

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



Trabajo de Graduación

**“EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA FORESTAL DEL ECOSISTEMA MANGLAR
EN EL MANCHÓN GUAMUCHAL”**

Por:

Catherin Yulisa Hernández Lanuza

Carné: 201540922

Mazatenango, Suchitepéquez, enero de 2020.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE**

AUTORIDADES

MSc. Murphy Olympo Paiz Recinos	Rector
Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo	Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO
DE SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

REPRESENTANTES DE PROFESORES

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera	Secretario
Lic. Luis Carlos Muñoz López	Vocal

REPRESENTANTES GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Ramírez Robles	Vocal
----------------------------	-------

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM y TAE Rony Roderíco Alonzo Solíz	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinación Académico

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edín Anibal Ortíz Lara

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

M.Sc. Erick Alexander España Miranda

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,

Abogado y Notario

M.Sc. José David Barillas Chang

Coordinador de Áreas Social Humanista

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del –CUNSUROC–

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera de Periodista Profesional y

Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

M.Sc. Heinrich Herman León

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme salud y sabiduría para culminar mis metas y guiarme en el trayecto de mi vida.

A mis padres

A quienes amo y sé que siempre tendré su apoyo incondicional.

Mis hermanos

A quienes quiero mucho y que espero esto y más de ustedes.

Mi esposo

Por creer en mí y ser el apoyo fundamental por la cual he llegado a este momento.

Mi hija

A quien amo con toda mi alma, que ha sido motivación en esta etapa de mi vida y espero ser un ejemplo en su vida.

Mis abuelitas

Por sus consejos y amor que siempre me han brindado.

A mis suegros

En especial a Ana Morales por su apoyo.

A mis amigos

Linda Mazariegos, Ana Saloc, Ivonne Barrientos y José María Rodríguez por su apoyo y que está etapa fuera más que divertida con tantas risas.

AGRADECIMIENTO

- A: Mi asesora Inga. Kharla Vides por haberme guiado y brindarme su conocimiento en mi Ejercicio Profesional Supervisado.

- A: Mi revisora M.Sc. Sharon Quiñónez por su tiempo y apoyo en mi trabajo de graduación.

- A: Mis catedráticos por sus conocimientos y profesionalismo siempre tendrán mi aprecio y respeto.

- A: La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por formarme profesionalmente.

- A: La Universidad de San Carlos de Guatemala, gloriosa y tricentenaria Alma Mater.

- A: Instituto Nacional de Bosques por abrirme las puertas y permitir realizar las practicas necesarias. En especial a Cesar Zacarías que me brindo su conocimiento y amistad.

- A: Mi madrina Inga. Lucrecia Vela por el apoyo y la sabiduría de poder darme los mejores consejos.

Índice General

Contenido	Página
Resumen.....	vi
Abstract.....	viii
I. Introducción.....	1
II. . Revisión de Literatura	3
2.1 Marco Referencial.....	3
2.1.1 Área de Protección Especial Manchón Guamuchal	3
2.1.2 Suelos	4
2.1.3 Hidrología.....	5
2.1.4 Calidad del agua	5
2.1.5 Profundidad y permanencia del agua	5
2.1.6 Clima.....	5
2.1.7 Manejo forestal.....	5
2.2 Marco Teórico.....	6
2.2.1 Bosque Manglar	6
2.2.2 Especies de mangle encontradas en Manchón Guamuchal	6
2.2.3 Especies de bosque seco encontradas en el Manchón Guamuchal	12
2.2.3 Evaluación arbórea	13
2.2.4 Metodologías para la evaluación arbórea	14
2.2.5 Variables dasométricas	18
2.2.6 Instituto Nacional de Bosques	19
III. Objetivos	21
3.1 Objetivo General.....	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
IV. Materiales y Métodos	22
4.1 Materiales y Equipo	22
4.2 Métodos.....	22
4.2.1 Área de muestreo.....	22
4.2.2 Estimación del índice de diversidad alfa (α) y beta (β).....	25
4.2.5 Cuantificación del incremento medio anual.....	29
V. Resultados y Discusión.....	30

5.1 Estimación de los índices de diversidad alfa.....	30
5.1.1 Población arbórea	30
5.1.2 Índice de Simpson (1/D)	31
5.1.3 Índice de Shannon-Wiener	32
5.1.4 Índice de Pielou.....	33
5.2 Cálculo del índice de diversidad Beta.....	34
5.2.1 Determinación del Coeficiente de similitud de Jaccard	34
5.3 Análisis del incremento medio anual de las variables.....	36
VI. Conclusiones	42
VII. Recomendaciones	44
VIII. Referencias bibliográficas	45
IX. Anexos.....	51

