

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Diferencias en la Estructura de Manglares entre Soto la Marina, Tamaulipas y la
Isla de Jaina, Campeche

Por:

CARLOS PÉREZ ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Diferencias en la Estructura de Manglares entre Soto la Marina, Tamaulipas y la
Isla de Jaina, Campeche

Por:

CARLOS PÉREZ ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

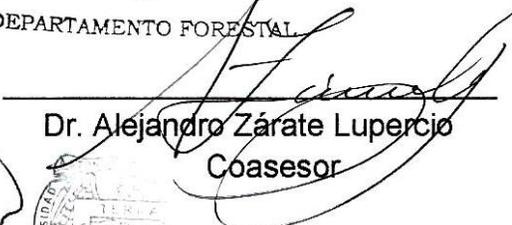
INGENIERO FORESTAL

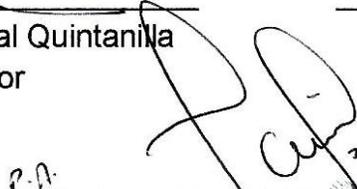
Aprobada

Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal

DEPARTAMENTO FORESTAL


Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Coasesor


Dr. Alejandro Zárate Lupercio
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2014

Esta tesis ha sido apoyada por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave No. 38-111-3613-2192. Proyecto que pertenece al Departamento Forestal, a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Dedico este trabajo a mis padres, Carpi Pérez Roblero y Audelina Roblero Bartolón, por darme la vida y por ser mi ejemplo a seguir, por sus sabios consejos de motivación y superación. Gracias papá y mamá por darme su amor, apoyo y por enseñarme a nunca rendirme ante los problemas y retos que me presentó la vida y también por celebrar conmigo mis triunfos. Muchas gracias.

Por haberme enseñado a que todas las cosas que valen la pena, requieren de trabajo duro, esfuerzo, determinación y disciplina y por el haberme enseñado a amar la verdadera batalla.

A MIS HERMANOS:

A Maricrus, Luis Fernando y Marleni, por el gran apoyo que me brindaron durante esta etapa de mi vida, ya que fueron parte esencial y crucial en este periodo, y espero influir en ustedes a través del ejemplo.

A MI TÍA:

Doyma Pérez Roblero, por su inmenso apoyo que me brindo durante este proceso, y que lo tomé muy en cuenta y estoy realmente agradecido por las palabras de perseverancia que me otorgo.

Y claro que sí, para toda la familia PÉREZ ROBLERO y ROBLERO BARTOLÓN, nada más me queda decirles que el objetivo logrado también es de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por ser la luz en mi camino y por haberme acompañado y guiado en el transcurso en la obtención de mi carrera profesional, por haber sido mi refugio y fortaleza en los momentos de debilidad y desmotivación que tuve que afrontar en esta etapa, también por darme la oportunidad de adquirir y enriquecer mis conocimientos y experiencias.

A mi casa de estudios, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas a la superación, por haberme proyectado sus conocimientos y por permitirme culminar con éxito mis estudios de nivel superior.

A todos los profesores e investigadores del Programa Docente de la Carrera Ingeniero Forestal, por ser parte en mi formación académica, a través de sus experiencias y conocimientos que nos forjaron durante el transcurso del plan de estudios y que me servirán para afrontar los retos y tomar decisiones en el campo laboral.

A mi asesor principal Dr. Celestino Flores López, por brindarme su confianza, apoyo y tiempo y también por su aportación tan valiosa en la realización de este trabajo y a mis coasesores Dr. Alejandro Zárate Lupercio y el Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla, por su disposición y tiempo en la revisión de este trabajo.

A Oliver Ramírez Morales, Abisai Euan Hernández, Maximiliano Fernández Galindo y Luis Enrique García Jiménez que me apoyaron durante la evaluación en campo, ya que con su apoyo y esmero dicho trabajo se pudo realizar exitosamente.

Y en general a todos mis compañeros y amigos, por haberme brindado su amistad y apoyo incondicional en el transcurso de esta etapa profesional, ya que fue crucial en mí desempeño y formación como persona.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página.
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Los manglares y su importancia	4
2.2 Distribución en México	5
2.3 Descripción taxonómica de las especies	6
2.4 Clasificación de manglares	8
2.5 Estructura de los manglares	10
2.5.1 Estructura horizontal.....	11
2.5.2 Estructura vertical.....	12
2.6 Índices de estructura de los manglares.....	12
2.7 Análisis de Clúster	13
2.8 Estudios o trabajos a fines	14
3 MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Descripción del área de estudio de Soto la Marina, Tamaulipas	17
3.1.1 Localización.....	17
3.2 Descripción del área de estudio de isla de Jaina, Campeche.....	21

3.3	Factores ecológicos de ambas poblaciones	23
3.4	Diseño de muestreo.....	24
3.4.1	Diseño de muestreo para Soto la Marina, Tamaulipas.....	24
3.4.2	Diseño de muestreo para isla de Jaina, Campeche	24
3.5	Variables evaluadas en estructura y composición para ambas poblaciones	25
3.5.1	Estructura horizontal.....	26
3.5.2	Estructura vertical.....	27
3.6	Índices de estructura de poblaciones.....	28
3.6.1	Índice de valor de importancia (IVI)	28
3.6.2	Índice de esbeltez (IE).....	29
3.7	Índice de similitud de Bray-Curtis (Dendrograma de análisis de Clúster)	29
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1	Estructura horizontal e índice de valor de importancia (IVI).....	30
4.1.1	Abundancia por población y por especie.....	30
4.2	Estructura vertical de las poblaciones.....	39
4.3	Índice de similitud de Bray-Curtis (Dendrograma de análisis clúster)	42
5	CONCLUSIONES.....	45
6	RECOMENDACIONES	46
7	LITERATURA CITADA	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro 1. Estudios realizados en México y Colombia	15
Cuadro 2. Coordenadas de las poblaciones donde se realizó la evaluación.	17
Cuadro 3. Coordenadas de la población donde se realizó la evaluación.....	21
Cuadro 4. Factores ecológicos predominantes en ambas poblaciones.	23
Cuadro 5. Distribución de parámetros de estructura horizontal e índice de valor de importancia (modificado de Mendoza-Espinosa, 2012).....	31
Cuadro 6. Distribución vertical de las especies de acuerdo al número de árboles y área basal de las tres poblaciones (modificado de Mendoza-Espinosa, 2012).....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Sitios evaluados 1, 15, 16 y 17 en la población de la desembocadura del Río Soto la Marina.....	18
Figura 2. Sitios evaluados 2, 5, 7, 8, 12 y 13 en la población de la laguna Morales.....	19
Figura 3. Sitios evaluados 3, 4, 9, 10, 11 y 14 en la población de la laguna Morales.....	20
Figura 4. Sitios evaluados del 1 al 36 en la población de la isla de Jaina.....	22
Figura 5. Abundancia (No. Ind ha ⁻¹) por especie representada por categoría diamétrica de las poblaciones evaluadas.	38
Figura 6. Dendrograma de análisis Clúster aplicado por poblaciones Río Soto la Marina (RSM), laguna Morales (LM) y la isla de Jaina (IJ), con respecto a la variable de área basal en m ² ha ⁻¹	43
Figura 7. Dendrograma de análisis Clúster aplicado por especies <i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Conocarpus erectus</i> , con respecto a la variable área basal en m ² ha ⁻¹	44

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la estructura de los manglares de las poblaciones de Soto la Marina, Tamaulipas y la isla de Jaina, Campeche. Esto para comparar los parámetros de las estructuras tanto horizontal como vertical y determinar el índice de valor de importancia. En la población de Río Soto la Marina se evaluó 14 sitios, mientras que en la laguna Morales se evaluaron 21 sitios permanentes y en la isla de Jaina se evaluaron 36 sitios temporales. Para ambas poblaciones el primer sitio fue selectivo y los restantes fueron sistemáticos; el tamaño de los sitios fue de 10m x 10m (100 m²). Los parámetros que se evaluaron fueron el número de individuos por hectárea, área basal en m² ha⁻¹, índice de esbeltez, índice de valor de importancia y densidad de regeneración. Se obtuvo que Río Soto la Marina presentó 6,086 ind ha⁻¹; seguido de laguna Morales con 6,120 ind ha⁻¹; mientras que isla de Jaina presentó un total de 1,864 ind ha⁻¹; en área basal, isla de Jaina fu de 16.55 m² ha⁻¹, Río Soto la marina con 13.15 m² ha⁻¹ y con 13.61 m² ha⁻¹ para laguna Morales. En cuanto al índice de valor de importancia, el más alto fue para *Rhizophora mangle* para las poblaciones de laguna Morales y Río Soto la Marina; mientras que para la Población de isla de Jaina el valor más alto de índice de valor de importancia fue para *Avicennia germinans*. En estructura vertical, la población mejor desarrollada fue isla de Jaina, presentando dominancia y abundancia en los tres estratos. La mayor densidad en regeneración fue para *Avicennia germinans*, en la población de isla de Jaina. En base a los resultados obtenidos, podemos decir que las poblaciones de estudio, presentan diferencias en cuanto a la estructura horizontal y vertical.

Palabras Claves: Manglares, estructura horizontal y vertical, índice de valor de importancia, regeneración.

ABSTRACT

A Study to determine the structure of mangrove populations was conducted in Soto la Marina, Tamaulipas and Jaina island, Campeche. The purpose was to compare the parameters of the horizontal and vertical structures and to determine the importance value index. Fourteen sites were evaluated in Soto la Marina and 21 permanent sites at Morales Lake and Jaina island, 36 temporary sites were evaluated. A selective sampling design was used for the first site and a systematic for the others; the site size was 10 m x 10 m (100 m²). Within the parameters that were evaluated is the number of individuals per hectare, basal area in m² ha⁻¹, the slenderness index, the importance value index and the regeneration density. It was found that the Río Soto la Marina presented 6,086 ind ha⁻¹; Morales lake followed with 6,120 ind ha⁻¹; while Jaina island present a total of 1,864 ind ha⁻¹. In basal area for Jaina island was 16.55 m² ha⁻¹, Río Soto la Marina with 13.15 m² ha⁻¹ and 13.61 m² ha⁻¹ for Morales lake. Regarding the importance value index was highest for *Rhizophora mangle* populations Morales lake and Río Soto la Marina; while for population Jaina island the highest value of importance value index was for *Avicennia germinans*. In vertical structure, the population was better developed island of Jaina, showing dominance and abundance in the three strata. The greatest regeneration density was *Avicennia germinans*, in the population of Jaina island. Based on the result, we can say that the populations studied, have differences in horizontal and vertical structure.

Keywords: Mangrove, horizontal and vertical structure, importance value index, regeneration.

1 INTRODUCCIÓN

Los manglares son agrupaciones de árboles o arbustos que crecen en la zona costera, en las partes bajas de terrenos pantanosos y se caracterizan por su adaptación para vivir en condiciones inundables (Aguilar-May *et al.*, s/f). Este tipo de vegetación provee el sustento alimenticio a numerosas comunidades humanas establecidas en la costa ya que son hábitat de crianza y desove de poblaciones de especies marinas de interés comercial y de subsistencia (SEMARNAT, 2003).

Los manglares son una fuente de madera y de ingreso para las comunidades locales y desempeñan una valiosa función de protección, absorben la energía de las olas impulsadas por las tormentas y del viento; además, regulan la calidad del agua de los estuarios y las costas a través de la sedimentación y la captación de nutrientes (Gazana y Borobia, 2004; Calderón *et al.*, 2009).

En México comúnmente predominan cuatro especies de mangle: el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* L. Gaerth. f.), mangle negro (*Avicennia germinans* L. Stearn.), y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.) (Rzedowski, 2006); además se han registrado *Rizophora harrisonii* Leech y *Avicennia bicolor* Standl. Estas especies se encuentran asociadas, dependiendo de sus requerimientos y resistencia a la salinidad, en un gradiente relacionado al nivel de las mareas. Generalmente hay dominancia de una especie o de una asociación predominante de dos o tres especies, dependiendo del lugar en donde se hayan establecido (CONABIO, 2008; Gómez, 2013).

La superficie de manglar estimada en México para el 2010 fue de 764,486 hectáreas; dicho ecosistema de manglar está presente en 17 estados de la República con litoral. La Región Península de Yucatán contiene el 54.5% (417,025 ha), de la extensión de manglares en México, seguida por la región Pacífico Norte con 23.8% (182,072 ha); las regiones Golfo de México y Pacífico Sur contienen 11.2% (85,526 ha) y 9.5% (73,006 ha), respectivamente; la región Pacífico Centro es la que menor extensión de manglar contiene con un 0.9% (6,857 ha) (CONABIO, 2013).

Campeche encabeza la lista en cuanto a superficie de manglar se refiere (25.8%), seguido por Quintana Roo (16.7%), Yucatán (11.9%), Sinaloa (10.1%) y Nayarit (8.7%). Los estados con menor cobertura, Jalisco (0.3%), Michoacán (0.2%) y Baja California (0.004%). (CONABIO, 2013).

En cuanto a la categoría de riesgo las especies de manglar pasaron de protección especial a amenazadas (SEMARNAT, 2010); esto debido a las actividades humanas que constituyen la principal amenaza para los manglares, tales como: la destrucción del hábitat, contaminación y la sobreexplotación de los recursos, principalmente por la falta de planificación del desarrollo urbano, industrial y turístico, de igual manera, el desarrollo agrícola, ganadero y acuícola, han desplazado y reducido extensiones considerables de manglares. La sobreexplotación de algunas especies, altera substancialmente la composición estructura y función de este ecosistema (CONABIO, 2013; Aguilar-May *et al.*, s/f).

La estructura del bosque de manglar es la base que posibilita la producción de bienes y servicios como la captura de carbono, la protección de las costas de la erosión, el abastecimiento de madera; al mismo tiempo, es el resultado del manejo y de las actividades extractivas desarrolladas por los usuarios y productores a lo largo del tiempo, son indicadores de su estado de desarrollo, de la diversidad de edades, así como, tamaños de sus integrantes. A sí mismo, la composición del bosque en clases diamétricas, permite juzgar sobre la disponibilidad de materias primas para abastecer a la construcción, agricultura, ganadería, industria maderera; la estructura esencial para determinar la distribución de edades de los individuos, la viabilidad de su conservación o la necesidad de regeneración o de conservación de cada especie (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011).

El conocimiento de la composición en especies de manglar (fenología, dinámica y capacidad de regeneración natural de las especies), así como, los factores físicos del ambiente que inciden en la distribución de las especies dentro del bosque y las características individuales que determinan la dominancia específica, son de suma importancia, debido a que nos permite conocer la estructura y dinámica de las especies (Carrillo-Bastos *et al.*, 2008; Tovilla-Hernández *et al.*, 2013).

La comparación de las estructuras permite identificar los factores naturales que modifican el desarrollo de los manglares que además, constituyen un papel determinante para su conservación, a través de un buen manejo. Por tal motivo, es de gran importancia establecer evaluaciones permanentes que engloben los diferentes tipos de manglar y de esta manera entender las estrategias de vida que los bosques de manglar siguen en su recuperación (Carrillo-Bastos *et al.*, 2008).

