tolerancia al sol y la elevada germinación facilita su arraigo y

establecimiento natural a menudo en manchones de plántulas (CONABIO-CONANP 2009).

✿ *Avicennia germinans*:

Sinonimia: *Avicennia nitida* Jacq., *Avicennia africana* P. Beauv., *Bontia germinans* L., *Avicennia officinalis* var. *nitida* (Jacq.) Kuntze, *Avicennia officinalis* L., *Avicennia tomentosa* Jacq., *Bontia germinans* L.

Se conoce como mangle negro o mangle madre sal, árbol o arbusto de talla grande, perenne normalmente de dos a ocho metros de altura, en algunos casos hasta 30 metros de altura; mide de 20 a 90 cm de diámetro y presenta raíces modificadas (neumatóforos). Es la especie de manglar más tolerante a la salinidad, cuya distribución prefiere las áreas costeras más elevadas y alejadas del mar, con regularidad, se fija en cualquier sustrato aun con menor tasa de germinación que *R. mangle* y *L. racemosa*; bajo estrés estos árboles florecen a temprana edad permitiendo el desarrollo arbustivo (Tovilla-Hernández, 1998). Las hojas son opuestas y de tamaño variable, de flores muy pequeñas y crecen en grupos. (Jiménez, 1994).

✿ *Avicennia bicolor* Standl. 1923

Árbol típico del pacífico centroamericano (Jimenez,1994; Duke, 2010) de copa irregular, corteza blanquecina o café-grisácea claro, hojas redondeadas, de haz brillante, coriáceas y muy duras (Tovilla-Hernández, *com. per.* 19/08/2016), totalmente sin pelos y con inflorescencia, es una panícula terminal o axilar de flores blancas y sin pelos (Cordero *et al.*, 2003).

Presenta raíces verticales esponjosas, que se proyectan sobre el fango, absorben el aire y ventilan el sistema radicular de soporte; se desarrolla mejor en suelos donde el contenido en sal no es elevado (Cordero *et al.*, 2003). Suele encontrarse en suelos de barro seco en las secciones internas y los bordes donde la escorrentía estacional modifica los patrones locales de sequía y salinidad (Jiménez, 1994; Santamaría-Damian *et al.*, 2016), presenta alturas de 15 metros y en El Estero San José, Pijijiapan, Chiapas se han reportado alturas de 28 metros (Tovilla-

Hernández, *com. per.* 19/08/2016) y se produce en zonas relativamente secas, planas en comparación con otros manglares (Duke, 2010).

✿ *Conocarpus erectus* Linneo 1753

Sinonimia: *Conocarpus acutifolius* Willd. ex Schult., *Conocarpus procumbens* L., *Conocarpus sericeus* J.R.Forst. ex G.Don, *Conocarpus sericeus* (Griseb.) Jiménez, *Conocarpus supina* Crantz.

Árbol o arbusto con altura entre cinco a siete metros de corteza fisurada, tiene inflorescencia que se convierte en fruta agregada, redonda y de color castaño. Los frutos tienen forma de glóbulo y contienen una gran cantidad de semillas pequeñas y angulares (Tomlinson, 1986). Las hojas son alternadas con final en punta y presentan dos glándulas en la base, las flores comparativamente con el resto de los mangles son color azul-violeta, la corteza es rojiza y fisurada, presenta ramas frecuentes pro indefinidas e irregulares (Tomlinson, 1986). En los bosques, se forman grandes depósitos de semillas y hojas en la parte baja de los árboles, las que difícilmente son dispersadas por la lluvia y el viento (Tovilla-Hernández, 2003).

### **2.1.5. Esquemas de conservación**

Los ecosistemas de manglar en México se encuentran contemplados para su conservación o uso sustentable bajo los siguientes esquemas de protección:

Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas en diferentes categorías que protegen manglares, tales como: la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (Quintana Roo), Los Petenes (Campeche), Pantanos de Centla (Tabasco), Reserva de la biosfera Los Tuxtlas (Veracruz) y la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (Chiapas) (SINAP, 2012), Parque Nacional Arrecifes Xcalak (Quintana Roo), Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (Quintana Roo), Parque Nacional Lagunas de Chacahua (Oaxaca).

Sistemas estatales de Áreas Naturales protegidas que protegen manglares: Reserva de la Biosfera Ría Celestún (Campeche), Reserva de la Biosfera Ria Lagartos (Yucatán).

### **2.1.6. Indicadores de biodiversidad**

La convención RAMSAR es un tratado intergubernamental firmado en Ramsar, Irán en 1971, el cual provee el marco de Cooperación Nacional e Internacional para la Conservación y el Uso correcto de los Humedales y sus Recursos, existen sitios designados como humedales de importancia internacional (sitios RAMSAR) distribuidos en todo el país, de los cuales 11 se encuentran ubicados en Chiapas (RAMSAR-CONANP, 2014).

La identificación de áreas de manglar de relevancia biológica y de rehabilitación ecológica liderada por la CONABIO, identifica áreas de manglar de relevancia biológica y con necesidades inmediatas de rehabilitación, genera mapas de las áreas identificadas y proporciona fichas técnicas de las mismas. Así mismo, los criterios para la caracterización de las áreas de manglar en México fueron: valor biológico, amenaza de riesgo, agentes de destrucción y/o perturbación, oportunidad de conservación y rehabilitación ecológica y categorización actual (CONABIO, n. d.).

### **2.1.7. Legislación**

Las Normas Oficiales Mexicanas que regulan y protegen los humedales costeros son:

NOM-012-SEMARNAT-1996, instituye los establecimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico, Diario Oficial de la Federación 26 de Junio de 1996.

NOM-022-SEMARNAT-2003, establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Diario Oficial de la Federación, 6 de octubre del 2002.

NOM-059-SEMARNAT- 2010. Identifica las especies de flora y fauna silvestre en riesgo, establece criterios de inclusión y exclusión o cambios de categoría mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, última reforma publicada (2017), establece la necesidad de realizar estudios de impacto ambiental para la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, previos a la autorización de la SEMARNAT.

Ley de Aguas Nacionales, en los artículos 86 y 115 de su reglamento, esta normativa es competencia de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para la formulación de programas integrales de protección de los recursos hidráulicos, cuencas hidrológicas y acuíferos, específicamente en humedales. La CONAGUA es responsable del inventario y promoción de las reservas de aguas nacionales o ecológicas que se requieran para la conservación de los humedales. También le corresponde expedir lineamientos para preservar, proteger y restaurar humedales, es la institución que otorga permisos para desecar terrenos en humedales.

Ley General de Bienes Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Nación el 20 de Junio de 2004. En el artículo 119 define los límites de la Zona Federal Marítimo-Terrestre. Para fines de los manglares, es importante recalcar los incisos II y III. Todos los manglares están dentro de la Zona Federal Marítimo-Terrestre (ZFMT), debido a que requieren de inundación para sobrevivir y tienen siempre influencia directa o indirecta por las mareas. El límite de la ZFMT debería estar, según esta ley, a 20 metros de distancia del límite tierra adentro después del límite de los manglares.

Iniciativa de la Ley General para la Gestión Integral y Sustentable de las Costas Mexicanas 2012, propuesta que considera a los manglares como un ecosistema altamente productivo por sostener una rica y abundante diversidad de peces, crustáceos, moluscos, aves y otros organismos; que, además por cada hectárea de manglar destruido se pierde aproximadamente 800 kg de peces y camarón anualmente. En el artículo 1 apartado III aborda la conservación de los ecosistemas costeros de manglares sujetos a las modalidades que dicte el interés público para el uso, en beneficio general de los recursos productivos que brindan.

Ley General de Vida Silvestre, en el art.60, prohíbe la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integridad del flujo

hidrológico del manglar [...] que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.

Por último, el reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, considera la superficie con vegetación de humedales costeros (especialmente los bosques de mangle) como una zona bajo régimen de protección y aprovechamiento restringido, mientras no se ponga en riesgo el suelo, la calidad de agua y la biodiversidad.

## **2.2. Sistemas de información geográfica**

La teledetección espacial se define como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas especiales, asumiendo una interacción energética entre la tierra y el sensor. En definitiva, un sistema de teledetección espacial incluye los siguientes elementos: 1) Fuente de energía, 2) Cubierta terrestre, 3) Sistema sensor, 4) Sistema de recepción-comercialización y 5) Interprete (Chuvieco, 2004).

La teledetección desde satélite cuenta con numerosas aplicaciones, gracias a las ventajas que ofrece frente a otros medios de observación convencionales, como la fotografía aérea y los trabajos de campo, aunque más que sustituirlos, los completa adecuadamente (Chuvieco, 2004).

Las imágenes de percepción remota procesadas en un SIG permiten integrar y analizar la heterogeneidad espacial en formato digital, fácilmente medible. Una imagen digital está constituida por píxeles, que se obtienen al convertir el intervalo continuo de valores análogos de radiación registrada por un sensor en un intervalo expresado por un número finito de enteros-número digitales (Lillesand y Kiefer, 1994).

Sin embargo, una definición más circunscrita al estudio del medio ambiente sería: la percepción remota es una tecnología basada en el muestreo de la energía electromagnética reflejada o emitida por los diferentes tipos de cobertura de la tierra (Bautista-Zúñiga *et al.*, 2004).

En el contexto de la ecología del paisaje la percepción remota, en conjunto con los sistemas de información geográfica se ha consolidado como una herramienta

importante para analizar, facilitar y ampliar la representación, interpretación y análisis de datos espaciales (Coulsen *et al.*, 1991; Teixeira *et al.*,1992). El uso combinado con la Tecnología SIG, permite incrementar las posibilidades de tratar paisajes y regiones en forma integral, aportando en las investigaciones una mejor planificación y manejo en su diagnóstico y transformación (Quattrochi y Pelletier, 1991; Moizo-Marrubio, 2004).

La importancia de aplicar estas herramientas para el conocimiento del ecosistema de manglar, radica en obtener información robusta sobre la distribución y extensión de los manglares, estimaciones de las ganancias y pérdidas de este ecosistema, tendencias de cambios del uso del suelo; información que los distintos sectores de la sociedad puedan utilizar para coordinar acciones que permitan la conservación y recuperación del ecosistema.



### III. ANTECEDENTES

México, cuenta con estudios a nivel nacional de manglares, entre los más antiguos podemos citar a Rzedowski (1978) quien describe la vegetación de México, incluido el manglar; Lot y Novelo (1990) elaboran una reseña con las principales áreas de manglar en México. Uno muy reciente, es el Inventario Nacional de Manglares de México, liderado por CONABIO (2007a) con actualizaciones de este ecosistema en el país.

Otros trabajos relevantes, son los realizados en el estado de Oaxaca, donde se presentan datos sobre la estructura del manglar: Carbajal-Evaristo (2010), realizó un estudio en los manglares del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, en Oaxaca; constituido por tres lagunas: Pastoría, Chacahua y Palmarito. En este estudio se evaluó la estructura, composición, regeneración y causas de pérdidas de manglar; encontrando cuatro especies de mangles: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. En Laguna Chacahua se registró la mayor densidad de árboles con 4214 ind/ha; Laguna Palmaritos presenta la mejor estructura con DAP de  $9.2 \pm 5.4$  cm y cobertura de  $16.2 \pm 19.9$  m<sup>2</sup>. Laguna La Pastoría presentó las mayores alturas ( $12.7 \pm 3.7$ m). El Índice de Complejidad de Holdridge mayor se registró en Palmaritos con 51.4, por encima de Chacahua (23.1) y Pastoría (21.9). La mayor extracción de madera se presentó en *C. erectus* y *L. racemosa*. Mientras que, Serrano-Figueroa (2014) realizó la caracterización estructural del bosque de mangle en el sistema lagunar Corralero-Alotengo, municipio de Pinotepa Nacional, Oaxaca. Estimando una densidad de 4 371 árboles ha, con una altura promedio de 9.46 m, un índice de valor de importancia (IVI) de 112% para *R. mangle*. Con un área basal promedio de 21.09 m<sup>2</sup>/ha, los manglares de este sistema presentan un índice de complejidad promedio de 23.

Para el estado de Chiapas, se tiene, por ejemplo, el trabajo de Segura-Zamorano (1997) quien realizó una caracterización estructural de los manglares en Laguna Panzacola para el municipio de Acapetahua, Chiapas. Encontró como especie dominante a *Rhizophora mangle* con altura de hasta 45 metros, constituyendo uno de los registros más altos en el estado y en el país; registró las especies *Laguncularia*

*racemosa*, *Paqhira aquatica* y *Conocarpus erectus*. Landero-Sánchez, (2005) muestra un análisis en los atributos estructurales de los manglares de la Laguna Chantuto, en la reserva de la biosfera La Encrucijada, caracterizando la altura, diámetro altura de pecho (DAP) y extracción de madera. Las especies dominantes de este sistema en relación a su densidad fueron *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*; dominando los bosques ribereños, mientras que la extracción de madera se registró en 15.6% seleccionando especialmente el mangle botoncillo: *Conocarpus erectus*. Romero-Berny (2006) realizó un análisis de estructura en el sistema lagunar “Carretas-Pereyra” de la Reserva de la biosfera La Encrucijada, encontrando bosques de tipo ribereño, mono específicos y mixtos, altos valores de densidad (2 102 individuos ha) con un área basal promedio de 25.4 m<sup>2</sup>/ha, altura promedio de 19.4 m, Índice de complejidad de Holdridge: 24.8; considerando un desarrollo estructural intermedio debido a los valores relativamente bajos de área basal. Último dato similar a lo reportado por Salas-Roblero (2006), donde menciona un índice de complejidad intermedia de 29.3 para el sistema; además, evaluó características dasométricas en el manglar de la región Cerritos-Panzacola, municipio de Acapetahua, registrando una composición florística constituida por: *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. germinans*; las primeras tres clases diamétricas presentan el mayor número de individuos, obtuvo los valores más altos de IVI= 58, 22 y 13% respectivamente. Romero-Berny (2012), caracterizó la estructura de las comunidades de manglar en los sistemas estuarinos de Gancho-Suchiate, Pozuelo-Murillo y Cabildo-Amatal Chiapas, en base a la densidad, área basal, altura, diámetro de copa e índice de complejidad; evaluó cambios a nivel de paisaje utilizando herramientas de percepción remota y SIG encontrando que *R. mangle* y *L. racemosa* son las especies con mayor valor de importancia, presentan una tasa de deforestación alta y tendencias aceleradas a la fragmentación de los manglares de esta zona.

Otros trabajos relacionados mencionan, la presencia de *Avicennia bicolor*, como Gómez-Santos y Gallegos (1988), quienes realizaron un estudio en el sistema lagunar Mar Muerto; entre las zonas de mayor riqueza de especies de mangle, reportan la Laguna del estero Lagartos, ubicando la presencia y colecta de *Avicennia bicolor*. Posteriormente, Tovilla-Hernández *et al.* (2007) generó información de coordenadas

en dos sitios con presencia de *A. bicolor* en el sistema lagunar Mar Muerto localizados cerca del canal de Ignacio Allende. En un sitio se registraron 27 árboles con una altura promedio de 5.6 metros y el otro dentro del sistema lagunar Los Patos Solo Dios, en el municipio de Pijijiapan con 484 árboles y una altura promedio de 15 metros, constituyendo el primer registro para este municipio de la costa de Chiapas. Santamaria-Damian (2013), caracterizó en campo la estructura de los manglares en el sistema lagunar Los Patos-Solo Dios, reportando la presencia de *A. bicolor* en el estero San José, Pijijiapan. Uno muy reciente es el trabajo de Santamaria-Damian *et al.* (2016), indican que *A. bicolor* se distribuye en un área limitada de la costa, a lo largo de la laguna de Mar Muerto hasta límites con el canal del dragado Joaquín Amaro-La Conquista, considerando necesaria su inclusión en la NOM-059.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Conocer la estructura de los manglares en los municipios de Tonalá y Pijijiapan, Chiapas y evaluar la variación estructural durante el periodo de 2011-2015 en el sistema LPSD; así mismo generar un polígono de protección y conservación con presencia de *Avicennia bicolor*.

### 4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la estructura (densidad, área basal, altura, cobertura) de los manglares presentes en los sistemas lagunares Mar Muerto-La Joya Buenavista y Los Patos Solo Dios, municipios de Tonalá y Pijijiapan.
- Estimar la extracción y mortalidad natural de los manglares presentes en los sistemas lagunares Mar Muerto-La Joya Buenavista y Los Patos Solo Dios.
- Conocer la variación estructural durante el periodo de 2011-2015 del manglar en Los Patos Solo Dios.
- Generar un polígono de protección y conservación del manglar con distribución de *Avicennia bicolor* entre los esteros San José, la Balona y canal Joaquín Amaro-La Conquista.

## V. HIPOTESIS

El estudio de la estructura del manglar presentará datos de parámetros dasométricos (densidad, área basal, altura, cobertura) que aportará información básica para el conocimiento en la zona.

Se espera que la extracción sea mayor en el sistema LPSD para la especie *Laguncularia racemosa* y menor para el sistema MM-LJB con la especie *Conocarpus erectus* de acuerdo con lo reportado en inventarios anteriores.

La mortalidad natural será mayor en el sistema MM-LJB para *Avicennia germinans* y menor en el sistema LPSD para la especie *Laguncularia racemosa*.

Se espera que la zona 3 presente mayor complejidad (ICH>20, reportado para el sistema) debido a la lejanía de comunidades y la zona cuatro disminuya (ICH<20) debido a los altos porcentajes de extracción y a la cercanía con la comunidad el diamante.

La propuesta de un polígono de conservación permitirá delimitar un área con presencia de *Avicennia bicolor* y servirá como línea base para el futuro diseño de estrategias de protección y manejo de la zona.

## VI. ZONA DE ESTUDIO

### 6.1. Sistema Lagunar Mar Muerto

El sistema se encuentra entre los estados de Oaxaca y Chiapas, limitando el área para el municipio de Tonalá Chiapas, esto por ser la franja correspondiente al estado y por la presencia confirmada de *Avicennia bicolor*. Se encuentra entre los 16° 0'16.39" y 15°55'2.67" latitud norte, y 93°55'37.88" y 93°46'7.46" de longitud oeste, pertenece a la provincia fisiográfica Sierra del sur de Chiapas y sub-provincia fisiográfica Llanura del Istmo, Región Socioeconómica IX Istmo Costa, Región hidrológica no. 23, presenta una extensión de 7 292.25 has (Tovilla-Hernández y Vázquez-Lule, 2009c).

El sistema recibe aportes del río Zanatenco principalmente y marea del océano pacífico. Presenta un clima cálido subhúmedo (Aw1), tiene amplias variaciones de temperatura (desde 21.5 hasta 38.5 grados centígrados), precipitaciones del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índices de P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (Tovilla-Hernández y Vázquez-Lule, 2009c).

En el área se reconoce vegetación de manglar, pastizal halófilo e inducido y selva baja espinosa caducifolia. Las especies de fauna más distintivas del área son: Tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*), tortuga laúd (*Dermodochelys coriácea*), tortuga prieta (*Chelonia agassizi*), tortuga carey del pacífico (*Eretmodochelys imbricata bissa*), mapache (*Procyon lotor*), caimán (*Cocodylus fuscus*), iguana verde (*Iguana iguana*) e iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Las localidades de referencia son: Ignacio Allende, Paredón, Vuelta Rica y Boca del Cielo (Tovilla-Hernández y Vázquez-Lule, 2009c) (Figura 1).

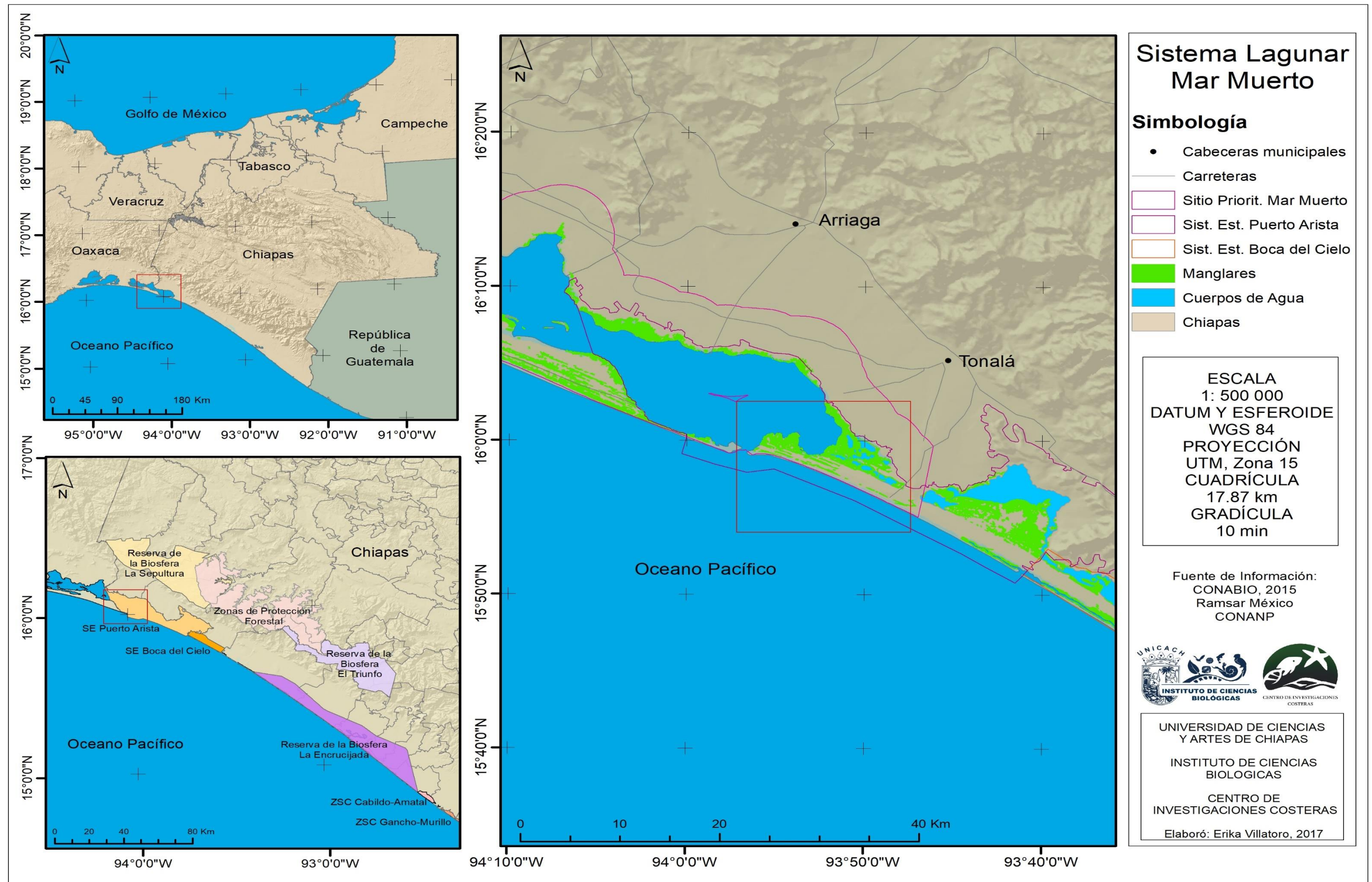


Figura 1. Ubicación del sistema lagunar Mar Muerto, Tonalá, Chiapas.

## 6.2. Sistema Lagunar La Joya Buenavista

El sistema se encuentra en el estado de Chiapas, municipio de Tonalá, limitado entre las coordenadas 15°57'15.98" y 15°52'28.22" de latitud norte y 93°45'57.87" y 93°39'28.16" de longitud oeste, pertenece a la provincia fisiográfica Llanura Costera de Chiapas y Guatemala y sub-provincia Llanura del Istmo, de la región socioeconómica IX Istmo Costa, clasificado en la región hidrológica no. 23, presenta una extensión de 12 898.72 ha (Ovalle-Estrada y Vázquez-Lule, 2009).

El sistema recibe aporte del río Zanatenco especialmente. Presenta un clima cálido subhúmedo, con un promedio de temperatura anual de 29°C, precipitaciones del mes más seco entre 0 y 60 mm, lluvias de verano con índice de P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (Ovalle-Estrada y Vázquez-Lule, 2009).

En el área se reconoce vegetación de manglar, pastizal y selva media subperennifolia; las especies características del área son: tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*), tortuga prieta (*Chelonia agassizii*), diferentes aves acuáticas migratorias y cocodrilos. Las localidades de referencia son: Tonalá, La Polka, La Joya, Cabeza de Toro y Ponte Duro (Manuel Ávila Camacho) (Ovalle-Estrada y Vázquez-Lule, 2009) (Figura 2).



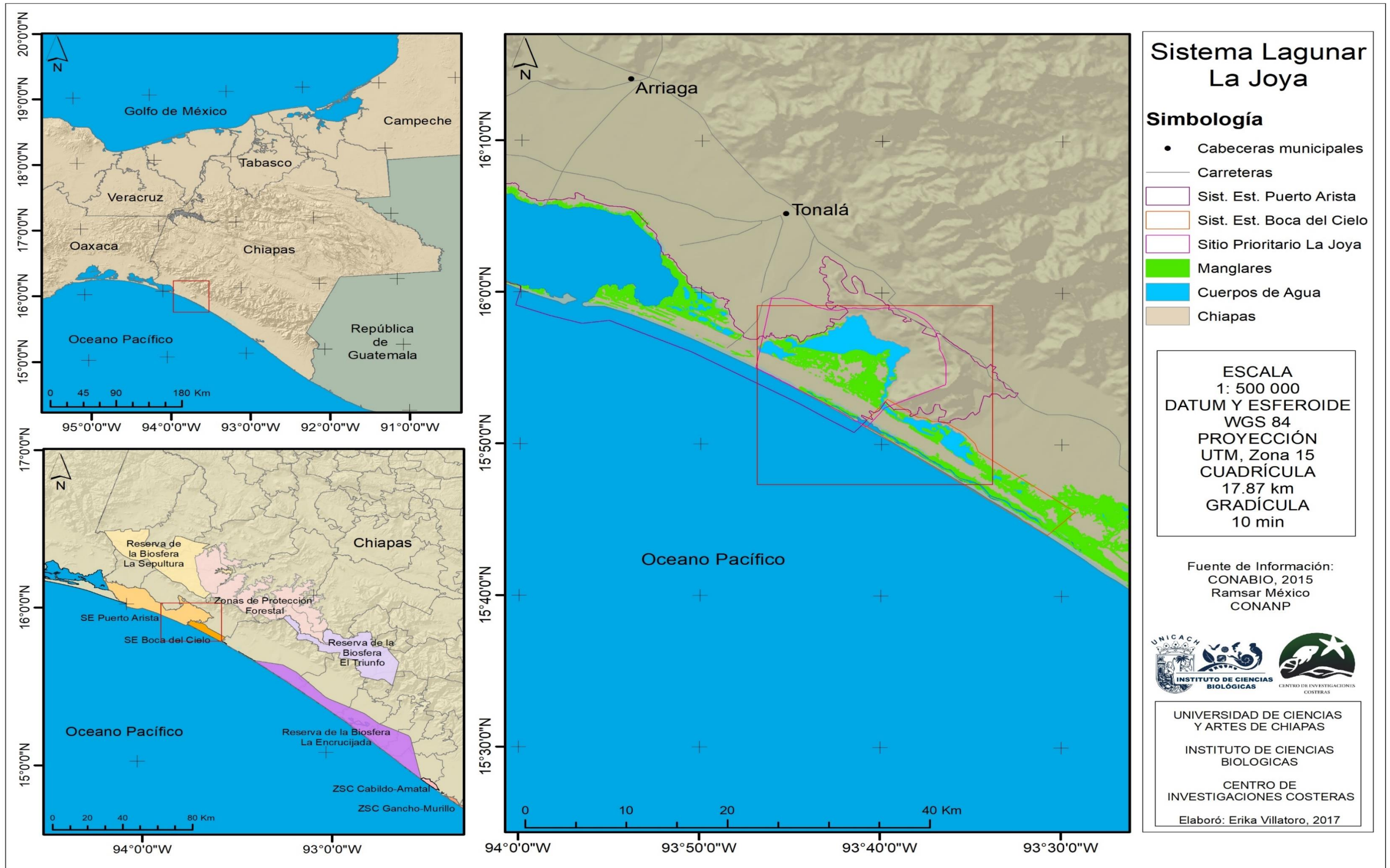


Figura 2. Ubicación del sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas.