Índice de Tablas

Tabla	Página
1. Materiales y equipo utilizados para el procesamiento de la información.....	22
2. Parcelas permanentes de medición forestal establecidas por INAB.....	24
3. Familias y especies arbóreas encontradas en Manchón Guamuchal.....	30

Índice de figuras

Figura	Página
1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	4
2. Fotografía de <i>Rhizophora mangle</i> L.....	7
3. Fotografía de <i>Avicennia germinans</i> (L.)L.....	9
4. Fotografía de <i>Conocarpus erectus</i> L.....	10
5. Fotografía de <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CFGaertn.....	11
6. Ubicación de parcelas permanentes de medición forestal en el Manchón Guamuchal.....	23
7. Diagrama de clasificación de los métodos de medición de la diversidad alfa para las dos localidades del Manchón Guamuchal.....	26
8. Diagrama de clasificación de los métodos de medición de la diversidad beta para las dos localidades del Manchón Guamuchal.....	28
9. Estimación del índice de riqueza específica.....	30
10. Estimación del índice de Simpson (1/D).....	31
11. Estimación del índice de Shannon Wiener.....	32
12. Estimación del índice de Pielou.....	33
13. Análisis de clúster, basado en el índice de similitud de Jaccard de las localidades de La Blanca y Retalhuleu.....	35
14. Incremento medio anual en promedio del diámetro altura del pecho, La Blanca.....	37
15. Incremento medio anual promedio diámetro altura del pecho, Retalhuleu.....	37
16. Incremento medio anual en promedio del AB/ha, La Blanca.....	38
17. Incremento medio anual en promedio del AB/ha, Retalhuleu.....	38
18. Incremento medio anual en promedio del Vol.ha, La Blanca.....	39
19. Incremento medio anual en promedio del Vol.ha, Retalhuleu.....	39
20. Densidad por clase diamétricas, La Blanca.....	40
21. Densidad por clase diamétricas, Retalhuleu.....	40
22. Densidad de árboles por hectárea, La Blanca.....	41
23. Densidad de árboles por hectárea, La Blanca.....	41
24. Forma de parcelas permanentes de 300 m ²	51

25.	Forma de parcelas permanentes de 500 m ²	52
-----	---	----

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el área que abarca el Manchón Guamuchal; humedal de gran importancia por ser el ecosistema marino costero más grande de Guatemala; por su importancia fue declarado área de protección especial en 1998 y es parte de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) desde 1995; está localizado en los municipios de La Blanca, San Marcos y Retalhuleu, Retalhuleu.

La investigación se centró en generar información sobre la diversidad de las especies de mangle, estimando los índices de alfa, beta y el incremento medio anual para evaluar la estructura forestal del Manchón Guamuchal.

Como punto de partida, para la metodología se usaron 29 parcelas permanentes de forma rectangular de 300 m² y 500 m² que cuentan con mediciones de las diferentes variables dasométricas en el periodo del 2012 al 2018 para determinar el incremento medio anual y poder así calcular la diversidad de especies arbóreas en cada localidad; la metodología incluyó el análisis de las parcelas medidas en 2017; cuya información fue proporcionada por Instituto Nacional de Bosques (INAB), Región IX.

A partir del análisis de datos obtenidos se determinó que el ecosistema manglar del Manchón Guamuchal en la diversidad alfa posee una alta riqueza por su variabilidad de especies, la cual influye en la interacción del bosque manglar con el bosque seco. En la diversidad beta Manchón Guamuchal posee bosques puros obteniendo una especie dominante *Rhizophora mangle* L. por lo que se encuentran parcelas de solamente esta misma especie.

Los incrementos medios anuales del bosque manglar del Manchón Guamuchal estimados para la localidad de La Blanca son de 0.74 cm de Diámetro Altura del Pecho (DAP), volumen con un promedio de 2.80 m³ por hectárea/año y una densidad de 907 árboles por hectárea.

Los incrementos medios anuales para la localidad de Retalhuleu son de 0.98 cm de DAP, volumen promedio de 2.14 m³ por hectárea/año y una densidad de 53 árboles por hectárea.

Los resultados del incremento medio anual permiten entender que La Blanca tiene una densidad alta, esto es debido a que el manglar tiene características heliófitas que permiten que al momento de abrir los doseles ocurra mayor abundancia de regeneración natural en el bosque.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the area covered by Manchón Guamuchal; wetland of great importance as it is the largest coastal marine ecosystem in Guatemala; because of its importance, it was declared a Special Protection Area in 1998 and is part of the Convention on Wetlands of International Importance (RAMSAR) since 1995; It is located in the municipal districts of La Blanca, San Marcos and Retalhuleu, Retalhuleu.