El presente trabajo se realizó en tres poblaciones, la primera en la desembocadura del Río Soto la Marina, la segunda en laguna Morales que pertenecen al municipio de Soto la Marina, Tamaulipas y la tercera en isla de Jaina, Campeche; éste con el objetivo de comparar las estructuras entre dichas poblaciones (Sánchez *et al.*, 2004).

1.1 Hipótesis

Ho: La estructura de los manglares de Soto la Marina, Tamaulipas es igual a los manglares de isla de Jaina, Campeche.

Ha: La estructura de los manglares de Soto la Marina, Tamaulipas es diferente a los manglares de isla de Jaina, Campeche.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Comparar las estructuras entre los manglares de Soto la Marina, Tamaulipas y la isla de Jaina, Campeche.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la estructura horizontal y vertical de los manglares bajo estudio.
- Comparar los índices de valor de importancia entre ambas poblaciones.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los manglares y su importancia

La palabra manglar se utiliza para nombrar a un ecosistema costero, que se da en los litorales de las zonas tropicales y subtropicales del mundo y está formado por un conjunto de árboles de mangle y un conjunto de especies asociadas; su nombre se deriva de los árboles que los conforman; el vocablo mangle es originalmente guaraní y significa árbol retorcido (Agraz-Hernández *et al.*, 2006; SEMARNAT, 2009).

Los manglares son un tipo de humedal formado por especies arbóreas que mantiene sus hojas verdes durante todo el año; se desarrollan en ambientes salinos y forman una cobertura medianamente densa, con escaso o nulo estrato herbáceo (Travieso, s/f). Son plantas vivíparas, ya que el fruto germina en la planta madre y el embrión madura en el árbol aproximadamente un año, antes de caer al agua; esto gracias a las grandes reservas de tejido con las que cuenta y de las cuales se puede alimentar, el propágulo flota hasta encontrar un sustrato adecuado para su fijación (Calderón *et al.*, 2009).

Es uno de los sistemas más productivos del planeta en términos biológicos, y considerados ecosistemas estratégicos por los numerosos bienes y servicios ambientales que proveen a las comunidades costeras, además de las múltiples funciones que desempeñan al actuar como criaderos para muchas especies de peces, crustáceos y moluscos, son el hábitat para una gran variedad de aves y organismos marinos, protegen la costa contra la erosión, las marejadas, tormentas y huracanes y están estrechamente relacionados con fenómenos oceanográficos, meteorológicos y climáticos (Restrepo y Vivas, 2007).

Estos ecosistemas proveen de alimento, refugio y hábitats de reproducción a crustáceos, aves y peces, entre otras especies; funcionan como barreras contra huracanes y controlan inundaciones, entre muchos otros servicios importantes (Jiménez, 2012).

Algunas características sobre la importancia de los manglares son: los ecosistemas de alta productividad y riqueza biológica, el hábitat de estadíos juveniles de fauna marina, el hábitat de aves migratorias y de colonias de

reproducción, fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como pastos marinos y arrecifes de coral (CONABIO, 2013).

Los manglares juegan un importante papel en la ecología de las costas tropicales y proporcionan muchos bienes y servicios para las poblaciones humanas. Estos Incluyen: protección y estabilización de la línea de costa, criaderos para numerosos recursos pesqueros económicamente importantes, y una variada fuente de productos a las poblaciones humanas costeras en forma de madera, leña y carbón (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1999).

Los manglares proveen servicios ambientales y funciones ecológicas críticas para los recursos terrestres y marinos. Entre estos servicios están la protección de la costa frente a tormentas y tsunamis, la depuración de aguas, la provisión de recursos madereros, la biodiversidad, hábitat para varias especies en peligro de extinción, la provisión de zonas de reproducción y crianza para especies de importancia pesquera. Hasta un 75% de las especies tropicales de importancia pesquera tienen parte de su ciclo de vida en los ecosistemas de manglar. Estos son sitios activos de intercambio de materiales (nutrientes y carbono) con ecosistemas adyacentes, tales como pastos marinos y arrecifes de coral. Los manglares también tienen gran importancia por su estética, lo que los hace valiosos para el ecoturismo (Boone *et al.*, 2013).

2.2 Distribución en México

La ubicación de estos ecosistemas de manglares se limita a la zona intermareal, en las costas tropicales y subtropicales, entre los 25 grados de latitud norte y sur (Travieso, s/f). En América, los manglares se distribuyen en casi todos los países tropicales, en la costa del Atlántico se extienden desde el estado de Florida (Estados Unidos), hasta Brasil; en la costa del Pacífico se encuentran desde el estado de Baja California, en México, hasta Perú. Los países con mayor extensión de manglar en América son Cuba, México, Colombia, Venezuela, Panamá y Ecuador. En México se estima una superficie de manglar de 488, 367 ha, de las cuales 57% (291, 540 ha) se localizan en el litoral del Pacífico y 43% (224, 035 ha) en el Golfo de México (Herrera y Ceballos, 1998).

Los bosques de manglar en México se encuentran representados en las vertientes del Pacífico y del Golfo de México cubriendo un total de 764,486 hectáreas de mangle (CONABIO, 2013). Distribuidos en 17 estados de la república mexicana con litoral. La Región Península de Yucatán contiene el 54.5% (417,025 ha) de la extensión de manglares en México, seguida por la región Pacífico Norte con 23.8% (182,072 ha). Las regiones Golfo de México y Pacífico Sur contienen 11.2% (85,526 ha) y 9.5% (73,006 ha), respectivamente. A nivel estatal Campeche se considera como el estado con mayor extensión de mangle en el país 197,620 hectáreas (25.8%) seguido por Quintana Roo (16.7%), Yucatán (11.9%), Sinaloa (10.1%) y Nayarit (8.7%) (CONABIO, 2013). Y los estados con menor cobertura son Michoacán (0.2%), Jalisco (0.3%) y Baja California (0.004%). (CONABIO, 2013).

En los manglares de México es posible encontrar extensos bosques de una sola especie o mixtos; dentro de la mayoría de los bosques de manglar mixtos hay una sucesión entre las tres especies de mangle más abundantes. Vistas desde el agua la primera que aparece es el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.), que crece en los bordes del manglar, seguida del mangle blanco (*Laguncularia racemosa* L.) y el mangle negro (*Avicennia germinans* L.), que ocupa las planicies lodosas inundables. La zonación puede darse a causa de la dispersión de los propágulos, de la respuesta de las especies a la salinidad e inundación, y de las interacciones de competencia por espacio que se da entre las especies (Calderón *et al.*, 2009).

El 53.7% de la superficie de manglar se encuentra dentro de Áreas Naturales Protegidas federales y estatales; los estados con manglares con baja protección a nivel federal o estatal son Colima y Guerrero (SEMARNAT, 2006; citado por Flores-Mejía *et al.*, 2010).

2.3 Descripción taxonómica de las especies

Las características fisonómicas más notables en esta comunidad es el tipo de adaptación que presentan como; las raíces zancudas, los neumatóforos que tienen funciones de fijación en el terreno lodoso y de captación de oxígeno directamente del aire (ambas a través de las lenticelas). Otra característica

importante en las especies de manglar, es que son vivíparos, esto es, que los embriones de las semillas germinan y se desarrollan cuando el fruto está aún adherido al árbol, lo que le puede garantizar un rápido establecimiento. Así mismo, algunas de las especies presentan mecanismos de excreción, exclusión, acumulación o ultrafiltración en hojas y raíces, lo que les permite desarrollarse y reproducirse bajo las condiciones salobres, salinas o incluso hipérsalinas (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

En México comúnmente predominan cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle* (L.), *Laguncularia racemosa* (L.), *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.). Además se han registrado *Rhizophora harrisonii* Leechm. y *Avicennia bicolor* Standl en las costas de Chiapas (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Es común encontrarlas asociadas, dependiendo de sus requerimientos y resistencia a la salinidad, en un gradiente relacionado al nivel de las mareas. Generalmente hay dominancia de una especie o de una asociación predominante de dos o tres especies, dependiendo del lugar en donde se hayan establecido (CONABIO, 2008; Gómez, 2013).

Las especies de mangles que están distribuidas en México, son las siguientes: según (Herrera y Ceballos, 1998).

Avicennia bicolor Standl. (Avicenniaceae). Son arbustos o árboles hasta de 13 m de alto, tronco de 30 cm de diámetro; ramas juveniles glabras; hojas de peciolos gruesos de 4-15 mm de largo; inflorescencias espigadas, las flores son opuestas, sésiles, cada par a 5-8 mm de distancia del siguiente par, ovaladas.

Avicennia germinans L. (Avicenniaceae). Es un árbol de 15 hasta 20 m de altura, con un tronco derecho de hasta 1 m de diámetro, ramas ascendentes y copa redondeada; corteza gris negruzca, ligeramente escamosa; hojas simples elípticas de color verde oscuras en el haz y verde grisáceo en el envés; flores blancas y sedosas. Los frutos son capsulas ovoides bivalvadas, pardo verdosas, de 2 por 15 cm, que contienen una semilla ovoide que puede germinar dentro del fruto, antes de desprenderse de este, florecen todo el año.

Conocarpus erectus L. (Combretaceae). Es un arbusto o árbol de hasta 20 m de altura, de tronco derecho y ramas verdes-amarillentas angulosas a aladas, la

copa redondeada y densa; corteza pardo oscura fisurada; hojas simples dispuestas en espiral, con láminas de 3 a 10 cm de largo de forma elíptica y de color verde claro brillante; flores verde-amarillentas, florece durante todo el año.

Laguncularia racemosa L. (Combretaceae). Es un árbol o arbusto hasta de 20 m, con tronco recto y ramas ascendentes; corteza gris parda fisurada, rosada en el interior; hojas ovaladas, verde-amarillentas brillantes en el haz; las flores, de 4 mm, blancas con 5 pétalos y 10 estambres, se presentan formando espigas; los frutos de color verde pardusco. La especie florece de febrero a mayo.

Rhizophora harrisonii Leechm. (Rhizophoraceae). En general la forma y hábito de la planta son muy similares a los de *R. mangle*, encontrándose árboles de 25 m de altura; en lo que si difiere muy claramente, es en el número de flores por inflorescencia, ya que *R. mangle* presenta de 1 a 4, mientras que *R. harrisonii* un número mayor que cuatro.

Rhizophora mangle L. (Rhizophoraceae). Es un árbol o arbusto de hasta 25 m de altura de copa redondeada; tronco derecho con abundantes raíces zancudas, perennes; corteza gris clara o blanquecina, lisa o fisurada, roja en su interior, hojas simples, coriáceas y perennes, aglomeradas en la punta de las ramas jóvenes, verde oscuras en el haz y más clara en el envés, donde presentan puntos negros; flores de 2.5 cm de diámetro, cáliz amarillo-verdoso y pétalos lanceolados, blancos, más moreno en la punta, con 8 estambres. Los frutos contienen una sola semilla y florece todo el año.

2.4 Clasificación de manglares

La distribución, composición y fisonomía de las comunidades de manglar están influidas por los cambios latitudinales en la temperatura y la precipitación, pero localmente dependen de la geomorfología, el sustrato, la salinidad, la inundación y el relieve (López, 2002).

Los manglares presentan una gran variedad de estructuras, que son resultado de la topografía, el sustrato, la latitud y la hidrología. Los manglares han sido clasificados en cuatro grupos según su estructura: Manglares de franja, manglares ribereños, manglares de cuenca y manglares chaparros. Un manglar

puede estar formado por arbustos de menos de 1 m de altura (manglar chaparro) o por arboles de decenas de metros de altura (Boone *et al.*, 2013).

Dentro de los tipos de manglares que existen en México están: el marginal, ribereño, cuenca y peten; basándose en sus características estructurales (Agraz-Hernández, 2006).

Manglar de franja: Este tipo de manglares se localiza principalmente en la línea de costa, particularmente en lagunas costeras. En el caso de Celestún, este tipo de manglar recibe la influencia de la marea, por lo que se inundan y secan casi diariamente. Están directamente expuestos a los vientos, y la especie dominante es el *Rhizophora mangle*.

Manglar de cuenca: Estos se localizan detrás del manglar de franja hacia tierra adentro en zonas bajas (depressiones topográficas). La influencia de la marea es menor comparado con los de tipo de franja. En cuanto a la especie dominante esta depende de la salinidad y concentración de nutrientes, pueden ser bosques mono específicos o mezclados de *Avicennia germinans* (zona marina de Celestún y Sisal) si el sitio registra salinidades altas (>40 UPS), y de *Laguncularia racemosa* (zona interna de Celestún y Dzemul) si la salinidad es relativamente baja (<30 UPS).

Manglar chaparro: Estos son manglares localizados en el escenario húmedo. Su altura promedio es entre 1.5 y 2.5 m y, se encuentran en condiciones con limitación de nutrientes en el sedimento y alta salinidad (Celestún). La especie dominante que aquí se presenta es *Rhizophora mangle*.

Manglar de peten: Estos son manglares que están asociados a islas de vegetación inundable, adquieren alturas promedios alrededor de los 15 m, debido a las elevadas concentraciones de nutrientes, baja salinidad y suelos con una gruesa capa de materia orgánica. *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* son las especies dominantes. Este tipo de manglar es particularmente frecuente en Celestún y El Palmar.

2.5 Estructura de los manglares

La estructura del estrato arbóreo de los ecosistemas forestales, objeto de este trabajo, se refiere al ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre *et al.*, 2003).

La cuantificación de los aspectos relacionados a la estructura de los rodales es importante para entender el funcionamiento y comportamiento del ecosistema (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008). La estructura de la masa forestal es un indicador de la composición y del funcionamiento del ecosistema, por lo que su estudio nos proporciona información sobre los diferentes procesos que tiene lugar en cada etapa del ciclo de desarrollo de la masa forestal y sobre el hábitat de las diferentes especies. Los aspectos más relevantes del estudio de la estructura de las masas forestales son la distribución del arbolado; la composición de las especies y la diferenciación en diámetro, altura y tamaño de copa, así como de los diferentes estratos verticales (Del Río *et al.*, 2003).

La estructura de las formaciones vegetales, también se encuentra relacionada con las condiciones del ambiente, principalmente con los ciclos de inundación por mareas o crecientes de los cauces, en este sentido se observó que hacia las zonas de litoral con influencia directa de las mareas, dominó la especie *R. mangle*, que se puede anclar a suelos inestables por medio de sus raíces zanconas; después de ésta primera franja se encuentran *A. germinans* con *L. racemosa*, en suelos más estables. Hacia los sectores de la playa, lejos del embate directo de las olas se encuentra *Conocarpus erecta* y *Pelliciera rhizophorae* que se establecen en sectores aledaños a canales de agua salobres (Cortés, 2010).

Las especies de mangles tienen la capacidad reproductiva alta, pueden regenerarse de manera natural, dependiendo del establecimiento de los propágulos, del efecto de las mareas que los distribuye dentro del manglar o fuera de éste y que se encuentren en condiciones favorables de luz, niveles de salinidad tolerante y suelos poco compactos (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011).