### 6. 3. Sistema Lagunar Los Patos Solo Dios

El sistema está ubicado en Chiapas, entre las coordenadas 15°52'11.55" y 15°38'26.80" de latitud norte con 93°39'26.07" y 93°20'54.27" de longitud oeste, forma parte de la provincia fisiográfica Sierra del sur de Chiapas y sub-provincia fisiográfica Llanura costera de Chiapas y Oaxaca. Pertenece a la región socioeconómica IX Istmo Costa, y la región hidrológica no. 23 con una extensión de 21 832.20 has (Tovilla-Hernández, Rojas-García y Vázquez-Lule, 2009b).

Recibe aporte de agua de los ríos Frío, Horcones, de Jesús, Los Patos y San Isidro, principalmente. Presenta un clima cálido subhúmedo (Aw2), la temperatura media anual oscila alrededor de los 29°C con precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; con lluvias de verano e índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (Tovilla-Hernández, Rojas-García y Vázquez-Lule, 2009b).

En el área se reconoce vegetación de manglar, pastizal natural e inducido, selva mediana perennifolia, selva mediana subperennifolia, tular, bosque espinoso y vegetación de dunas costeras. Especies características como: tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*), tortuga laud (*Dermodochelys coriácea*), tortuga prieta (*Chelonia agassizi*), tortuga carey del pacífico (*Eretmodochelys imbricata bissa*), mapache (*Procyon lotor*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), tigrillo (*Felis pardalis*), leoncillo (*Felis yagouaroundi*), caimán (*Cocodylus fuscus*), cocodrilo de río (*Cocodylus acutus*), iguana verde (*Iguana iguana*), iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), tortuga de agua dulce jicotea (*Trachemys scripta grayi*), tortuga de tres lomos o cruzaluchi (*Staurotypus salvini*), tortuga casquito (*Kinosternon scorpioides*), pato real (*Cairina mostacha*), cigüeña americana (*Mycteria americana*), Las localidades de referencia son: La conquista, Canal Joaquín Amaro y Santa Virginia (Tovilla-Hernández, Rojas-García y Vázquez-Lule, 2009b).

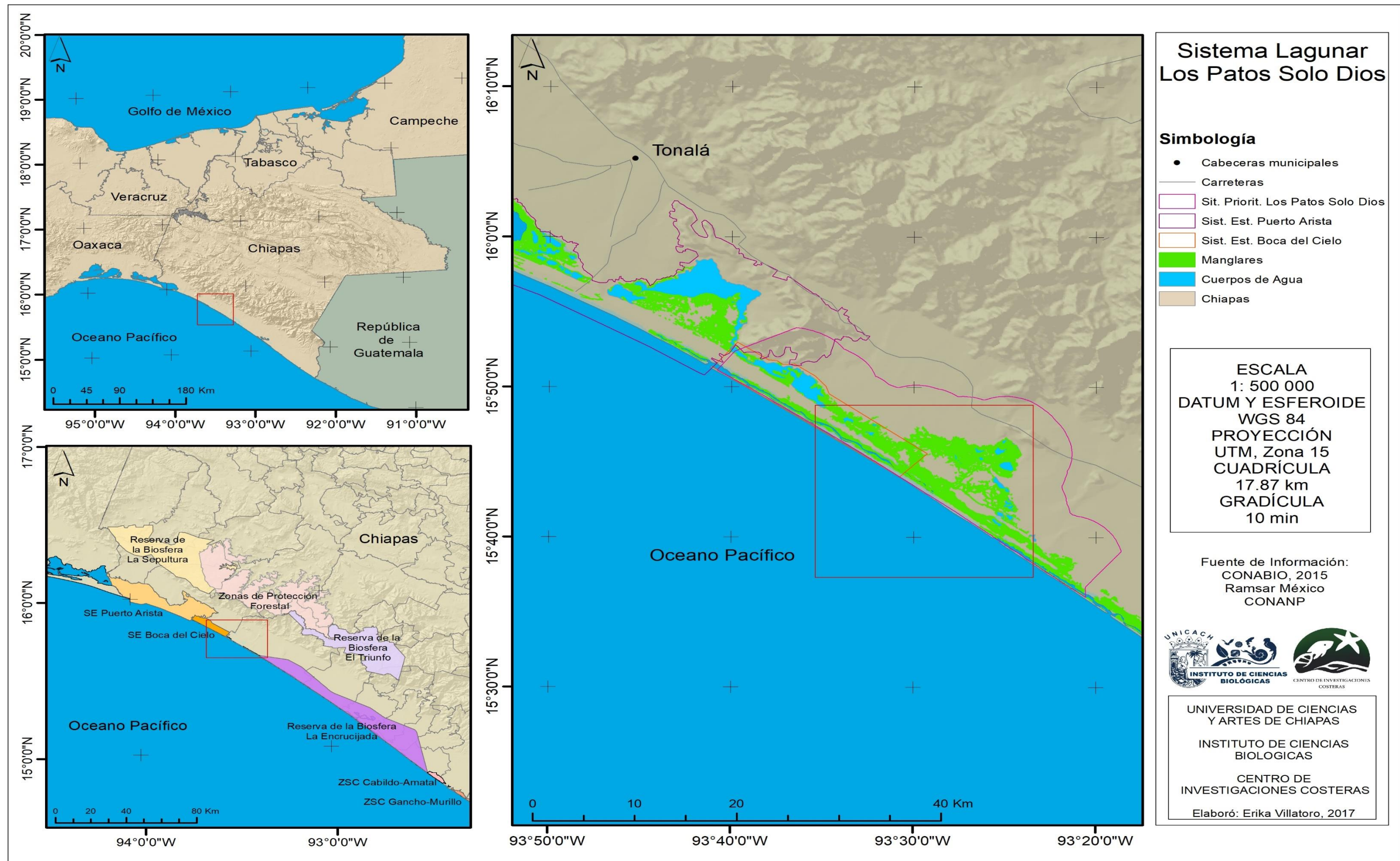


Figura 3. Ubicación del sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Chiapas.

## VII. MÉTODO

### 7.1. Toma de datos en campo

El trabajo de campo se realizó durante los meses de octubre-noviembre 2014 y febrero-Julio 2015, estableciendo 54 unidades de muestreo (UM) (Figura 4), distribuidas en puntos estratégicos, acorde a los inventarios de manglar realizados por: Tovilla-Hernández *et al.*, (2007 y 2009), y los ubicados por: Santamaría-Damian, 2013.

Se consideraron UM de 10 x 30 (300 m<sup>2</sup>) para estimar la estructura y composición de las comunidades de manglar (Valdez-Hernández, 2002). Las UM se delimitaron con cuerdas y estacas de madera, las coordenadas de las esquinas de cada UM fueron tomadas con un GPS. Posteriormente, todos los árboles encontrados dentro de cada UM fueron enumerados de manera consecutiva y marcados con pintura en aerosol; esto último, para identificar cada árbol y la dominancia por cada especie.

Con cinta diamétrica se obtuvo el diámetro a la altura de pecho (DAP) de todos los arboles >2.5 cm, en *Rhizophora mangle* fue medido a 30 cm por encima de la última raíz aérea y para el resto de las especies a 1.30 cm del suelo. Se registró la condición del fuste como: recto, semi-recto y chueco, de acuerdo a: Citrón y Shaeffer-Novelli (1981, 1983, 1984); Pool *et al.*, 1977 y Valdez-Hernández, 2002. Además, se eligió el 20% del total de árboles contabilizados tomando proporciones iguales de árboles pequeños, medianos y grandes; estimando altura total, del fuste y la cobertura arbórea con ayuda del hipsómetro Vertex III.

Se contabilizó por cada UM, el número de árboles muertos y los extraídos (tocones), fueron identificados por especie de acuerdo a las características morfológicas y se midió el diámetro con cinta diamétrica (Tovilla-Hernández *et al.*, 2010).

Se cuantificó la regeneración natural a través de 5 sub-cuadrantes de 1m<sup>2</sup> dentro de cada UM, identificando todas las plántulas vivas y muertas, por especie y midiendo la altura con cinta métrica. Además, se clasifican en tres tipos, de acuerdo al

desarrollo que presente: a) con presencia de hojas, b) desarrollo de ramificaciones y c) con presencia de raíces aéreas (Tovilla-Hernández, 1998).

En caso del sistema lagunar Los Patos Solo Dios, se divide por zonas, de acuerdo a la cercanía y descarga de agua (dulce o salada) por ríos y esteros ubicados en la cartografía municipal de Pijijiapan y Tonalá, los antecedentes de la zona y los recorridos en campo, según lo descrito por Santamaría-Damián, 2013.

Es así que, la zona 1 recibe descarga de agua dulce de los ríos: Mosquitos (Pijijiapan) y Siete Cigarros, Los Patos, Tehuacán, De Jesús y Las Hermanas (Tonalá), estos alimentan las lagunas Mosquitos, La Balona y Los Patos, el estero La Balona y Cequeleño. La zona 2, recibe descarga de agua dulce proveniente del estero Cequeleño; a partir de la comunidad del Otate, cambia de nombre a estero Majahual; también del estero que conecta con el sistema lagunar La Joya-Buena Vista, quien atraviesa la localidad El Manguito. La zona 3 recibe la entrada de agua marina del océano pacífico a través del cordón estuarino Boca del Cielo, que cambia de nombre a estero San José. La zona 4 recibe parte de las descargas de agua dulce de los ríos San Isidro y San Diego (Pijijiapan) que se encuentran canalizados por el canal Joaquín Amaro- La Conquista.

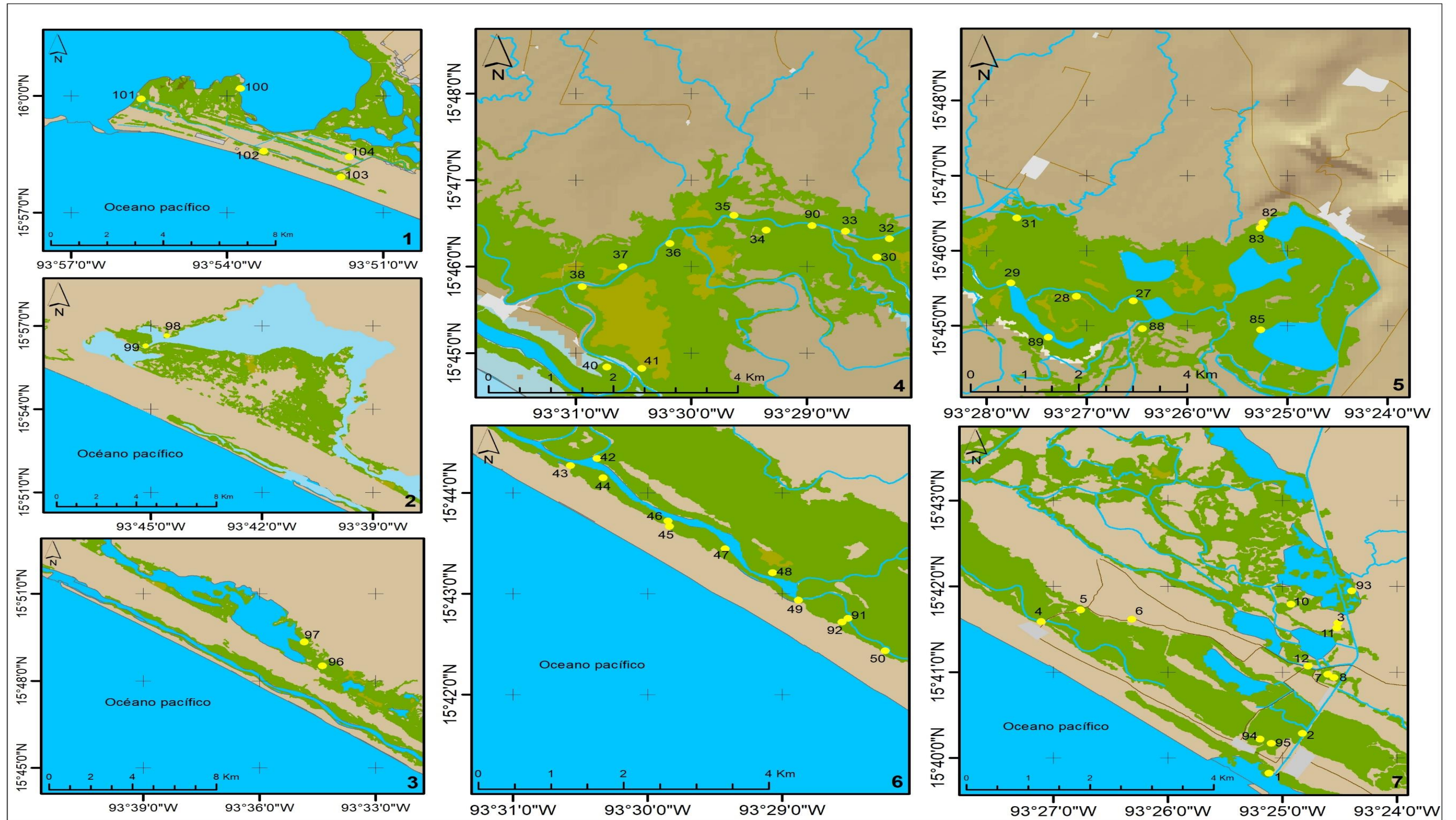


Figura 4. Unidades de muestreo dentro del área de estudio entre los municipios de Tonalá y Pijijiapan, Chiapas. 1) UM en Mar muerto, Tonalá. 2) UM en laguna La Joya, Tonalá. 3) UM en laguna Buenavista, Tonalá. 4) UM en zona 2, sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Tonalá y Pijijiapan. 5) UM en zona 1, sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Pijijiapan. 6) UM en zona 3, sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Tonalá y Pijijiapan. 7) UM en zona 4, sistema lagunar Los Patos Solo Dios, Pijijiapan.

## 7.2. Procesamiento de datos tomados en campo

Los datos tomados en campo fueron digitalizados. Posteriormente, se obtuvo el área basal y el índice de valor de importancia, fórmulas para obtener la cobertura y estimar el índice de valor forestal, Holdridge, clasificación de diámetros por categorías diamétricas, apartado de plántulas (promedio de altura, diámetro), estimación de árboles muertos y talados categorizados, tabla de resultados finales.

Cada UM se clasificó por tipo de bosque, en: ribereño, cuenca y borde acorde a lo descrito por Cintrón y Schaeffer, 1983. Además, se determinó la dominancia por tipo de bosque (monoespecífico, dominante y mixto) con lo descrito por Madrigal, 1994.

El área basal fue calculada en m<sup>2</sup> según la fórmula propuesta por Torres y Magaña, 2001:

$$\text{Área basal} = 3.1416 / 4 (\text{Diámetro Altura de Pecho})^2 \quad (1)$$

*Índice de Valor de Importancia:* Es un índice que fue desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie, integra la suma de los porcentajes de densidad, frecuencia y dominancia relativa, en intervalos que van desde 0 a 300 (Curtis y McIntosh, 1951). Se calculó de la siguiente manera:

$$IVI = Dr + Dmr + Fr \quad (2)$$

Dónde: IVI= Índice de valor de importancia, Dr= Dominancia relativa, Dmr= Densidad relativa, Fr= Frecuencia relativa.

La dominancia relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

La densidad relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Numero de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Numero de veces que se presenta cada especie}}{\text{Numero total de la presencia de las 5 especies en el area}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

El área de la cobertura de los arboles fue estimada con los datos del eje de copa mayor y menor, tomados con el hipsómetro; por la irregularidad de las mismas y para obtener un área cercana a la realidad, se aplicó la fórmula para calcular área de la elipse.

Para estimar la cobertura de los árboles se midió con el hipsómetro los dos ejes (mayor y menor de la copa) aplicando la siguiente fórmula para el área de la elipse.

$$\text{Área de cobertura} = 3.1416 ((e1 + e2)/4) \quad (3)$$

Dónde: e1=longitud del eje 1; e2=longitud del eje 2

Índice de Complejidad de Holdridge: Permite determinar el grado de desarrollo estructural en que se encontró cada uno de los bosques de manglar para cada sistema. Se calculó utilizando los datos de estructura de acuerdo a Holdridge, 1967.

$$ICH = (d)(a)(h)(s)/1000 \quad (4)$$

Dónde: d=Densidad (número de individuos/0.1 ha), a=área basal (m<sup>2</sup>/0.1 ha), h=altura (m), s=número de especies



Los árboles fueron distribuidos en categorías diamétricas para cada una de las especies de mangle registradas en cada UM bajo 10 clases: Clase 1) 2.5-5.0, Clase 2) 5.1-7.0, Clase 3) 7.1-10.0, Clase 4) 10.1-15, Clase 5) 15.1-20.0, Clase 6) 20.1-25, Clase 7) 25.1-30.0, Clase 8) 30.1-35, Clase 9) 35.1-40, Clase 10) individuos >40.1 (Tovilla-Hernández *et al.*, 2010) y se obtuvo el área basal por cada categoría y para cada especie.

Se obtuvo la densidad por especie en cada UM y a su vez por hectárea, expresando el porcentaje del nivel de extracción y de mortalidad natural, contra el arbolado total en pie, según lo propuesto por Corella *et al.*, 2004 y Tovilla *et al.*, 2007. Se contabilizó por UM el número de árboles extraídos y muertos en pie, identificando las especies en cada caso bajo criterios de Pool *et al.*, 1977; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983; Tovilla *et al.*, 2007. Para ambos casos, se clasificaron por especie, en 3 categorías diamétricas: categoría 1) 2.5-5.0 cm, categoría 2) 5.1-10.0 cm y categoría 3) mayores a 10.1 cm (Tovilla-Hernández *et al.*, 2010), con la finalidad de identificar las categorías diamétricas más utilizadas y las de mayor mortalidad natural.

Para regeneración natural, se estimó la densidad por especie/ ha y el porcentaje de plantas vivas y muertas de cada UM. Además, fueron clasificadas en tres tipos: a (con presencia de solo hojas), b (con desarrollo de ramificaciones) y c (con presencia de raíces aéreas o sus nódulos) (Tovilla-Hernández, 1998), información útil para conocer la capacidad de recuperación de un bosque o el potencial de regeneración natural ante los procesos de degradación del mismo (Tovilla-Hernández, 1998).

### **7.3. Variación estructural entre dos monitoreos del manglar en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios**

Los datos que fueron obtenidos en 2011 y 2015 sobre estructura del sistema lagunar Los Patos Solo Dios se encontraron adecuados para realizar un análisis de la variación estructural por cada zona, tipo de bosque, índices forestales y parámetros estructurales, por ser las mismas UM consideradas para el sistema.

Los resultados del segundo monitoreo fueron adecuados acorde a los criterios de clasificación por zonas, tipo de bosque, índices y parámetros estructurales utilizados por Santamaría-Damian, 2013.

Posteriormente se generó una base de datos con los resultados de ambas fechas para cohesión en tablas de resultados, esto ayudó a una mejor comprensión e interpretación al identificar las diferencias entre ambos años.

Se crearon tablas con los resultados de los Índices de Valor de Importancia e Índices de Holdridge para 2011 y 2015 de todo el sistema lagunar; también del Índice de Valor de Importancia para las cuatro zonas en que fue dividido el sistema en ambos años, considerando las especies por cada zona y el porcentaje obtenido.

En cuanto a los parámetros estructurales, se utilizaron los promedios y desviaciones estándar por cada año, para cada especie, por tipo de bosque y zona de los datos obtenidos sobre densidad, altura total, cobertura, y área basal.

Para comprender mejor el comportamiento y variación de las categorías diamétricas y el número de árboles encontrados durante las dos fechas de monitoreo, se realizaron gráficas de barra, con el número de árboles por categoría diamétrica por especie y zona.

Finalmente, los datos en porcentajes obtenidos sobre extracción y mortalidad natural, por especie y zona, fueron cotejados para identificar las zonas mayormente afectadas por estos procesos.

#### **7.4. Propuesta de polígono de Conservación en Los Patos Solo Dios**

El análisis de la información obtenida sobre la estructura y variación en cuatro años del manglar para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios, más la revisión bibliográfica acerca de esta área, prueban y justifican el área delimitada como propuesta de un polígono seleccionado, basado en criterios antes mencionados, para la declaratoria de una futura área de conservación, bajo un esquema de protección federal o estatal.

Este polígono, comprende un área de bosque de manglar que no cuenta con alguna categoría de protección federal o estatal, cuya distribución del mangle *Avicennia bicolor* se encuentra presente en la zona de Estero El Manguito-San José, entre los municipios de Tonalá y Pijijiapan; es importante mencionar que esta especie, carece de investigaciones acerca de su biología y taxonomía, también existe poca información acerca de la extensión total y distribución, razones que podrían incluirla bajo un esquema de protección como la NOM-056-SEMARNAT en materia de protección del manglar (Santamaría-Damian, 2016) y categorizarla como amenazada.

Para este estudio, se analizó la información disponible sobre la especie de mangle *Avicennia bicolor*, considerando coordenadas geográficas y municipios de localización. Se identificaron las vías de acceso de acuerdo a la información geográfica del INEGI: reporte de localización, de uso de suelo y vegetación, según la clasificación de INEGI en la serie V, cuerpos de agua, infraestructura (camino, rutas de acceso). Se delimitaron los ríos, caminos de terracerías, canales y comunidades en polígonos y rutas que se exportaron de formato (.kml a .spf) para poder utilizarse en el programa ArcMap 10.1.

Posteriormente, se identificaron los polígonos de las áreas en alguna categoría de conservación o indicador de biodiversidad, cercanas al sistema Los Patos Solo Dios, visualizados en Google Earth Pro; a partir del límite del polígono del Sistema Estuarino Boca del Cielo fue seleccionada el área que comprenden los manglares de los canales cercanos a la comunidad “El Manguito” hasta la comunidad Joaquín Amaro y la trayectoria hacia el sureste, siendo referente el canal “La Conquista”, cerrando el polígono hacia el suroeste con el límite del polígono del Sistema Estuarino Boca del

Cielo. Se descargó la capa de Vegetación y uso del Suelo, Serie V de INEGI para utilizar los cuerpos de agua y se descargó del portal geográfico de CONABIO las capas de vegetación del manglar y manglar perturbado del 2015. El polígono resultante se exportó de formato (.kml a .spf) para poder utilizarse en el programa ArcMap 10.1 y fue proyectado con el sistema de proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), se calculó el área del polígono.

Para complementar la información, se efectuó una ficha informativa siguiendo la estructura de un estudio previo justificativo, con la información disponible del área (Anexo B):

## 1. INFORMACION GENERAL

- ☛ Nombre del área propuesta
- ☛ Entidad federativa y municipios de localización del área
- ☛ Superficie
- ☛ Vías de acceso

## 2. EVALUACION AMBIENTAL

- ☛ Descripción de los ecosistemas y/o especies que se pretenden proteger
- ☛ Fisiografía y tipografía
- ☛ Geología física y edafología
- ☛ Hidrología
- ☛ Clima
- ☛ Estacionalidad
- ☛ Características biológicas: Flora y fauna
- ☛ Servicios ecosistémicos
- ☛ Elementos que hacen único al sitio
- ☛ Antecedentes de actividades de protección del área

### 3. DIAGNÓSTICO

- ✿ Algunas generalidades
- ✿ Problemáticas específicas que deben tomarse en cuenta: impactos directos e indirectos, fenómenos naturales, amenazas
- ✿ Legislación aplicable al área propuesta

#### **7.5. Análisis Estadístico**

Se generó una base de datos con los atributos estructurales: especie, diámetro a la altura de pecho (DAP), altura total, cobertura y altura comercial o aprovechable; representando dichos resultados mediante graficas e histogramas.

Los datos fueron analizados aplicando un modelo lineal y múltiple, usando logaritmo para los parámetros dasométricos. Posteriormente se aplicó el test de hipótesis ANOVA y se realizó una comparación de medias entre las unidades de muestreo con la Prueba Tukey ( $P < 0.05$ ) para conocer diferencias significativas entre especies. El análisis se ejecutó mediante el programa Rcmdr, con los paquetes: Agricolae y Lattice.

## VIII. RESULTADOS

### 8.1. Sistema Lagunar Mar Muerto – La Joya-Buenavista

#### 8.1.1. Estructura del bosque de manglar

En el sistema Lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista, la vegetación de manglar está constituida en un 55.5% por bosque tipo borde y un 33.3% de bosque tipo ribereño; mientras que los rodales de tipo cuenca representó solamente el 11%. La clasificación del bosque de acuerdo al grado de dominancia específica, estableció al bosque tipo borde como los de mayor densidad, constituidos hasta en un 80% por rodales dominantes (en los que una especie constituyen más del 50% del arbolado) y un 20% de monoespecífico (en los que una especie constituye el 100% del arbolado) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación por tipo de rodal, categoría y asociación de especies en nueve unidades de muestreo. *Avicennia germinans* (Ag), *Avicennia bicolor* (Ab), *Conocarpus erectus* (Ce), *Laguncularia racemosa* (Lr) y *Rhizophora mangle* (Rm).

Tipo de bosque	Categoría	Asociación	Cantidad de UM	# UM en campo
Borde	Mp	Ag	1	98
	Dm	Ag/Ce	1	104
	Dm	Ag/Ce/Lr	1	103
	Dm	Rm/Ab	1	102
	Dm	Rm/Lr	1	99
Ribereño	Mp	Ag	1	100
	Dm	Ag/Rm/Lr	1	101
	Dm	Rm/Lr/Ag	1	97
Cuenca	Dm	Ag/Lr	1	96

Fueron registrados 1 288 ind/ha, con cinco especies de mangle: *R. mangle* L., *racemosa*, *A. germinans*, *C. erectus* y *A. bicolor*. Las especies con mayor altura

reportadas para el sistema fueron *L. racemosa* con 14.68 m, *C. erectus* con 12.91 m. y *R. mangle* con 11.65 m.

Las especies que presentaron condiciones óptimas en el fuste fueron *L. racemosa* y *R. mangle* con 7.65 y 6.59 m. La mayor cobertura se observa entre las especies: *C. erectus*, *L. racemosa* y *R. mangle* con 26.72, 20.15 m<sup>2</sup> y 17.44 m<sup>2</sup> consecutivamente. Las especies con mayor densidad en el sistema fueron *A. germinans* y *R. mangle* con 721 y 413 ind/ha. (Cuadro 2). Las UM fueron ubicadas en la entrada de agua oceánica y salida de agua dulce; esta dinámica de intercambio, tipo de suelo y altura sobre el nivel del mar, aunado a las áreas de pantanos que se forman, permiten condiciones adecuadas para el establecimiento de dichas especies que presentan mayor tolerancia a la salinidad, entre otros.