The research focused on generating information on the diversity of mangrove species, estimating the rates of alpha, beta and the average annual increase to evaluate the forest structure of Manchón Guamuchal.

As a starting point, for the methodology 29 permanent rectangular plots of 300 m² and 500 m² were used that have measurements of the different dasometric variables in the period from 2012 to 2018 to determine the average annual increase and thus be able to calculate the diversity of tree species in each locality; The methodology included the analysis of the plots measured in 2017; whose information was provided by the National Forest Institute (INAB), Region IX.

From the analysis of data obtained, it was determined that the Manchón Guamuchal mangrove ecosystem in alpha diversity has a high richness due to its species variability, which influences the interaction of the mangrove forest with the dry forest. In the beta diversity Manchón Guamuchal has pure forests obtaining a dominant *Rhizophora mangle* L. species, so there are plots of only this same species.

The average annual increases in the Manchón Guamuchal mangrove forest estimated for the town of La Blanca are 0.74 cm in Height of the Chest Diameter (DAP), an average volume of 2.80 m³ per hectare / year and a density of 907 trees per hectare.

The average annual increases for the town of Retalhuleu are 0.98 cm of DAP, average volume of 2.14 m³ per hectare / year and a density of 53 trees per hectare.

The results of the average annual increase allow us to understand that La Blanca has a high density, this is due to the fact that the mangrove has heliophyte characteristics that allow a greater abundance of natural regeneration to occur in the forest at the time of opening the canopies.

I. Introducción

Manchón Guamuchal está ubicado en los municipios de Retalhuleu, Retalhuleu y La Blanca, San Marcos; por su importancia fue declarado área de protección especial en 1998 y parte del convenio internacional RAMSAR en 1995.

El objetivo del estudio fue evaluar la estructura forestal del ecosistema manglar del Manchón Guamuchal, para este propósito se determinó la diversidad de las especies estimando los índices de alfa, beta y la cuantificación del incremento medio anual del bosque, con el propósito de reconocer la variabilidad de las características que posee el ecosistema.

El análisis se basó en las variables dasométricas de las 29 parcelas permanentes de medición forestal en el Manchón Guamuchal que el Instituto Nacional de Bosques ha establecido desde el 2012, de acuerdo a la metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar.

Como resultado del análisis de la diversidad alfa se determinó que en Manchón Guamuchal, la mayor diversidad se encuentra en Retalhuleu, registrando cinco especies arbóreas, demostrando ser un bosque mixto, debido a la transición del bosque manglar y bosque seco. De igual manera se concluye que en toda el área existe una especie dominante *Rhizophora mangle* L.; la cual se encuentra en su mayor distribución en el municipio de La Blanca.

Para la diversidad beta Manchón Guamuchal tienen una diversidad heterogénea; La Blanca posee parcelas de bosques puros, se distingue debido a que habitan solamente especies de bosque manglar y Retalhuleu cuenta con parcelas de bosque mixtos ya que se encuentran en una zona de transición con el bosque seco considerado como un ecotono.

Los incrementos medios anuales del bosque manglar del Manchón Guamuchal, cuantificados para la localidad de La Blanca son de 0.74 cm de diámetro a la altura del

pecho (DAP), los incrementos medios anuales para la localidad de Retalhuleu son de 0.98 cm de DAP. Existe variabilidad de diámetros entre las dos localidades, La Blanca posee mayor densidad en árboles de menor diámetro, demostrando obtener mayor regeneración natural.

A pesar de la intervención del ser humano en el bosque manglar existe la posibilidad de que se regenere nuevamente, procurando no alterar sus condiciones biológicas y que las comunidades participen en las actividades de conservación y de aprovechamiento sostenible de acuerdo a un plan de manejo forestal.