Los factores ambientales como la salinidad del suelo, descargas de agua subterránea, lluvias, tormentas y la variabilidad de estos con respecto al patrón

climático de la región, son de importancia en la estructura de la vegetación; por lo tanto las estrategias de manejo deben considerar su estructura y su funcionamiento natural, así como la variedad espacial y temporal del ecosistema de manglar y su vulnerabilidad a cambios en la hidrología y clima (Zaldívar *et al.*, 2004).

Los manglares difieren de los bosques terrestres en su composición y estructura; debido a las diferencias muy evidentes como la presencia de raíces aéreas y neumatóforos. Además, los manglares por lo general carecen de sotobosque y de capa de hojarasca en el suelo (los cangrejos son altamente eficientes en consumirla). Debido a las grandes diferencias entre los manglares y otros bosques terrestres, las metodologías para cuantificar su composición, estructura y reservas de carbono son diferentes (Boone *et al.*, 2013).

Debido a los servicios ambientales que proveen y a las amenazas que sufren, es necesario identificar la composición y estructura de los manglares para poder monitorear su estado y sus posibles tendencias al cambio (Boone *et al.*, 2013).

2.5.1 Estructura horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles; dicho arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase diamétrica (Valerio y Salas, 1998).

La estructura horizontal se evalúa a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema. En el caso del índice de valor de importancia (IVI), el índice más conocido, se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Con éste índice es posible comparar, el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema (Restrepo y Vivas, 2007).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficies del bosque; esta estructura puede

evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especie, mismo que su importancia dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (IVI) (Alvis, 2009).

2.5.2 Estructura vertical

La estructura vertical del bosque está determinada por la distribución de los organismos, a lo alto de su perfil; además responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones micro ambientales presentes en las diferentes alturas o estratos (Louman *et al.*, 2001).

La altura es un indicador del desarrollo de la estructura de un rodal (Corella *et al.*, 2004). Su composición, estructura y funcionamiento están determinados por la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y humanos que actúan a diferentes escalas espaciales y temporales (Travieso, s/f).

El método más utilizado para representar la estructura vertical de un bosque es mediante la elaboración de perfiles idealizados, en los cuales se puede apreciar la dinámica del bosque. Los perfiles idealizados o temáticos son utilizados para representar en términos generales la estructura de la vegetación, como en el caso de las asociaciones y comunidades, en las cuales se requiere observar las relaciones entre las especies, los individuos y el paisaje sobre el cual se desarrollan (Rangel *et al.*, 1997).

2.6 Índices de estructura de los manglares

Los índices de diversidad y estructura forestal hoy en día se han convertido en una herramienta de comparación de alternativas y toma de decisiones en el manejo forestal (López, 2013). La estructura forestal es un buen indicador de la biodiversidad del sistema, por lo que su adecuado conocimiento es indispensable para garantizar una gestión sostenible, por tal motivo el estudio de la diversidad estructural de un bosque se puede abordar desde un punto de vista estático y dinámico, a través de los índices de estructura, los cuales toman en cuenta la

distribución espacial, la diversidad, la mezcla de especies y su diferenciación (Del Río *et al.*, 2003).

Índice de complejidad (IC): Los índices de complejidad han sido propuestos para evaluar cuantitativamente el grado de complejidad estructural de la vegetación entre dos áreas diferentes, o bien entre dos rodales de un mismo bosque; se utiliza normalmente en los estudios estructurales, comparativos o descriptivos de los manglares (Holdridge *et al.*, 1971 citado por Espinosa, 1992).

Índice de valor de importancia (IVI): Es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad, el valor máximo es 300%, mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies (USAID, 2006); también permite comparar el peso ecológico de las especies dentro de la comunidad vegetal (Alvis, 2009). Con el índice de valor de importancia se mide de forma comprensiva el aporte de frecuencia, densidad y dominancia relativa de las especies leñosas, como una forma de ilustrar la composición de la flora leñosa. Está compuesto por la suma de la abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa e indica la importancia estructural de una especie en particular respecto a la comunidad florística muestreada (Ruíz y Fandiño, 2009).

Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA): Analiza solo la estructura horizontal y no refleja la heterogeneidad e irregularidad que puede existir entre los estratos, para complementar los análisis de la estructura horizontal y vertical, se cuantifica para cada especie un nuevo índice (IVIA) que reúne los parámetros descriptivos de la estructura horizontal, vertical y de la regeneración natural (Acosta *et al.*, 2006).

2.7 Análisis de Clúster

El análisis de conglomerados es la denominación de un grupo de técnicas multivariantes cuyo principal propósito es agrupar individuos u objetos basándose en las características o descripciones que poseen (Prieto-Guerra, 2006).

El análisis de clúster es el método que se utiliza para establecer grupos de individuos, unificando dentro de un mismo grupo a aquellos elementos que tengan

características similares. En los métodos de clasificación juega un rol importante el índice de similitud o distancia utilizada pues de ello depende en gran medida que los resultados finales tengan la mayor confiabilidad posible (Chavez-Esponda *et al.*, 2010).

2.8 Estudios o trabajos a fines

La comprensión de los estudios sobre las estructuras de los manglares es para transmitir el conocimiento con el fin de fortalecer los mecanismos de conservación y/o restauración (Manrow-Villalobos y Vilchez-Alvarado, 2012). Es importante señalar que los estudios sobre estructura y caracterización del paisaje de manglar frecuentemente suelen ser difíciles de comparar con otros estudios, por razones de divergencia en los métodos empleados y áreas evaluadas, además de las condiciones altamente variables de un manglar a otro, incluso en el mismo sistema (Moreno, 2013).

Cuadro 1. Estudios realizados en México y Colombia

Tema	Resultados	Fuente
Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe Colombiano	Se estudió de la supervivencia de plántulas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . Se encontró supervivencia de plántulas sólo de <i>R. mangle</i> . En cuanto a los parámetros evaluados <i>Avicennia germinans</i> , fue la especie que mostró mayor crecimiento relativo (5.7 % de incremento diamétrico anual).	(Lema y Polanía, 2007).
Características estructurales y usos del manglar en el Ejido Cerro de Tumilco, Tuxpan, Veracruz, México	El estudio consistió en la realización de 20 cuadrantes de 50 x 2 m. Se determinó la presencia de las especies, <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> ; la especie <i>A. germinans</i> , es quien obtuvo la altura mayor promedio con 12.07 m, así como el diámetro a la altura de pecho con 28.52 cm. De igual forma se describe el valor de importancia, mismo que recayó en la especie <i>A. germinans</i> , con 116.9. Por último se presentan los usos locales que se obtienen de este ecosistema, siendo los principales: leña (24 %), cercado de terrenos (23 %) y como materia primara para artes de pesca (23 %).	(Basáñez -Muñoz et al., 2006).

Estructura forestal de un bosque de manglar en el noreste del estado de Tabasco, México

Se realizó una caracterización de cuatro rodales de manglares, la especie más importante fue *Rhizophora mangle*, la cual mostró valores más altos de densidad, mortalidad e incorporación de árboles mayores a 2.5 cm de DAP; *Laguncularia racemosa* presentó los mayores incrementos promedio en diámetro y altura, mientras que *Avicennia germinans* los mayores en área basal ($m^2 ha^{-1}$). (Corella *et al.*, 2004).

Estructura y productividad de los manglares en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México

Este estudio reportó que la estructura de la comunidad del manglar que bordea la parte continental de laguna Celestún fue dominada por *R. mangle* con un índice de valor de importancia (IVI) de 52%, seguido por *A. germinans* con 26% y por último con el 22% restante, *L. racemosa*. Por otra parte, el patrón anual de producción de hojarasca se reportó, el mayor componente de hojarasca ya que fueron las hojas con aporte de entre 70 a 84% del total; el complemento de la hojarasca: tallos, misceláneo y estructuras reproductivas aportaron entre 16 y 30%. En el periodo comprendido entre los meses de julio y diciembre se registró la mayor producción de estructuras reproductivas. (Zaldívar-Jiménez *et al.*, 2004).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio de Soto la Marina, Tamaulipas

3.1.1 Localización

La primera evaluación se realizó en junio de 2012 en el municipio de Soto la Marina, Tamaulipas. En esta evaluación se evaluaron dos poblaciones, una en la desembocadura del Río Soto la Marina y la otra en la laguna Morales. Estableciendo un total de 17 sitios permanentes durante esa evaluación; cabe señalar que, para tener un tamaño de muestra más grande y significativo, se agregaron 18 sitios evaluados anteriormente por Mendoza-Espinosa (2009), para referencia la ubicación de ambas poblaciones se encuentran señaladas en el (Cuadro 2).

En lo que respecta a esta evaluación, en la población de la desembocadura del Río Soto la Marina se evaluaron 3 sitios permanentes (Figura 1), mientras que en laguna Morales se establecieron 14 sitios permanentes (Figura 2,3), esto para tener mayor información y un tamaño de muestra considerable.

Cuadro 2. Coordenadas de las poblaciones donde se realizó la evaluación.

Población	Altitud (msnm) ¹	Latitud Norte	Longitud Oeste
Desembocadura Río Soto la Marina	-1	23° 46' 24.2''	97° 46' 47.7''
Laguna Morales	-3	23° 44' 40.6''	97° 45' 34.4''

¹(msnm = metros sobre el nivel del mar).

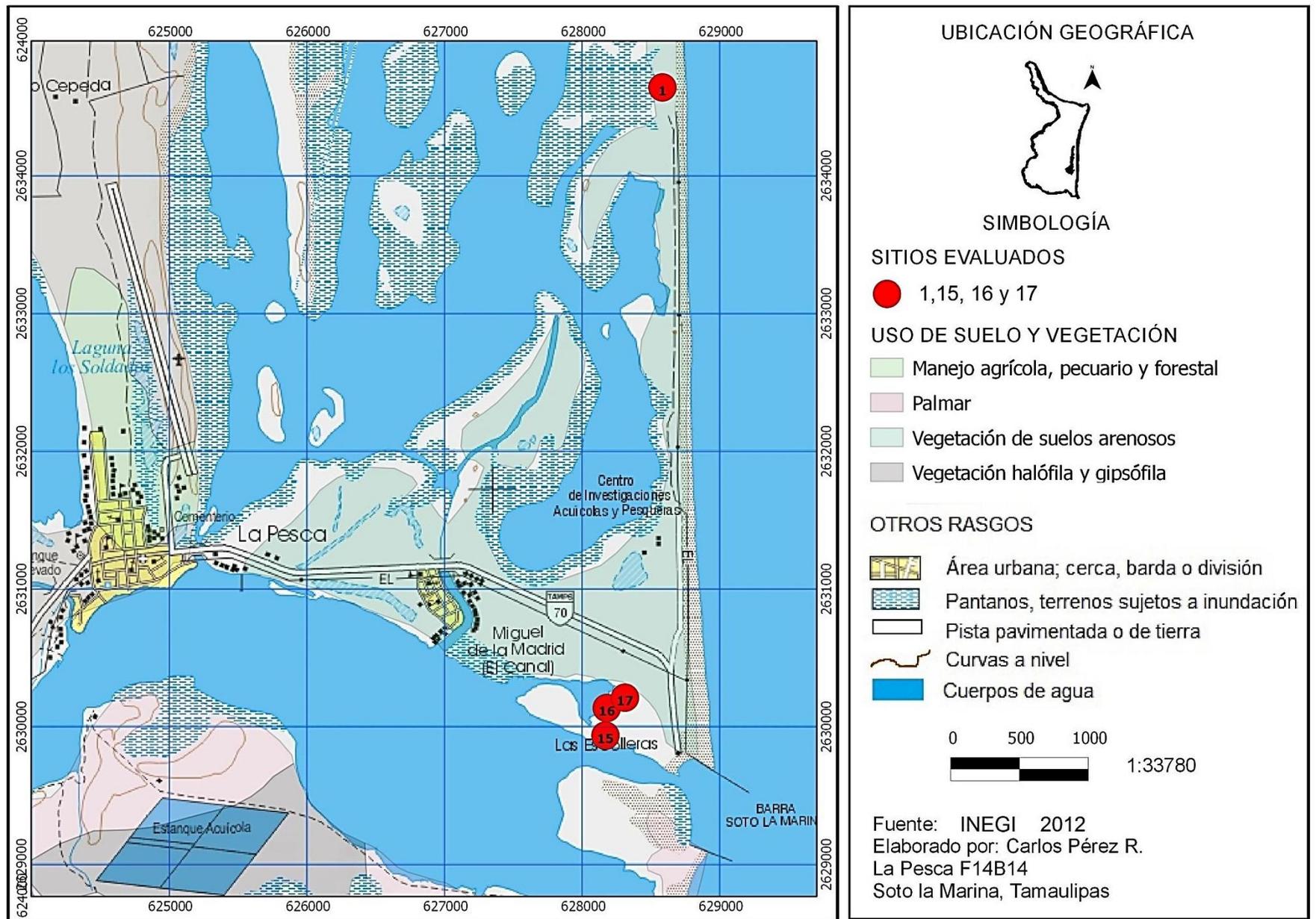


Figura 1. Sitios evaluados 1, 15, 16 y 17 en la población de la desembocadura del Río Soto la Marina.