Es importante destacar algunas características para el *C. erectus*, de árboles longevos que alteran los resultados reales del estado de conservación del manglar para dicha especie, los datos reales aprueban el buen desarrollo del mismo cuando el resto de la comunidad presenta poca densidad y pobreza estructural. Además, se identificó la presencia de *A. bicolor*, similar al ejemplar en foto (Figura 20 y 21) dentro del área y se midió el individuo juvenil encontrado dentro del sitio 102, con un DAP de 6.7 cm, altura de 3.5 metros y una cobertura de 5.76 m<sup>2</sup>. Es importante aclarar que este dato no fue incluido ni reportado en los cuadros y graficas finales por generar conflictos dentro del análisis estadístico. Sin menor relevancia y durante los recorridos se encontraron algunos peces considerados entre las especies de productividad pesquera como el bagre (Figura 21).

Cuadro 2. Parámetros estructurales (Promedio ± desviación estándar) de cuatro especies encontradas en el Sistema Lagunar Mar Muerto – La Joya Buenavista. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). Valores de F y P (Anexo A).

Especie	Densidad (ind/ha)	Á. basal (m <sup>2</sup> /ha)	Altura Total (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Fuste (m)
<i>Avicennia germinans</i>	721	5.28 <sup>ab</sup>	11.47 <sup>a</sup>	13.61 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>
		8.40	3.80	16.57	1.71

<i>Conocarpus erectus</i>	70	12.21 <sup>a</sup>	12.91 <sup>a</sup>	26.72 <sup>a</sup>	4.89 <sup>a</sup>
		1.72	3.78	25.84	2.17
<i>Laguncularia racemosa</i>	81	3.09 <sup>ab</sup>	14.68 <sup>a</sup>	20.15 <sup>a</sup>	7.65 <sup>a</sup>
		4.75	3.90	16.14	3.77
<i>Rhizophora mangle</i>	413	3.45 <sup>b</sup>	11.82 <sup>a</sup>	17.70 <sup>a</sup>	6.59 <sup>a</sup>
		6.20	4.82	19.60	2.21

La complejidad estructural calculada para todos los sitios ubicados en el sistema lagunar fue de ICH = 17.55, dato muy bajo que refleja un nivel estructural pobre en el bosque (Cuadro 4) y las especies con mayor importancia, fueron *A. germinans* (1°), *R. mangle* (2°) y *C. erectus* (3°) respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índice de Valor de Importancia (IVI) registrada para las cuatro especies de manglar del sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.

especie	densidad		dominancia		frecuencia		IVI
	Abs. ind/ha	Rel. %	Abs. m <sup>2</sup> /ha	Rel %	Abs. # obs.	Rel. %	
<i>A germinans</i>	<b>721</b>	<b>56.11</b>	4.76	22.00	<b>7</b>	<b>38.89</b>	<b>116.99</b> <sup>1°</sup>
<i>C erectus</i>	70	5.45	<b>10.99</b>	<b>50.79</b>	2	11.11	<b>67.34</b> <sup>3°</sup>
<i>L racemosa</i>	81	6.30	2.78	12.85	5	27.78	46.93
<i>R mangle</i>	413	32.14	3.11	14.37	4	22.22	<b>68.73</b> <sup>2°</sup>
	1285	100	21.64	100	18	100	<b>300.00</b>

Cuadro 4. Índice de Complejidad de Holdridge para el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista; número de especies (s), densidad de individuos (d), área basal (b) y altura (h).

Índice de Complejidad de Holdridge	S	d	b	h	ICH
Complejo Lagunar Mar muerto-La Joya Buenavista	4	177	2.117	11.73	17.55



La distribución de árboles por clases diamétricas, fueron 79% para las primeras 4 clases: 1) 2.5-5, 2) 5.1-7.0, 3) 7.1-10, 4) 10.1-15 con 125,181,102 y 84 árboles respectivamente. Las ultimas categorías concentraron el 21% de la distribución total. *A. germinans* (Figura 6) registró el mayor número en todas las categorías diamétricas (Figura 5).

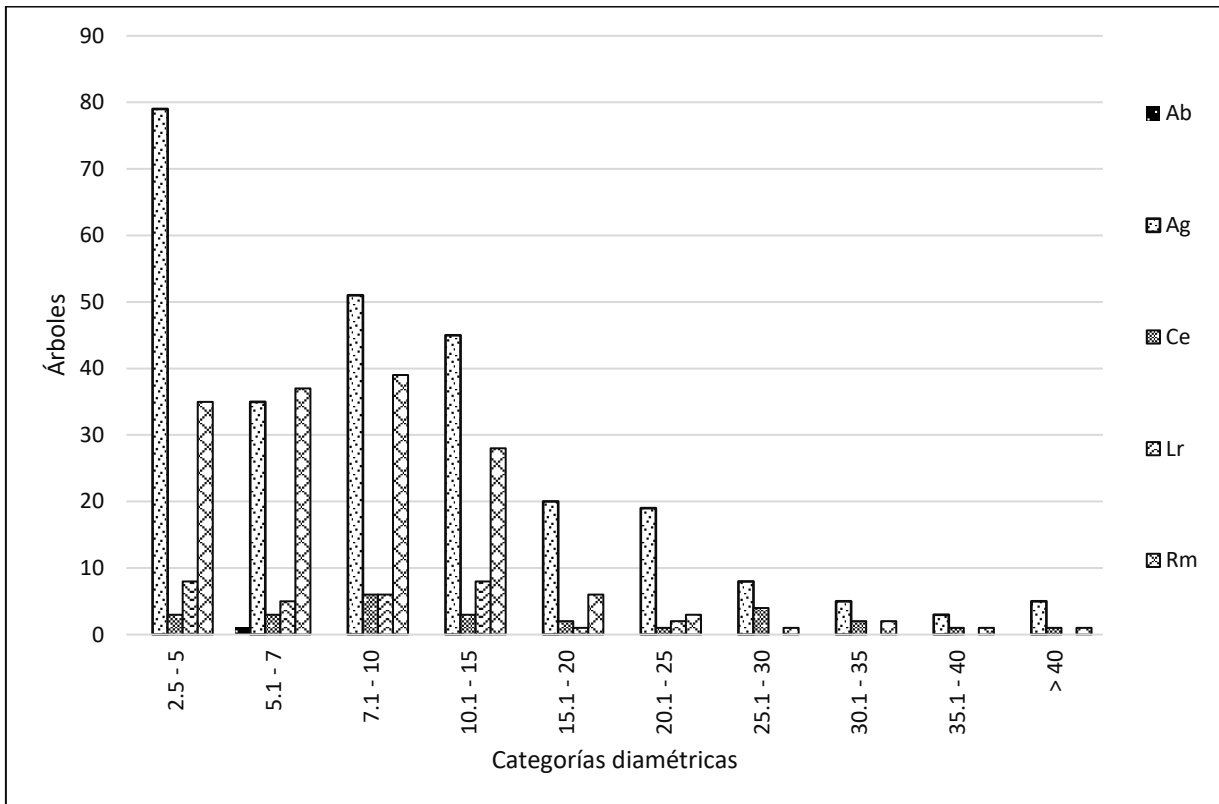


Figura 5. Distribución de árboles por clases diamétricas en las especies de mangle registradas para el Sistema Lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.

*L. racemosa* y *C. erectus* presentan poca población juvenil, debido a que son las especies con mayor extracción en el lugar, es importante analizar, qué medidas diamétricas son más utilizadas, y considerar la posibilidad de otros factores ambientales, como responsables de la disminución del crecimiento y desarrollo de las mismas para los diámetros mayores en estas zonas.



Figura 6. *Avicennia germinans* en un sitio de la laguna La Joya, Tonalá, Chiapas.

### 8.1.2. Extracción y Muerte natural

Los manglares se encuentran catalogados entre los ecosistemas más amenazados de los trópicos (Valiela *et al.*, 2001; Duke *et al.*, 2007). Las presiones antropogénicas producidas por el aprovechamiento pueden provocar cambios en la dinámica de la regeneración y estructura de un bosque de mangle en periodos muy cortos de tiempo (Benfield *et al.*, 2005; Walters, 2005).

Se reportó aprovechamiento del arbolado en tres de las nueve UM, estimando una densidad de 22 tocones/ha y un porcentaje de extracción del 1.26% comparado con el arbolado en pie. Las especies que presentaron extracción fue *A. germinans* y *C. erectus* (Figura 13). La categoría que presentó la mayor extracción fue de 5.1-10 cm, con 50%, seguido aquellos > 10.1 con un 33.33% y por último un 16.67% para los tocones con diámetro de 2.5-5.0 cm. (Figura 7).

En lugares cercanos a los sitios se observan problemas similares que no fueron cuantificados, pero forman parte del sistema, como la extracción de madera para individuos de mangle blanco (Figura 10), el reemplazo de *Laguncularia racemosa* por plántulas de *Avicennia germinans* (Figura 11) y el derribo de árboles por efecto de vientos y tormentas (Figura 12).

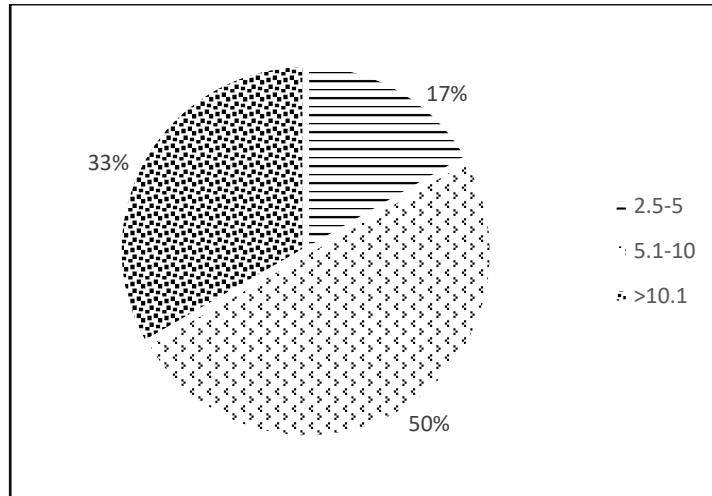


Figura 7. Porcentaje de extracción en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.

Se cuantificó mortalidad natural de manglar en 8 de las 9 UM, estimando una densidad de 493 individuos/ha y un porcentaje de 27.88% comparado con el arbolado en pie. La categoría de 5.1-10cm concentró el mayor porcentaje con 42.11%, seguido de la categoría >10.1cm con 36.88% y finalizando con el 21.5% para la categoría 2.5-5.0. Este fenómeno se presentó en las cinco especies de mangle reportadas para el sistema (Figura 8).

Del total en árboles muertos por especie, el mangle negro (*A. germinans*) es la especie que reportó el mayor porcentaje de mortalidad natural en las tres categorías, lo que representa en conjunto hasta un 60.90%, esta especie registró el mayor número de árboles muertos en la categoría diamétrica >10.1cm. *A. bicolor* registró el 11.28% algo notable en esta especie, mientras *R. mangle* presenta un 15.04%, en el mangle rojo la categoría diamétrica con mayor número de muertos fue 5.1-10cm. Las especies con menor porcentaje de individuos muertos fueron *L. racemosa* y *C. erectus* con 9.77% y 3.01% respectivamente (Figura 9). En el caso de *C. erectus*, probablemente se debe a que esta especie ha sido ampliamente sobreexplotada, en muchos sitios no se encuentran árboles o arbustos adultos o con diámetros adecuados para extracción, como en el pasado.

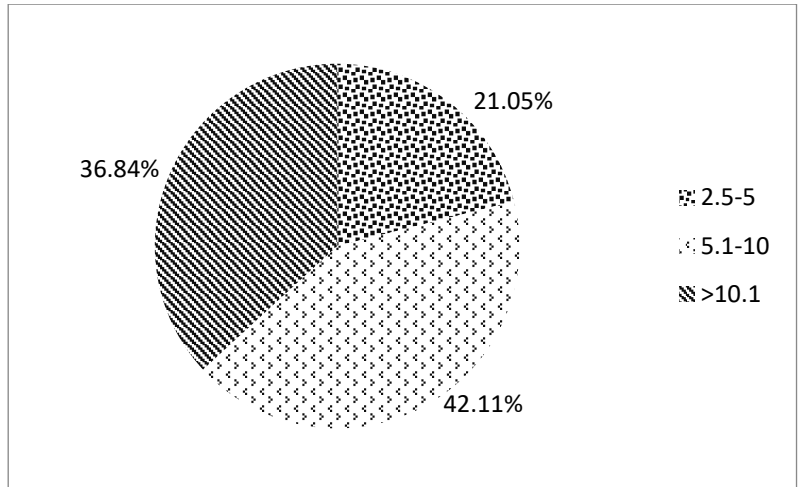


Figura 8. Porcentaje de mortalidad natural por categoría diamétrica en el sistema lagunar Mar Muerto La Joya Buenavista.

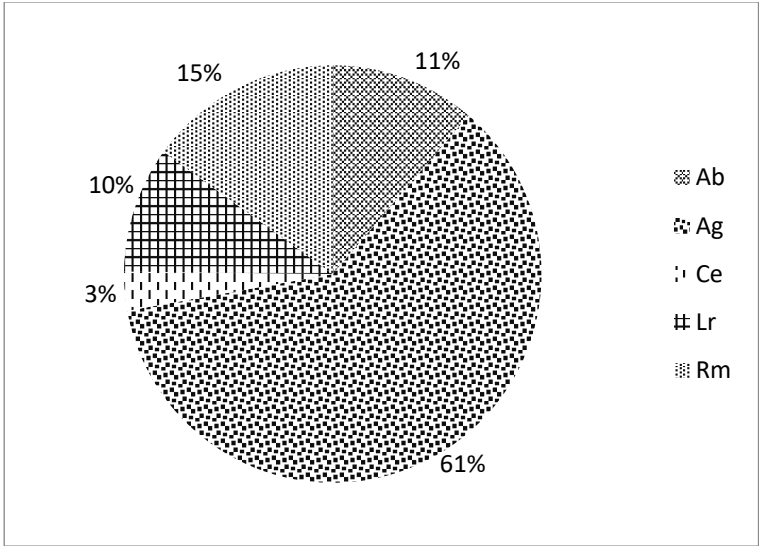


Figura 9. Porcentaje por especie de mortalidad natural en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.



Figura 10. Extracción de madera para tablas, ejemplar de *Laguncularia racemosa*.



Figura 11. Mortalidad de *Laguncularia racemosa* remplazada por crecimiento de *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*.



Figura 12. Caída de árboles por efecto del viento, *Avicennia germinans* cercano a la bocabarra, Tonalá, Chiapas.



Figura 13. Ampliación del cerco para ganadería con postes de *Conocarpus erectus*, Tonalá, Chiapas.

### 8.1.3. Regeneración natural

El proceso de regeneración asegura la permanencia de las especies en el transcurso de los años para un bosque en particular (Asquith, 2002). En el bosque de mangle, los factores biológicos (características fisiológicas de cada especie, sistema de reproducción, sistema de raíces) y físicos (clima, vientos, tipo de suelo) afectan grandemente el establecimiento y desarrollo anticipado de los arboles (Krauss *et al.*, 2008), constituyendo el reparto de las especies en el ambiente (Delgado *et al.*, 2001). Se registraron poblaciones de plántulas para nueve sitios con diferencias en densidades y tipos de crecimiento representadas en un 88.4% de plántula vivas y un 11.6% de plántulas muertas (Figura 14).

*A. germinans* fue la especie de mayor densidad con 26 588 ind/ha seguido de *R. mangle* con 22 647 ind/ha, esto puede deberse al periodo de floración (en los meses más lluviosos) y la densidad de las mismas; *R. mangle* tiene la particularidad de florecer todo el año y en mayor cantidad para las estaciones de primavera y verano (entre los meses más lluviosos). La especie con menor regeneración fue *C. erectus* con 235 ind/ha, siendo importante enfatizar que, en todos los sitios estudiados, se observó poca densidad de esta especie y por tanto pocos individuos en etapa de floración. En cuanto a *L. racemosa* presenta regeneración, pero con menor densidad (Figura 15).

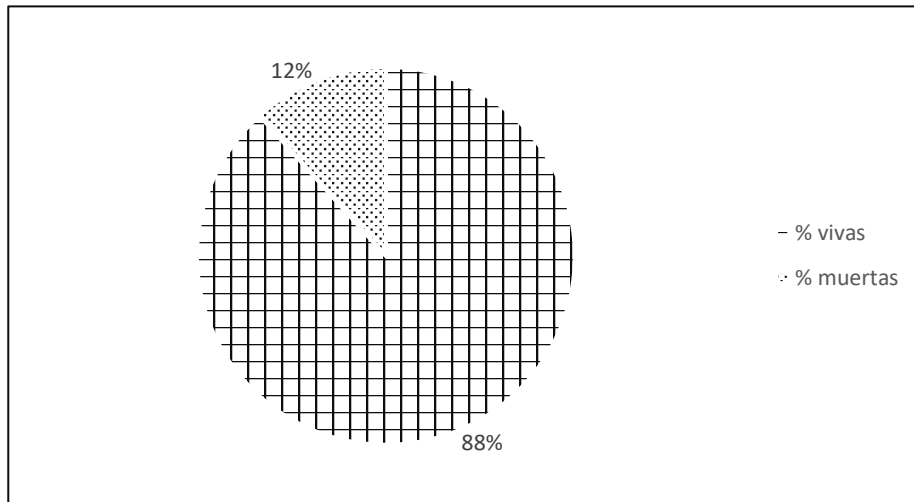


Figura 14. Porcentaje de plántulas vivas y muertas para el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.

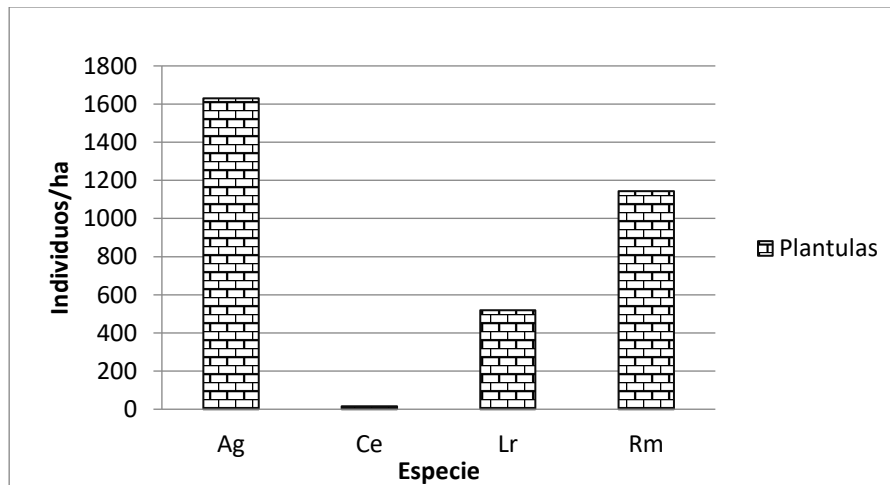


Figura 15. Densidad de plántulas por especie registrada en el sistema lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista

El total de plántulas vivas está representado por el 50.6% de *A. germinans* (Figura 17), 34.3% por *R. mangle* (Figura 18), 14.6% de *L. racemosa* y 0.5% de *C. erectus*; en el caso de las plántulas muertas, el 81.2% corresponde a *R. mangle*, 17% de *A. germinans* y el 1.8% de *L. racemosa* (Figura 16).

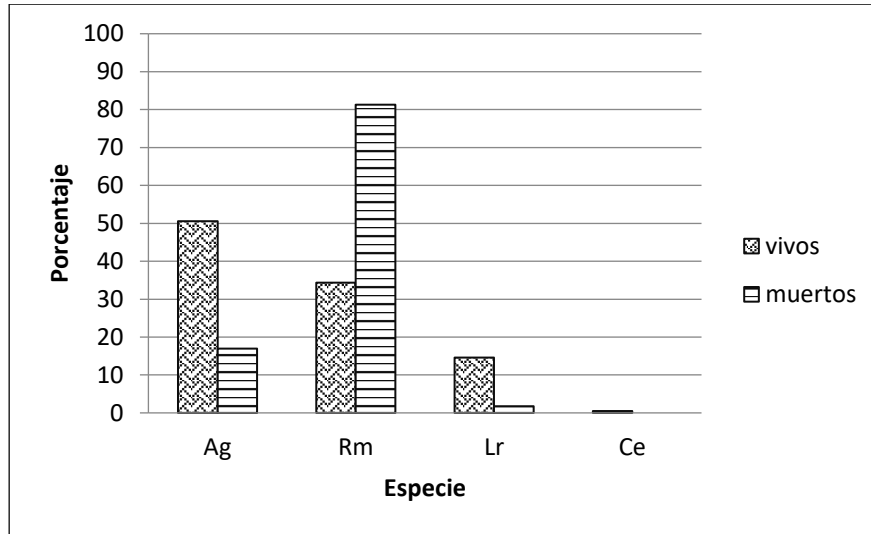


Figura 16. Porcentaje de regeneración natural (vivas y muertas) por especie en las UM del Sistema Lagunar Mar Muerto-La Joya Buenavista.



Figura 17. Plántulas de *Avicennia germinans* en Vuelta Rica, Tonalá, Chiapas.



Figura 18. Regeneración natural de *Rhizophora mangle* en Tonalá, Chiapas.





Figura 19. Ejemplar de *Avicennia bicolor* adulto en Vuelta Rica, Tonalá, Chiapas.



Figura 20. Botones para floración de *Avicennia bicolor*.



Figura 21. Grupo de bagres (*Lacantunia enigmática*) en la superficie debido a la disminución de oxígeno en el agua del canal San José, Tonalá.

## 8.2. Sistema Lagunar Los Patos – Solo Dios

En Los Patos Solo Dios se identificaron valiosos servicios ambientales, podría ser considerado como un corredor biológico entre las áreas protegidas en el sur en la Reserva de Biosfera la Encrucijada y esta área. El análisis estructural del sistema proporcionó datos que sustentan lo anterior.

### 8.2.1. Estructura del bosque de manglar

El sistema lagunar Los Patos Solo Dios está representado por bosque tipo borde y cuenca con 27 y 18 UM y porcentajes de 60% y 40% consecutivamente. El bosque tipo borde presenta 92.5% de las UM en los que una especie de mangle es dominante y 7.5% con sitios monoespecíficos. El bosque tipo cuenca se divide en un 72.2% de UM con una especie dominante y un 27.8% monoespecíficos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación por tipo de bosque, categoría y asociación de especies en 45 UM. *Avicennia germinans* (Ag), *Avicennia bicolor* (Ab), *Conocarpus erectus* (Ce), *Laguncularia racemosa* (Lr) y *Rhizophora mangle* (Rm).

TIPO	CATEGORIA	ASOCIACION	Cantidad de UM	# de UM
Borde	Dominante	<i>Ab-Ag-Lr-Rm-Ce</i>	1	49
		<i>Lr-Rm-Ag</i>	3	4, 8 y 89
		<i>Rm-Ag</i>	6	32, 38, 41, 42, 82 y 95
		<i>Rm-Ag-Lr</i>	1	37
		<i>Rm-Ag-Lr-Ab</i>	1	48
		<i>Rm-Lr</i>	8	2, 6, 29, 30, 35, 50, 85 y 90
		<i>Rm-Lr-Ag</i>	3	5, 36 y 91

		<i>Rm-Lr-Ag-Ab</i>	2	46 y 47
	Monoespecifico	<i>Lr</i>	1	93
		<i>Rm</i>	1	31
Cuenca	Dominante	<i>Ab-Ag</i>	1	92
		<i>Ab-Lr-Ce</i>	1	43
		<i>Ab-Lr-Rm</i>	1	45
		<i>Ag</i>	1	40
		<i>Ag-Lr</i>	2	10 y 12
		<i>Ag-Rm-Lr</i>	1	83
		<i>Ag-Rm-Lr-Ce</i>	1	94
		<i>Ce-Ag-Lr</i>	1	1
		<i>Lr-Ag-Rm</i>	1	28
		<i>Lr-Rm</i>	1	27
		<i>Rm-Ag-Lr</i>	1	44
		<i>Rm-Lr-Ag</i>	1	88
	Monoespecifico	<i>Ag</i>	5	3, 7, 11, 33 y 34

Fueron registrados 2 060 ind/ha, en 45 UM y cinco especies; de mangle. *R. mangle* fue encontrada en 37 de las 45 UM (Figura 23), *L. racemosa* fue observada en 36 UM y como dominante en seis UM (Sitios: 4, 8, 27, 28, 89, 93), *A. germinans* en 40 UM de los cuales ocho son monoespecíficos (Sitios: 3, 7, 11, 33, 34, 40, 98 y 100) (Figura 24), *C. erectus* aparece en seis UM (Sitios: 1, 43, 49, 103, 104) y *A. bicolor* estuvo presente en ocho UM (sitios: 43, 45, 46, 47, 48, 49, 92, 102).

Las especies con mayor altura reportadas para el sistema fueron *R. mangle* con 17.31 m, *A. germinans* con 13.40 m y *A. bicolor* 12.56 m. Las especies con un fuste adecuado para el aprovechamiento fueron *R. mangle* con 6.70 m, *A. germinans* con 5.33 m y *A. bicolor* con 5.22 m.

Entre las especies con mayor cobertura destaca *R. mangle*, seguido de *A. bicolor* y *A. germinans* con 20.19, 18.65 y 17.85 m<sup>2</sup>/ha (Cuadro 6). Las especies de mayor importancia fueron *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans* (Cuadro 7).

Cuadro 6. Parámetros estructurales (Promedio  $\pm$  desviación estándar) de las especies encontradas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Valores de F y P (Anexo A).

Especie	Densidad (ind/ha)	Á. basal (m <sup>2</sup> /ha)	Altura total (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Fuste (m)
<i>A germinans</i>	591	6.46 <sup>b</sup>	13.40 <sup>b</sup>	14.47 <sup>ab</sup>	5.33 <sup>b</sup>
		8.96	5.61	17.85	2.70
<i>A bicolor</i>	40	5.29 <sup>a</sup>	12.56 <sup>a</sup>	18.65 <sup>a</sup>	5.22 <sup>a</sup>
		11.73	5.16	19.55	3.49
<i>C erectus</i>	36	1.26 <sup>c</sup>	8.46 <sup>c</sup>	7.82 <sup>bc</sup>	3.26 <sup>c</sup>
		1.27	3.03	9.48	1.48
<i>L racemosa</i>	759	2.84 <sup>c</sup>	9.68 <sup>c</sup>	4.91 <sup>c</sup>	5.19 <sup>c</sup>
		7.10	6.85	11.46	3.05
<i>R mangle</i>	636	6.19 <sup>b</sup>	17.31 <sup>b</sup>	20.19 <sup>a</sup>	6.70 <sup>b</sup>
		12.14	7.44	23.22	3.42

Las especies con mayor densidad fueron *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*; mientras que *R. mangle* y *A. germinans* son las de mayor dominancia; por el contrario, la menor densidad y dominancia corresponde a *C. erectus*; siendo así, las especies con mayor importancia para el sistema fueron: *R. mangle* (1°), *A. germinans* (2°) y *L. racemosa* (3°). (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índice de Valor de Importancia (IVI) registrada para las cinco especies de mangle en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

especie	densidad		dominancia		Frecuencia		IVI
	abs. (ind/ha)	Rel. (%)	Abs. (m <sup>2</sup> /ha)	Rel (%)	Abs (# obs)	Rel. (%)	
<i>A germinans</i>	591	28.68	11.73	28.47	<b>33</b>	<b>30.84</b>	<b>87.99<sup>2°</sup></b>
<i>A bicolor</i>	40	1.94	8.96	21.75	7	6.54	30.24
<i>C erectus</i>	36	1.75	1.27	3.07	3	2.80	7.62
<i>L racemosa</i>	<b>759</b>	<b>36.83</b>	7.10	17.23	31	28.97	<b>83.03<sup>3°</sup></b>
<i>R mangle</i>	635	30.81	<b>12.14</b>	<b>29.47</b>	<b>33</b>	<b>30.84</b>	<b>91.12<sup>1°</sup></b>
	2061	100	41.20	100	107	100	300.00

La distribución de árboles por clases diamétricas, fue de 86.13% en las primeras cinco clases: 1) 2.5-5, 2) 5.1-7.0, 3) 7.1-10, 4) 10.1-15, 5) 15.1-20 con 518, 564, 498, 325 y 249 individuos respectivamente. El 13.87% fue estimado para el diámetro de las últimas 5 categorías (138, 82, 44, 34 y 49 individuos). *L. racemosa* es la especie con mayor densidad en las primeras tres clases diamétricas, *A. germinans* registró mayor presencia en la clase cuatro y en las últimas seis clases, *R. mangle* presenta mayor densidad. *C. erectus*, sin embargo, solo aparece en las primeras cinco clases diamétricas. *A. bicolor* presenta individuos en las 10 clases diamétricas con mayor densidad en las primeras seis clases diamétricas (Figura 22).