II. Revisión de Literatura

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Área de Protección Especial Manchón Guamuchal

Manchón Guamuchal está incluido en la convención RAMSAR sobre humedales, que abarca una lista de sitios de importancia mundial, particularmente aquella que proporciona hábitat para aves acuáticas. La convención fue adoptada en 1971 y firmada por más de 100 países. Guatemala ratificó la convención en junio de 1990, y en 1998 el Manchón Guamuchal fue decretado como área de protección especial por medio de la Ley de Áreas Protegidas. (Argueta, 2015, p. 400)

El Manchón Guamuchal es un humedal costero donde los manglares son las formaciones boscosas más importantes de la zona costera del Pacífico Sur de Guatemala. Asociados a éstos, aún existen áreas de vegetación acuática riparia, manchones de selva mediana, bosques de zapotón, tulares, palmares, bosques semi secos, y vegetación de dunas costeras, vegetación de la cual depende una gran riqueza faunística. (Sánchez, 1992, p. 101)

El humedal es una parada importante en el camino de las aves migratorias que llegan desde Canadá y los Estados Unidos. Entre la variada área de avifauna 14 especies de patos, 12 de los cuales son migratorios, halcones gorriones, 20 especies de garcetas. Las aves llegan en algún momento de octubre a noviembre, y salen en marzo después de pasar el invierno en las lagunas. Además de las aves hay cocodrilos, iguanas y abundancia de peces. (Argueta, 2015, p. 400)

En el área del bosque manglar las variaciones en los resultados en las diferentes investigaciones demuestran que no existe una estimación confiable para el bosque, puesto que se tienen estimaciones de 12,000 hectáreas de coberturas en 1996 para Manchón Guamuchal. (FAO, 2005, p. 305)

RAMSAR (2001) informa que el Manchón Guamuchal se encuentra en el sur-oeste de Guatemala, en la planicie costera sobre el océano Pacífico, cercana a la frontera Sur con México, con un área de 13,942 ha de cobertura en 2010. (p. 31).

Colinda con los municipios de Retalhuleu y Champerico, del departamento de Retalhuleu, y el municipio de Ocos, del departamento de San Marcos; con coordenadas geográficas 14° 28' 21.99 latitud norte y 92° 06' 45.58 longitud oeste, con una altura de 10 m.s.n.m. (RAMSAR, 2001, p. 31)

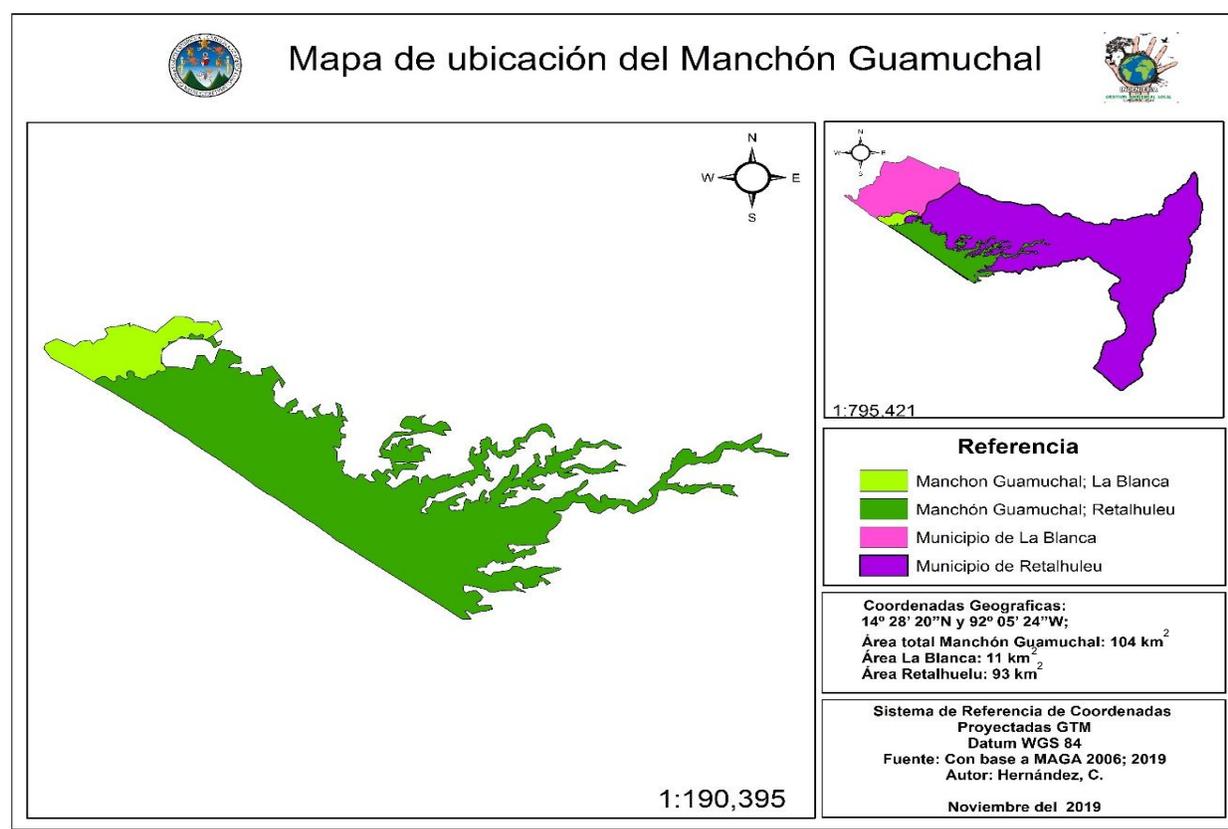


Figura 1. Mapa de ubicación del Manchón Guamuchal

Nota: Con base a información espacial proporcionada por MAGA, 2006; 2019.