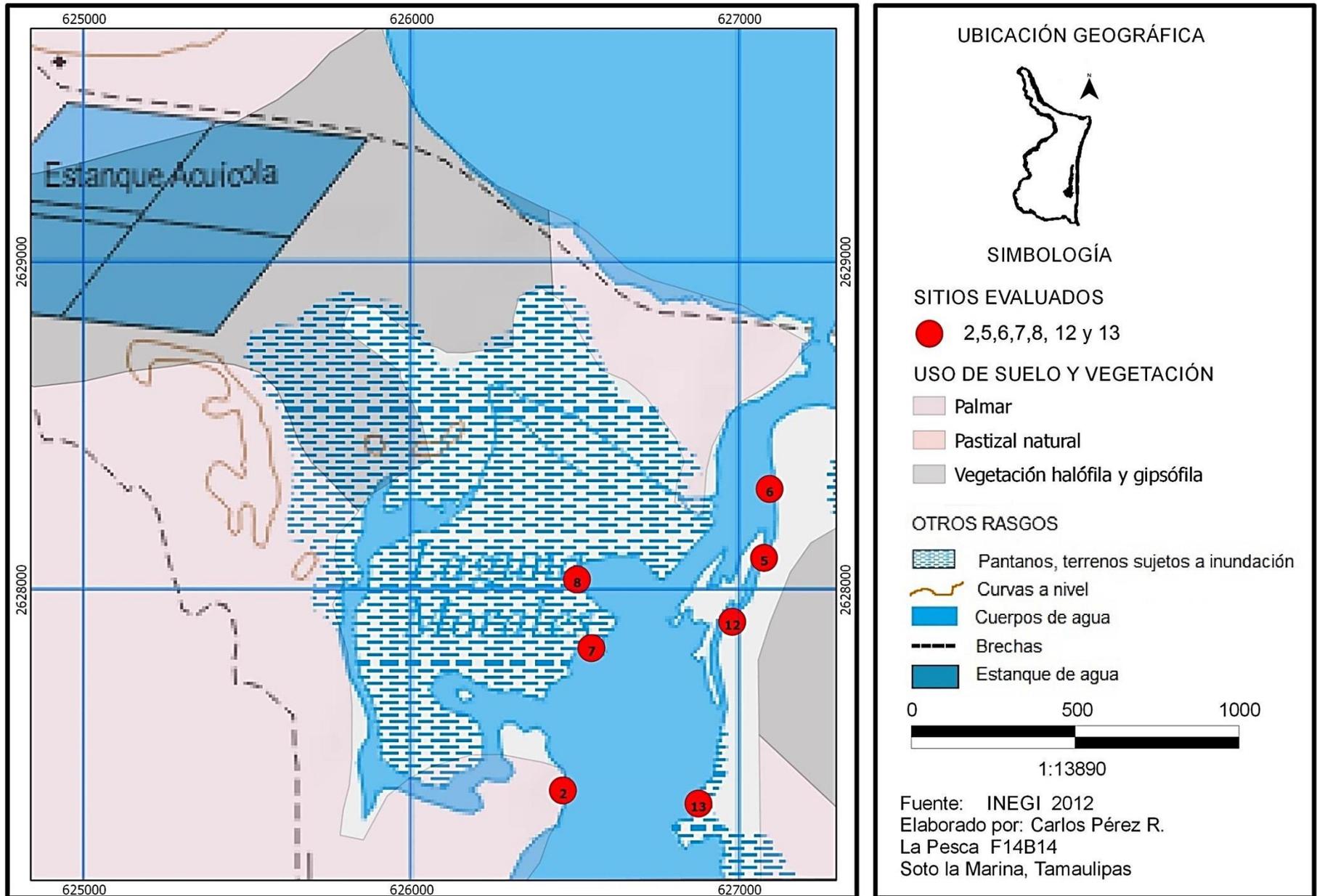


Figura 2. Sitios evaluados 2, 5, 7, 8, 12 y 13 en la población de la laguna Morales.

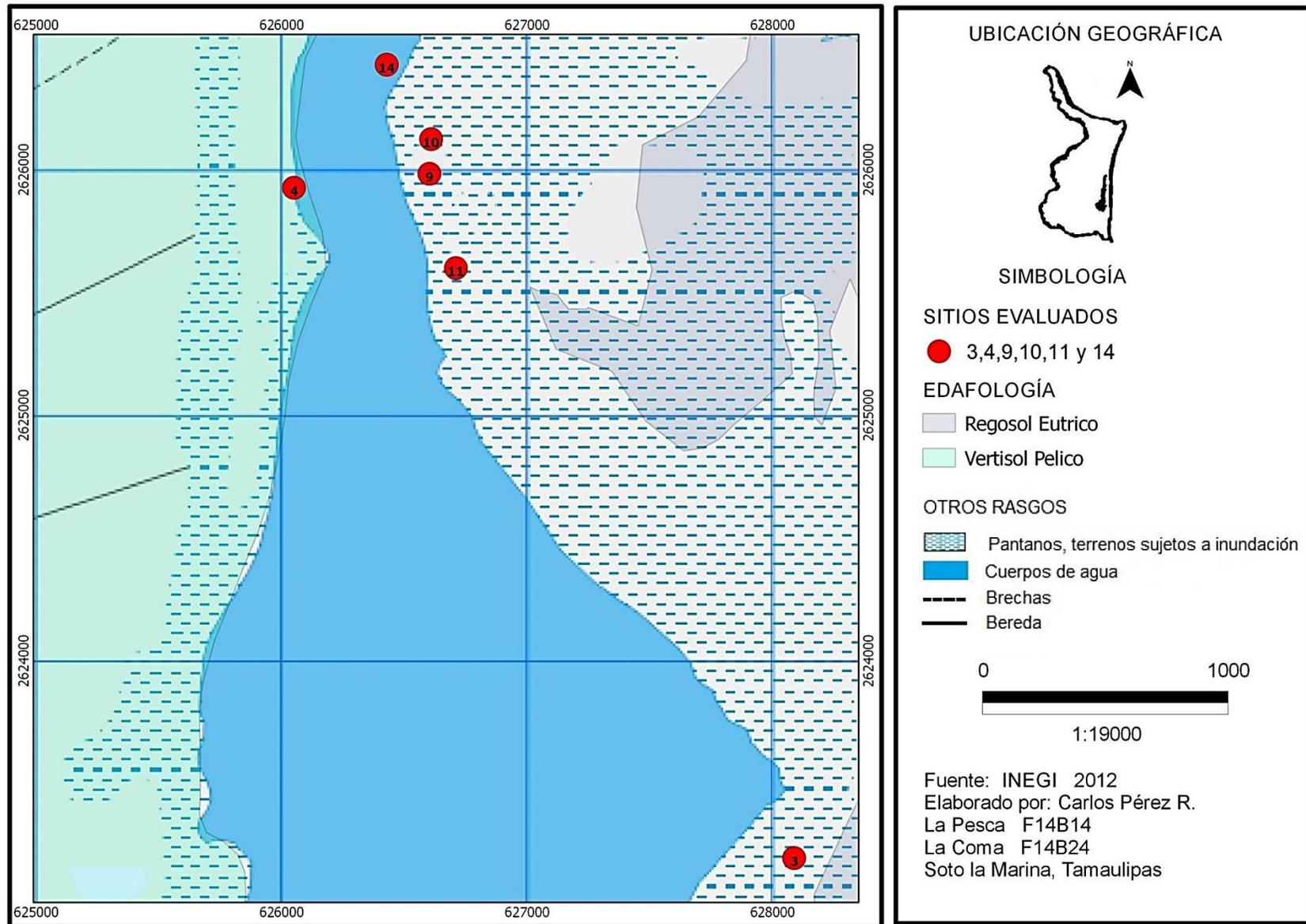


Figura 3. Sitios evaluados 3, 4, 9, 10, 11 y 14 en la población de la laguna Morales.

3.2 Descripción del área de estudio de isla de Jaina, Campeche

Isla de Jaina se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, que es una larga y estrecha franja costera, con porciones terrestres, así como, marinas, localizada en la zona costera norte del Estado de Campeche (Cuadro 3). Ocupa una extensión de 282,857.6 ha. Dentro de los límites, al norte colinda con la Reserva de la Biosfera Ría Celestún y el Golfo de México, al oeste, con el Golfo de México; al este colinda con las cabeceras municipales de Tenabo, Hecelchakán y Calkiní, y al sur con la ciudad de San Francisco de Campeche. La Reserva se extiende por el extremo oeste de los municipios costeros de Calkiní, Hecelchakán, Tenabo y una pequeña porción del municipio de Campeche (CONANP, 2006).

La segunda evaluación se realizó en el mes de Julio-Agosto de 2014 en la isla de Jaina, municipio de Hecelchakán, Campeche; el cual se localiza en la parte costera norte de la Reserva de la Biosfera Los Petenes (CONANP, 2006). En dicha evaluación se midieron un total de 36 sitios temporales (Figura 4), distribuidas en la parte del borde de la isla y en la parte de enfrente o lo que forma parte de la península.

Realizar un estudio en la península de Yucatán es de mucha importancia, ya que significa tener un avance en cuanto al acervo bibliográfico, es por eso que se pretendió hacer un estudio sobre la estructura de este tipo de vegetación y de esta manera tener un punto de referencia, de cuál es la dinámica de crecimiento de las estructura de los mangares en comparación con los manglares del golfo de México y del Pacífico.

Cuadro 3. Coordenadas de la población donde se realizó la evaluación.

Población	Altitud (msnm) ¹	Latitud Norte	Longitud Oeste
Isla de Jaina	1	20° 12' 30.42''	90° 29' 10.23''

¹(msnm = metros sobre el nivel del mar).

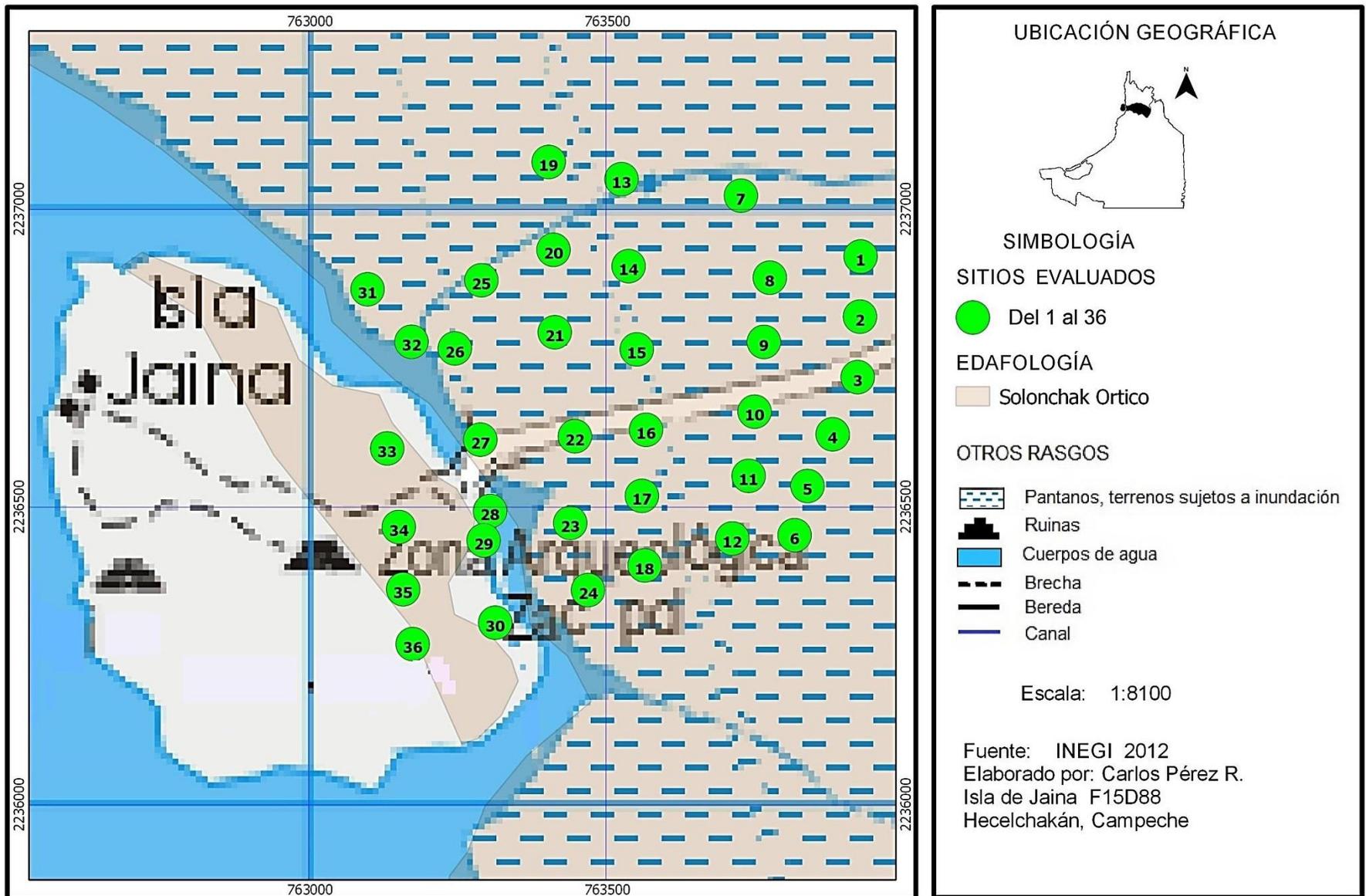


Figura 4. Sitios evaluados del 1 al 36 en la población de la isla de Jaina.

3.3 Factores ecológicos de ambas poblaciones

Los factores bióticos y abióticos en ambas poblaciones son contrastantes (Cuadro 4), debido a las diferencias en las características de cada factor que predominan en cada población.

Cuadro 4. Factores ecológicos predominantes en ambas poblaciones.

Factores Ecológicos	Soto la Marina, Tamaulipas	Isla de Jaina, Campeche
Clima	Según la clasificación de Köppen modificado por García (A) C (wo) Semicálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 18°C.	El clima predominante en la zona centro-sur, es Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano), y BS'h'w (semiseco y seco cálido) en su extremo norte.
Suelo	El tipo de suelo predominante en el área es Litosol, seguido de Vertisol Crómico y Rendzina.	El tipo de suelo predominante en el área es Solonchak Órtico.
Hidrología	El río Soto la Marina, desemboca en el Golfo de México formando lagunas como: La laguna Madre, la laguna de Morales y la del Almagre.	Conformado por cenotes por el flujo hidrológico. El manto freático se vuelve cada vez más superficial, aflorando en forma de ojos de agua o manantiales.
Vegetación Asociada	Destacan el manejo agrícola, pecuario y forestal seguido de vegetación de palmar, de suelos arenosos y vegetación halófila y gipsófila.	Se distinguen los Petenes, asociaciones de popal, carrizal, tular, chechén, palo de tiente, chicozapote, chaca, anona y sabal.

Fuente: CONANP (2006) y base de metadatos digital de INEGI (2012).

3.4 Diseño de muestreo

3.4.1 Diseño de muestreo para Soto la Marina, Tamaulipas

Primero se hizo un recorrido en campo para ubicar los sitios a evaluar, el método empleado para realizar la evaluación fue de un diseño de muestreo selectivo, el cual consistió en ubicar los sitios con las características más definidas, el tamaño de los sitios fueron de 10m x 10m (100 m²), el cual se midió con una cinta métrica de 30 m (Espinosa, 1992).

Debido a la alta densidad que presentan los manglares para tener una mayor visibilidad dentro del perímetro del sitio, se procedió a colocar una estaca en las cuatro esquinas y de esta manera hacer la evaluación de los parámetros (Especie, Diámetro de la base, Diámetro normal a 1.30 m, Altura, Grosor de corteza, Diámetro de copa y la Regeneración a diferentes alturas). En cada uno de los sitios se evaluó la regeneración natural tomando en cuenta el diámetro normal que sea menor a 2.5 m ya que es cuando no se considera como árbol y separándolos por categorías de altura. Esto se realizó contando los individuos que hay en un m² y multiplicándolo por la superficie en m² que hay en una hectárea, debido a que son sitios permanentes, se tuvieron que enumerar y pintar los árboles para no volver a muestrearlos en evaluaciones posteriores.