Dentro del área de estudio también se realizan actividades de “Rehabilitación de canales”, esto consiste en la remoción de suelo de los canales, permitiendo un mejor flujo del agua en el mismo; una de las consecuencias directas de este tipo de actividad es el lugar de depósito del sedimento extraído colocado en áreas con manglar (Figura 31). Así mismo, también se observaron algunas especies de garzas (Figura 37) y aves playeras (Figura 38) comunes en sistemas lagunares, y el canal La Conquista, muy representativo en el área de estudio (Figura 39).

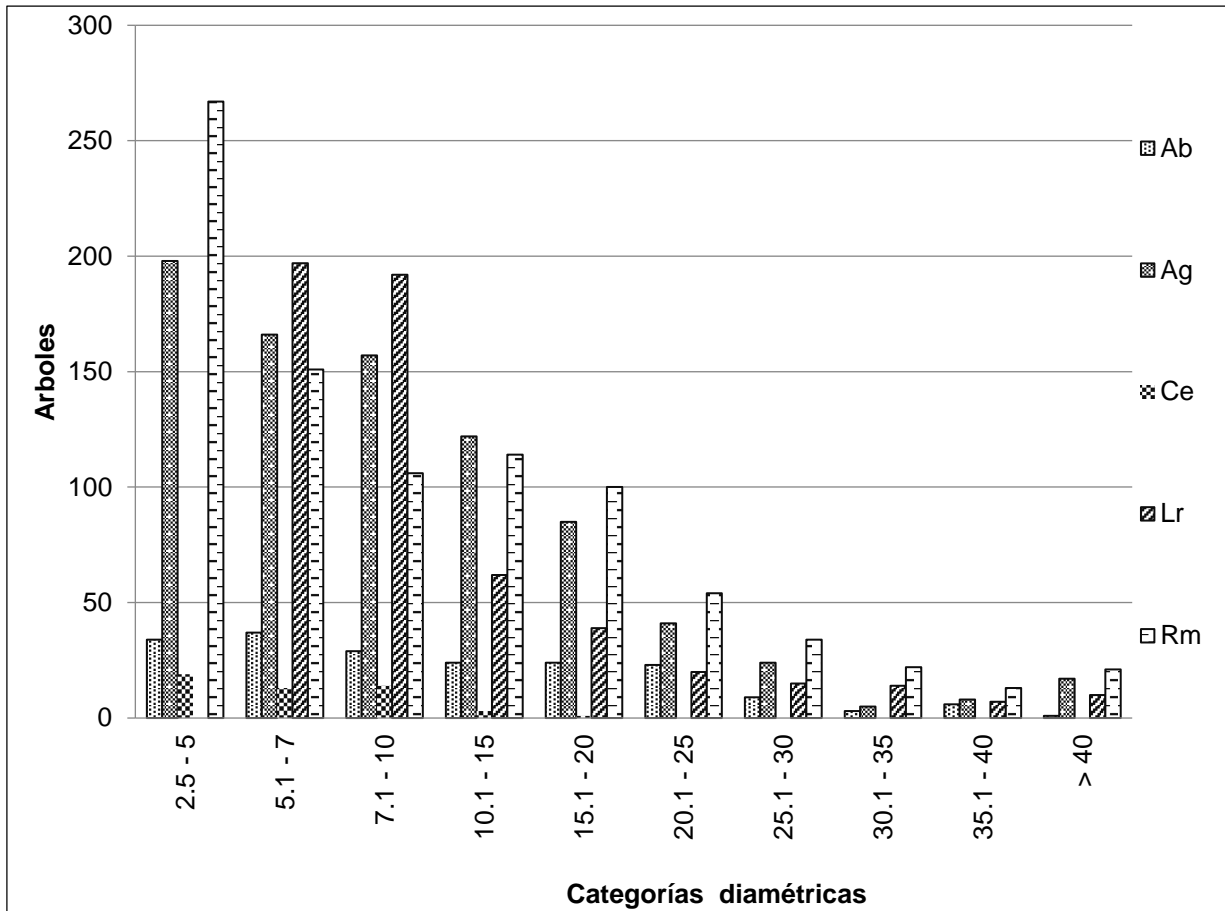


Figura 22. Distribución de árboles por categorías diamétricas en las especies de mangle registradas del sistema lagunar Los Patos Solo Dios.



Figura 23. Bosque dominante de *Rhizophora mangle* en Isla San José, Pijijiapan, Chiapas.



Figura 24. Bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* en laguna La Balona, Pijijiapan, Chiapas.

### 8.2.2. Extracción y mortalidad natural

La tala desmedida del ecosistema influye en el desequilibrio ecológico y de conservación del mismo; la importancia de monitorear estos aspectos, radica en obtener información robusta que ayude a obtener un diagnóstico real y posibles soluciones al problema detectado.

Se registró extracción de madera de mangle en 32 de 45 UM estudiadas, estimando una densidad de 412 tocones/ha y un porcentaje de extracción del 16.67% comparado con el arbolado en pie. La primera categoría presentó la mayor extracción (2.5-5.0cm) con 69.19% Las comunidades aprovechan estos diámetros para hacer varas, soporte para techos de palma, entre otras. Seguido de la categoría 5.1-10.0 con 21.93%, estos árboles son usados como postes en la construcción de tapos para los encierros de camarón en las áreas de pesca y por último un 8.88% para los tocones con diámetro >10.1; estos últimos aserrados en forma de tablones para cubrir las cercas de las casas, hacer leña y postes por la resistencia con que cuenta la madera del mangle (Figura 25).

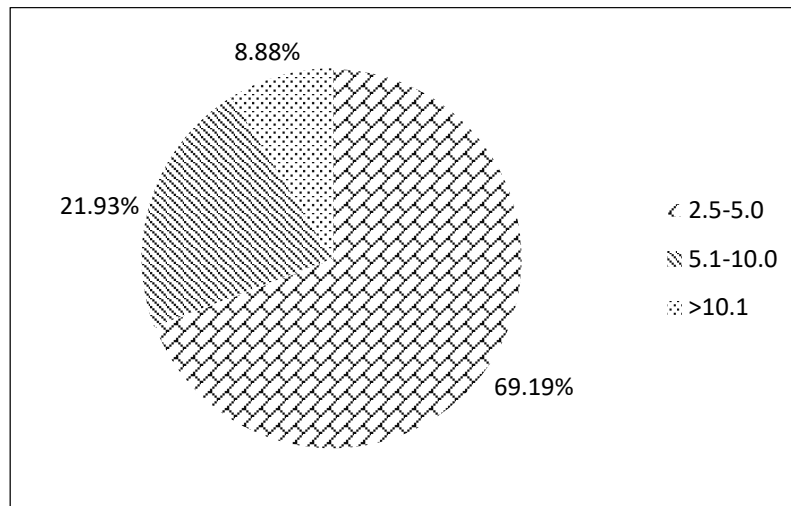


Figura 25. Porcentaje de extracción por categorías diamétricas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

*Avicennia bicolor* no mostró alteración provocada por la extracción en el área de estudio. Mientras que *L. racemosa* es la especie que registro mayor extracción (Cuadro 8), para las primeras tres categorías diamétricas con un 89.47% del total de tocones encontrados en el sistema (Figura 26), *R. mangle* muestra un aprovechamiento menor con 5.6% (Figura 29).

Es importante destacar que *L. racemosa* es la especie cuya calidad de madera se considera excelente por su dureza, las ramas son utilizadas para leña y la producción de carbón y fue la especie con mayor extracción para las tres categorías (Figura 30). En tanto que *C. erectus* y *A. germinans* fueron las especies que reportaron mayor extracción para la categoría > 10.0 cm de diámetro (Cuadro 10) con un porcentaje de extracción para ambas especies de 2.44% (Figura 26).

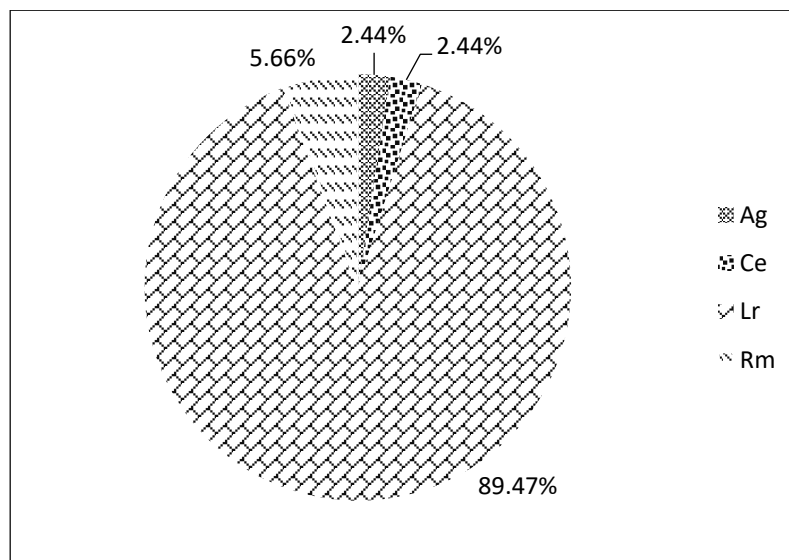


Figura 26. Porcentaje de extracción por especie para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.



Cuadro 8. Extracción por categoría diamétrica para las cuatro especies reportadas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios

Especie	Categoría diamétrica			total
	2.5-5	5.1-10	>10.1	
<i>A germinans</i>	4	6	18	28
<i>C erectus</i>	3	7	18	28
<i>L racemosa</i>	<b>759</b>	<b>219</b>	<b>50</b>	<b>1028</b>
<i>R mangle</i>	29	20	16	65
			Total	<b>1149</b>

Una de las principales causas de la mortalidad del manglar se debe a que ciertos fenómenos meteorológicos son amortiguados por este ecosistema, como sucede con las lluvias intensas, descargas eléctricas y las riadas que llegan a los manglares al crecer los ríos durante el verano-otoño, entre otros. Por la ubicación geográfica, este sistema es propenso a este tipo de eventos naturales y otros antrópicos.

Se observó mortalidad de mangle en 38 de las 45 UM, con una densidad total de 338 individuos/ha y un porcentaje de 14.12% comparado con el arbolado en pie. Las categorías que presentan mayor cantidad de árboles muertos fueron 5.1-10 y 2.5-5.0 con 39.74 y 39.31% respectivamente, la categoría con menor mortalidad natural fue el diámetro >10.1 representado por el 20.95% (Figura 27). La mortalidad natural se presenta en todas las especies de mangle registradas en este sistema de humedales (Cuadro 9).

Es importante señalar que *C. erectus* solamente presentó un individuo muerto en la categoría 2.5-5.0 (Figura 28); *A. bicolor* presenta un bajo porcentaje de mortalidad (Figura 28), especie en cuya última categoría diamétrica concentra la mayor disminución de la población en el área estudiada (Cuadro 9).

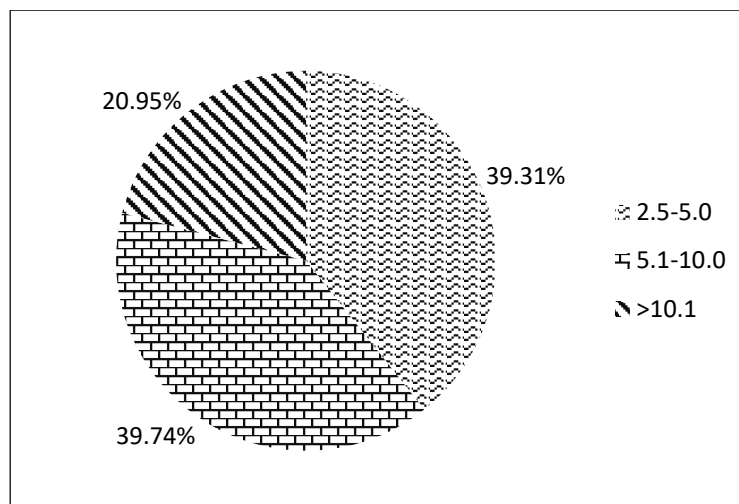


Figura 27. Porcentaje por categorías diamétricas de mortalidad natural en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios

Cuadro 9. Mortalidad natural por categoría diamétrica para las especies reportadas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios

Especie	Categoría diamétrica			total
	2.5-5	5.1-10	>10.1	
<i>A bicolor</i>	1	4	11	16
<i>A germinans</i>	34	46	12	92
<i>C erectus</i>	1	0	0	1
<i>L racemosa</i>	<b>124</b>	<b>92</b>	35	<b>251</b>
<i>R mangle</i>	22	42	<b>39</b>	103
			Total	463

Del total en árboles muertos por especie, *L. racemosa* fue la especie con mayor porcentaje con 54.21% distribuido principalmente en las dos primeras categorías, *R. mangle* con 22.25% presenta mucha mortalidad en las últimas dos categorías y *A. germinans* con 19.87% exhibe mayor mortalidad para la categoría 5.1-10.0, las especies con menor porcentaje de muerte natural fueron *A. bicolor* y *C. erectus* con 3.46 y 0.22% respectivamente (Figura 28).

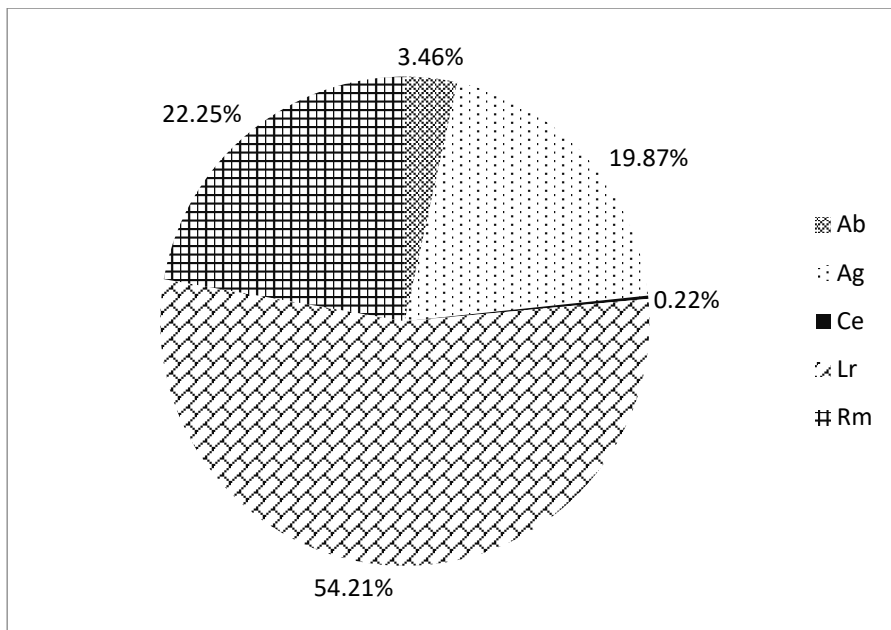


Figura 28. Mortalidad natural por especie en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios



Figura 29. Puente con acceso a la palapa, anteriormente basurero y presencia de *Rhizophora mangle*, Pijijiapan, Chiapas



Figura 30. Postes de *Laguncularia racemosa* para cercos, contrucciones de tapos y demás en la comunidad Manguito, Tonalá, Chiapas.



Figura 31. Desechos de dragado en pequeños canales depositados en áreas con manglar.

### 8.2.3. Regeneración natural

La regeneración natural comprende aquellos individuos jóvenes presentes en el sotobosque, forman parte de la sucesión natural y propician el equilibrio del bosque. Son indicadores de los cambios en las poblaciones y su remplazo a través del tiempo (Ulloa-Delgado *et al.*, 1998).

Se registró regeneración en los 45 sitios, con diferencias en densidades y tipos de crecimiento, constituidas en un 89.78% por plántula vivas y un 10.22% a plántulas muertas (Figura 32). *R. mangle* fue la especie con mayor densidad, seguido de *L. racemosa* y *A. germinans* con 27 418, 18 550 y 11 108 ind/ha respectivamente; las especies con menor regeneración fue *A. bicolor* con 310 ind/ha, *C. erectus* no registro ningún tipo de regeneración (Figura 33).

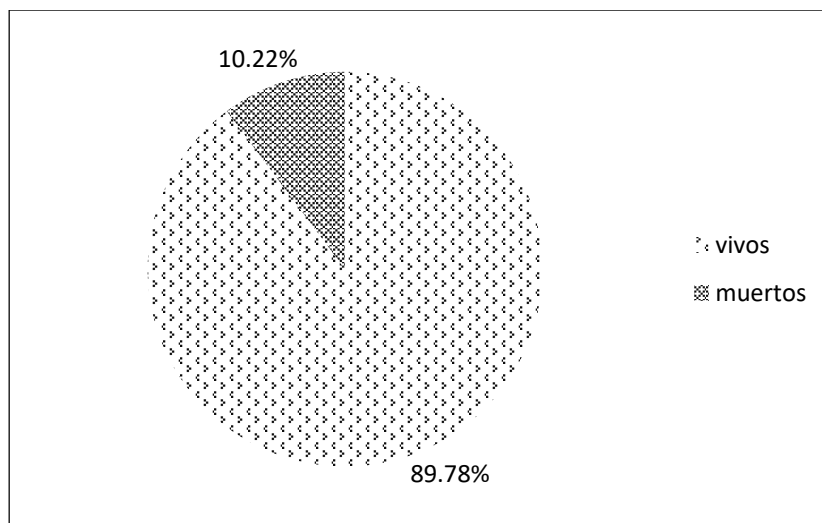


Figura 32. Porcentajes de regeneración natural (vivos y muertos) para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

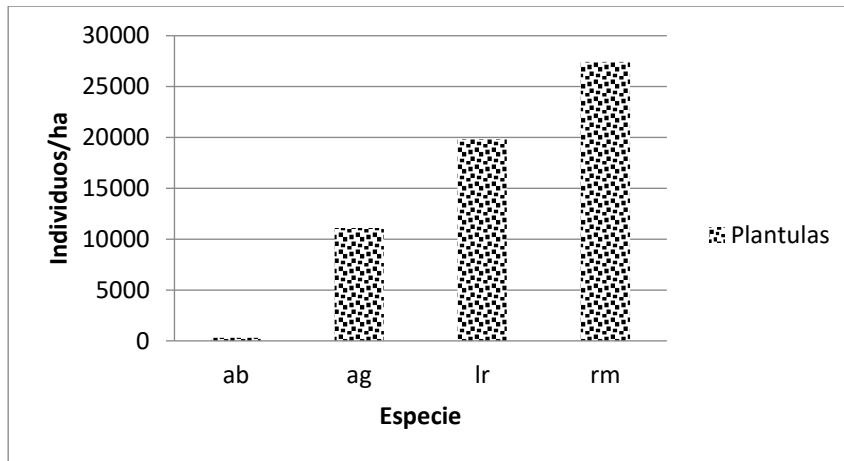


Figura 33. Densidad por especie de regeneración natural en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

El total de plántulas vivas fue estimado sobre la presencia de cuatro especies: *R. mangle* con el 43.35%, *L. racemosa* con 35.21% (Figura 35), *A. germinans* con 20.85 % (Figura 36) y *A. bicolor* con 0.59%. Es sabido que *R. mangle* y *L. racemosa* mantienen una alta producción de propágulos, dato que coincide con lo observado en campo. Del porcentaje correspondiente a plántulas muertas el 76.36% pertenece a *R. mangle*, 21.58% a *L. racemosa* y 2.07% *A. germinans* (Figura 34).

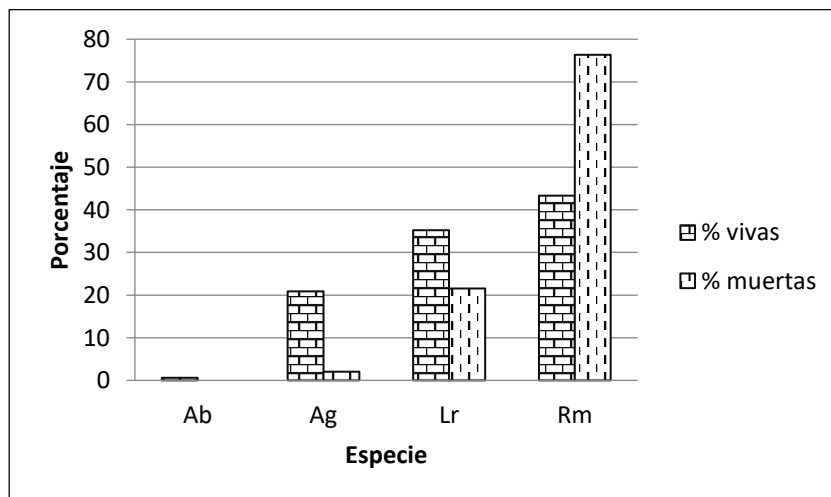


Figura 34. Porcentaje de regeneración natural (vivas y muertas) por especie en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.



Figura 35. Regeneración natural de *Laguncularia racemosa* en un sitio de Los Patos Solo Dios.



Figura 36. Regeneración natural de *Avicennia germinans* en el área de estudio.



Figura 37. *Ardea alba*, fauna del área de estudio, Pijijiapan, Chiapas.



Figura 38. Grupo mixto de aves playeras con dos Pico pando Canelos (*Limosa fedoa*), Pijijiapan, Chiapas.



Figura 39. Canal La Conquista, Pijijiapan, Chiapas

### 8.3 Variación estructural entre dos monitoreos del manglar en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios

#### 8.3.1. Índices Forestales por especie y zonas

El Sistema Lagunar Los Patos Solo Dios (LPSD) presenta variación estructural observado en un periodo de 4 años. En 2011 *L. racemosa* fue la especie de mayor importancia seguida de *R. mangle*, seguidas de *A. germinans* y *A. bicolor*, no se registró presencia de *C. erectus*. Para el año 2015 se reporta a *R. mangle* como la especie más importante del sistema, seguido de *L. racemosa*, las especies de menor importancia en este año fueron *A. germinans* y *A. bicolor*, en este año también se registró la presencia de *C. erectus* en un 9% de los sitios estudiados (Cuadro 10).

Es importante destacar que *R. mangle* y *L. racemosa*, pese a ser las especies de mayor abundancia en el sistema, sufrieron una disminución del IVI, mientras que *A. germinans* observó un incremento del 7.6% de 2011 a 2015 (Cuadro 11). La densidad registrada para algunas especies da pie para cuestionar si la extracción es un factor preponderante en este cambio.

Cuadro 10. Variación del índice de Valor de Importancia (IVI) en un periodo de cuatro años para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios

especie	Año de muestreo	
	% en 2011	% en 2015
<i>A. bicolor</i>	34.62	33.15
<i>A. germinans</i>	73.82	81.42
<i>C. erectus</i>	N/P	9.22
<i>L. racemosa</i>	97.15	86.55
<i>R. mangle</i>	94.43	89.66
Total	300	300

El índice de Complejidad de Holdridge para LPSD, en 2011 contabilizó una densidad de 250.6 individuos con una altura promedio de 16.38 metros, un área basal

de 1.22 m<sup>2</sup>/ha y la presencia de cuatro especies de mangle, obteniendo así un ICH de 20. Para el 2015 se reporta una menor densidad (206 individuos) con una altura promedio de 13.93 m, un área basal de 1.40 m<sup>2</sup>/ha y presencia de cinco especies de mangle, obteniendo un ICH de 20.23. Existe disminución en la densidad y altura promedio del sistema y un aumento del área basal que permitió incrementar ligeramente el ICH (0.23) en un periodo de cuatro años; esto último, debido a la suma de UM con presencia de *C. erectus* en crecimiento que no se registró en 2011 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Variación del índice de Complejidad de Holdridge en un periodo de cuatro años para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

	Año	s	d	b	h	ICH
Sistema Lagunar Los Patos Solo Dios	2011	4	250.6	1.22	16.38	<b>20</b>
	2015	5	206	1.40	13.93	<b>20.23</b>

Es importante el análisis por zonas del índice de complejidad de Holdridge debido a que éste nos indica el estado de conservación que presenta un área de estudio. La Zona 1 mantiene la presencia de las 3 especies características de la zona. Anteriormente se había observado la disminución de la densidad que se refleja en el total por zona. Existe un incremento del área basal y disminución de la altura promedio. El ICH fue menor al reportado en 2011 (de 35 a 24) (Cuadro 12).

En la Zona 2 no hubo presencia de *A bicolor*; por el contrario; hubo una reducción casi del 50% en la densidad conocida para esta zona y se focaliza un aumento en el área basal, el promedio de altura. Estas condiciones afectaron considerablemente el ICH pasando de 41 a 17 (Cuadro 12).

En contraste con la zona anterior, la Zona 3 registro presencia de *C erectus* en etapa de crecimiento reportada para LPSD; al igual que en otras zonas hubo descenso en la densidad y aumento en el área basal, la altura también fue afectada de manera no tan relevante, el ICH aumentó de 23 a 25 (Cuadro 12). La Zona 4 aumentó el ICH de 11 a 19 por la aparición de *C erectus* en el área (Cuadro 12).



Cuadro 12. Variación por zonas del Índice de Complejidad de Holdridge para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

Año	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	2011	2015	2011	2015	2011	2015	2011	2015
S	3	3	4	3	4	5	3	4
D	291.7	109	327.7	119	237.7	103	255.7	115
B	1.9	4.2	1.6	2.4	1.4	4.3	1	3.2
H	20.8	17.22	19.06	19.31	16.84	11.26	13.99	13.07
ICH	<b>35</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	<b>19</b>

El Índice de Valor de Importancia indica el grado de importancia que una especie representa para la zona de estudio (Cuadro 13):

Zona 1: *R mangle* observó un aumento en el valor de importancia de 60%. Manteniéndose como la especie más importante de la zona, mientras que *L racemosa* disminuye casi en un 90% del valor reportado para 2011, es la especie de menor importancia en la zona para el 2015.

Zona 2: *R mangle* es la especie de mayor importancia reportada en 2011 y 2015; además de experimentar el aumento en el porcentaje del valor. *A germinans* tiene un decremento del 50%. Esta zona se caracteriza por no presentar individuos de *A. bicolor* que fueron encontradas en 2011. *R mangle* es la especie más importante para la zona.

Zona 3: *A bicolor* registro un incremento aproximado al 50% del valor estimado en 2011, este mismo cambio se observa en *R mangle* y *L racemosa*, aunque en una menor proporción. *A germinans* reduce drásticamente en un 80% aproximadamente su valor. *L racemosa* es la especie más importante reportada para 2015.