2.1.2 Suelos

Son suelos mal drenados, de textura pesada y suelos arenosos que comprenden suelos Ixtán (Ix), Bucul (Bu) y Champerico (Chm), suelos aluviales y las clases de terrenos misceláneos Arena Playa de Mar. (CONAP, 2001, p. 169)

2.1.3 Hidrología

Las cuencas que drenan hacia el área incluyen parte de las cuencas de los ríos Naranjo y Ocosito. Debido al régimen de lluvias la desembocadura de los ríos, así como los movimientos de aguas marinas, se forman lagunas salobres y esteros (RAMSAR, 2001, p. 31).

2.1.4 Calidad del agua

El agua superficial del humedal presenta salinidades variadas desde agua dulce a salobre. La temperatura promedio en el agua de mar es de 29° C y la salinidad entre 32.4 y 34 partes por mil (RAMSAR, 2001, p. 31).

2.1.5 Profundidad y permanencia del agua

El río Ocosito forma una extensa zona de pantanos y lagunas costeras antes de drenar en el mar, que constituyen aproximadamente 3,500 ha de áreas de inundación. El pantano o pampa se modifica estacionalmente por la crecida del caudal durante la época lluviosa, y la baja durante la época seca, pero se tiene un promedio de 10 km² de espejo de agua. (CONAP, 2001, p. 169)

2.1.6 Clima

Se puede clasificar como cálido sin estación fría bien definida y húmeda con invierno seco. (INSIVUMEH, 1988, p. 25).

La zona donde se encuentra el bosque manglar la precipitación pluvial es inferior a 1500 mm. La humedad relativa media anual es de 67%. (Marroquín, 2011, p. 77)

2.1.7 Manejo forestal

➤ La Blanca, San Marcos

Con la política forestal guatemalteca los pobladores que cuentan con parte de la reserva natural en sus tierras son retribuidos económicamente por mantener y preservar la diversidad ecológica. (INAB, 2018, p. 45)

➤ **Retalhuleu, Retalhuleu**

Según el delegado de incentivos INAB, informa que existe manejo forestal de mangle con las fincas: Sorpresa, Sorpresa II, Cataluña y Teresita poseen cuatro proyectos de la cuales tienen incentivos por parte de INAB que impiden el corte de las especies manglares y la caza de fauna terrestre que ahí se reproduce. (D. Morales, comunicación personal, 15 de agosto de 2019).

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Bosque Manglar

Es un bosque que marca la transición entre mar y tierra que conforma la zona costera de las regiones de la costa del Pacífico y Atlántico de Guatemala. La vegetación del manglar está compuesta por árboles que poseen características que les permite sobrevivir y desarrollarse en terrenos con intrusiones de agua salada. (Avila, 2005, p. 45)

Estos ecosistemas tienen en su hábitat un gran número de especies de fauna, donde su biodiversidad adquiere un grado significativo caracterizándolo como un bosque protector. Según Sanchez (1992) la importancia de los manglares radica en tres aspectos, el primero es actuar como filtro de las escorrentías que llegan al mar, segundo, subsidian los ecosistemas litorales exportando materia orgánica y tercero, constituyen el hábitat de muchas especies animales. (p. 101)

2.2.2 Especies de mangle encontradas en Manchón Guamuchal

En Manchón Guamuchal se encuentran cuatro especies de mangle, la cual se detallan a continuación:

➤ ***Rhizophora mangle* L.**

Nombre común: Mangle rojo o mangle colorado

Familia: Rhizophoraceae

Comúnmente es conocido como mangle rojo debido al color de su madera, es un árbol perenne considerado como una especie rara debido a lo restringido de su hábitat circunscrito en lagunas costeras y bahías protegidas de la acción física del oleaje y mareas. Alcanza su máximo desarrollo estructural en ambientes con bajos niveles de estrés ambiental y antropogénico (Hernández, 2013, p. 11)