3.4.2 Diseño de muestreo para isla de Jaina, Campeche

Se realizó un diseño de muestreo sistemático, iniciando con el primer sitio aleatoriamente, este método consistió en ubicar los sitios en un patrón regular en toda la zona de estudio a través de una rejilla rectangular; se realizó a partir de un punto determinado aleatoriamente, a partir de ahí de manera sistemática, el cual se estableció a una distancia de 100 m de distancia de un sitio a otro (Espinosa, 1992). Y se definió un total de 36 sitios temporales. Con la ayuda de una brújula y un receptor GPS se procedió a diseñar la cuadrícula en la evaluación en campo. El tamaño de los sitios fue de 10 m x 10 m (100 m²), mediante el uso de una cinta métrica de 30 m. De igual manera se procedió a colocar estacas en las cuatro esquinas de los sitios para posteriormente hacer la evaluación. De igual manera en cada uno de los sitios se evaluó la regeneración natural tomando en cuenta el

diámetro normal que sea menor a 2.5 m ya que es cuando no se considera como árbol y separándolos por categorías de altura. Esto se realizó contando los individuos que hay en un m^2 y multiplicándolo por la superficie en m^2 que hay en una hectárea. Cabe mencionar que los sitios que se establecieron fueron temporales ya que no se recurrió a ninguna forma de marcarlos o enumerarlos, a diferencia que en las poblaciones de Soto la Marina, Tamaulipas.

3.5 Variables evaluadas en estructura y composición para ambas poblaciones

Para esto se diseñaron formatos de campo que incluían: fecha, número de sitio, coordenadas geográficas, altitud (msnm) y variables a evaluar respectivamente. En cuanto a las variables que se evaluaron para ambas poblaciones fueron las siguientes: especie, diámetro a la base, diámetro normal, altura, grosor de corteza, diámetro de copa y regeneración.

Una vez delimitado el sitio de $100 m^2$, se procedió a identificar las especies y anotándolo en nuestro formato de campo, para dicha medición se realizó en base al sentido de las manecillas del reloj, para evitar confusiones y contratiempos.

La primera variable a medir fue el diámetro de la base (DB) en cm, en este caso para *Rhizophora mangle*, no se tomó diámetro a la base debido a las raíces aéreas que presenta, por consiguiente se le tomó el diámetro después de la última raíz adventicia el cual fue representado como diámetro normal; mientras que para *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa* se les midió normalmente, esto con una cinta diamétrica. La variable altura fue tomada con una Pistola Haga a una distancia horizontal de 15 m y observando el ápice del árbol. En el caso de la corteza, fue medido con un medidor de grosor de corteza esto a 1.30 para todas las especies de mangle, respectivamente el diámetro de copa se realizó con un flexómetro tomando dos medidas de la copa y se llegó a un promedio. La regeneración se determinó a partir del número de individuos menores a 2.5 cm de diámetro normal y separándolos por categorías de altura, esto en un formato diferente.

3.5.1 Estructura horizontal

La estructura horizontal de las masas forestales, es un indicador de la composición y del funcionamiento del ecosistema, por lo que su estudio nos proporciona información sobre los diferentes procesos que tiene lugar en cada etapa del ciclo de desarrollo de la masa forestal sobre el hábitat de las diferentes especies (Del Río *et al.*, 2003). Para esta variable se determinó mediante la abundancia expresada en número de árboles por hectárea, para esto se considera; el número de individuos por especie y respectivamente el área basal en ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) (Partida, 2007). Para ello se empleó la siguiente fórmula.

$$n = \frac{x (10000)}{z}$$

Dónde:

n = Número de árboles

x = Número de árboles ubicados en el sitio

z = Superficie del sitio (100 m^2)

10 000 = Constante que representa una hectárea

En cuanto a la dominancia (AB/ha), se estimó para poder evaluar la cobertura en m^2 de cada especie, este parámetro aunado a la densidad y altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar (Mostacedo y Fredericksen, 2000). A través de la siguiente fórmula.

$$AB = \frac{\pi}{4 (DAP)^2}$$

Dónde:

AB = Área basal en metros cuadrados

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)

$\pi = 3.1416$

3.5.2 Estructura vertical

La estructura vertical del bosque está determinada por la distribución de los organismos, a lo alto de su perfil; basado principalmente en la estimación de la altura total promedio del bosque (Manrow-Villalobos y Vílchez-Alvarado, 2012). En esta evaluación, debido a que no se tomaron todas las alturas correspondientes de los individuos, por lo tanto para las poblaciones de Soto la Marina, se utilizó un modelo de regresión de diámetro-altura, para poder estimar las alturas faltantes de los demás individuos (Barrio-Anta *et al.*, 2004) tomando como referencia la altura tomada de los demás individuos, el análisis de datos se hizo a través del modelo Power modificado con el programa Curve Expert versión 1.4.

$$h = ab^x$$

Dónde:

h = Altura promedio

a,b = Parámetros del modelo

x = Diámetro en metros

Para realizar la estratificación se utilizó el procedimiento utilizado por (Aguirre-Calderón *et al.*, 2003), para lo cual se consideró un altura máxima de las tres poblaciones, el estrato I (superior) correspondió de 81 a 100% de la altura máxima de la población base; el estrato II (medio) de entre 51 a 80% de la altura máxima y el estrato III (bajo) de 0 a 50% de la máxima altura encontrada, agregando para cada estrato los valores de abundancia (ind ha^{-1}) y dominancia (AB ha^{-1}); para este caso se utilizó el programa Microsoft Excel versión 2010.

Para la estratificación de un área de manglar se puede recurrir a métodos como las fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas de vegetación, suelos, y topografía, así como la experiencia en campo son herramientas útiles para definir tales subdivisiones. Asimismo, se recomienda establecer los puntos de muestreo de forma tal que se incluya un gradiente desde la costa hasta los límites terrestres (Boone *et al.*, 2013).

3.6 Índices de estructura de poblaciones

3.6.1 Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI), es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad; de igual manera es un parámetro que resulta de la suma de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia de cada especie (Acosta *et al.*, 2006; Lozada, 2010). Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$IVI = Ar \% + Dr \% + Fr \%$$

Dónde:

IVI = Índice de valor de importancia

Ar % = Abundancia relativa

Dr % = Dominancia relativa

Fr % = Frecuencia relativa

Para obtener la abundancia relativa se empleó la siguiente ecuación.

$$Ar = \frac{\text{Abundancia por especie}}{\text{Abundancia de todas la especies}} (100)$$

Para obtener la dominancia relativa se empleó la siguiente fórmula.

$$Dr = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} (100)$$

Para obtener la frecuencia relativa se empleó la siguiente ecuación.

$$Fr = \frac{\text{Unidad de muestreo donde se presenta la especie}}{\text{Número total de unidades de muestreo}} (100)$$

3.6.2 Índice de esbeltez (IE)

Se determinó el índice de esbeltez, el cual es un parámetro que muestra la relación de la altura y el diámetro el cual nos indica que a mayor índice, el diámetro es más delgado y a menor índice, el diámetro es más ancho, para determinar el índice de esbeltez se calcula mediante la siguiente fórmula (Aguirre-Calderón *et al.*, 2003).

$$IE = \frac{H}{D}$$

Dónde:

IE = Índice de Esbeltez

H = Altura en metros

D = Diámetro en metros

3.7 Índice de similitud de Bray-Curtis (Dendrograma de análisis de Clúster)

Para realizar la similitud entre muestras se emplea con la medida de distancias de Bray-Curtis, ya que hace referencia a la diferencia o semejanza entre los atributos, debido a esto suele ser el más confiable (Herrera-Moreno, 2000).

El análisis clúster sirve para clasificar y comparar la composición de grupos homogéneos (clúster), con respecto a un criterio de selección. Con el programa BioDiversity Profesional versión 2.0, se realizó el índice de similitud de Bray-Curtis, para poder analizar la similitud entre las poblaciones evaluadas en base al parámetro de área basal en $m^2 ha^{-1}$ obtenido por sitio de cada población, ya que representa la dominancia en superficie y es el parámetro que representa a la estructura horizontal como vertical.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estructura horizontal e índice de valor de importancia (IVI)

4.1.1 Abundancia por población y por especie

De acuerdo con los valores obtenidos en el (Cuadro 5), la abundancia representada en la población de Río Soto la Marina estuvo influenciada por la especie *Rhizophora mangle*, con un promedio de 3,614 ind ha⁻¹ seguida de la especie *Laguncularia racemosa* con 1,486 ind ha⁻¹, seguida de *Avicennia germinans* con 836 ind ha⁻¹ y *Conocarpus erectus* con 150 ind ha⁻¹. Cabe destacar que en esta población existe una correlación con la abundancia y la dominancia, debido a que al existir un mayor número de individuos por hectárea habrá una mayor dominancia en área basal (m² ha⁻¹) así mismo, la superficie que ocupan por hectárea. Con referencia al índice de valor de importancia cabe destacar que la especie más representativa en este parámetro fue *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* con un porcentaje de 177.27 y 124.29 respectivamente. Al comparar estos resultados con los de Téllez (2010), en la caracterización dasonómica de manglares en la población de Estero Palo Verde de la laguna Cuyutlán, Colima; se encontró con valores de *R. mangle* con 1,367 ind ha⁻¹ y seguido de *L. racemosa* con 680 ind ha⁻¹; lo que determina que la abundancia fue menor a esta evaluación.

En cuanto a la población laguna Morales, el parámetro de abundancia está determinado por la especie *Rhizophora mangle* con 4,267 ind ha⁻¹ y la abundancia inferior se encontró en la especie en *Conocarpus erectus* con 29 ind ha⁻¹, tal como lo mencione en el texto anterior suele suceder lo mismo en cuanto a la relación del área basal y la abundancia, ya que *Rhizophora mangle* presenta un área basal de 7.18 m² ha⁻¹, seguida por *Avicennia germinans* con 6.31 m² ha⁻¹, de igual manera presentan un Índice de valor de importancia representativo en la población de 198.61 y 151.03 respectivamente. Lo que nos hace pensar que la dominancia en área basal más el índice de valor de importancia están determinados por el número de individuos por hectárea y por el área basal de una población (abundancia y dominancia).

Cuadro 5. Distribución de parámetros de estructura horizontal e índice de valor de importancia (modificado de Mendoza-Espinosa, 2012).

Población	Sitios	Especies	No. Ind ha ⁻¹	AB ha ⁻¹	DN prom.	Alt. Prom.	Frec. Rel.	I.V.I.	I. E.
Río Soto la Marina	14	Av-ge	836	3.11	10.32	4.81	57.14	94.53	46.6
		Rh-ma	3614	6.11	4.51	3.32	71.43	177.27	73.7
		La-ra	1486	3.74	4.89	4.33	71.43	124.29	88.6
		Co-er	150	0.19	3.70	3.22	14.29	18.20	87.1
		TOTAL	6086	13.15	5.85				
Laguna Morales	21	Av-ge	1743	6.31	6.14	3.78	76.19	151.03	61.6
		Rh-ma	4267	7.18	4.51	2.58	76.19	198.67	57.2
		La-ra	81	0.08	4.02	2.27	9.52	11.14	56.5
		Co-er	29	0.04	4.20	3.84	4.76	5.53	91.4
		TOTAL	6120	13.61	4.72				
Isla de Jaina	36	Av-ge	1067	7.41	11.05	8.32	63.89	165.64	75.3
		Rh-ma	428	5.78	11.24	9.08	38.89	96.56	80.8
		La-ra	369	3.36	11.84	10.20	27.78	67.75	86.2
		TOTAL	1864	16.55	11.37				

No. Ind ha⁻¹ = Abundancia expresada en número de individuos por hectárea; AB ha⁻¹ = Dominancia expresada en área basal por hectárea; DN prom. = Diámetro normal promedio; Alt. Prom. = Altura promedio; Frec. Rel. = Frecuencia relativa en porcentaje; I.V.I. = Índice de valor de importancia; I. E. = Índice de esbeltez; Av-ge = *Avicennia germinans*; Rh-ma = *Rhizophora mangle*; La-ra = *Laguncularia racemosa*; Co-er = *Conocarpus erectus*.

Comparado con el estudio de Corella *et al.* (2004), en la población de Agua Brava, Tabasco el cual obtuvo una abundancia de 7,600 ind ha⁻¹ en la especie de *Avicennia germinans* comparado con las demás especies de mangles.

Para la población de isla de Jaina, Campeche; tenemos que dentro la evaluación solo se encontró las especies de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*; esto no quiere decir que *Conocarpus erectus* no se distribuya en esa área, sino porque en el área de muestreo no se encontró esta especie. Con lo que respecta a la distribución de parámetros tenemos que la mayor abundancia se presentó en la especie *Avicennia germinans*, con 1,067 ind ha⁻¹, seguida de *Rhizophora mangle* con 428 ind ha⁻¹ y *Laguncularia racemosa* con 369 ind ha⁻¹; de igual manera y en el mismo orden presentaron un área basal por hectárea de 7.41 m² ha⁻¹, 5.78 m² ha⁻¹ y 3.36 m² ha⁻¹. Cabe destacar que la mayor abundancia que presentó *Avicennia germinans*; fue debido a las distribución de los sitios, el cual se concentró en su mayor parte afuera de lo que es el borde del mangle, que es donde se distribuye esta especie; es por ello que presentó una mayor abundancia y de igual manera mayor dominancia con respecto de las otras especies. En comparación con la evaluación de Téllez (2012), las unidades de muestreo de *L. racemosa* destacaron con un área basal de 19.1 m² ha⁻¹ y seguido de *R. mangle* con 14.1 m² ha⁻¹.

Con relación al parámetro de índice de valor de importancia, sucedió lo mismo, con un porcentaje de 165.64, 96.56 y 67.75 respectivamente; el cual indica la suma de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia; este parámetro estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad, el valor máximo es 300%, mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies (USAID, 2006). Cabe destacar que dentro de las poblaciones evaluadas, el índice de valor de importancia de mayor representación fue para las especies de *Rhizophora mangle* con un porcentaje de 177.27 en la población Río Soto la Marina, mientras que en laguna Morales la especie que sobresale es de igual manera *Rhizophora mangle* con 198.67 de (IVI), mientras que para isla de Jaina *Avicennia germinans*, alcanza un valor de 165.64; cabe mencionar que la

diferencia de estos parámetros entre cada población se debe no tanto a la abundancia (ind ha^{-1}) ni tampoco la dominancia ($\text{AB m}^2 \text{ ha}^{-1}$), ya que si comparamos estos parámetros, vemos que no existe una congruencia entre ellos, si no que más bien se debe a la frecuencia relativa de cada especie, la cual indica el número de veces que se encuentra la especie dentro de los sitios de la población.

En cuanto a la abundancia total (No. ind ha^{-1}) que presentó cada población tenemos que, Río Soto la Marina fue la más representativa con un valor alto de $6,086 \text{ ind ha}^{-1}$, seguida de laguna Morales con $6,120 \text{ ind ha}^{-1}$ y la isla de Jaina con $1,864 \text{ ind ha}^{-1}$. Tal como lo dice López y Ezcurra (2010), que la distribución, composición, así como, la fisonomía de las comunidades de manglar están influenciadas por los cambios latitudinales en la temperatura, así como, la precipitación, pero localmente dependen de la geomorfología, el substrato, la salinidad, la inundación y el relieve. La dominancia determinada por el área basal por hectárea, también es un parámetro que da idea de la calidad del sitio y es por ello que la diferencia entre poblaciones son contrastantes.