Zona 4: En esta zona existe una dominancia de la especie *A germinans* y la presencia de árboles en crecimiento de *C erectus* representada en un 9.04%. *L*

*racemosa* y *R mangle* disminuye su valor. *A germinans* es la especie más importante para esta zona en 2015.

Cuadro 13. Comparación por zonas del Índice de Valor de Importancia en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios para un periodo de cuatro años.

Zona	Especie	Año	
		2011	2015
1	<i>A. germinans</i>	77.13	108.16
	<i>L. racemosa</i>	102.37	9.95
	<i>R. mangle</i>	120.49	181.89
		<b>300</b>	<b>300</b>
2	<i>A. bicolor</i>	25.89	N/P
	<i>A. germinans</i>	100.12	54.91
	<i>L. racemosa</i>	77.77	117.99
	<i>R. mangle</i>	96.22	127.10
		<b>300</b>	<b>300</b>
3	<i>A. bicolor</i>	37.72	65.28
	<i>A. germinans</i>	104.84	24.74
	<i>C. erectus</i>	N/P	1.67
	<i>L. racemosa</i>	73.05	111.61
	<i>R. mangle</i>	84.39	96.7
		<b>300</b>	<b>300</b>
4	<i>A. germinans</i>	68.99	152.39
	<i>C. erectus</i>	N/A	9.04
	<i>L. racemosa</i>	152.4	98.31
	<i>R. mangle</i>	78.61	40.26
		<b>300</b>	<b>300</b>

### 8.3.2. Parámetros Estructurales por Especie, Tipo de Bosque y Zonas

Los parámetros estructurales nos permiten conocer el estado del manglar evaluando la altura, densidad y cobertura (Cuadro 14). *A. bicolor* presenta un aumento en densidad (de 161 ind/ha en 2011 a 190 ind/ha en 2015), la altura presentó una variación aproximada de 1 metro, podemos considerar este descenso a la muerte de algunos individuos longevos en el sistema. La cobertura aumentó considerablemente comparado con el dato obtenido en 2011 (de  $9.81 \pm 2.62$  a  $18.65 \pm 19.25$ ), permitiendo entender que el lugar ha mantenido condiciones óptimas para el desarrollo de esta especie.

*A. germinans* tiene un descenso notable en el número de individuos presentes en el sistema, situación que afecta el promedio de área basal disminuyendo de  $15.3 \pm 16.48$  m<sup>2</sup>/ha. a  $11.43 \pm 25.32$  m<sup>2</sup>/ha. para 2015. La altura promedio para esta especie registró una disminución de  $2.7 \text{ m} \pm 2.42 \text{ m}$  confrontando los datos obtenidos de 2011 a 2015. La cobertura aumentó de  $11.84 \pm 8.13$  m<sup>2</sup> a  $14.47 \pm 17.85$  m<sup>2</sup>.

*Conocarpus erectus* es una especie encontrada en 2015 que no se reporta en 2011, tiene una estructura muy pobre en contraste con el resto de las especies, tiene muy baja densidad y área basal ( $2.73 \pm 2.73$ ) presenta una altura promedio de  $8.46 \pm 3.03$ , la más baja del sistema y una cobertura de  $7.82 \pm 9.48$ .

*L. racemosa* es un caso especial dentro del sistema, debido a que fue la especie con mayor pérdida en densidad, altura total y área basal en el sistema; la cobertura también se ve reducida considerablemente. En 2011 fue considerada la especie más importante del sistema lagunar, mientras que en 2015 es la segunda.

*R. mangle* es la especie más importante en el sistema para el 2015, sin llegar a ser la de mayor densidad; sin embargo, presenta una estructura mejor desarrollada que el resto de las especies de mangle presentes, también registró un decremento en la estructura, los datos analizados reflejan que posee los mayores promedios de altura (de  $18.9 \pm 5.73$  m en 2011 a  $17.31 \pm 7.44$  m en 2015) y cobertura ( $12.35 \pm 7.75$  m<sup>2</sup> en 2011 a  $20.19 \pm 23.22$  m<sup>2</sup> en 2015) reportados en todo el manglar para 2015.

Cuadro 14. Comparación de los parámetros estructurales (promedio  $\pm$  desviación estándar) de las especies de mangle registradas en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios en un periodo de cuatro años.

Especie	Año	Densidad ind / ha	Altura total Mts	Cobertura m <sup>2</sup>	Área basal m <sup>2</sup> / ha
<i>A bicolor</i>	2011	161	13.9 $\pm$ 2.62	9.81 $\pm$ 4.76	16.10 $\pm$ 18.72
	2015	190	12.56 $\pm$ 5.16	18.65 $\pm$ 19.55	13.94 $\pm$ 19.34
<i>A germinans</i>	2011	622	16.1 $\pm$ 8.03	11.84 $\pm$ 8.13	15.3 $\pm$ 16.48
	2015	591	13.40 $\pm$ 5.61	14.47 $\pm$ 17.85	11.43 $\pm$ 25.32
<i>C erectus</i>	2011	N/P	N/P	N/P	N/P
	2015	36	8.46 $\pm$ 3.03	7.82 $\pm$ 9.48	2.73 $\pm$ 2.73
<i>L racemosa</i>	2011	942	19.7 $\pm$ 8.82	11.54 $\pm$ 8.41	16.9 $\pm$ 12.73
	2015	759	9.68 $\pm$ 6.85	4.91 $\pm$ 11.46	6.13 $\pm$ 15.32
<i>R mangle</i>	2011	780	18.9 $\pm$ 5.73	12.35 $\pm$ 7.75	19.4 $\pm$ 13.22
	2015	635	17.31 $\pm$ 7.44	20.19 $\pm$ 23.22	13.35 $\pm$ 26.21

El bosque de borde es el tipo de bosque dominante con las mayores densidades reportadas (1438 en 2011 y 1337 para 2015), en ambos bosques hubo una disminución de la altura total y del área de copa; el área basal disminuyó en valores promedios, pero aumentó en desviación estándar, lo que indica valores mayores de área basal que los reportados en 2011 (Cuadro 15).

En cuanto al bosque de tipo cuenca se clasifica como el tipo de bosque con menor densidad para ambos años (830 ind en 2011 y 821 en 2015), la altura promedio se redujo de 16.47  $\pm$  4.31 a 14.84  $\pm$  6.54 y se refleja un aumento en la cobertura con una variación de 1.9  $\pm$  5.13 y área basal menor que lo reportado en 2011 para este tipo de bosque (Cuadro 15).

Es necesario analizar el área basal con mayor profundidad, principalmente en la dinámica actual del sistema que puede reflejarse en los parámetros relacionados a estos, como las clasificaciones diamétricas de los árboles por especie y el análisis de los datos sobre muerte natural y extracción con que se cuenta ya que los datos antes mencionados son muy generales.

Cuadro 15. Comparación de los parámetros estructurales (promedio  $\pm$  desviación estándar) en los tipos de bosque registrados para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios en un periodo de cuatro años.

Tipo de bosque	Año	Densidad (ind / ha)	Altura (m)	área de copa (m <sup>2</sup> )	área basal (m <sup>2</sup> / ha)
Borde	2011	1438	19.45 $\pm$ 5.52	16.21 $\pm$ 14.78	23.83 $\pm$ 12.88
	2015	1337	13.51 $\pm$ 7.61	15.12 $\pm$ 21.86	15.15 $\pm$ 25.20
Cuenca	2011	830	16.47 $\pm$ 4.31	12.61 $\pm$ 11.32	17.56 $\pm$ 10.56
	2015	821	14.84 $\pm$ 6.54	14.51 $\pm$ 16.45	18.36 $\pm$ 39.21

Si comparamos los parámetros dasométricos por zonas (Cuadro 16), podemos apreciar que, la zona tres representa la zona con mejor desarrollo estructural de los árboles; es aquí donde existe un aumento en densidad; esto puede deberse a la reproducción y establecimiento efectivo de los propágulos de mangle en esta área. Las condiciones de humedad como las lluvias anuales y la lejanía de comunidades es un aporte valioso para la conservación del manglar aquí.

Estructuralmente las tres zonas siguientes disminuyeron su densidad, la Zona 1 y 2 registraron un incremento en el promedio de altura de copa, el promedio de altura en los árboles. El bosque de la Zona 4 mantiene condiciones estructurales sin cambios significativos.

Cuadro 16. Comparación de los parámetros dasométricos (promedio  $\pm$  desviación estándar) por zonas del sistema lagunar Los Patos Solo Dios en periodo de cuatro años.

Zona	Año	Bosque dominante	Densidad Ind / ha	Altura mts	Área de Copa m <sup>2</sup>	Área Basal m <sup>2</sup> /ha
1	2011	Ribereño	2431	20.8 $\pm$ 3.31	16.2 $\pm$ 9.55	25.4 $\pm$ 11.97
	2015		1092	17.22 $\pm$ 7.61	25.46 $\pm$ 27.28	19.00 $\pm$ 19.80
2	2011	Ribereño	2324	19.06 $\pm$ 4.6	25.8 $\pm$ 19.15	20.4 $\pm$ 14.62
	2015		1633	19.31 $\pm$ 6.62	18.10 $\pm$ 18.10	11.64 $\pm$ 10.23

3	2011	Cuenca	1981	16.84 ± 2.63	10.3 ± 16.84	14.8 ± 13.14
	2015		2649	11.26 ± 6.47	11.60 ± 17.60	9.15 ± 11.44
4	2011	Ribereño	2557	13.99 ± 3.61	11.8 ± 3.53	13.8 ± 7.95
	2015		3479	13.07 ± 6.00	11.23 ± 13.59	11.29 ± 11.70

### 8.3.3. Categorías Diamétricas por especie y zonas

Para comprender mejor el comportamiento y desarrollo de cada especie, comparamos las categorías diamétricas y el número de árboles encontrados en las dos fechas de monitoreo. *Avicennia bicolor* presenta una disminución en ciertas categorías diamétricas y al mismo tiempo el aumento de otros individuos. Las primeras tres clases (2.5-5.0, 5.1-7.0, 7.1-10) tienden a disminuir el número de individuos en esta categoría. Esto es parte del proceso biológico que todo bosque experimenta al ir madurando con el paso de los años (de juvenil-adulto a adulto-senil) por la antigüedad y desarrollo a diámetros mayores (Figura 40).

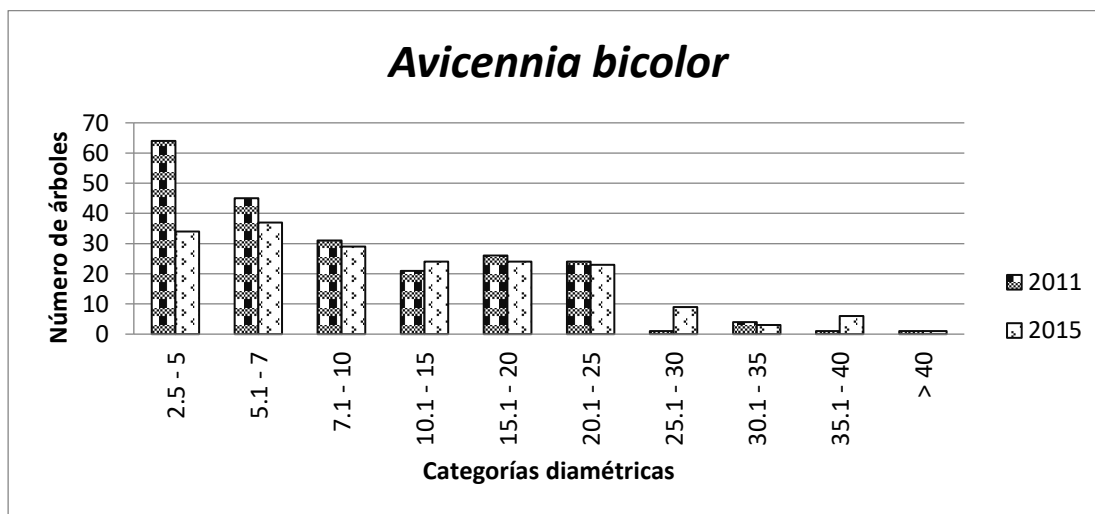


Figura 40. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de *Avicennia bicolor* en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

*Avicennia germinans* se presenta como una especie en etapa juvenil-adulto y con potencial de crecimiento; es importante mencionar que fueron encontrados casi el

total de individuos medidos en 2011, y considerando que los arboles aumentan gradualmente la biomasa, se observa un aumento en las clases diamétricas 20.1-25.0, 25.1-30 y 35.1-40.0. Aunque su desarrollo estructural es lento, es la especie con el grado de conservación más estable debido al poco interés de aprovechamiento que representa esta especie en el área. Las condiciones de su medio garantizan su permanencia y desarrollo ecológico (Figura 41).

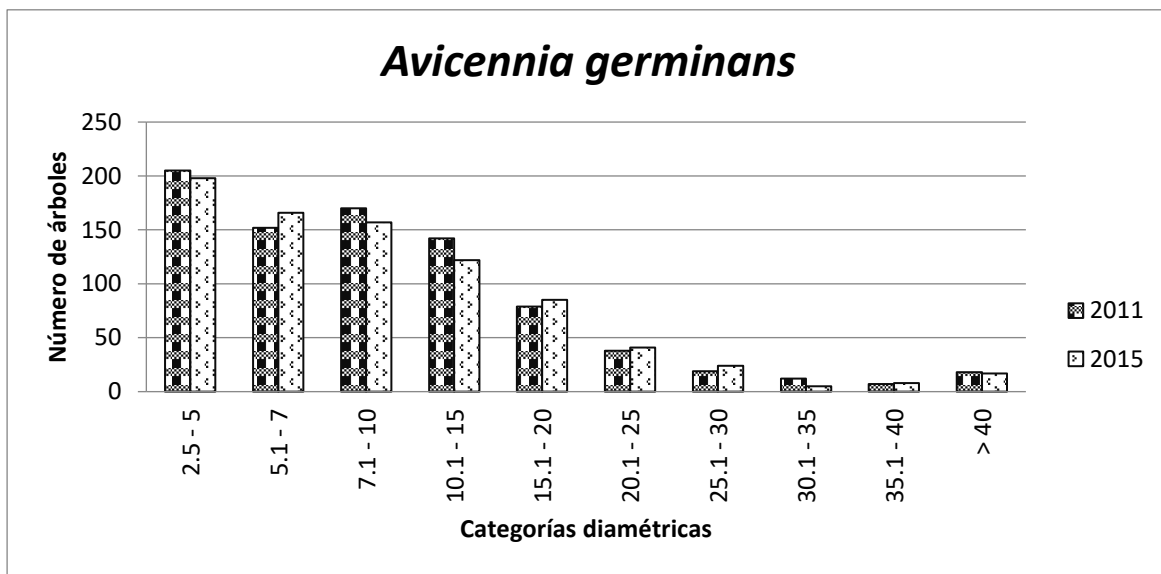


Figura 41. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de *Avicennia germinans* en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

*Laguncularia racemosa* es la especie que presenta una reproducción exponencial de los propágulos, por su tamaño y densidad tienen la facilidad de ser arrastradas y distribuidas por las mareas hasta sitios muy lejanos por la pleamar, lo que asegura un porcentaje de sobrevivencia y distribución mayor. Prueba de ello es la especie con la mayor población de árboles en la categoría 2.5-5.0 y existe una disminución del 60% para la categoría 5.1-7.0, este descenso es continuo en el número de individuos hasta la categoría 30.1-35.0 donde no presenta perturbación alguna en los individuos, con los mayores diámetros reportados en las UM estudiadas (Figura 42).

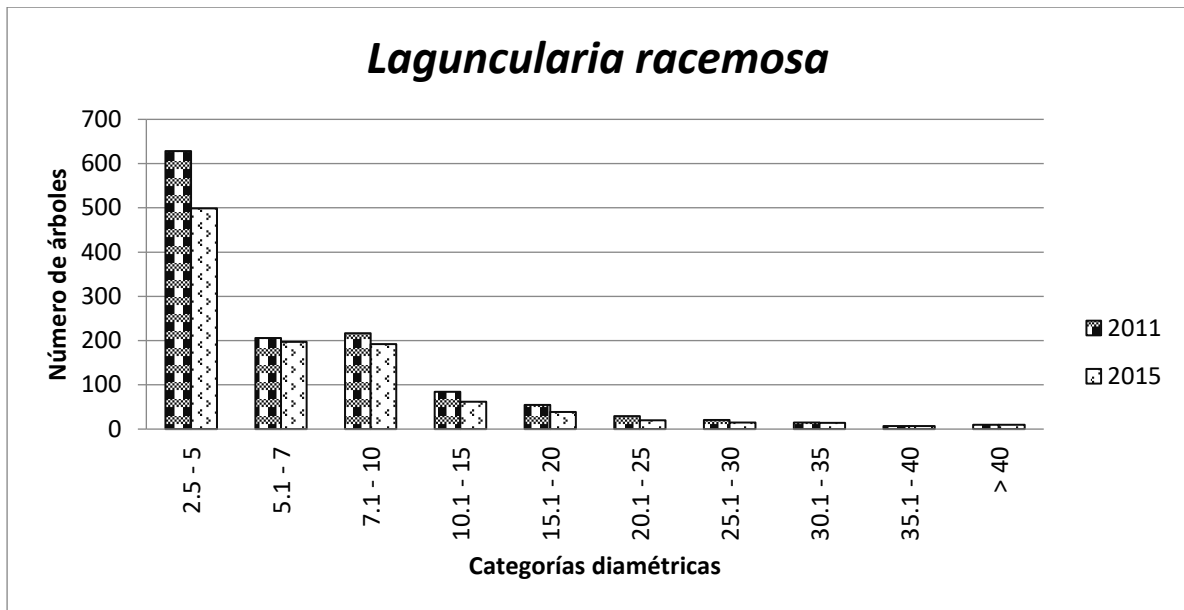


Figura 42. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de *Laguncularia racemosa* en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

*Rhizophora mangle* presentó una pérdida del 20% aproximadamente en las primeras cinco categorías diamétricas. Hubo un aumento en las categorías 25.1-30.0, 30.1-35.0 y 35.1-40.0 y pérdida de algunos individuos en la categoría <40.0 cm. En general esta especie mantuvo un estado de conservación estable, similar con *A germinans* (Figura 43).



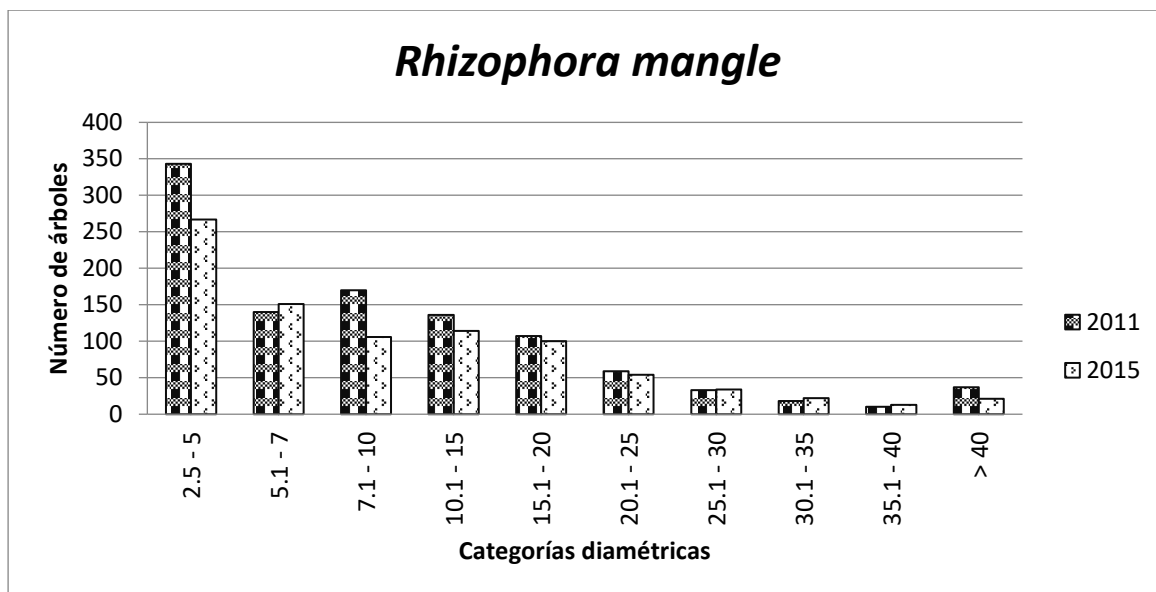


Figura 43. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de *Rhizophora mangle* para el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

*Conocarpus erectus* es la especie que no fue evaluada en el monitoreo anterior dentro del sistema, en las primeras tres categorías diamétricas principalmente, considerando la tasa de crecimiento y las condiciones ecológicas que permiten su establecimiento han sido adecuadas en algunas UM donde está presente (Figura 44).

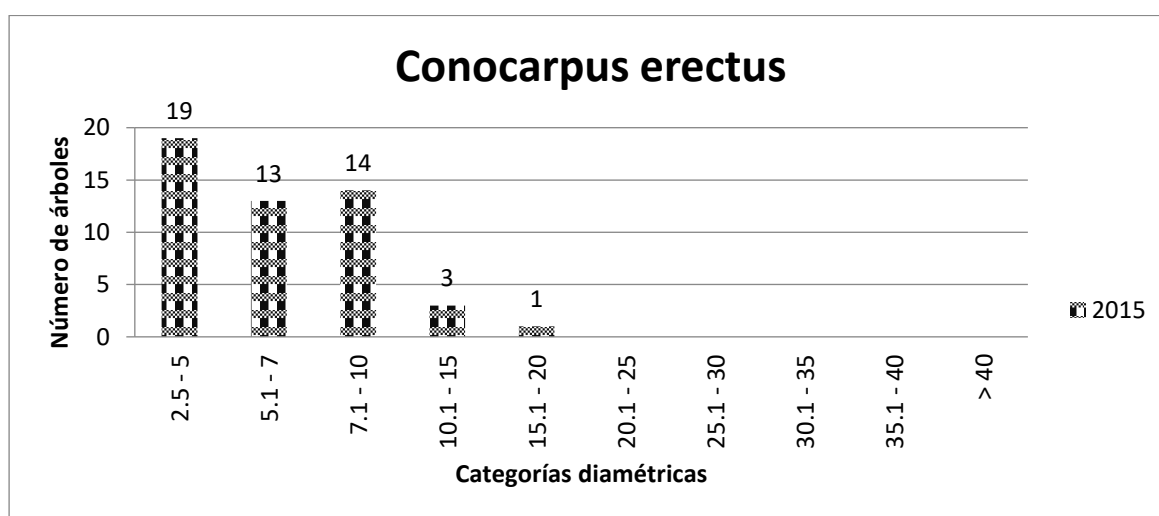


Figura 44. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de *Conocarpus erectus* en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

La zona 1 cuenta con individuos que mantienen una densidad casi constante en 2015 para las primeras cinco categorías diamétricas; es un bosque juvenil en avanzado proceso de modificación a bosque adulto. Existe un incremento en el número de individuos de las últimas dos clases diamétricas. Se cuantifico pérdida en comparación con lo obtenido en 2011 (Figura 45).

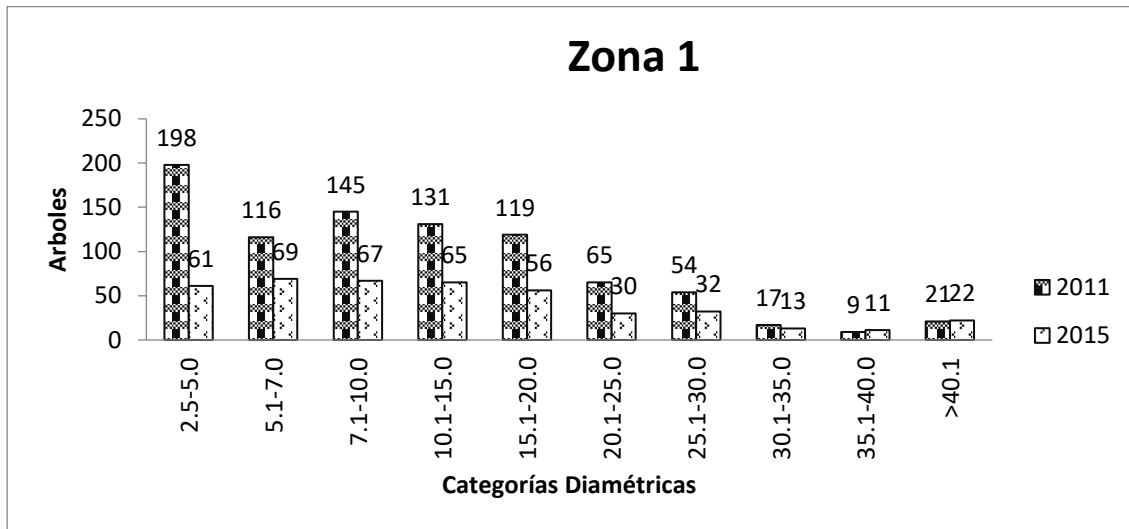


Figura 45. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 1 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

En la Zona 2 se encuentra una disminución y pérdida de árboles para las primeras tres categorías. Esto indica una extracción inclinada hacia el uso de la madera de los diámetros menores dentro de la zona; y una disminución evidente de que, la capacidad de regeneración es más lenta que la de aprovechamiento, la evidencia de condiciones inestables que no permiten la sobrevivencia de los individuos. Prueba de ellos es que, los árboles >40 cm de DAP no se encontraron en el segundo muestreo (Figura 46).

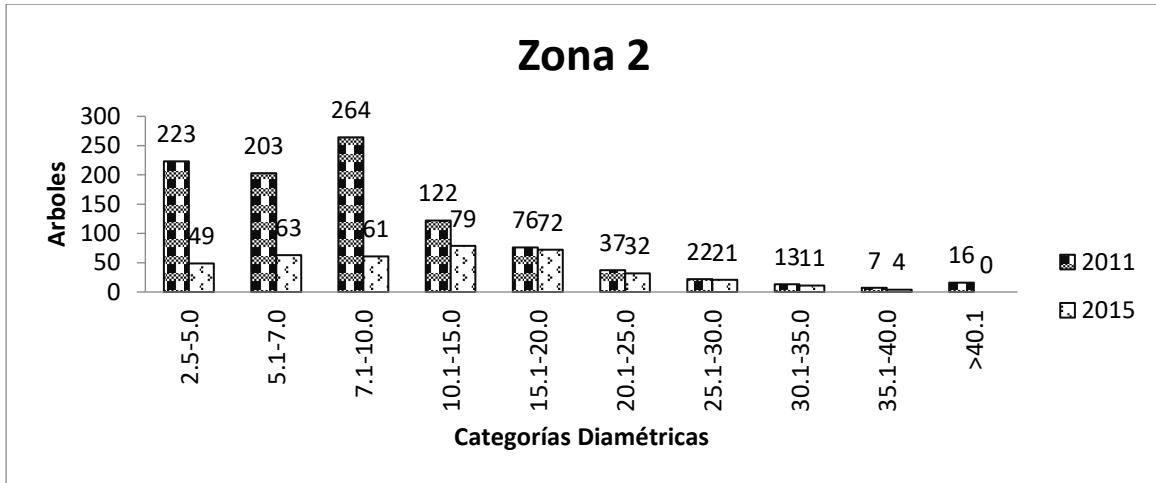


Figura 46. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 2 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

La Zona 3 indica un decremento para las primeras cinco categorías diamétricas en 2015, comparadas con lo reportado en 2011; la categoría 2.5-5.0 del primer monitoreo, disminuye en las siguientes dos categorías (5.1-7.0 y 7.1-10.0) y un aumento de individuos entre los diámetros de 10 a 20 cm y 35.1-40 de DAP; Los árboles entre 20 y 30 cm no registraron perturbación. Para la categoría >40.1 cm de DAP se reporta la pérdida de 10 individuos reportados para 2011 (Figura 47), a manera general, es la zona con menor variación estructural en un periodo de 4 años.