Según Agraz-Hernández (2007) se encuentra sometidas en condiciones mayor inmersión del suelo y con bajos rangos de salinidad entre 0 a 37 unidades prácticas de salinidad (ups), con tolerancia de hasta 65 ups. (p. 19)

a. Descripción de la especie

Árboles hasta 30 m o arbustos, depauperados y muy ramificados. Hojas 5-20 × 2-10 cm, elípticas, el ápice agudo; pecíolo 1-4 cm; estípulas 3-7 cm. Inflorescencias ramificadas dicotómicamente 1-2 veces, rara vez 3 veces, o la primera ramificación tricotómica, o las flores solitarias; pedúnculo 1.5-8 cm, laxo; pedicelos 6-23 mm; brácteas 2 o 3, 5-20 mm, connatas, los márgenes escariosos, el ápice agudo a anchamente agudo; bractéolas 2, 5-20 mm, connatas, los márgenes escariosos, el ápice agudo a anchamente agudo. Yemas floríferas 8-14 mm, ovoides a piriformes; sépalos 6-8 × 2.5-3.5 mm en las flores, 12-15 × 5-7 mm en los frutos, triangulares; pétalos 6-8 × 1-2 mm, caducos, glabros abaxialmente, vilosos adaxialmente; estambres 8, 4-6.5 mm, sésiles, apiculados; estilo c. 4 mm. Fruto 28-33 × 12-15 mm; hipocótilo 11-40 cm, recto o curvado. $2n = 36$. Zonas de marea, lagunas estuarinas y costeras, de aguas salobres. (Zacarías, 2019, p. 28)

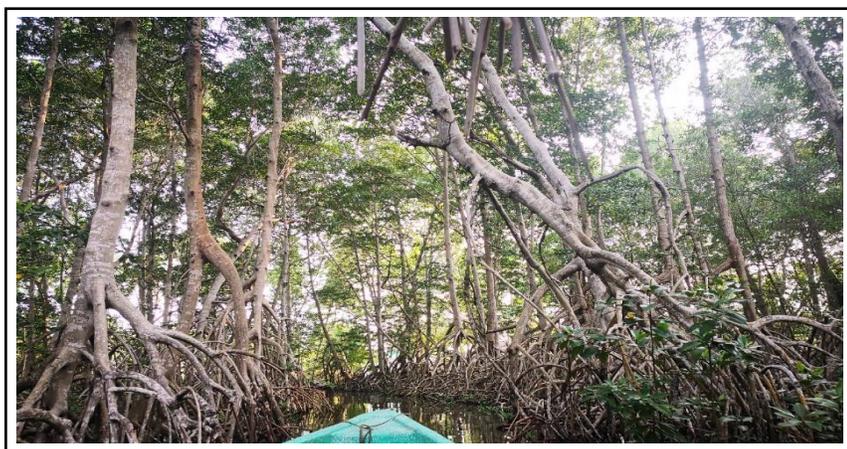


Figura 2. *Rhizophora mangle* L. (2019)
Ubicación: La Blanca, San Marcos

b. Distribución

Se encuentra desde México hasta el norte de Ecuador en la costa Pacífico y de México a Brasil en la costa oeste del Atlántico. Se localiza además en la costa oeste de África desde Angola hasta Mauritania (SEMARNAT, 2017, p. 29). Según Zacarías (2019) su distribución es la de mayor abundancia en todo el Pacífico y Atlántico de Guatemala. Importante resaltar que ésta especie está reportada dentro de área protegida de Laguna del Tigre ubicada en el departamento de Petén (p. 28).

➤ ***Avicennia germinans* (L.)L**

Nombre Común: Mangle negro

Familia: Acanthaceae

Se encuentran en condiciones de menor inmersión del suelo, debido a que esto solo se presenta en mareas altas. Suele encontrarse en las condiciones de mayor salinidad de 0 a 65 ups, con límites de tolerancia hasta 100 ups. (Agraz-Hernández, 2007, p. 19)