En cuanto al tipo de manglar que presenta cada población tenemos que Río Soto la Marina presenta un manglar de tipo ribereño porque se localiza en el borde de la desembocadura de los ríos. Según Lugo y Snedaker (1974), Suelen ser los más desarrollados estructuralmente y de mayor productividad primaria por encontrarse en condiciones ambientales óptimas, tales como un clima tropical, donde predominan las precipitaciones y los aportes fluviales sobre la evaporación, una salinidad estuarina (salobre) (15 ups) y disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos. Los manglares pueden alcanzar su máximo desarrollo en condiciones salobres (Agraz-Hernández *et al.*, 2006). Mientras que laguna Morales presenta un manglar de tipo borde, porque se encuentra a orillas de lagunas costeras, por lo tanto presenta una estructura diferente a los de tipo ribereño y cuenca.

La Población isla de Jaina presenta un manglar de tipo peten, estas comunidades en términos de estructura y composición arbórea presentan una gran variedad de formas, tamaños, debido a las condiciones de la topografía, tipo y estructura del suelo, etc. (Tun-Dzul y Duran-García, 2010).

En cuanto al índice de esbeltez, este se obtuvo a partir de la división de la altura entre el diámetro, lo cual indica que un valor muy alto se refiere a que el diámetro es menor y que tiene una altura considerable, mientras que un valor bajo en el índice, nos indica que el diámetro normal es grueso y que por consiguiente tiene una altura baja. La relación de este parámetro en las masas forestales se utiliza principalmente para caracterizar y de alguna manera para estimar el volumen de los árboles individuales y de igual manera para estimar la altura dominante de los individuos (Diéguez-Aranda *et al.*, 2005).

En lo que respecta a la abundancia por especie y por población el cual se encuentra representado por el número de individuos por hectárea y por categoría diamétrica, tenemos que la distribución de las especies de manglar se presentó mayormente en las categorías inferiores, tal como se describe enseguida.

Avicennia germinans. En la Figura 5a podemos observar que la abundancia de esta especie se presenta mayormente en las categorías de 0 (regeneración) y 5 cm, esto debido a la alta densidad en la regeneración que presenta, mayormente la población isla de Jaina, con un promedio de 24,681 ind ha⁻¹ en la categoría 0 (regeneración), esto debido a que el número de sitios levantados fue mayor en esta especie, que en las demás, por lo tanto la regeneración fue mayor comparada con las otras poblaciones de estudio.

Para tener un contraste en las categorías diamétricas de 0 y 5 cm, tenemos que en la Figura 5b la abundancia a partir de la categoría de 5 cm, se da de manera diferente, en cuanto a la Figura 5a en donde se inició a partir de la categoría de 0 (regeneración), ya que aquí la mayor abundancia (ind ha⁻¹) se presenta en la población de laguna Morales con 1,233 ind ha⁻¹ y la población de Río Soto la Marina con 743 ind ha⁻¹; aquí cabe destacar que isla de Jaina presenta una abundancia totalmente diferente, ya que en la categoría de 5 cm presenta un abundancia de 436 ind ha⁻¹.

Rhizophora mangle. Tal como se aprecia en la Figura 5c está especie se presentó en la categoría diamétrica de 0 (regeneración) a 40 cm, aunque dominando más en la categoría 0 y 5 cm, en la población de Río Soto la Marina con un promedio de 20,400 ind ha⁻¹, seguida de la población laguna Morales con 16,705 ind ha⁻¹ superando a la población de isla de Jaina con 1,789 ind ha⁻¹, aunque esta población fue la que presentó mayor a abundancia en todas la categorías de 0 (regeneración) hasta la categoría 40 cm.

Laguncularia racemosa. En el caso de esta especie el mayor número de individuos se presentó en la categoría de 0 (regeneración) (Figura 5d), en la población de isla de Jaina la cifra alcanza 18,110 ind ha⁻¹, mientras que en Río Soto la Marina tenemos 2,229 ind ha⁻¹ y 667 ind ha⁻¹ en laguna Morales. Conforme fue aumentando las categorías diamétricas el número de individuos fue disminuyendo considerablemente hasta las categorías 5 y 15 cm para las poblaciones de laguna Morales y Río Soto la Marina, mientras que para isla de Jaina se presentaron individuos en la categoría de 30 cm.

Conocarpus erectus. Para tal especie se encontraron individuos de la categoría 0 a 5 cm, para las poblaciones de Río Soto la Marina y laguna Morales con 329 ind ha⁻¹ y 48 ind ha⁻¹ en la categoría 0 (regeneración) respectivamente, lo que representa que esta especie fue la que menor abundancia presentó dentro de las categorías diamétricas (Figura 5e).

La regeneración se calculó en términos de la capacidad de los manglares de producir nuevos individuos; esto se realizó a través del conteo de plántulas y al crecimiento de las mismas dentro de las diferentes estaciones (sitios), permitiendo calcular la tasa de regeneración durante el período de estudio (Valle *et al.*, 2011). Dicha evaluación se realizó dentro de los 100 m² del sitio. Uno de los aspectos muy importantes, es que las especies de mangles tienen la capacidad reproductiva alta y pueden regenerarse de manera natural, dependiendo del establecimiento de los propágulos, del efecto de las mareas que los distribuye dentro del manglar o fuera de éste y que encuentren condiciones favorables de luz, niveles de salinidad tolerante y suelos poco compactados. Una buena densidad (ind ha⁻¹) de regeneración puede tener una cifra de 216 plantas por m²,

lo que es equivalente a 2,160,000 plantas por hectárea y por lo tanto una densidad media puede considerarse de 13.6 plantas por m² que equivale a 136,000 plantas por hectárea; estas densidades dentro de un ecosistema de manglar se consideran como muy satisfactorias (Dominguez-Dominguez *et al.*, 2011). Entonces al hacer una comparación con dicha evaluación tenemos que la especie que mayor densidad en regeneración presentó fue *Avicennia germinans*, con 24,681 ind ha⁻¹ lo que representa 2.5 plantas por m², lo que nos dice que la abundancia en la regeneración es baja, comparada con el estudio anterior.

a)

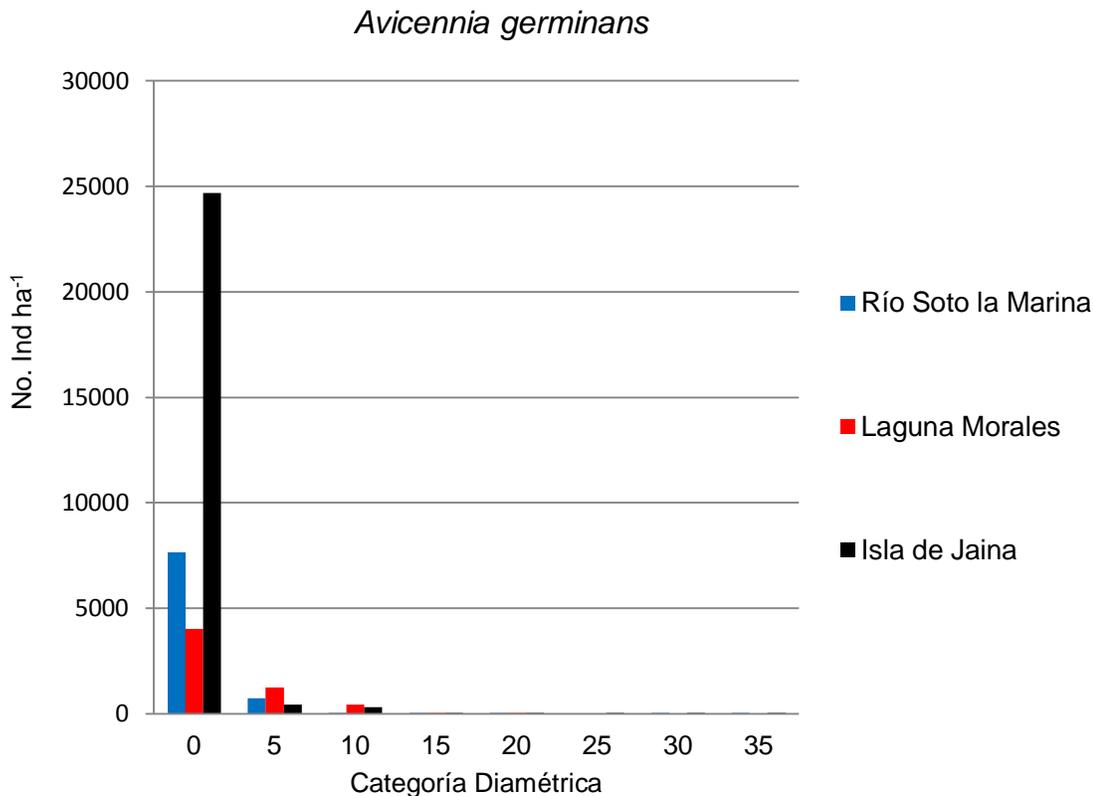
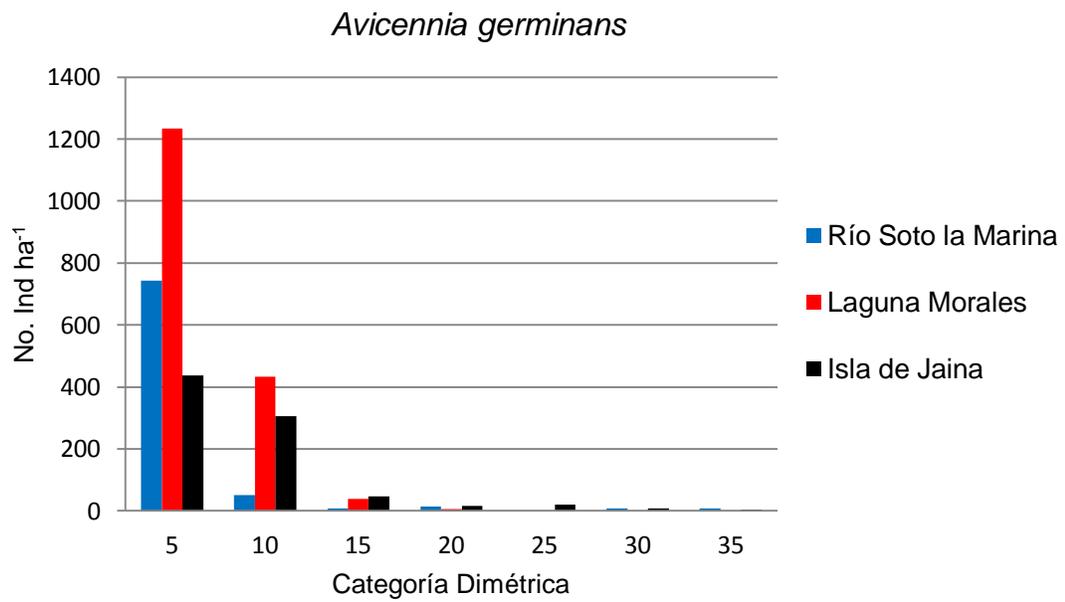


Figura 5. Abundancia (No. Ind ha⁻¹) por especie representada por categoría diamétrica de las poblaciones evaluadas.

b)



c)

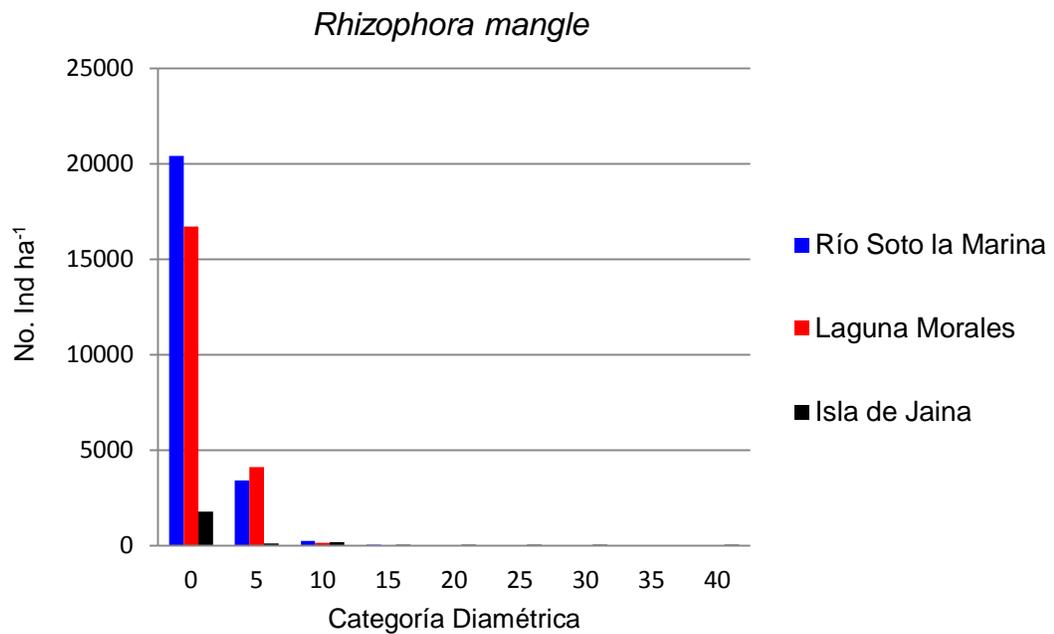
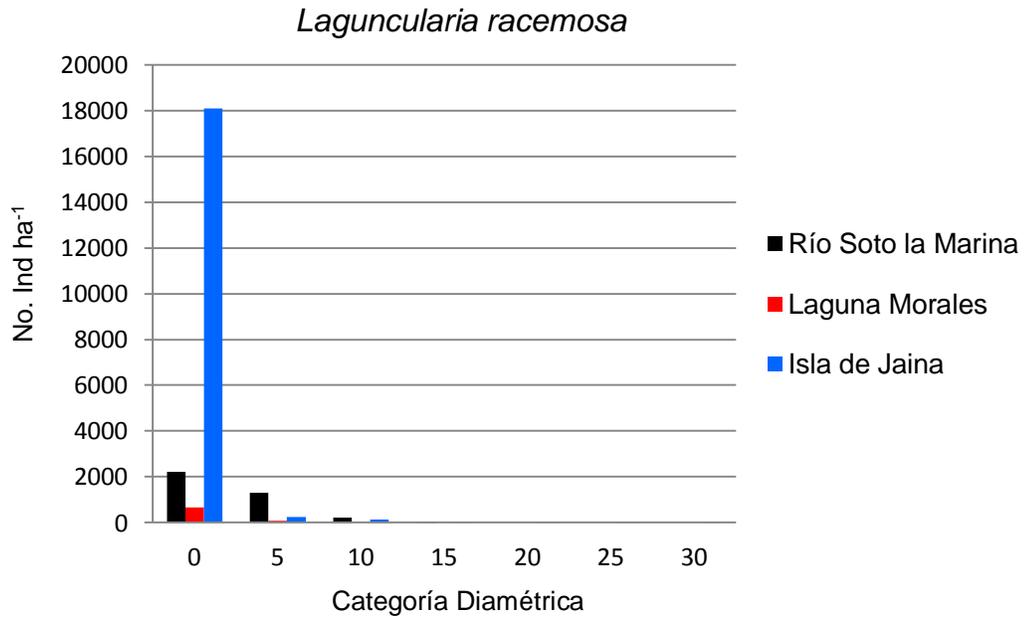