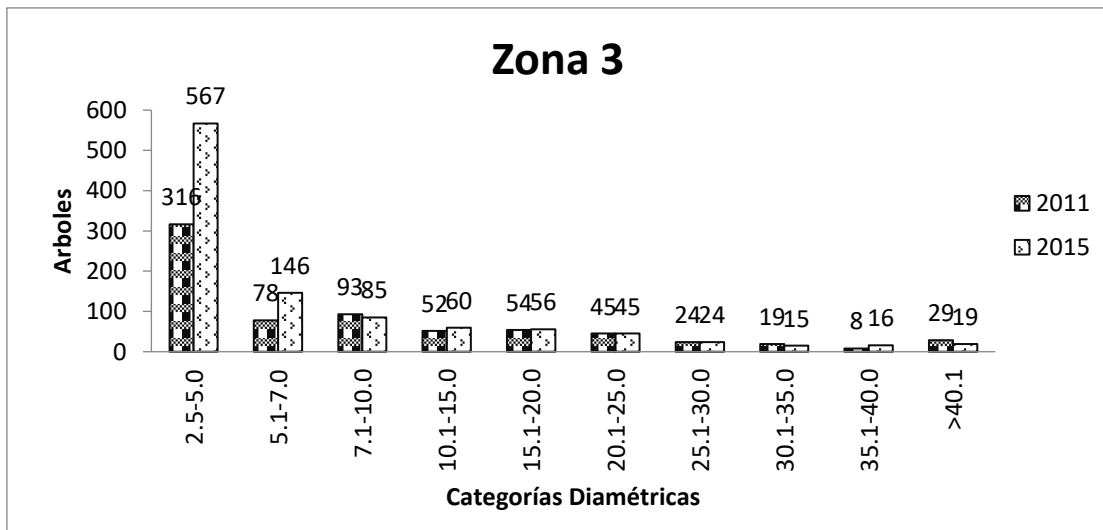


Figura 47. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 3 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

La Zona 4 reporta un aumento en las primeras cinco categorías diamétricas; esto puede deberse a la extracción y muerte acelerada observada para esta zona, en las últimas cinco categorías se adicionan algunos individuos (Figura 48).

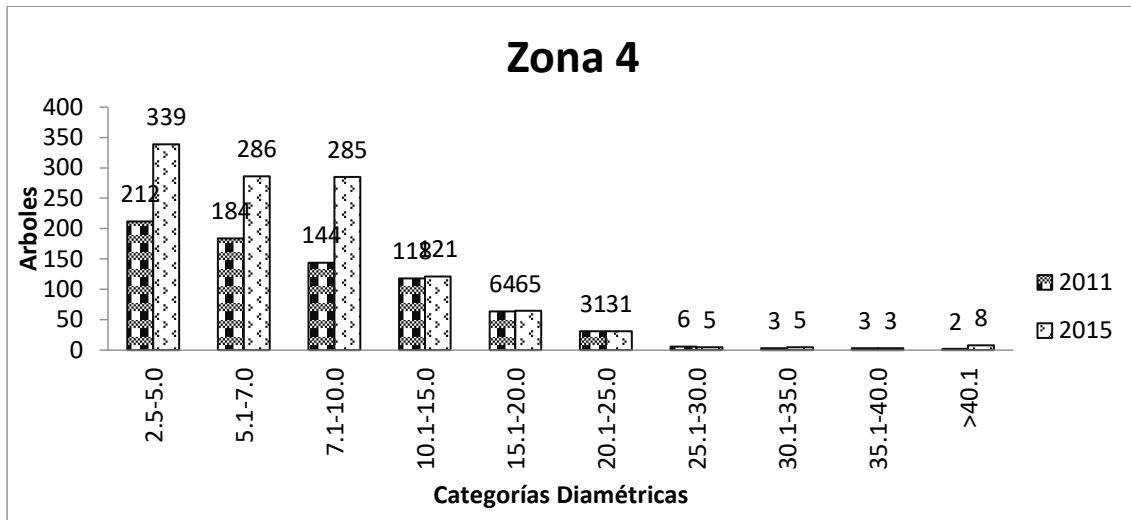


Figura 48. Comparación de la distribución por categorías diamétricas de la zona 4 en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

### 8.3.4. Extracción y Mortalidad por Especie y Zonas

La extracción de madera de mangle se ha convertido en un problema para todo el sistema, con un porcentaje total de 38.70%, principalmente en las especies *L racemosa* y *R mangle* con 33.93% y 2.65% de extracción respectivamente.

Las zonas cercanas a las comunidades son mayormente afectadas por este proceso, como sucede en la Zona 4, en sitios cercanos a las comunidades, específicamente en la UM #4 muy cercana a la comunidad El Diamante; se identificó la creación de un pequeño canal que da acceso a sitios de manglar conservados (Cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación por especie y zona en periodo de cuatro años sobre la extracción de mangle en Los Patos Solo Dios.

	Especie/Año	2011		2015	
		%	No.	%	No.
Extracción	<i>A. bicolor</i>	0	0	0.32	10
	<i>A. germinans</i>	1	13	0.90	28
	<i>C. erectus</i>	N/P	N/P	0.90	28
	<i>L. racemosa</i>	2	18	33.93	923
	<i>R. mangle</i>	1	12	2.65	215
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>43</b>	<b>38.70</b>	<b>1199</b>
	<i>Zona 1</i>	0.8	7	0.65	20
	<i>Zona 2</i>	1	10	1.16	36
	<i>Zona 3</i>	1.3	9	7.17	222
	<i>Zona 4</i>	2.2	17	28.64	886
<b>Total</b>	<b>5.3</b>	<b>43</b>	<b>37.57</b>	<b>1164</b>	

La mortalidad dentro del sistema observó las siguientes características. Las especies que mostraron un mayor porcentaje fueron *L racemosa*, *R mangle* y *A germinans*. En las cuatro zonas se presenta esta condición con un porcentaje promedio cercano al 2% para muerte natural. La zona 4 presenta el mayor porcentaje de mortalidad que las estimadas para el resto de las zonas, por ser el área que anexa dos UM con mortalidad de 72 y 87 individuos muertos para *Laguncularia racemosa*, las más altas reportadas de todo el sistema (Cuadro 18).

Cuadro 18. Comparación por especie y zona en periodo de cuatro años sobre la mortalidad natural de mangle en Los Patos Solo Dios.

	Especie/Año	2011		2015	
		%	No.	%	No.
Muerte Natural	<i>A. bicolor</i>	1.4	15	0.45	14
	<i>A. germinans</i>	0.5	14	1.90	59
	<i>C. erectus</i>	N/P	N/P	0.03	1
	<i>L. racemosa</i>	1.1	4	8.88	279
	<i>R. mangle</i>	1.4	3	2.87	85
	<b>Total</b>	<b>4.4</b>	<b>36</b>	<b>14.14</b>	<b>438</b>
	<i>Zona 1</i>	0.4	10	2.03	63
	<i>Zona 2</i>	1	15	2.03	63
	<i>Zona 3</i>	1.4	3	2.81	87
	<i>Zona 4</i>	0.3	8	7.39	229
<b>Total</b>	<b>3.1</b>	<b>36</b>	<b>14.27</b>	<b>442</b>	

#### **8.4. Propuesta de Polígono de Conservación en Los Patos Solo Dios**

Los ecosistemas son la base de la subsistencia, desarrollo económico y social del que depende la humanidad (Gómez y Groot, 2007). Son tan importantes que, dentro del país, se han creado variedades de unidades de conservación con diferentes categorías a lo largo del tiempo, sobre manejo y uso del recurso de forma sustentable. Las áreas naturales protegidas son una modalidad adoptada y catalogada como una alternativa de solución a la conservación de la biodiversidad y genética de un sitio, pues además del aporte ecológico y otras funciones, suelen considerarse relevantes en temas como la función cultural, económica y social (Gaston *et al.*, 2008).

El estado cuenta con categorías de conservación a nivel federal como: Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Reserva de la Biosfera El Triunfo, Reserva de la Biosfera La Sepultura, Zonas de Protección Forestal en Terrenos en la Concordia, Ángel Albino Corzo, Villaflores y Jiquipilas, Área de Protección de Flora y Fauna Cascadas de Agua Azul por mencionar algunas. Adicionalmente se encuentran algunos sitios de importancia internacional, tales como: Sistema Estuarino Boca del Cielo, Sistema Estuarino Puerto Arista, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Zonas Sujetas a Conservación Ecológica El Cabildo-Amatal y El Gancho-Murillo.

El Sistema Estuarino Boca del Cielo fue delimitado de acuerdo a los criterios considerados para las áreas naturales protegidas, con categorías de santuarios y sitios de refugios para las diversas especies de tortugas marinas, descrita desde la boca barra de San Marcos hacia la comunidad de Majahual y los límites municipales de Tonalá con Pijijiapan y cuenta con una extensión de 8,931 has. Implica la protección de diversas especies de fauna silvestre considerados en la categoría de: Peligro de Extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001, además de considerarse hábitat de gran cantidad de aves residentes y migratorias.

Los sistemas lagunares y el bosque de manglar sirven como espacios de alimentación, reproducción y crianza de aves y especies acuáticas que sustentan la pesquería ribereña; estos últimos representa el 25.68% del área total del sitio. Es importante identificar áreas prioritarias de conservación, pues a través de ellas se logra

orientar y optimizar esfuerzos en los ecosistemas naturales; los manglares, considerados uno de los más productivos y de mayor beneficio para las comunidades pesqueras, son una opción pertinente. Para el estado de Chiapas, las orillas del estero San Marcos corresponden a la línea de costa, desde la comunidad El Manguito, hasta la boca barra San Marcos, y se rodean de manglar en buen estado de conservación, siendo los esteros y canales fuertemente influenciados por la presencia de esta vegetación, representada principalmente por las 4 especies de Mangle: (*Rhizophora mangle*) o mangle rojo, (*Laguncularia racemosa*) o mangle blanco, (*Avicennia germinans*) o mangle negro y (*Conocarpus erecta*) o botoncillo.

Ésta área delimita un polígono, como propuesta para la futura declaratoria de un área de protección y/o conservación del manglar, cuyo objetivo central es la conservación de una especie única de mangle (*Avicennia bicolor*) en el país y solamente distribuida en dos municipios de la costa de Chiapas; el primero se encuentra en áreas con manglar de Mar Muerto, Tonalá y el segundo, entre el sistema lagunar Los Patos Solo Dios y estero San José en Pijijiapan; comprende parte del sitio RAMSAR “Sistema Estuarino Boca del Cielo”, cuya área actual comprende 8931 has desde la Boca Barra de San Marcos hacia la comunidad de Majahual en el límite de los municipios de Tonalá con Pijijiapan.

En base a lo anterior, la propuesta de un área de protección para el manglar del sistema lagunar Los Patos Solo Dios (Figura 49), ubicado al sureste del Sistema Estuarino Boca del Cielo añadiría 9747 has por conservar. Entre los aspectos característicos de la zona se describe: un área considerable de manglar en buen estado de conservación (ICH:20.23) y desarrollo estructural (Promedios: Sp=5, Densidad=2060, DAP=12.58cm, AB=9.51m<sup>2</sup>/ha, Altura=13.9m, Cobertura=16.6m<sup>2</sup>) la presencia y futura protección de la sexta especie de mangle a nivel nacional (*Avicennia bicolor*) (Figura 50) en la parte sur del sistema, con sitios en buen estado de conservación, desarrollo estructural y densidad arbórea favorables como sucede en la zona de Estero San José comparados con otras áreas donde la presencia del mismo (Comunidad Vuelta Rica) es menor y menos desarrollada estructuralmente para sitios de su establecimiento, cuyas condiciones micro-climáticas y ambientales han permitido



su establecimiento y desarrollo estructural. Además de una gran cantidad de aves residentes y migratorias que ocupan las lagunas para su reproducción, peces cuyas tallas comerciales son consideradas de calidad en toda la costa de Chiapas y áreas potenciales que pueden ofrecer servicios turísticos; resultando un beneficio mutuo para los municipios implícitos, pues a través del mismo en un futuro, podrían gestionarse planes de ordenamiento, estrategias de una pesquería sustentable y otros beneficios económicos para las pequeñas comunidades dentro del área que, además de permitir la continuidad del corredor biológico en el estado, logre un avance en tema de conservación de la biodiversidad.

La propuesta, puede ser considerada una ampliación del sitio RAMSAR Sistema Estuarino Boca del Cielo, añadiendo un área de 9747 has que comprende en la parte Noreste la comunidad El Manguito continuando el espacio del Estero San José hasta la Comunidad Isla San José con una longitud de 11.14 km; hacia el sur sureste se encuentran las comunidades El Diamante (a 4.72 km de la comunidad Isla San José) y La Conquista (cruzando el canal) y hacia el noreste el canal La Conquista con 12.87 km que comienza muy cerca de la comunidad Joaquín Amaro, hasta la comunidad La Conquista (cercana a la playa); esta zona se alimentaba en el pasado por el aporte de agua dulce de los ríos Don Diego y San Isidro (se mantienen perennes aún en periodos de secas). Posteriormente, con la apertura del mismo, este aporte se interrumpió e incluso debilitó la apertura de la Barra de Santiago que abastecía de agua marina a la zona “El Diamante”, el sistema solo en lluvias mantiene la dinámica antigua de funcionamiento.

Criterios de la CONABIO e informes de proyectos de ECOSUR (Inventarios de Monitoreo del Manglar en Oaxaca y Chiapas (años 2010, 2012, 2013, 2014) y propuesta para la conservación manejo y restauración de los bosques de manglar de la costa de Chiapas (2006) hacen de esta área una zona prioritaria y con posibilidades para ser declarada un área natural protegida bajo alguna categoría de conservación.

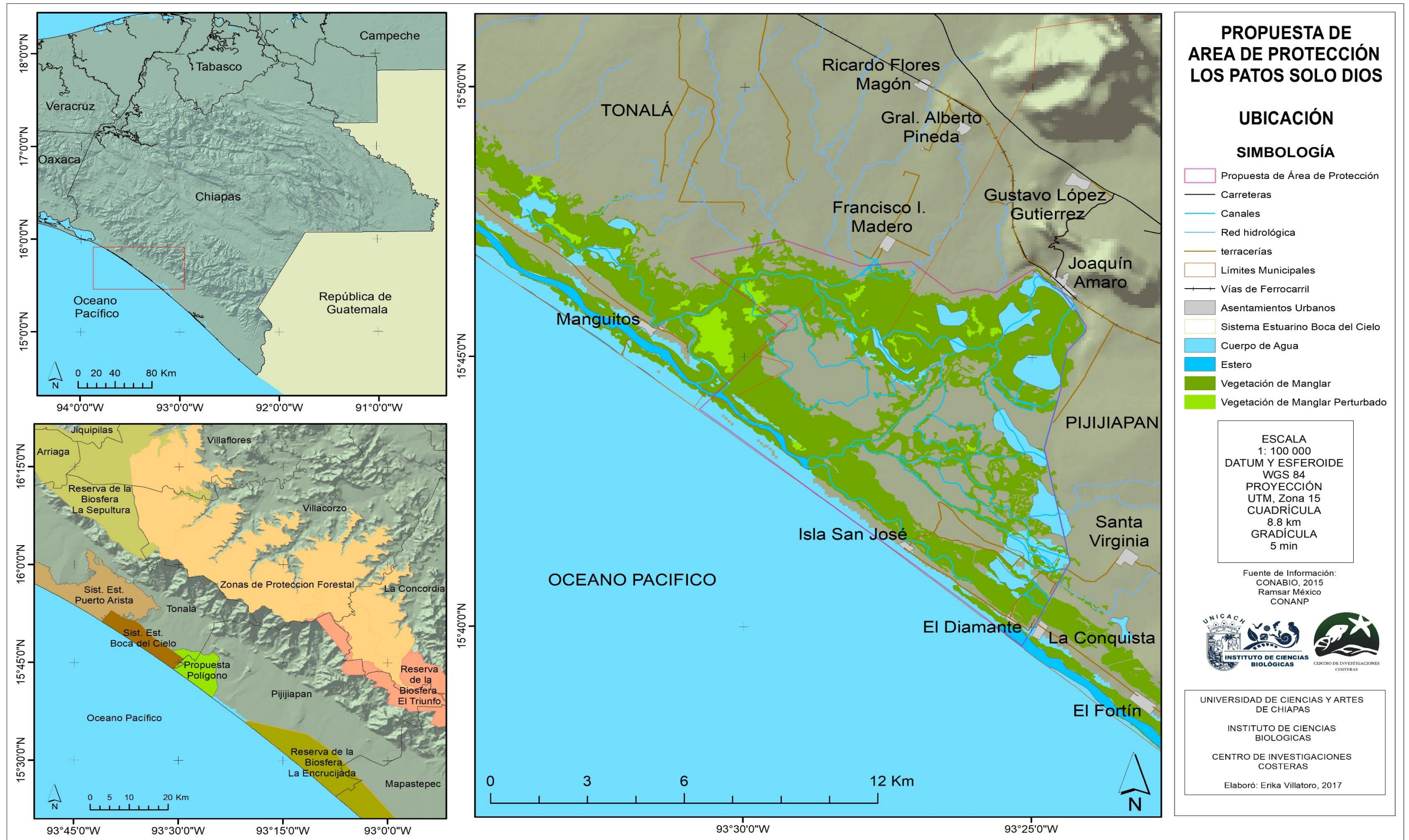


Figura 49. Ubicación de la propuesta del polígono de conservación Los Patos Solo Dios, Tonalá y Pijijiapan, Chiapas.

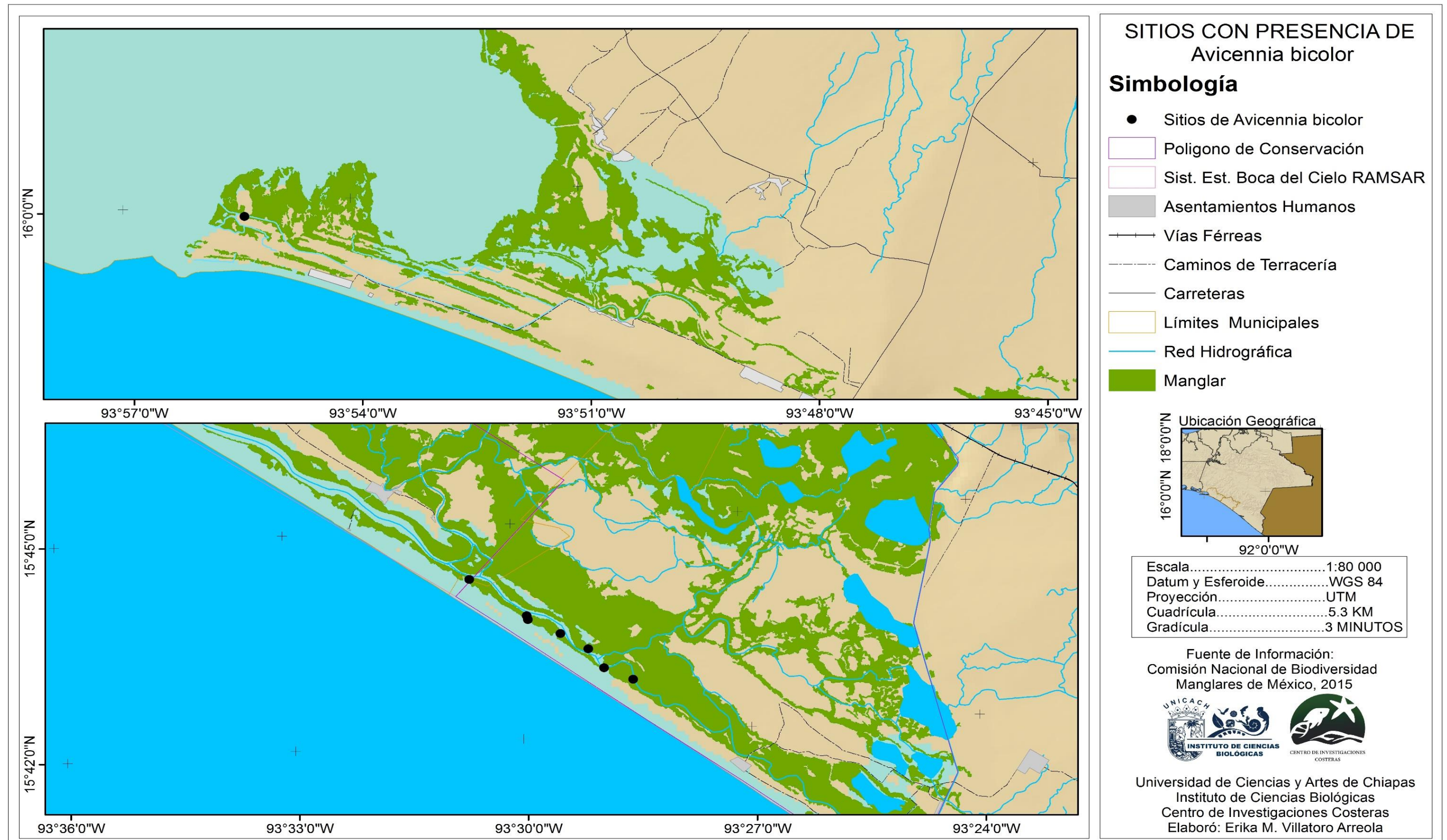


Figura 50. Puntos con presencia de *Avicennia bicolor* en la propuesta del área de protección.

## IX. DISCUSIÓN

Ecológicamente, los manglares son uno de los ecosistemas más amenazados del mundo y cuyo peligro de existencia es mayor que la de los arrecifes de coral y bosques tropicales (Valiela *et al.*, 2001; Duke *et al.*, 2007). Pese a la importancia ecológica y socioeconómica que implica este bosque, sigue sujeto a la degradación y destrucción progresiva, acelerada por construcciones, cambio de uso de suelo, deficiente infraestructura hidráulica y tala inmoderada (Valdez-Hernández, 2004). Además, sufren las consecuencias de malas decisiones gubernamentales que generan una alta presión, comúnmente reflejado en la dinámica del flujo hídrico y en todo el sistema.

Una comunidad biológica, está integrada por numerosas especies con diferentes tipos de interacciones entre ellas, y aunque el primer paso para conocerla consiste en describir la composición de especies, la misma queda pobremente con un listado. Para entender mejor el funcionamiento de una comunidad es necesario conocer como las diferentes especies contribuyen a la estructura principal de la comunidad en el tiempo, determinando el número de especies y la importancia relativa de cada una en el sistema. El estudio de la forma y estructura de comunidades naturales es conocido como fisionomía (Whittaker, 1975).

En diversos estados del país, han evaluado la fisionomía o el grado de conservación y desarrollo estructural del bosque de manglar, información básica para futuras investigaciones y/o gestiones del territorio. Al comparar las características estructurales, se pueden observar diferencias desde la cantidad de especies encontradas, las densidades y el desarrollo estructural que depende de las condiciones ecológicas y gradientes de cada lugar de estudio.

Los sitios con alta densidad, son indicativos de una temprana etapa de desarrollo en un bosque (Corella *et al.*, 2004) y es evidente una menor perturbación y mejor desarrollo estructural, en áreas donde existe una categoría de restricción del uso del ecosistema a lugares donde no se cuenta con este beneficio, casos de ejemplo son: Pinotepa nacional (cuatro especies y 4621 ind/ha) y lagunas Chacahua (cuatro

especies y 4596 ind/ha), para el estado de Oaxaca. Comparado con Chiapas, se reportan densidades más bajas, pero similares entre los sistemas lagunares estudiados por Tovilla-Hernández *et al.*, 2012: Joaquín Amaro (2749 ind/ha), Mar Muerto (2253 ind/ha) y Romero-Berny, 2012 para Gancho-Pozuelos-Cabildo, Chis. Con 2253 ind/ha y este estudio: Mar Muerto-La Joya Buenavista (MM-LJB) (cinco especies y 1288 ind/ha) y Los Patos Solo Dios (LPSD) (cinco especies y 2060 ind/ha). (Cuadro 19). Este último dato, es similar a lo reportado por García, 1994 para Nenguange, Colombia (cuatro especies y 2519 ind/ha) cercano a la línea del ecuador.

Los valores más notables en el diámetro, hacen referencia a lo reportado por García, 1994 (24.8 cm) como el más alto comparado con lo reportado por Serrano-Figueroa, 2014 para Pinotepa Nacional (7 cm en promedio), Lagunas de Chacahua (6.9 cm) reportado por Carbajal-Evaristo en 2010 y un bosque de borde en Brasil con 7.8 cm, reportado por Lacerda *et al.*, 2001. Los resultados de este estudio, fluctúan entre este rango, reportando 10.4 cm para MM-LJB y 12.5 cm para LPSD, similares a los reportados para Guyana-francesa (14.6 cm), Bahía de Chenge (11.3 cm), Gancho-Pozuelo-Cabildo (11.4 cm) y LPSD (para un estudio anterior) con 12.6 cm (Cuadro 19).

El Área Basal promedio para los sistemas MM-LJB (7.1 cm) y LPSD (9.5 cm), son los más bajos comparados con manglares que geográficamente se encuentran más cerca del ecuador, como lo reportado para Guayana-francesa (24.6 m<sup>2</sup>/ha), Bosque de borde en Cuba (20.6 m<sup>2</sup>/ha), Bosque de borde en Brasil (21.6 m<sup>2</sup>/ha), bosque de borde en Panamá (35 m<sup>2</sup>/ha) y lo reportado para el complejo lagunar Gancho-Pozuelo-Cabildo, Chiapas con 46.5 m<sup>2</sup>/ha. Existe poca variación con lo reportado por Carbajal-Evaristo, 2010 para Lagunas de Chacahua y Pastoría (14.2 y 13.3 cm) (Cuadro 19).

En promedio, los manglares de MM-LJB y LPSD presentan alturas promedios de 11.7 y 13.9 m, datos comparables con lo reportado por Cintrón Scheaffer-Novelli en 1983 (10.5 m), Lacerda *et al.*, 2001 en Cuba (10 m), Carbajal-Evaristo, 2010 para Chacahua y Pastoría (10.1 y 12.7 m), Romero-Berny, 2012 (13.8m) y Santamaría-Damian en 2013 (16 m) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de promedios en parámetros dasométricos en manglares de México y algunos países de América.