a. Descripción de la especie

De grandes arbustos a árboles, pudiendo alcanzar en ocasiones excepcionales alturas de 50 m, usualmente más pequeños en Guatemala; la corteza someramente fisurada, oscura, anaranjado rojiza en el interior, las ramas jóvenes pálidas, densa y diminutamente puberulentas; hojas sobre pecíolos cortos y extendidos, los limbos coriáceos, oblongos u oblongo lanceolados, de 3 a 12 cm de largo, 1 a 4 cm de ancho, obtusos o agudos, agudos o atenuados en la base, grisáceos o verdes en el haz, y glabros o finamente pubescentes o puberulentos, blanquecinos, grisáceos o pálidos en el envés, y densa y diminutamente puberulentos o a veces glabros abaxialmente, las venas usualmente conspicuas; inflorescencias cortas, formando panículas de 2 a 5 cm de largo, las flores sésiles, aglomeradas en los extremos de los ráquices; brácteas y bracteólas ovado agudas, imbricadas; corola verdosa, crema, amarilla o blanca, el tubo de 3 a 4 mm de largo, glabro, los lóbulos de 3 a 5 mm de largo, redondos, seríceos tanto interna como externamente, un lóbulo a menudo bífido; estilo usualmente de 1 a 2 mm de largo en la antesis, algunas veces alcanzando los 3 mm de largo al momento que cae la corola; estambres 4, epipétalos, homodínamos, introrsos, blanquecinos;

óvulos 4 sobre una placenta central; cápsula apiculada, oblicuamente oblonga, ovada, u oblonga ovada, lateralmente comprimida, de 2 a 3 (a veces 4) cm de largo, verde pálido, finamente pubescente; semillas péndulas, sin endospermo, usualmente germinando en la cápsula. (Zacarías, 2019, p. 28)



Figura 3. *Avicennia germinans* (L.)L.
Ubicación: Santo Domingo, Suchitepéquez

b. Distribución

Según Zacarías (2019) esta especie se puede encontrar en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Santa Rosa, Jutiapa de Guatemala y asociada con *R. Mangle* L. y *L. racemosa* (L.) C.F. Gaertn. Distribuida en toda la costa sur del Pacífico y en el Atlántico guatemalteco en el municipio de Livingston, Izabal. (p. 28).

➤ ***Conocarpus erectus* L.**

Nombre Común: Botón o botoncillo

Familia: Combretaceae

Esta especie se reconoce como una especie “asociada” a los manglares, ya que no comparte características distintivas que definan a un verdadero mangle (viviparidad, raíces especializadas). (SEMARNAT, 2017, p. 29)

Se encuentra ocasionalmente en condiciones de inmersión del suelo y bajo concentraciones de salinidad altas de 0 a 90 ups, con tolerancia hasta 120 ups. (Agraz-Hernández, 2007, p. 19)

a. Descripción de la especie

Arbustos o árboles hasta 10-20 m. Hojas 3-12 x 1-3.5 cm (incluyendo el pecíolo), angostamente elípticas o algunas veces elípticas, con 2 glándulas sésiles en el pecíolo o la lámina decurrente, gradualmente atenuándose en la base y ápice. Cabezuelas de flores 3-5 mm de diámetro, agrandándose hasta 5-15 x 7-13 en el fruto. Manglares y suelos arenosos cerca del mar. 0-30 m. (Zacarías, 2019, p. 28)



Figura 4. *Conocarpus erectus* L.
Ubicación: Santo Domingo, Suchitepéquez

b. Distribución

Según Zacarías (2019) indica que esta especie se encuentra en la zona de transición entre los manglares y los bosques secos en el litoral del Pacífico y en el Atlántico escasamente localizable (p. 28).

➤ ***Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn**

Nombre Común: Mangle Blanco

Familia: Combretaceae

El mangle blanco crece bajo una gran variedad de condiciones. Por lo general se le puede encontrar en la franja interior de los manglares, en los suelos elevados en donde las inundaciones por las mareas son menos frecuentes e intensas y en los manglares en hoyadas en donde el flujo de las marea es limitado. (SEMARNAT, 2017, p. 29)

Esta especie se encuentra en las condiciones de tiempo de residencia de las aguas elevadas y en rangos bajos de salinidad de 0 a 42 ups, con tolerancia hasta 80 ups. (Agraz-Hernandez, 2007, p. 19)

a. Descripción de la especie

El mangle blanco es un arbusto o árbol de hasta 20 metros de alto por 60 cm de diámetro. Su tronco es recto con ramas ascendentes, copa redondeada y densa. Las ramas jóvenes son ligeramente aplanadas de color pardo moreno; su corteza externa es gris oscura. La corteza interna es de color rosa a rojo oscuro; sus hojas de 3-12 x 2-6 cm, elípticas a oblongo-elípticas, glabras, la base y el ápice obtusos a redondeados; pecíolo de 7-20 mm, con 2 glándulas sésiles distales. Espigas de 2-20 cm (incluyendo el pedúnculo); sus flores estaminadas 2 mm (incluyendo el cáliz); flores pistiladas y bisexuales hasta 6.5 mm (incluyendo el ovario y el cáliz). Frutos 12-20 x 4-10 mm (incluyendo el ovario y el cáliz). (Zacarías, 2019, p. 28)