Figura 6. Abundancia (No. Ind ha⁻¹) por especie representada por categoría diamétrica de las poblaciones evaluadas (Continuación).

d)



e)

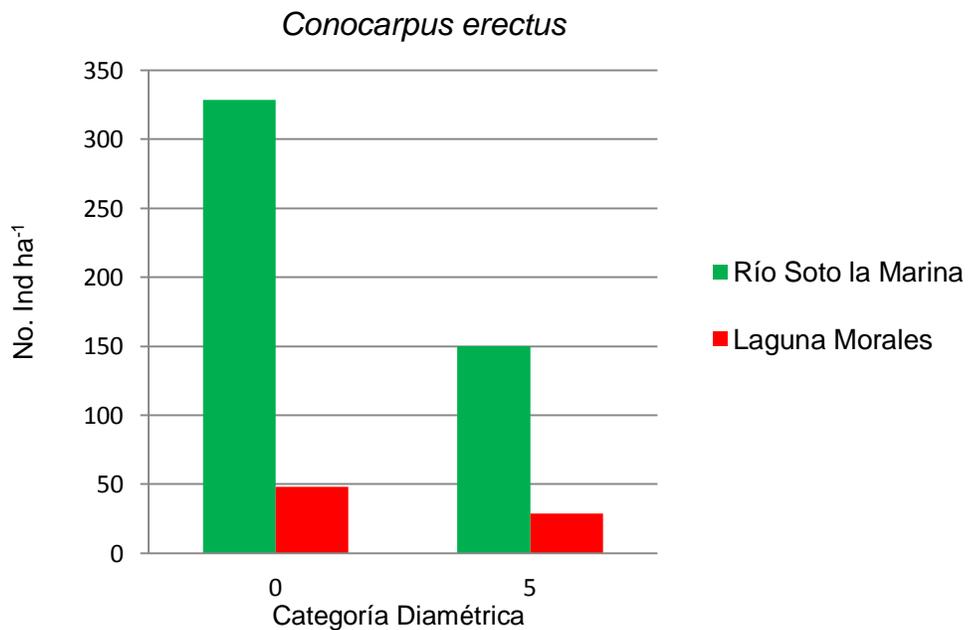


Figura 7. Abundancia (No. Ind ha⁻¹) por especie representada por categoría diamétrica de las poblaciones evaluadas (Continuación).

4.2 Estructura vertical de las poblaciones

La población con los estratos mejor desarrollados fue isla de Jaina (Cuadro 6), presentando abundancia (ind ha⁻¹) y dominancia (AB m² ha⁻¹) en los tres estratos, debido a que presentó una altura mejor desarrollada; en el estrato I (superior) dominando *Laguncularia racemosa*, con 22 ind ha⁻¹ y con un AB de 1.03 m² ha⁻¹; con un total por estrato de 31 ind ha⁻¹ mientras que el área basal fue de 1.27 m² ha⁻¹; en el estrato II (medio) con 145 ind ha⁻¹ y un área basal de 5.55 m² ha⁻¹ seguida del estrato III (bajo) con 1,688 ind ha⁻¹ y un área basal de 9.72 m² ha⁻¹; y con un total de los tres estratos de 1,864 ind ha⁻¹ y un área basal de 16.54 m² ha⁻¹ de toda la población, lo que resulta muy contrastante comparado con las otras poblaciones, (Cuadro 6). En base a las diferencias en ambas poblaciones se atribuye las diferencias en estructura vertical al tipo de manglar de cada población, en este caso isla de Jaina, presenta un tipo de manglar de petenes (islas de vegetación arbórea inundable) lo que lo identifica es en la altura de la vegetación, lo cual está asociado al cambio en la composición y estructura de la vegetación. La riqueza florística y diversidad de los petenes es superior a la de la vegetación circundante y sus árboles presentan alturas entre 20 y 25 m, además, la estructura de la vegetación en estas comunidades llega a ser de tipo selvática, llegando a presentar, en los petenes de mayor tamaño, un desarrollo similar al de una selva mediana subperennifolia (Tun-Dzul y Duran-García, 2010).

Mientras que la población de Río Soto la Marina también presentó una estructura vertical representada a partir del estrato II; dominando por *Laguncularia racemosa*, con 64 ind ha⁻¹ y 0.67 m² ha⁻¹ de AB y *Rhizophora mangle* con 7 ind ha⁻¹ y con 0.15 m² ha⁻¹ de AB teniendo un total de 71 ind ha⁻¹ y 0.82 m² ha⁻¹ de AB del estrato II; mientras que en el estrato III presentándose las cuatro especies; dominada por *Rhizophora mangle* con 3,607 ind ha⁻¹ y 5.96 m² ha⁻¹ de AB y la menor fue para *Conocarpus erectus* con 150 ind ha⁻¹ y con 0.19 m² ha⁻¹ de AB; con un total por estrato de 6,015 ind ha⁻¹ y 12.33 m² ha⁻¹ de AB (Cuadro 6).

La población de laguna Morales fue la que presentó una estructura vertical únicamente en el estrato III, dominado por *Rhizophora mangle* con 4,267 ind ha⁻¹ y con 7.18 m² ha⁻¹ de AB y *Conocarpus erectus* con 29 ind ha⁻¹ y con 0.04 m² ha⁻¹ de

AB; obteniendo un total de todo el estrato de 6,120 ind ha⁻¹ y 13.61 m² ha⁻¹ de AB (Cuadro 6).

En cuanto a las diferencias en la estructura vertical de las poblaciones, se debe a que la estratificación se realizó en base al individuo que presenta la altura dominante y en este caso se presentó en la población de isla de Jaina y en la especie de *Laguncularia racemosa* con una altura de 20 a 23.4 m, *Rhizophora mangle* con una altura de 20 a 22 m y *Avicennia germinans*, con 20 m de altura dominante. Lo que indica que la población de isla de Jaina presenta un mejor desarrollo en altura dentro de los tres estratos. La concentración de la salinidad en el suelo de los manglares resulta ser un factor muy importante en el crecimiento de estas especies, ya que a mayor salinidad se presentan manglares de estructura vertical más bajo (chaparros) (Medina, 1999).

En México, a nivel regional existen diferencias entre los manglares que se distribuyen desde el sur de Chiapas hasta Baja California (este último es el límite norte de los manglares del Pacífico), así como en los manglares del Golfo de México y Caribe que van desde Quintana Roo (18°10'N) hasta Tamaulipas (25°55'N). Por ejemplo, en Tamaulipas la temperatura mínima promedio es de 10°C y se presenta en el mes de enero y la precipitación media estatal es de 780 mm anuales, ahí los manglares pueden estar dominados por una sola especie ya sea mangle *Rhizophora mangle* o *Avicennia germinans* y alcanzar alturas máximas de tres a cuatro metros, aunque en algunos sitios alcanzan seis metros y por lo regular carecen de epífitas y trepadoras. Por su parte, en los suelos calcáreos de la Península de Yucatán, se mezclan manglares de 8 a 25 metros de altura con manglares arbustivos menores a dos metros (CONABIO, 2013).

Cuadro 6. Distribución vertical de las especies de acuerdo al número de árboles y área basal de las tres poblaciones (modificado de Mendoza-Espinosa, 2012).

Población	Especie	ESTRATO						TOTAL	
		I (Superior)		II (Medio)		III (Bajo)		Ind ha ⁻¹	AB ha ⁻¹
		Ind ha ⁻¹	AB ha ⁻¹	Ind ha ⁻¹	AB ha ⁻¹	Ind ha ⁻¹	AB ha ⁻¹		
Río Soto la Marina	Av-ge	-	-	-	-	836	3.11	836	3.11
	Rh-ma	-	-	7	0.15	3607	5.96	3614	6.11
	La-ra	-	-	64	0.67	1422	3.07	1486	3.74
	Co-er	-	-	-	-	150	0.19	150	0.19
	TOTAL	-	-	71	0.82	6015	12.33	6086	13.15
Laguna Morales	Av-ge	-	-	-	-	1743	6.31	1743	6.31
	Rh-ma	-	-	-	-	4267	7.18	4267	7.18
	La-ra	-	-	-	-	81	0.08	81	0.08
	Co-er	-	-	-	-	29	0.04	29	0.04
	TOTAL	-	-	-	-	6120	13.61	6120	13.61
Isla de Jaina	Av-ge	3	0.12	56	2.72	1008	4.56	1067	7.4
	Rh-ma	6	0.12	61	2.05	361	3.6	428	5.77
	La-ra	22	1.03	28	0.78	319	1.56	369	3.37
	TOTAL	31	1.27	145	5.55	1688	9.72	1864	16.54

Ind ha⁻¹ = Abundancia expresada en número de árboles por hectárea; AB ha⁻¹ = Dominancia expresada en área basal por hectárea; Estrato I (Superior) = 18.9 – 23.4 m (81 – 100%); Estrato II (Medio) = 11.9 – 18.8 m (51 – 80%); Estrato III (Bajo) = 0 – 11.8 m (0 – 50%); Av-ge = *Avicennia germinans*; Rh-ma = *Rhizophora mangle*; La-ra = *Laguncularia racemosa*; Co-er = *Conocarpus erectus*.

4.3 Índice de similitud de Bray-Curtis (Dendrograma de análisis clúster)

Se realizó un índice de similitud de Bray-Curtis, mediante un análisis clúster de las tres poblaciones de estudio (Figura 6) para agrupar la similitud que presentan los sitios en base al parámetro de área basal en $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, obteniendo diferencias en diferentes sitios de cada población, como ejemplo tenemos que a un 85% de similitud (línea vertical) tomado como referencia, podemos observar que en el dendrograma se aprecian cuatro grupos de clústers muy definidos que presentan un grado de similitud en el parámetro de área basal $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, en el grupo 1 tenemos a las poblaciones de isla de Jaina con 8 sitios y laguna Morales con 2 sitios, mientras que en el grupo 2 tenemos a laguna Morales con 1 sitio e isla de Jaina con 3 sitios, para el grupo 3 se tiene laguna Morales con 6 sitios, isla de Jaina con 3 sitios, mientras que para el grupo 4 tenemos similitud en laguna Morales con 7 sitios, Río Soto la Marina con 1 sitio y la isla de Jaina con 2 sitios. Esto para justificar que si existen diferencias en dominancia en base a este parámetro de medición. Este método de agrupamiento nos permite establecer y plantear hipótesis acerca de sus diferencias.

Si trazamos una línea vertical al nomograma a una similitud del 45% se presentan muchos clústers debido a las diferencias que presentaron los sitios, y es aquí donde se presentan todos los sitios de las tres poblaciones de estudio.

De igual manera se realizó un dendrograma en base a las especies representadas en cada población; obteniendo una similitud del 25% entre las especies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*; mientras que *Conocarpus erectus* presentó una disimilitud del 0%, lo que quiere decir que son muy diferentes en cuanto al parámetro de área basal (Figura 7).

La similitud que presentan los clúster es una medida de correspondencia o semejanza entre los objetos que van a ser agrupados, a través de una estrategia que consiste en medir la equivalencia en términos de la distancia entre los pares de objetos; así mismo los objetos con distancias reducidas entre ellos son más parecidos entre sí que aquellos que tienen distancias mayores y se agruparan dentro del mismo clúster (Prieto-Guerra, 2006).

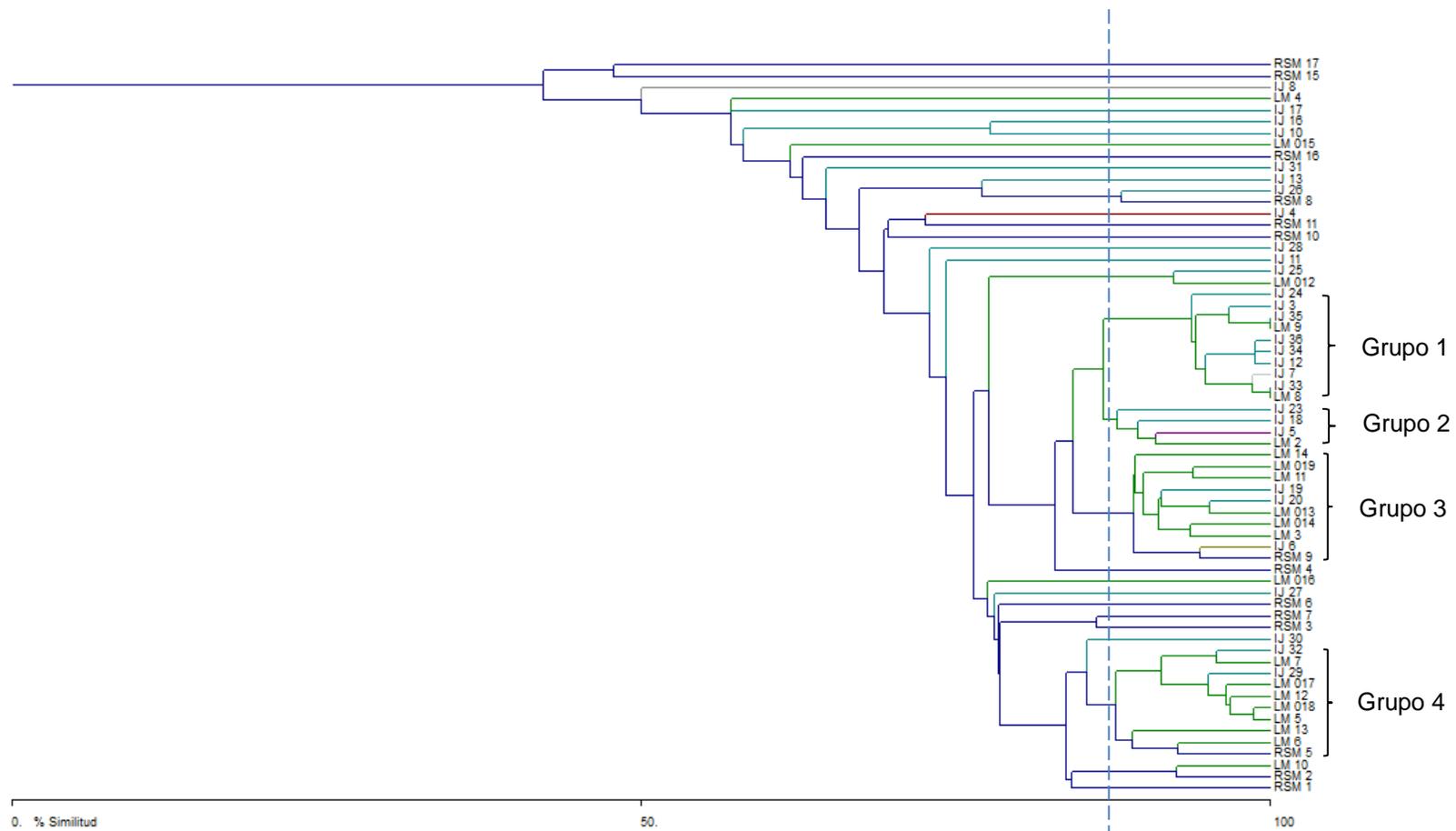


Figura 8. Dendrograma de análisis Clúster aplicado por poblaciones Río Soto la Marina (RSM), laguna Morales (LM) y la isla de Jaina (IJ), con respecto a la variable de área basal en $m^2 ha^{-1}$.