Manglar	No. Especies	Densidad (ind/ha)	DAP (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Altura total (m)	Cobertura arbórea (m <sup>2</sup> )	Referencia
Bosque de borde (Florida, México, Puerto Rico, Costa Rica)			9.2	22.2	10.5		Cintrón y Scheaffer-Novelli, 1983
Nenguange, Colombia	4	2519	24.8	42	7		García, 1994
Guyana-Francesa, Las Guayanas			14.6	24.6	19.6		Fromart <i>et al.</i> , 1998
Bosque de borde en Cuba				20.6	10		Lacerda <i>et al.</i> , 2001
Bosque de borde en Brasil			7.8	21.6	6.1		Lacerda <i>et al.</i> , 2001
Bosque de borde en Panamá			10	35	22		Lacerda <i>et al.</i> , 2001
Bahía de Chenge, Colombia	1		11.3	17.3	6.3		Rodriguez-Ramirez, Nivia-Rula y Garzón-Ferreira, 2004)
Lagunas de Chacahua, Oaxaca	4	4596	6.9	14.2	10.1	8.3	Carvajal-Evaristo, 2010
Laguna Pastoría, Oaxaca	4	3461	9.1	13.3	12.7	13.8	Carvajal-Evaristo, 2010
Gancho-Pozuelo-Cabildo, Chiapas	4	2792	11.4	46.5	13.8	6.7	Romero-Berny, 2012
Los Patos Solo Dios, Chiapas	4	2503	12.6	18.1	16	14.3	Santamaría-Damian, 2013
Pinotepa Nacional, Oaxaca	4	4621	7	21	9.46	6.12	Serrano-Figueroa, 2014
Mar Muerto-La Joya, Chiapas	5	1288	10.4	7.1	11.7	16	Este estudio
Los Patos Solo Dios, Chiapas	5	2060	12.58	9.5	13.9	16.6	Este estudio

La cobertura arbórea para MM-LJB y LPSD se reporta en 16 y 16.6 m<sup>2</sup>, similar a lo reportado en 2013 por Santamaría-Damian (14.3 m<sup>2</sup>) y Carvajal-Evaristo, 2010 en Pastoría, Oaxaca (13.8 m<sup>2</sup>) y mayores a los resultados de Carvajal-Evaristo 2010 para Pastoría y Romero-Berny 2012 para el complejo lagunar Gancho-Pozuelo-Cabildo, Chiapas (8.3 y 6.7 m<sup>2</sup> respectivamente) (Cuadro 19).

En cuanto al índice de complejidad de Holdridge, se ha aplicado para comparar su estructura a nivel región (Cintrón y Scheaffer-Novelli, 1984, 1985). De acuerdo a los datos promedios del ICH, el sistema se encuentra entre los rangos medios, tomando de referencia los valores más altos reportados por Segura-Zamorano, 1997 con 79.2 para Laguna Panzacola y Jiménez y Soto, 1985 con 54.3 y 65.3 reportados para Sirpe y Quepos en Costa Rica (Cuadro 20). Los valores más bajos son los reportados por Pool *et al.*, 1977 para Piñones y Aguirre, Puerto Rico con 6.5 y 5.6 respectivamente (Cuadro 20).

Lo reportado para los sistemas de este estudio (MM-LJB=17.55 y LPSD=20.23) son similares a los reportados por Carvajal-Evaristo, 2010 en Laguna Pastoría (21.95) y lagunas Chacahua (23.6), Serrano-Figueroa, 2014 para Pinotepa (23) y Santamaría-Damián, 2013 (20) (Cuadro 20), quienes también reportan un desarrollo estructural intermedio.

Cuadro 20. Índice de Complejidad de Holdridge en diferentes manglares de México y América.

Manglares	ICH	Referencia
Sierpe, Costa Rica	54.3	Jiménez y Soto, 1985
Soley, Costa Rica	17.5	Jiménez y Soto, 1985
Tama, Costa Rica	30.7	Jiménez y Soto, 1985
Quepos, Costa Rica	65.3	Jiménez y Soto, 1985

Piñones, Puerto Rico	5.1	Pool <i>et al.</i> , 1977
Vacia Talega, Puerto Rico	6.5	Pool <i>et al.</i> , 1977
Mona Island, Puerto Rico	15.9	Pool <i>et al.</i> , 1977
Aguirre, Puerto Rico	5.6	Pool <i>et al.</i> , 1977
Laguna Panzacola, Chiapas	79.2	Segura-Zamorano, 1997
Laguna Pastoría, Oaxaca	21.95	Carbajal-Evaristo, 2010
Lagunas Chacahua, Oaxaca	23.6	Carbajal-Evaristo, 2010
Pinotepa Nacional, Oaxaca	23	Serrano-Figueroa, 2014
Barra de Tecoanapa, Guerrero	40.5	Tovilla-Hernández, 1998
Los Patos Solo Dios, Chiapas	20	Santamaría-Damian, 2013
Mar Muerto-La Joya Buenavista, Chiapas	17.55	Este estudio
Los Patos Solo Dios, Chiapas	20.23	Este estudio

---

La pérdida de manglar se manifiesta de dos maneras: extracción y mortalidad natural. En tema de aprovechamiento, la extracción de árboles para leña, tapos, construcción de casas y manufactura de herramientas, también representa un impacto para los manglares (Valdéz-Hernández, 2002; Hernández-Cornejo *et al.*, 2005). Algunos autores suponen que la extracción a pequeña escala es dirigida hacia las tallas pequeñas (diámetros <10 cm) de una especie o grupo de especies se corre el riesgo de provocar una extinción local de las especies aprovechadas, ya que se limita su regeneración natural (Obiri, Lawes y Mukolwe, 2002; Lawes, Griffiths y Boudreau, 2007).

Para este estudio, se reporta en el sistema lagunar LPSD una densidad de extracción de 412 tocones/ha, el doble de la densidad reportada por Carbajal-Evaristo,



2010 para laguna Pastoría con 204 tocones/ha. Un caso particular es el de *Laguncularia racemosa*, en las zonas cercanas a los asentamientos humanos de la comunidad El Diamante y La Conquista, presenta densidades bajas debido a la extracción, como lo sugiere las categorías de tamaños entre 5-10 cm que son las extraídas principalmente; lo que permite a los manglares un cambio en su estructura y composición (Dahdouh-Guebas *et al.*,2000; Walters, 2005b; Alongi y Carvalho, 2008) y en un futuro a los manglares de esta región.

Las comunidades humanas que aprovechan el manglar, son normalmente dependientes de los recursos naturales en forma inmediata, el uso extractivo del manglar no se ha considerado como una actividad económica, más bien es una actividad de consumo tradicional y en muchos casos de sobrevivencia. La dependencia de estos recursos se acentúa debido a las condiciones económicas de la región (Windevoxhel, 1998). Lo importante sería proponer el manejo de los recursos forestales, administrado bajo un esquema comunitario, como los ya exitosos en la conservación y restauración de manglares (Valdez-Hernández, 2004; Zorini *et al.*, 2004; Walters 2005b; López-Hoffman *et al.*, 2006).

## X. CONCLUSION

En los sistemas lagunares Mar Muerto-La Joya-Buenavista y Los Patos Solo Dios se encontraron cinco especies de mangle: *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*. El desarrollo estructural de ambas presenta diferencias entre sí (ICH: MM-LJB=17.55 y LPSD=20.23). Las especies más importantes para los dos sistemas son: *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*; en MM-LJB ocupa el primer lugar *Avicennia germinans*, seguido de *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*, y para LPSD *Rhizophora mangle* es quien ocupa el primer lugar de importancia, seguido de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. El sistema lagunar MM-LJB presenta 13% mayor mortalidad natural (27.88% comparado con el arbolado en pie) a comparación con LPSD (14.12% comparado con el arbolado en pie). LPSD reporta 15% mayor extracción (16.67% comparado con el arbolado en pie) que en el sistema MM-LJB (1.26% comparado con el arbolado en pie). La densidad de plántulas máximas que fueron reportadas, son similares para ambos sistemas, aunque difieren en la especie: MM-LJB= 26 588 plántulas/ha y LPSD=27 418 plántulas/ha.

El bosque dominante es el de tipo borde, se presentan cambios en la dinámica de sucesión de las especies de manglar, en cuatro años, la especie más importante y representativa en el sistema lagunar cambió de *Laguncularia racemosa* a *Rhizophora mangle*. Se colectaron datos de árboles de *Conocarpus erectus* que no se encontraron durante el primer monitoreo, la densidad y área basal (2.73+/- 2.73) son menores en contraste con el resto de las especies. La zona 2 y 3 presentan sitios con *Avicennia bicolor*. Estructuralmente, la zona 3 representa mejor desarrollo de individuos, las condiciones de humedad en época de lluvias y la lejanía de las comunidades son un aporte valioso para el lugar.

El estado de conservación del manglar en el Sistema lagunar Los Patos Solo Dios se encuentra en un estado medio de conservación (ICH: 20.23), dista de un buen desarrollo estructural y puede ser considerado como un área de manglar que, por sus particularidades, es una opción pertinente para la gestión y aceptación como posible área de conservación en el estero San José-El Manguito y Estero La Balona-Los Patos Solo Dios, municipios de Tonalá y Pijijiapan, Chiapas; agregando la colindancia con el Sistema Estuarino Boca del Cielo (9 667 has hacia el oeste) y otras áreas bajo protección (Reserva de la Biosfera La Sepultura (8 670 has al noroeste), Reserva de la Biosfera La Encrucijada (114 892 has al sureste), Reserva de la Biosfera El Triunfo ( 97 885 has hacia el Noreste) que mantienen un intercambio genético y de especies como corredor biológico en el estado de Chiapas y sureste del país.

## XI. PROPUESTAS

Es sin duda un reto importante implementar acciones y criterios de mejora de gobernanza y aprovechamiento a nivel local, mismo que beneficiaría a la conservación de la biodiversidad y las localidades asentadas dentro del ecosistema de manglar.

Se propone el seguimiento de la propuesta de conservación en el sistema lagunar Los Patos Solo Dios, sea la ampliación en el área del sitio RAMSAR Boca del Cielo o la inclusión de un nuevo polígono de conservación a nivel federal o estatal, que incluye parte de la distribución del mangle *Avicennia bicolor* con las áreas de distribución mejor conservadas que hasta ahora se conocen. Además, se agregarían a protección áreas importantes del ecosistema de manglar mismo que produce una serie de servicios que mejoran la producción pesquera del complejo lagunar.

En materia de inventarios del bosque de mangle, este segundo monitoreo ha brindado un panorama más amplio acerca de las carencias y oportunidades con que cuenta el sistema, proponiendo se mantenga actualizada la información estructural del ecosistema de manglar. Así mismo, se propone cubrir la necesidad de generar un monitoreo de suelos y biomasa de raíces para: 1) Tener un estudio integral del estado de conservación del manglar y la capacidad que presenta como sumidero de carbono y 2) un panorama de las condiciones en algunas áreas con suelos afectados por actividades de dragados o apertura de canales para proponer alternativas de saneamiento.

Se propone ampliar el monitoreo e identificación de las aves residentes y migratorias características del lugar para enriquecer el conocimiento acerca de la diversidad de especies que buscan refugio, o visitan en periodos reproductivos estos sistemas lagunares para fortalecer el ecoturismo en esta zona.

La transformación de un lugar se ve afectado por el crecimiento de la mancha urbana al demandar mayor cantidad de servicios. Principalmente, el sistema lagunar Los Patos Solo Dios presenta cambios de uso de suelo en algunas áreas, sitios con actividades productivas abandonadas como áreas de cultivos, áreas de manglar

quemadas, suelos desnudos, jagüeyes y otras actividades de producción pesquera; se propone generar alternativas de rehabilitación e identificación de áreas con prioridad para reforestación.

Sobre *Avicennia bicolor*, es necesario planificar recorridos específicos para conocer la extensión de la especie; además, se propone un análisis integral (estructura, condiciones de adaptación y desarrollo, factores fisicoquímicos, fenología reproductiva, producción de hojarasca) y demás para identificar el grado de relevancia de la misma y sirva de sustento para gestionar la protección legal a nivel federal.

Se propone la organización con las comunidades para la presentación de talleres en temática de educación ambiental, creación de pequeños viveros y reforestación, dirigido principalmente a los niños por ser la población que formará y educará la consciencia de hijos y nietos en cada localidad para las generaciones venideras.

## XII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Agraz-Hernández C., R. Noriega-Trejo, J. López-Portillo, F. J. Flores-Verdugo, J. y J. Jiménez-Zacarías. 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. [http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Guia\\_Manglar.pdf](http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Guia_Manglar.pdf)

Alongi D.M. y Carvalho N.A. 2008. The effect of small-scale logging on stand characteristics and soil biogeochemistry in mangrove forests of Timor Leste. *Forest Ecology and Management*. 255:1359-1366.

Alongi. D. M. 2009. La Energética del Bosque de Manglar. Países bajos: Springer. 216 pp.

Arriaga, L.; J. M. Espinoza; C. Aguilar; E. Martínez; L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. RTP El Triunfo-La Encrucijada-Palo Blanco. En: Arriaga, L.; J.M. Espinoza; C. Aguilar; E. Martínez; L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L.; V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. RHP Soconusco. En: Arriaga, L.; V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Asquith N.M. 2002. La dinamica del bosque y la diversidad arbórea. Nueva Jersey, Estados Unidos de América.

Bautista-Zúñiga, F., Delfín-González, H., Palacio-Prieto, J. L., Delgado-Carranza, M. C., 2004. Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales. 1ra Ed. México. 790 pp. ISBN 970-32-1778-8. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones/download/526.pdf>

Benfield S.L., H.M. Guzman y J.M. Mair. 2005. La dinamica temporal del mangle en relacion al desarrollo costero en el Pacífico de Panamá. *El Periódico de la Dirección Medio-ambiental* 76: 263-276.

Carbajal-Evaristo S.S. 2010. Estudio de la estructura, Composición y modificación antrópica en los manglares del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, 111 pp.

Carranza-Edwards. A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anuales del Centro de Ciencias Del Mar y Limnología*. UNAM. 1:81-88. Disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1975-1/articulo13.html>

Cervantes-Zamora. 1990. Provincias fisiográficas de México. Escala 1:4,000,000.

Chuvieco, E. 2004. Fundamentos de Teledetección Ambiental. Tercera Edición Revisada. Editorial RIALP. 283 pp.

Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli, 1983. Introducción a la Ecología del Manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe. Ed. Ilustrada. Universidad de Texas. 99 pp.

Cintrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli, 1984. Metodos para el estudio de estructura del manglar. En: **Snedaker, S. C., Snedaker, J. G.**, eds. El ecosistema de manglar: Metodos de investigación. Paris, Francia: UNESCO, Pp. 91-113. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000630/063028eo.pdf>

Citrón, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1981. Plan de estudios de recursos de pantanos y manglares. Informe Interno del Instituto Oceanográfico.10:1-13

CONABIO (n.d.) Identificación de áreas de manglar de relevancia biológica y de rehabilitación ecológica. Disponible en:

[http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/t2/Identificacion\\_sitios.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/t2/Identificacion_sitios.pdf)

CONABIO, 2007. Cuerpos de Agua de México: con descripción y nombre. Escala 1:250 000.

CONABIO 2007a . Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 1ra etapa. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/Informe\\_Final\\_DQ056\\_31oct07.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/Informe_Final_DQ056_31oct07.pdf)

CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura. 2007. Sistema Lagunar Chiapaneco.

CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura. 2007. Vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura. México.

CONABIO 2008. PS28 Anexo 4: Listado de Fauna Invertebrada y Vertebrada en Los Patos Solo Dios, Chiapas. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

CONABIO, 2008. PS28 Anexo 3: Listado de plantas presentes en Los Patos Solo Dios, Chiapas. Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F.

CONABIO-CONANP. 2009. Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Fichas de especies mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. Compilado por Elizabeth Torres Bahena; Revisado por Carlos Galindo Leal. Marzo 2009. Disponible en:



[http://www.biodiversidad.gob.mx/v\\_ingles/species/especies\\_priori/fichas/pdf/Mangleblanco02jul09.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/v_ingles/species/especies_priori/fichas/pdf/Mangleblanco02jul09.pdf)

Cordero, J., D. H. Boshier, (eds), A. Barrance, J. Beer, D. H. Boshier, J. Chamberlain, J. Cordero, G. Detlefsen, B. Finegan, G. Galloway, M. Gómez, J. Gordon, M. Hands, J. Hellin, C. Hughes, M. Ibrahim, D. Kass, R. Leakey, F. Mesén, M. Montero, C. Rivas, E. Somarriba, J. Stewart, T. Pennington, 2003. *Avicennia bicolor* Standl. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Oxford (RU). OFI/CATIE. Pp.379-380. Disponible en: [http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/en/species/item/download/49\\_0cf8a1762543f5e942f87b5d0a199e1e](http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/en/species/item/download/49_0cf8a1762543f5e942f87b5d0a199e1e).

Corella J. F., J. I. Valdez, V. M. Cetina, F. V. González, A. Trinidad y J. R. Aguirre. 2004. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 90 (26):73-102. Disponible en: <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/38/29#>.

Coulsen, R., C. Lovelady, R. Flamm, S. Spradling y M. Saunders. (1991). Sistema de Información Geográfica Inteligentes para la Gestión de Recursos Naturales. En: **Turner, M. y R. H. Gardner** (Ed.): *Metodos Cuantitativos en Ecología del Paisaje*. New York. Springer Verlag. Pp 153-172.

Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1951. Un continuo bosque de tierras altas en la región de las fronteras de las praderas en los bosques de Wisconsin. *Ecología*. 32: 476-496.

Dahdouh-Guebas F., Mathenge C., Kairo J.G. y Koedam N. 2000. Utilization of mangroves Wood products around Mida Creek (Kenya) amongst subsistence and comercial users. *Economic Botany* 54: 513-527.

Delgado P., P. F. Hensel, J.A. Jiménez y J.W. Day. 2001. La importancia del establecimiento de propágulos y los factores físicos del mangle en los modelos de distribución en un estuario costarricense. *Botánica Acuática*. 71: 157-178.

Duke N.C., J.O. Meynecke, S. Dietsmann, A.M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K.C. Ewel, C.D. Field, N. Koedam, S.Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus y F. Dahdouh-Guebas. 2007. ¿Un mundo sin los manglares? *Ciencias*. 317: 41-42.

Duke, N. 2010. *Avicennia bicolor*. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas 2010: e.T178847A7625682. Disponible en: [Http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20102.RLTS.T178847A7625682](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20102.RLTS.T178847A7625682).

Epstein P.R. 1998. El Cambio Climático y La Salud de Harvard. Escuela de Medicina, Centro para La Salud y La Campaña de Cambio Climático Global para el Medio ambiente, WWF. Farnsworth.

Ewel, K.C., S. Zheng, Z. Pinzon y J. A. Bourgeois. 1998. Efectos Ambientales de la formación de claros en el dosel con alta pluviosidad en el bosque de manglar *Biotropica*. 30:510-518.

Farnsworth, E. y A. Ellison. 1997. El estado de conservación mundial de los manglares. *Ambio*, 6(26): 329-334. Disponible en: [http://harvardforest.fas.harvard.edu/sites/harvardforest.fas.harvard.edu/files/ellison-pubs/1997/farnsworth\\_and\\_ellison\\_1997ambio.pdf](http://harvardforest.fas.harvard.edu/sites/harvardforest.fas.harvard.edu/files/ellison-pubs/1997/farnsworth_and_ellison_1997ambio.pdf)

Flores-Verdugo, F.J., Gonzalez-Farías, F., Zamorano D.S. y Ramírez P.G. 1992. Mangrove Ecosystem of the Pacific Coast of México: distribution structure litterfall, and detritus dynamics. *Coastal Plant Communities of Latin America*, Academic Press, Inc: 269-288 pag.

Franco, L. J., Cruz, G. A. Rocha, A. R. Navarrete, N. S. Flores, G. M. Kato, E. M. Sánchez, S. C. Abarca, L. A. Bedia, C. S., 1989. Manual de Ecología. Ed. Trillas. México. 266 p.

Fromard F., Puig H., Mougin E., Marty G., Betoulle J.L. y Cadamuro L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecología*, 115: 39-53.

Fulai S. 1997. Gastos Públicos Ambientales. Un Marco Conceptual de la Oficina de Macroeconomía del Programa de Desarrollo Sostenible (MPO). Fondo Mundial para la Naturaleza. 22pp. Disponible en: <http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/PEESpdf.pdf>

García, E. y CONABIO 1998. Climas. Escala 1:1000 000.

García C. 1994. Quantitative data on the forest structure of a small mangrove formation in the bay of Nenguange, Colombian Caribbean. *Inst. Mar. Punta Betín*, 23: 183-187.

Gaston, K.J., Jackson S.F., Cantú-Salazar L. y Cruz-Piñón G., 2008. The Ecological Performance of Protected Areas. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39: 93-113.

Gattuso, J.P., M. Frankignoulle y R. Wollast. 1998. Carbono y el metabolismo del Carbonato en los ecosistemas acuáticos costeros. *Revisiones anuales de Ecología y Sistemática*. 1(29): 435-434.

Giri C., Z. Zhu, L. Tieszen, A. Singh, S. Gillette y J. A. Kelmelis. 2008. Distribución y dinámica del bosque de manglar (1975-2005) en una region de Asia afectada por el Tsunami. *Diario de Biogeografía*. 3(35):519-528.

Giri, C., Ochieng E., Tieszen L., Zhu Z., Singh, A., Loveland T., Masek J. y Duke N. 2010. Status and distribución of mangrove foresto f the world using Earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 1-6.

Gómez, B. E. y R. de Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16: 4-14.

Gómez-Santos, A. y Gallegos M. 1988. El Manglar de la Laguna Costera Mar Muerto, Memoria de Servicio Social. Universidad Autónoma de México.

Hernández-Cornejo R., Koedam N., Ruiz-Luna A., Troell M. y Dahdouh-Guebas F. 2005. Remote sensing and ethnobotanical assessment of the mangrove forest changes in the Navachiste-San Ingacio-Macapule lagoon complex, Sinaloa, México. *Ecology and Society* 10:16. Disponible en: <https://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art16/>

Holdridge, L. R. 1967. Ecología de las zonas de vida. Centro de Ciencia Tropical. Universidad de Texas. 206 pp.

INE, INEGI, CONAGUA, 2007. Cuencas hidrográficas de México 2007. Escala 1:250 000.

INEGI 2000. Conjunto de datos vectoriales edafológicos. Escala: 1: 250 000. Serie 1. Continuo Nacional. Escala 1: 250 000.

INEGI 2011. Anuario Estadístico de Chiapas.

INEGI, 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Uso de Suelo y Vegetación: escala 1:250 000: serie V. Instituto Nacional de Estadística y Geografía-México: INEGI 2014.

Iniciativa de la Ley General para la Gestión Integral y Sustentable de las Costas Mexicanas, 2012. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/inecol/documentos/IniciativaLeyDeCostas.pdf>

Jiménez R. y Soto R. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33:25-38.

Jiménez, J. A. 1994. Los manglares del Pacífico de Centroamérica. EFUNA. Heredia, Costa Rica 325 p.

Jiménez, J. A., A. E. Lugo, y G. Cintron. 1985. La mortalidad de árboles en los bosques de manglar. *Biotropica*. 3(17):177-185.

Kangas, P.C. y E.A. Lugo. 1990. Distribución de los Manglares y Marismas de Florida. *Ecología Tropical*. 31(1):32-39.

Kargas, P. 2002. Estructura del bosque de manglar en el río Sittee, Belice. Maryland: Programa de Manejo en Recursos Naturales. Universidad de Maryland.

Kovacs, J. M., 2000. La percepción de los cambios ambientales en un humedal costero tropical . *Degradación y Desarrollo Territorial*. 3 (11):209-220.

Krauss, K.W., C.E. Lovelock, K.L. McKee, L. López-Hoffman, S.M.L. Ewe y W.P. Sousa. 2008. Los factores medioambientales en el establecimiento del mangle y su desarrollo temprano: Una revisión. *Botánica Acuática*. 89: 105-127.

Lacerda, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Álvarez-León, C. Alarcón & J. Polanía. 2001. Los Manglares de América. En: Ecosistema de Manglar, Función y gestión. *Springer*, Berlín, Alemania. 1-62 pp.

Landero-Sánchez, S. J., 2005. Estructura del manglar, en el sistema lagunar de Chantuto, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. Informe final de servicio social, Universidad Autónoma Metropolitana. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento el hombre y su ambiente. México, D.F

Lawes M. J., Griffiths M.E. y Boudreau S., 2007. Colonial logging and recent subsistence harvesting affect the composition and physiognomy of a podocarp dominated Afrotropical forest. *Forest Ecology and Management* 247:48-60.

Ley de Aguas Nacionales. Última Reforma Publicada DOF 11-08-2014. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_110814.pdf)

Ley General de Bienes Nacionales. Última Reforma Publicada DOF 07-06-2013. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267.pdf>

Ley General de Vida Silvestre. 2000. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario oficial, 3 de julio de 2000. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_191216.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_191216.pdf)

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Última Reforma Publicada DOF 24-01-2017. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_240117.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_240117.pdf)

Lillesand T. M. y R. W. Kiefer. (1994). La Percepción Remota y la Interpretación de Imágenes. Nueva York, John Wiley and Sons, Tercera Edición.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del Conocimiento de la Biota, en: Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad. CONABIO, México, pp. 283-322.

López-Hoffman L., Monroe I.E., Narváez E., Martínez-Ramos M. y Ackerly D.D. 2006. Sustainability of mangrove harvesting: how do harvester's perceptions differ from ecological analysis? *Ecology and Society* 11:14 Disponible en: <https://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art14/>

López-Portillo, J. y E. Ezcurra. 2002. Los Manglares de México: Una revisión. *Maderas y Bosques*. Número especial 2002: 27-51. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumenes/no.%20esp.1/pdf/Lportillo%20y%20Ezcurra%202002.pdf>.

Lot, A. y A. Novelo. 1990. Forested wetlands of Mexico. In: **Lugo, A. E., M. Brinson y S. Brown** (eds.). *Ecosystems of the world 15. Forested wetlands*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands . pp. 287-298.

Machiwa, J. F. y R. O. Hallberg. 2002. Un modelo empírico del destino del carbono orgánico de un bosque de manglar en una parte afectada por la actividad antropogénica. *Modelización ecológica*. 1(147):69-83.

Madrigal, A., 1994. Ordenación de montes arbolados. Colección técnica. Madrid: ICONA.

Mejía-Quiñones, L. M., Molina-Jimenez, M. P., Sanjuan-Muñoz, A., Grijalba Bendeker, M., Niño-Martinez, L. M. 2014. Bosque de Manglar, un ecosistema que debemos cuidar. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. Cartagena. 27 pp.

Moizo-Marrubio, P., 2004. La Percepción Remota y la tecnología SIG: Una Aplicación en Ecología de Paisaje. *Geofocus*. 4(1):1-24.

Nettel A., R. Dodd, Z. Afzal-Rafii y C. Tovilla-Hernández. 2008. La Diversidad Genética Mejorada por la Antigua Introgresión y el Contacto Secundario en los Manglares Negros del Éste del Pacífico. *Ecología Molecular*. 11(17):2680-2690. DOI: 10.11.11/j.1365-294X.2008.03766.x

NOM-012-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3320/1/nom-012-semarnat-1996.pdf>

NOM-022-SEMARNAT-2003. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3281/1/nom-022-semarnat-2003.pdf>

NOM-059-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010)

Obiri J., LAwes M. y Mukolwe M., 2002. The dynamics and sustainable of the Eastern Cape Province, South Africa. *Forest Ecology and Management* 166: 131-148.

Ovalle-Estrada, F. y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar La Joya, En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de Manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS25\\_La\\_Joya\\_caracterizacion.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS25_La_Joya_caracterizacion.pdf)

Pizaña-Soto, J. C. y P. Hernández-Martínez. 2000. Conservación y Manejo Integral de Cuencas en el Complejo Reserva de la Biosfera La Sepultura-Sistema Lagunario Mar Muerto- La Joya Buenavista, Chiapas. En: NAWCA: Resumen de los

proyectos presentados en la primera reunión de los responsables de proyectos apoyados por el acta de conservación de humedales de Norteamérica.