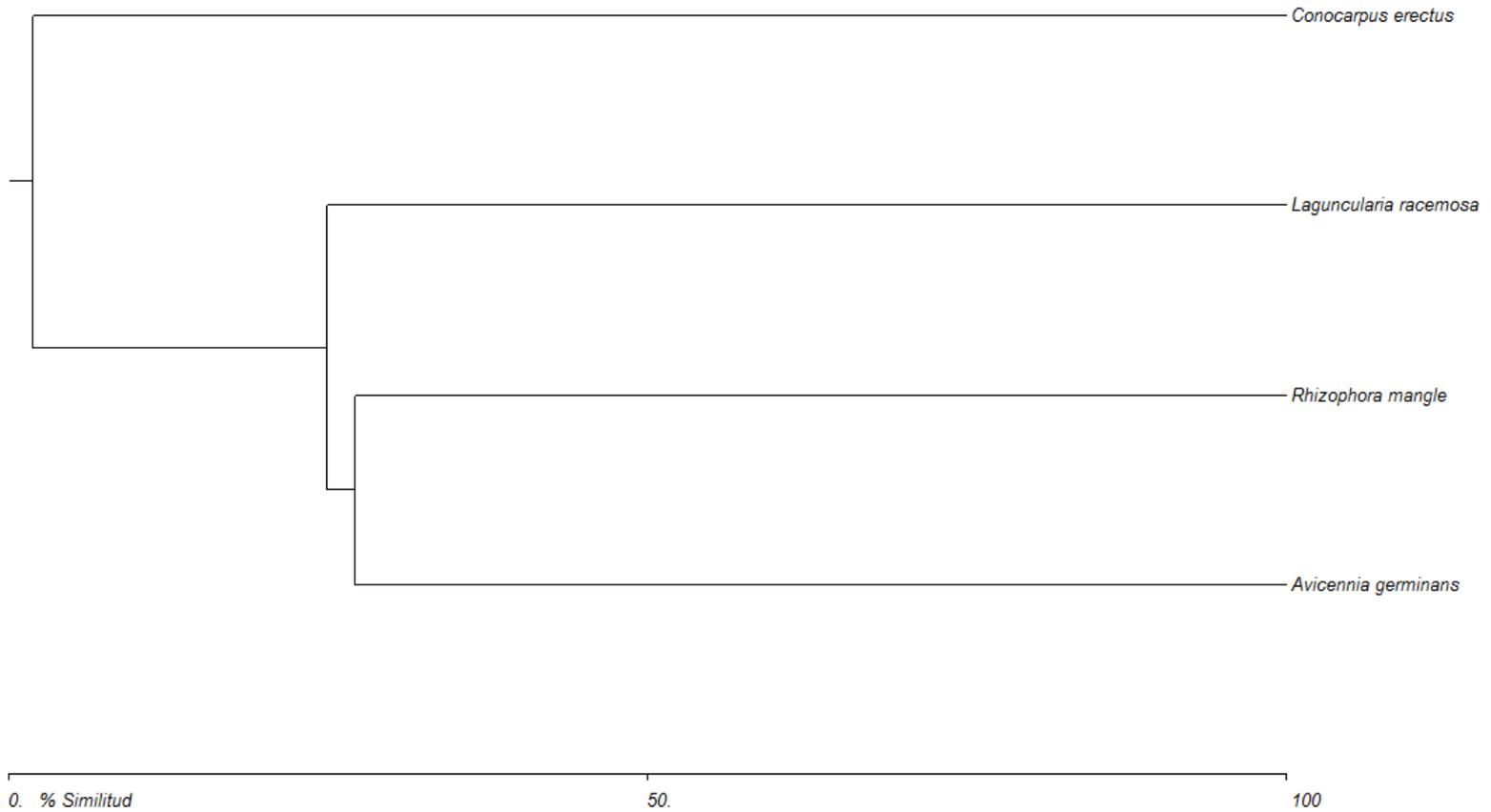


Figura 9. Dendrograma de análisis Clúster aplicado por especies *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, con respecto a la variable área basal en $m^2 ha^{-1}$.

5 CONCLUSIONES

Los manglares estudiados presentaron diferencias tanto en la estructura horizontal y vertical, esto en base al índice de valor de importancia.

La especie de mayor relevancia fue *Rhizophora mangle*, dominando en las poblaciones de Río Soto la Marina y laguna Morales; mientras que en isla de Jaina, *Avicennia germinans* fue la más representativa.

6 RECOMENDACIONES

Proponer la instalación de parcelas permanentes con el fin de realizar estudios periódicos sobre este componente a largo plazo y de esta manera confirmar si existe el mismo patrón de crecimiento teniendo en cuenta los factores que determinan su desarrollo.

Es conveniente mencionar que para tener una mejor caracterización de los manglares es indispensable evaluar el tamaño de muestra realizado en este estudio si es el adecuado.

7 LITERATURA CITADA

- Acosta, V. H., P. A., Araujo y M. C. Iturre. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie didáctica No. 22. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. 33 p.
- Agraz-Hernández, C. M., Osti-Sáenz, J., Chan-Keb. C. A., Chan-Canul, E., Gómez-Ramírez, D., Requena-Pavón, G. y J. E. Reyes-Castellanos. 2012. Programa regional para la caracterización y el monitoreo de ecosistemas de manglar del Golfo de México: Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México. Informe Final SNIB CONABIO. Proyecto FN010. México, D.F. 123 p.
- Agraz-Hernández, C., R. Noriega-Trejo., J. López-Portillo., F. J. Flores-Verdugo y J. J. Jiménez-Zacarías. 2006. Guía de campo. Identificación de los manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.
- Aguilar-May, B., S. Cabrera-Pérez y E. de la Rosa-González. S/f. Crecimiento de *Rhizophora mangle* cultivado en distintos soportes bajo condiciones de invernadero. Eje temático: Sustentabilidad. Instituto tecnológico superior de villa La Venta. Circuito tecnológico N° 1. Tabasco. México. 6 p.
- Aguirre, O., J. Jiménez P., H. Kramer y A. Akca. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. Ciencia UANL. 6(2): 219-225.
- Alvis, J. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. Facultad de ciencias agropecuarias. 7(1): 116-122.

- Barrio-Anta, M., J. G. Álvarez-González., J. L. Díaz-Maroto y C. A. López-Sánchez. 2004. Relación altura-diámetro generalizada para *Quercus robur* L. en Galicia. Departamento de ingeniería agroforestal. Escuela Politécnica Superior. Lugo, España. Sociedad española de Ciencias Forestales. 18: 141-146.
- Basáñez-Muños, A. de J., G. Olmedo-Pérez y P. Rojas-Mencio. 2006. Características estructurales y usos del manglar en el ejido Cerro de Tumilco, Tuxpan, Veracruz. México. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias de la universidad veracruzana campus Tuxpan, Veracruz, México. UDO agrícola. 6(1): 114-120.
- Batllore-Sampedro, E y J. L. Febles-Patrón. 2007. Límites máximos permisibles para el aprovechamiento del ecosistema de manglar. Gaceta ecológica. 82: 23.
- Boone, K. J., D. C. Donato y M. F. Adame. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documentos de trabajo 117. Bogor, Indonesia: CIFOR. 37.
- Calderón, C., O. Aburto, E. Ezcurra. 2009. El valor de los manglares. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Biodiversitas 82: 1-6.
- Carrillo-Bastos, A., E. M. Elizalde-Rendón., N. Torrescano-Valle y G. Flores-Ortiz. 2008. Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Foresta Veracruzana. 10(1): 31-38.
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza., O. A. Aguirre-Calderón., J. Jiménez-Pérez., M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de Bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Madera y Bosques 14(2): 51-63.

- Chavez-Esponda, D., Miranda-Cabrera I., Varela-Nualles E. y Fernández L. 2010. Utilización del análisis Clúster con variables mixtas en la selección de genotipos de maíz (*Zea mays*). Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba. Revista Investigación Operacional. 30(3): 209-216.
- CONABIO. 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 35 p.
- CONABIO. 2013. Manglares de México: Extensión y distribución. 1era edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 128 p.
- CONANP. 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera los Petenes. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 207 p.
- Corella, J. F., J. I. Valdez H., V. M. Cetina A., F. V. González C., A. Trinidad S. y J. R. Aguirre R. 2004. Estructura forestal de un bosque de manglares en el noreste del Estado de Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. IRENAT. Revista Ciencia Forestal en México. 26(90): 73-102.
- Cortés, C. D. 2010. Flora y vegetación asociada a un gradiente de salinidad en el sector de Bahía Cispatá (Córdoba-Colombia). Posgrado en Biología-Línea de biodiversidad y conservación. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de Biología-Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. 94 p.
- Del Río, M., F. Montes., J. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. Investigación agraria. Sistema Recursos Forestales. 12(1): 159-176.
- Díaz, G. J. 2011. Una revisión sobre los manglares: Características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos

antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de topolobampo. *Ra Ximhai*. 7(3): 355-369.

Diéguez-Aranda, A., M. Barrio-Anta., F. Castedo-Dorado. y J. G. Álvarez-González. 2005. Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noreste de España. Departamento de ingeniería agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España. *Investigación Agraria. Sistema de recursos forestales*. 14 (2): 229-241.

Domínguez-Domínguez, M., J. Zavala-Cruz, y P. Martínez-Zurimendi. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.

DRNA. 2009. Los manglares. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Hojas de nuestro ambiente. Estado libre asociado de Puerto Rico. 2 p.

Espinosa, A. 1992. Evaluación de la estructura y composición del bosque de manglar y lineamientos para su manejo silvícola en la reserva forestal de Terraba-Sierpe, Costa Rica. Tesis de maestría. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Subdirección general adjunta de enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 162 p.

Flores-Cárdenas, F., M. M. Manzano-Sarabia., M. A. Hurtado-Oliva., J. M. Flores-Alarcón y T. W. Doyle. S/f. Estructura forestal e índice de salud en manglares del sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. 4 p.

Flores-Mejía, M. A., A. Aguirre-Vallejo., M. Flores-Hernández y X. Guardado-Govea. 2010. El impacto que produce el sector turismo en los manglares en

- las costas mexicanas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 38 p.
- Gazana, J. K y M. Borobia. 2004. Manejo de manglares. OIMT. Organización Suiza para la cooperación y desarrollo. Actualidad Forestal Tropical. 3 p.
- Gómez, A. L. 2013. Características estructurales de los bosques de manglar del noreste de México. 65 p.
- Herrera, S. J y E. Ceballos C. 1998. Manglares: Ecosistemas valiosos. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Biodiversitas. 19: 1-10.
- Herrera-Moreno, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. 47 p.
- Jiménez, R. 2012. Inventario nacional de los manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Biodiversitas. 100: 1-6.
- Lema-Vélez, L. y J. Polanía. 2007. Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería Caribe Colombiano. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín, Colombia. Biología Tropical. 55(1): 11-21.
- López, H. J. 2013. Estructura forestal del bosque templado en Puebla. Seminario de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 235-242.
- López, P. J. y E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: Una revisión. Madera y bosques. Número especial, 2002: 27-51.
- Louman, B., Quirós D. y Nilsson M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 265 p.

- Lozada, J. R. 2010. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*. 54 (1): 77-88.
- Lugo, A. E. y S. C. Snedaker. 1974. The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systems*. 5: 39-64.
- Manrow-Villalobos, M y B. Vílchez-Alvarado. 2012. Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Costa Rica*. 9(23): 18
- Medina, E., 1999. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding, p. 109-126. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Montero, M. y M. Kanninen. 2005. *Terminalia amazónica*; ecología y silvicultura. Serie técnica. Informe técnico/CATIE no. 339. Turrialba, Costa Rica. 31 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 82 p.
- Partida, M. J. A. 2007. Densidad y estructura del manglar en el estero el chupadero, Tecomán, Colima. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 68 p.
- Prieto-Guerra, R. E. 2006. Técnicas estadísticas de clasificación, un ejemplo de análisis clúster. Monografía. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. 165 p.
- Rangel, L. O., P. D. Lowy. y M. Aguilar. 1997. Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad

- Nacional de Colombia. IDEAM. Ministerio del Medio Ambiente. Santafé de Bogotá. 436 p.
- Ruíz, L. y M. C. Fandiño. 2009. Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la vieja providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe Suroccidental. Revista Academia Colombiana de Ciencias. 33(126): 5-15.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Sánchez, P. H., G. A. Ulloa D y H. A. Tavera E. 2004. Manual sobre la zonificación y planificación para el manejo sostenible de los manglares. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 36 p.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana-022-Semarnat. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Diario oficial de la federación. Fecha de publicación. Jueves 10 de abril de 2010. 26-47.
- SEMARNAT. 2009. Manual comunitario: La reforestación de los manglares en las costas de Oaxaca. Secretaria del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 65 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana-059-Semarnat. 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. Diario oficial de la federación. Fecha de publicación. Jueves 30 de diciembre de 2010. 1-78.
- Téllez, G. C. P. 2010. Caracterización dasonómica del bosque de manglares en el estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Tesis profesional.

- Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, México. 47 p.
- Tovilla, H. C., D. M. Infante M., F. Ovalle E., J. C. de la Presa P., J. Rubén G. y G. de la Cruz M. 2013. Informe: Inventario del manglar y avance de la intrusión salina en el ejido Úrsulo Galván, Jalapa de Méndez, Tabasco, México. Colegio de la Frontera Sur. 53 p.
- Tun-Dzul, F. y Duran-García R. 2010. Estudio de caso: La vegetación de los Petenes de Campeche. 168-173 pp. *In:* Villalobos-Zapata, G. J. y J. Mendoza-Vega 2010. La Biodiversidad del Estado de Campeche: Estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad de Campeche. El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.
- USAID. 2006. Manejo integrado de recursos Ambientales. Inventario florístico cuantitativo del refugio de vida silvestre Turtle Harbor, Utila, Honduras. United States Agency for International Development. 1-15 p.
- Valerio, J. y C. Salas. 1998. Manual técnico: Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Santa Cruz, Bolivia. 75 p.
- Valle, G. A., M. Osorio-Arango y D. L. Gil-Agudelo. 2011. Estructura y regeneración del bosque de manglar de la Ciénega de Cholón, isla Barú, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe Colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –INVEMAR. 16 p.
- Yáñez–Arancibia, A. y A. L. Lara–Domínguez, 1999. Los manglares de América Latina en la Encrucijada. 9-16 p. *In:* A. Yáñez–Arancibia y A. L. Lara–Domínguez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.

Zaldívar, J. A., J. Herrera S., C. Coronado M. y D. Alonso P. 2004. Estructura y productividad de los manglares en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Boques*. 10: 2-12.