Pizarro, F., L. Piedra, J. Bravo, J. Asch, C. Asch, B. Montes de Oca y L. Heredia. 2004. Manual de Procedimientos para el Manejo de los Manglares de Costa Rica. Heredia, CR. EFUNA. 133 pp. Texto completo disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd66/minae/procedimientos.pdf>

Polidoro, B.A., Carpenter, K.E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A.M., Ellison, J. C. Farnsworth, E. J., Fernando E.S., Kathiresan, K., Koedam, N. E., Livingstone, S.R., Miyagi, T., Moore, G.E., Nam, V.N. Ong, J.E., Primavera, J. H., Salmo III, S.G., Sanciangco, J.C., Sukardjo, S., Wang, Y. y Wan Hong Yong, J. 2010. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic area of global concern. PLoS ONE 5(4), e 10095. doi:10.1371/journal.pone.00100095. Disponible en: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0010095&type=printable>

Pool, D.J., S. C. Snedaker y A. E. Lugo. 1977. Estructura de los Bosques de Manglar en Florida, Puerto Rico, México y Costa Rica. *Biotropica*. 3(9):195-212. Disponible en: <http://www.mangroverestoration.com/pdfs/Pool%20et%20al%201977.pdf>

PRONATURA, 2006. Pronatura Chiapas A.C. y North American Wetlands Conservation Council. 2006. Proyecto MX-N181 Corredor de Humedales en la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas-Oaxaca:Fase II.

Quarto, A. 1999. El Bosque de Manglar. Ecología del Bosque de Manglar. Papel de Trabajo, Proyecto de Manglares Acción. USA. 12 pp.

Quattrochi, D.A. y R. E. Pelletier. 1991. La Percepción Remota en el Análisis del Paisaje: Una Introducción, En: **Turner, M. y R. H. Gardner** (Ed.): Los Metodos Cuantitativos en Ecología del Paisaje. New York. Springer Verlag. Pp. 51-76.



RAMSAR, 2007. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar, Sistema Estuarino Boca del Cielo.

Ramírez-García, P., J. López-Blanco y D. Ocaña. 1998. Evaluación de la vegetación de manglares en el río Santiago Boca, México por medio de clasificación supervisada utilizando imágenes Landsat TM. *Ecología y gestión forestal*. 105:217-229.

RAMSAR-CONANP, 2014. Humedales de México. Convención RAMSAR y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada DOF 31-10-2014. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGDFS\\_311014.doc](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_311014.doc).

Rodríguez-Ramírez, A., Nivia-Ruiz, J y Garzón-Ferreira J., 2004. Características estructurales y funcionales del manglar de *Avicennia germinans* en la bahía de Chengue (Caribe Colombia). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 33:223-244.

Rodríguez-Zúñiga, M.T., C. Troche-Souza, A. D. Vázquez-Lule, J. D. Márquez-Mendoza, B. Vázquez- Balderas, L. Valderrama-Landeros, S. Velázquez-Salazar, M. I. Cruz-López, R. Ressler, A. Uribe-Martínez, S. Cerdeira-Estrada, J. Acosta-Velázquez, J. Díaz-Gallegos, R. Jiménez-Rosenberg, L. Fueyo-Mac Donald y C. Galindo-Leal. 2013. Manglares de México/Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglaresMex\\_2013.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglaresMex_2013.html).

Rojas-García, J. y R. M. Vidal-Rodríguez 2008. Ficha No. 47 Manguito-Chocohuital. En: **Rojas-García, J. y R. M. Vidal-Rodríguez**, 2008. Catálogo tipológico de humedales lacustres y costeros del estado de Chiapas. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Romero-Berny, E. I., 2006. Estructura y composición de los bosques de manglar en el sistema lagunar Carretas–Pereyra, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México, Tesis Profesional. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 88 pp.

Romero-Berny E., 2012. Manglares del Soconusco, Chiapas: estructura y cambios a nivel de paisaje. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas 123 pp.

Rzedowki, J. y Huerta M. L. 1978. Vegetación de México. Universidad de Texas. 432 pp.

Salas-Roblero R. L. 2006. Estructura Forestal de un Manglar en la Reserva de la Biósfera “La Encrucijada”, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Chapingo, Texcoco, Edo. De México. 63 pp.

Santamaría-Damian S., 2013. Caracterización estructural y cambios en la cobertura del manglar en el sistema lagunar Los Patos-Solo Dios en la Costa de Chiapas. Tesis de Maestría. Colegio de La frontera Sur. Tapachula, Chiapas. 114 pp.

Santamaría-Damian S, Romero-Berny E.I., Tovilla-Hernández C, Gallegos-Martínez M.E. y De la Presa Pérez J.C., 2016. Nuevos registros del mangle centroamericano *Avicennia bicolor* Standl. (Acanthaceae) en la costa pacífica del sureste mexicano con notas sobre su distribución y estatus de conservación. *Lacandonia*. 2: 19-24.

Segura-Zamorano, D. T., 1997. Análisis de la estructura del manglar y su relación con algunos parámetros ambientales en la laguna Panzacola, Municipio de Acapetahua, Chiapas, Tesis Profesional. ENEP-Zaragoza, UNAM.

Serrano-Figueroa E. 2014. Caracterización estructural, condición del arbolado y el suelo de la comunidad del manglar del sistema lagunar Corralero-Alotengo, Municipio de Pinotepa Nacional, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Campus Puerto Ángel, Oaxaca, México. 66 pp.

SINAP. 2012. Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Acceso en: [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/sinap.php](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php)

Smith, T.J., 1992. Estructura forestal. En: **Robertson A.I. y D. M. Alongi.** eds. Los Ecosistemas de Manglares Tropicales. Estudios Estuarinos Costeros. Union Americana de Geofísica. Washington, D.C.101-136 pp.

Spalding, M., Kainuma, M. y Collins, L. 2010. World Atlas of mangroves. London, UK and Washington,DC, USA: Earthscan).

The Nature Conservancy, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas y Pronatura Sur. 2009. Cuencas costeras de Chiapas, México.

Teixeira, A. L. A., E. Moretti, A. Christofolletti 1992. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Rio Claro, Sao Paulo.

Tomlinson, P. B. 1986. The Botany of Mangroves. Cambridge University Press, Cambridge. 419 p.

Torres, R. J. M. y O. S. T. Magaña. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial. Limusa. México. 472 paginas.

Tovilla-Hernández, C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa Guerrero, México. Tesis Doctoral, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias, UNAM.

Tovilla-Hernández, C., E.G. De La Lanza 1999. Ecología, producción y aprovechamiento del mangle *Conocarpus erectus* L., en Barra de Tecoaapa Guerrero, México. *Biotropica* 1 (31):121-134.

Tovilla-Hernández, C. 2003. Manglares: Ecología, Fenología reproductiva y restauración. Laboratorio de Ecología de Manglares y zona costera. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas. 57 p.

Tovilla-Hernández, C., L. Salas, J.C. De la Presa, E. I. Romero, F. Ovalle, R. Gómez, J. Hernández, E. Cruz y A. Hernández. 2007. Inventario Forestal de los bosques de manglar de la costa de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. 92 pp.

Tovilla-Hernández, C., J. C. De la Presa-Pérez, F. Ovalle-Estrada y D. T. González-Castillo. 2009. Primer Informe del Proyecto: Inventario y Monitoreo del Estado Actual de los Bosques de Manglar de Chiapas y Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur Unidad-Tapachula, Chiapas, México.90 pp.

Tovilla-Hernández, C.; Rojas-García J. y A. D. Vázquez-Lule. 2009b. Caracterización del sitio de manglar Los Patos – Solo Dios, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS28\\_Los\\_Patos\\_Solo\\_Dios\\_caracterizacion.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS28_Los_Patos_Solo_Dios_caracterizacion.pdf)

Tovilla-Hernández, C. y A. D. Vazquez-Lule. 2009c. Caracterización del sitio de manglar Mar Muerto, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, Mexico, D.F. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS29\\_Mar\\_Muerto\\_caracterizaci%C3%B3n.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS29_Mar_Muerto_caracterizaci%C3%B3n.pdf)

Tovilla-Hernández, C., J. C. De la Presa-Pérez, F. Ovalle-Estrada y D. T. González-Castillo. 2010. Segundo Informe del Proyecto: Inventario y Monitoreo del Estado Actual de los Bosques de Manglar de Chiapas y Oaxaca. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Tapachula, Paginas 100.

Tovilla-Hernández C., Ovalle-Estrada-F., De la Presa J.C., De la Cruz E. y Lan-Ramirez A., 2012. VI Informe del proyecto: Inventario y monitoreo de los bosques de manglar de Chiapas y Oaxaca. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. 111 pp.

Tovilla-Hernández C., Lan-Ramírez, A., De la Presa J.C., Salas-Roblero, R.L. y Villatoro-Arreola, E.M., 2017. X Informe del proyecto: Inventario y monitoreo de los bosques de manglar de Chiapas y Oaxaca. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. 150 pp.

Ulloa-Delgado G.A., H. Sánchez-Páez y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y Uso Sostenible de los Manglares del Caribe Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente. Santa Fé de Bogotá. 222 pp.

Valdés-Hernández J.I., 2004. Manejo forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. *Maderas y Bosques* 8: 129-145.

Valdez Hernández J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el Estado de Nayarit, costa pacífica de México. *Maderas y Bosques*. Número especial: 129-145pp. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumenes/no.%20esp.1/pdf/Valdez%202002.pdf>

Valiela I., J.L. Bowen y J.K. York. 2001. Bosque de manglar: uno de los ambientes tropicales más amenazados del mundo. *Biociencias* 51: 807-815.

Wafar, S., A. G. Untawale y M. Wafar. 1997. Hojarasca y flujo de energía en un ecosistema de manglar. *Estuario, Costa y Plataforma de Ciencia*. 1:111-124.

Walters B.B. 2005. Efectos ecológicos a pequeña escala de cortar el bosque de mangle Filipino. *Dirección y Ecología del Bosque*. 206: 331-348.

Walters B.B. 2005b. Patterns of local Wood use and cutting of Philippine mangrove forests. *Economic Botany* 59: 66-76.

Whittaker, R.H., 1975. *Communities and ecosystems*. 2 Ed. New York, Mc Millan Publishing. 385 pp.

Windervoxhel, L.N. 1998. Uso sostenible de manglares en América Central. *Boletín de Humedales y zonas costeras*. UICN. 1(1):9 pp.

Zorini L.O., Conini C., Jiddawi N., Ochiewo J., Shunula J. y Cannicci S. 2004. Participatory appraisal for potential community-based mangrove management in East Africa. *Wetlands Ecology and Management* 12: 87-102.

## ANEXOS

Anexo A: Valores de F y P obtenidos en el análisis estadístico realizado con los parámetros dasométricos de los sistemas lagunares Mar Muerto- La Joya Buenavista y Los Patos Solo Dios.

Sistema lagunar Mar Muerto- La Joya Buenavista			
Parámetros dasométricos	F	gl	P
Densidad	3.018	4,114	0.02081
Área basal	3.806	3,114	0.01212
Altura total	1.738	4,114	0.1465
Altura de fuste	1.397	4,114	0.2396
Cobertura	7.595	4,114	1.842 e-05

Sistema lagunar Los Patos Solo Dios			
Parámetros dasométricos	F	gl	P
Densidad	61.68	4, 2994	2.2 e-16
Área basal	61.68	4, 2994	2.2 e-16
Altura total	37.54	4, 576	2.2 e-16
Altura de fuste	9.908	4, 576	2.2 e-08
Cobertura	47.68	4, 576	2.2 e -16

## Anexo B: Ficha informativa con estructura de estudio previo justificativo del sistema lagunar Los Patos Solo Dios.

### I. INFORMACION GENERAL

#### Nombre del área propuesta

Los Patos Solo Dios

#### Entidad federativa y municipios de localización del área

El Área de Protección de Flora y Fauna Los Patos Solo Dios se localiza en terrenos comunales del municipio de Tonalá (El Manguito) e Isla San José, Joaquín Amaro, El Diamante y La Conquista pertenecientes al municipio de Pijijiapan, Chiapas. Entre las coordenadas 15°52'11.55" y 15°38'26.80" de latitud norte con 93°39'26.07" y 93°20'54.27" de longitud oeste, está delimitado al norte por Joaquín Amaro, al sur por el océano pacífico, al este por comunidad El Manguito y al oeste por el canal La Conquista.

#### Superficie

La superficie de la propuesta de área es de 9747 has de las cuales 1372 has (14.07%) forma parte del municipio de Tonalá y 8298 has (85.13%) se ubican en el municipio de Pijijiapan. El intervalo altitudinal dentro del polígono del ANP para las cabeceras municipales se sitúa entre los 60 msnm para el municipio de Tonalá y 50 msnm para el municipio de Pijijiapan con una altitud promedio de 55 msnm (INEGI, 2011).

#### Vías de acceso

Existe una carretera federal Tapachula-Arriaga transitada todo el año, esta tiene una entrada que lleva del municipio de Tonalá hacia Puerto Arista; de la segunda se añade un tramo hacia el sureste que lleva de la carretera Puerto Arista hasta El Manguito con un aproximado de 35 km de longitud y que pasa por las comunidades Cabeza de Toro, Dr. Belisario Domínguez, Pueblo Nuevo, Manuel Ávila Camacho (Ponte Duro) y El Manguito.



Una segunda entrada hacia el sistema se ubica a partir de la carretera principal Tapachula-Arriaga hasta la comunidad Joaquín Amaro.

Es importante mencionar que se localizaron caminos de terracerías hacia los predios cercanos, rancherías y pequeñas comunidades: la comunidad Gustavo López Gutiérrez-Tamaulipas (Joaquín Amaro), comunidad San Isidro-Tamaulipas (Joaquín Amaro), comunidad Isla San José-Agua Tendida-El Diamante, Comunidades La Conquista-El Fortín-Las Brisas-Lázaro Cárdenas y un camino que conecta con Agua Tendida a ésta última comunidad.

## II. EVALUACION AMBIENTAL

### a. Descripción de los ecosistemas y/o especies que se pretenden proteger: (INEGI, 2014).

- ☞ Principalmente bosque de manglar
- ☞ Pastizal natural e inducido
- ☞ Selva mediana subperennifolia
- ☞ Tular
- ☞ Bosque espinoso
- ☞ Vegetación de dunas costeras

### b. Fisiografía y tipografía

El Sistema Lagunar Los Patos-Solo Dios se encuentra en la región pacífico sur, en el estado de Chiapas, pertenece a la provincia Sierra Sur de Chiapas, subprovincia Llanura Costera de Chiapas y Guatemala (Cervantes-Zamora, 1990) y presenta un área de 21 832 has, tiene integridad ecológica funcional media, considerando la cercana presencia de las áreas de conservación: Área Natural Protegida Puerto Arista, Reserva de la Biosfera La Sepultura, Reserva de la Biosfera El Triunfo, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, este complejo lagunar es importante en su función como corredor biológico entre la parte alta, media y baja del sistema La Sepultura y el sitio RAMSAR Boca del Cielo por ser un sitio que además presenta continuidad con los

ecosistemas del Sur de Chiapas, los ecosistemas tropicales de Guatemala y el sureste, característica que lo hace relevante como corredor biológico para diferentes organismos.

Esta propuesta, considerada una ampliación para el sitio RAMSAR Boca del Cielo, tiene estado medio de conservación de las cuencas costeras encontradas en el área a diferencia de otras con mayor impacto entre la sierra madre de Chiapas y el litoral. Es frecuente que la zona sea impactada por fenómenos naturales extraordinarios debido a su ubicación geográfica como huracanes, fuertes vientos y tormentas tropicales.

#### c. Geología física y edafología

El tipo de suelo al interior de la propuesta se compone de (INEGI 2000): Cambisol cromico, Cambisol eutrigo, Gleysol eutrigo, Litosol, Regosol eutrigo y principalmente Solonchak gleyico.

#### d. Hidrología

El sistema hidrográfico está representado principalmente por (INE, INEGI y CONAGUA, 2007; CONABIO, 2007): el Río Zanatenco, Río Frío y Río San Isidro y los principales cuerpos lagunares se encuentran: Laguna Pampa El Cheto, Laguna Agua Tendida, Laguna Pampa El Mosquito, Laguna Pampa Los Patos.

#### e. Clima

Es característico el cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 22°C, mantiene una precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2 % del total anual. (García y CONABIO, 1998).

#### f. Estacionalidad

La temporada de lluvias inicia en el mes de julio y se extiende hasta el mes de octubre, presentándose la sequía intraestival entre los meses de julio y agosto. El resto del año es seco con algunas ligeras precipitaciones en enero y febrero (RAMSAR, 2007).

g. Características biológicas: Flora y fauna

*Flora:*

☞ Pteridofitas:

*Marattia weinmanniifolia*

☞ Angiospermas monocotiledóneas:

*Cyperus hermaphroditus*

☞ Angiospermas dicotiledóneas:

*Alibertia edulis*

*Calliandra houstoniana*

*Cayaponia attenuata*

*Cayapoia racemosa*

*Cordia dentata*

*Creteva tapia*

*Cuphea aequipelata*

*Curatella americana*

*Godmania aesculifolia*

*Guazuma ulmifolia*

*Hybanthus elatus*

*Hymenaea courbaril*

*Kohleria rupicola*

*Ludwigia erecta*

*Luffa operculata*

*Mimosa pigra*

*Quercus crispifolia*

*Russelia cuneata*

*Salvia rubiginosa*

*Saurauia madutae*

*Sesbania herbácea*

*Telanthophora grandifolia*

*Verbesina nerifolia*

*Fauna:*

☞ Invertebrados

*Anopheles albimanus*

*Anetia thirza*

*Battus lycidas*

*Battus polydamas*

*Calaides androgeus*

*Danaus eresimus*

*Estigmene acrea*

*Itaballia demophile*

*Nesiostrymon calchinia*

*Opsiphanes invirae*

*Parides erithalion*

*Parides eurimedes*

*Rhabdodryas trite*

*Symphlebia lophocampoides*

*Goniopsis pulchra*

*Macrobrachium tenellum*

脊椎 Vertebrados

▪ Peces

*Anableps dowei*

*Dormitator latifrons*

*Poeciliopsis gracilis*

*Urotrygon nana*

▪ Anfibios

*Hyla walkeri*

*Smilisca baudini*

▪ Reptiles

*Ameiva undulata*

*Anolis laevis*

*Mesaspis moreleti*

*Sceloporus siniferus*

*Cnemidophorus deppii*

*Crocodylus fuscus*

*Crocodylus acutus*

*Ctenosaura pectinata*

*Iguana iguana*

▪ Mamíferos

*Trachemys scripta grayi*

*Staurotypus salvini*

*Kinosternon scorpiodes*

*Lepidochelys olivácea*

*Dermochelys coriácea*

*Chelonia agassizi*

*Tamandua mexicana*

*Eretmochelys imbricata bissa*

*Procyon lotor*

- Mamíferos carnívoros

*Felis pardalis*

*Felis yagouaroundi*

- Aves

- Falconiformes

*Buteogallus urubitinga*

- Paseriformes

*Aimophila rufescens*

*Basileuterus belli*

*Campylorhynchus zonatus*

*Carduelis pinus*

*Catharus frantzii*

*Chlorospingus ophthalmicus*

*Cyanocitta stelleri*

*Cyanolyca pumilo*

*Empidonax flavescens*

*Melanotis hypoleucus*

*Tiaris olivácea*

*Vireo huttoni*

*Zonotrichia capensis*

- Pelecaniformes

*Ardea alba*

- Suliforme

*Phalacrocorax auritus*

- Anseriforme

*Anas clypeata*

*Cairina moschata*

- Ciconiforme

*Ciconia ciconia*

*Mycteria americana*

#### h. Servicios ecosistémicos

☞ Es una zona que sirve de hábitat para diferentes especies de aves, peces, mamíferos y reptiles (RAMSAR, 2007).

☞ También es hábitat de una gran cantidad de especies de aves residentes y migratorias, de éstas últimas se encuentra el pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), algunas gaviotas (*Larus atricilla*, *L. pipixcan*, *L. argentatus*) y la fragata (*Frageta magnificens*) (RAMSAR, 2007).

☞ Cuenta con áreas para aprovechamiento de peces, almeja y zonas de protección para el crecimiento de camarón (PRONATURA, 2006).

☞ Es una barrera de protección contra vientos.

☞ Es un sumidero de nutrientes (CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura,2007).

☞ Captura de CO2 (CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura,2007)

#### i. Elementos que hacen único al sitio

- ✿ Presencia de numerosas especies prioritarias por su grado de amenaza o riesgo, algunas endémicas y otras de rasgos muy restringidos (Arriaga *et al.*, 2000).
- ✿ Estero San José y Estero Majahual-Cequeleño-Joaquín Amaro, tiene algunos de los nidales de garza (*Ardea alba*), pato buzo (*Phalacrocorax auritus*), pato cucharón (*Anas clypeata*) y cigüeña (*Ciconia ciconia*) que arriban hacia esta zona en periodo de reproducción (CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura, 2007).
- ✿ La presencia de *Avicennia bicolor*, que ha sido descrita por varios autores y hallada dentro del sistema (Tovilla-Hernández *et al.*, 2007; Santamaría-Damián, 2013).

#### j. Antecedentes de actividades de protección del área

Algunos grupos y organizaciones han realizado actividades de conservación y manejo en la zona, estos son:

- ✿ Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas (Arriaga *et al.* 2000)
- ✿ The Nature Conservancy (Arriaga *et al.*, 2002)
- ✿ Pronatura Chiapas A. C. (PRONATURA, 2006)
- ✿ CONANP (RAMSAR, 2007)
- ✿ SEMARNAT

Proyectos de conservación, restauración o rehabilitación del manglar:

- ✿ El Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas ha realizado programas de educación ambiental en las comunidades. Los programas principalmente están dirigidos a niños y turistas que llegan a la zona (RAMSAR, 2007).

✿



- ✿ Conservación y manejo integral de cuencas en el Complejo Reserva de la Biosfera La Sepultura – Sistema Lagunar Mar Muerto – La Joya Buenavista, Chiapas.
- ✿ Cuencas costeras de Chiapas, México. Proyecto de: The Nature Conservancy, CONANP, IHNE y Pronatura 2009.
- ✿ Inventario y monitoreo del estado actual de los bosques de manglar de Chiapas y Oaxaca. Monitoreo permanente. Se han realizado actividades como: Evaluación del grado de conservación y pérdida de manglar desde 2008.

### III. DIAGNÓSTICO

#### a. Algunas generalidades

En los municipios de Tonalá y Pijijiapan se localizan algunas de las principales cooperativas del estado, destacando:

En el municipio de Tonalá: Punta de Zanate, El Remolino, El Tule, El Cano Trachima del Naranja, Bahía Boca del Cielo, Buena Vista, Pescadores de Huizchal, Francisco Castillo Najera y El Congreso.

Para el municipio de Pijijiapan: San Luqueño, Pescadores de Aguas Tendida, El Carrizal, Acuacultura Técnica de Pijijiapan, Pescadores de Boca de Lolomita, Agostaderos del Topo y Unión y Trabajo.

Es importante mencionar que la zona de Los Patos Solo Dios se caracteriza por presentar una viabilidad social con ideas enfocadas a la conservación, en las sociedades cooperativas “Unión y Trabajo” en el municipio de Pijijiapan y cuidado de fauna en la sociedad cooperativa pesquera “Obreros del Mar” de Tonalá, Chiapas.

El sistema lagunar Los Patos Solo Dios pertenece a la Cooperativa Unión y Trabajo, de la comunidad Joaquín Amaro; fue fundada el 17 de marzo de 1941 con 63

socios cooperativistas. Hasta 1993 fue permisionaria (funcionaba a través de permisos), y a partir del 17 de diciembre de 1997 se le otorgó la concesión por veinte años, misma que vence en 2017 y que deberá renovarse. El nombre oficial de la cooperativa es “Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bienes y Servicios Unión y Trabajo, S. de R. L. de C.V.

Población total:

- Población en el área de manglar: 1, 223
- Población en la zona de influencia: 10,724

Número total de localidades:

- Localidades en el área de manglar: 6
- Localidades en la zona de influencia: 173

Tenencia de la tierra: federal, privada y ejidal.

b. Problemáticas específicas que deben tomarse en cuenta:

✳ Impactos directos:

- Tala de manglar selectiva para uso doméstico y comercial (Arriaga *et al.*, 2000; Arriaga *et al.*, 2002; RAMSAR, 2007; Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Deforestación y mal manejo de las cuencas hidrológicas (Tovilla-Hernández *com.per.13/12/2016*).
- Áreas de manglar perturbadas por actividades agropecuarias (RAMSAR, 2007).
- Modificación y desvíos de flujos de agua en pantanos, esteros, lagunas costeras y manglares.
- Establecimientos de “jagüeyes” para crianza de mojarra que son abandonados.

✱ Impactos indirectos:

- Cambio climático asociado al incremento de huracanes
- Expansión de la frontera agropecuaria (Arriaga et al., 2000).
- Incendios forestales (Arriaga et al 2000; Arriaga et al., 2002).
- Azolvamiento en los cuerpos de agua (RAMSAR, 2007; CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura, 2007; Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008; Pizaña-Soto y Hernández-Martínez P., 2000).
- Modificaciones hidrológicas (Arriaga et al., 2002; Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008)
- Contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos (Arriaga et al., 2000; Arriaga et al., 2002; RAMSAR, 2007; CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura, 2007; Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Contaminación por residuos urbanos (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Eutrofización de cuerpos de agua (RAMSAR, 2007)
- Pérdida de suelo (Arriaga et al., 2002).
- Obras de dragado mal planeadas (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Dragado de bocanarras viejas que se han vuelto a cerrar (área del Chocohuital, El Mapache y Santiago) (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Construcción de caminos y canales para la implementación de granjas acuícolas (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Construcción de bordos rústicos para encierros de camarón (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Fragmentación del ecosistema por quemas y apertura indiscriminada de canales y dragados para favorecer la pesquería de camarón (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008). En 1984, con la apertura del canal Joaquín Amaro-La Conquista se desviaron los flujos de agua de los ríos San Isidro, de Jesús y San Diego, provocando una severa salinización de toda el área, (CONABIO, 2008).

☼ Fenómenos naturales:

- Migración de aves acuáticas, refugio pleistocénico donde se encuentra el 75% de las especies de aves chiapanecas (aproximadamente 66% de las del país) y una proporción importante de la fauna de Chiapas (Arriaga *et al.*, 2000).
- Predominan surgencias que favorecen la productividad primaria y la concentración de nutrientes sobre el área de la trinchera o fosa Mesoamericana (RAMSAR, 2007).
- Se presentan los fenómenos de marea roja y El Niño y La Niña (RAMSAR, 2007).

☼ Amenazas:

- Pérdida de la superficie original
- Fragmentación del área
- Azolvamiento de las lagunas
- Extensión de terrenos agropecuarios (Arriaga *et al.*, 2000).
- Incremento de asentamientos urbanos (Arriaga *et al.*, 2000).
- Construcción de caminos
- Planes de desarrollo sin considerar el impacto ambiental (Arriaga *et al.*, 2000).
- Desarrollo turístico (Rojas-García y Vidal-Rodríguez, 2008).
- Cambios en el uso de suelo por asentamientos humanos y obras de infraestructura turística (RAMSAR, 2007).
- Proyectos de desarrollo pesquero y acuícola en la costa de Chiapas.
- Represamiento (García y CONABIO, 1998).
- Deforestación en las partes altas de la cuenca (RAMSAR, 2007).
- Disminución de aportes de agua dulce provenientes de las partes altas de las cuencas
- Desvío de cauces de ríos

c. Legislación aplicable al área propuesta

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente:
  - Zonas de manglar, Sección V
  - Evaluación de Impacto Ambiental, Artículo 28.
  
- Ley General de Vida Silvestre, 2000:
  - Título VI Conservación de la vida silvestre
    - a. Capítulo 1, Especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación
    - b. Art. 60 TER: Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integridad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyecto turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.
  
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.
  
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.