Figura 5. *Laguncularia racemosa* (L.) CFGaertn
Ubicación: Santo Domingo, Suchitepéquez

b. Distribución

Según CONABIO-CONAP (2009, p. 5) El mangle blanco existe en el oeste de África desde Senegal a Camerún, en las Bermudas y en América en ambas costas desde Florida y el norte de México hasta Brasil y Ecuador, Según Zacarías (2019) Esta especie se pueden localizar en ambas costas (Atlántico y Pacífico) de Guatemala.(p. 28)

2.2.3 Especies de bosque seco encontradas en el Manchón Guamuchal

Las especies de bosque seco que se pudieron encontrar en Manchón Guamuchal son dos las cuales se detallan a continuación:

➤ ***Annona glabra* L.**

Nombre común: Anona, Guanaba.

Familia: Annonaceae

Es un árbol tolerante a las inundaciones, crece asociada a las especies de mangle, la cual crece cerca del mar, en áreas temporales o permanentemente inundadas con agua salobre o salina. (Zotz, G., Tyree, M. T., Patiño, S. 1997, p. 45; Núñez-Elisea, R., Schaffer, B., Fisher, J.B., Colls, A.M. & Crane, J.H. 1999, p. 111)

a. Descripción de la especie

Es un arbusto o árbol semi decíduo alto hasta cerca de 12 m, si bien normalmente se mantiene más bajo, con corteza gris rugosa y ligeramente fisurada y hojas simples alternas, sobre un pecíolo largo de 1-2 cm, de ovadas a elípticas con ápice redondeado o en punta, de 5-16 cm de largo y 3-6 cm de ancho, coriáceas, de color verde intenso brillante superiormente, pálido inferiormente, y nervadura central prominente. (Zotz et al. 1997, p. 45; Núñez-E. et al. 1999, p. 111).

Flores solitarias, sobre un pedúnculo largo 1,5-2 cm, entre los nudos o terminales de 2,5-3 cm de diámetro, con tres sépalos ovados con ápice en punta, largos casi de 0,5 cm y seis pétalos, tres externos ovados con ápice en punta, cóncavos, espesos, largos

de 2,5-3 cm y anchos de 2-2,5 cm, amarillo verduzcos con manchas rosa en la base, y tres internos, largos 1,5-2,5 cm y anchos de 1,6 cm, con la superficie externa de color amarillento, la interna púrpura oscuro y ligeramente pubescente (Zotz et al. 1997, p. 45; Núñez-E. et al. 1999, p. 111)

b. Distribución

Su distribución global en países de Asia como: China, India, Sri Lanka; África; Australasia; Norteamérica; Es nativo de las Américas tropicales. (Sakulich, 2011, p. 107)

➤ ***Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm**

Nombre común: Chaperno

Familia: Fabaceae

Árbol muy común de las primeras etapas sucesionales del bosque seco secundario. La especie es muy bien conocida y apreciada para leña, carbón y postes. (Cordero, 2003, p. 955)

a. Descripción de la especie

Árbol, de hasta 10 m. Hojas alternas, compuestas, imparipinnadas, con 5 hasta 13 folíolos opuestos, de 1.5-8 x 0.7-3.5 cm, elípticos a lanceolados, los márgenes enteros; con estípulas. Inflorescencias espigadas, de 3-9 cm. Flores púrpuras o rojo-violetas. Frutos de 3-5.5 cm, linear-oblongos, elípticos u obovados. (Cordero, 2003, p. 955)

b. Distribución

De México a Panamá en bosques húmedos y secos; de 0-1300m. (Cordero, 2003, p. 955)

2.2.3 Evaluación arbórea

Los ecosistemas de manglar tienen una gran variedad de ambientes determinados sobre todo la latitud, la topografía y los efectos de desfogue del número y volumen de las corrientes fluviales. (Sanchez, 1992, p. 101)

Por eso mismo se evalúan parámetros estructurales de la vegetación del bosque manglar como insumo para la conservación y manejo de los recursos. (Muñoz, 2000, p. 95)

2.2.3.1 Importancia de la evaluación arbórea

Permite conocer la estructura del bosque manglar dependiendo de sus factores físicos y biológicos. De acuerdo al estudio estructural del bosque puede ser condición básica para comprender las relaciones entre las especies y la capacidad biológica del área, proponiendo medidas para la gestión y administración de los recursos. (Muñoz, 2000, p. 95)

2.2.3.2 Índices de diversidad de especies

Whittaker (1972, p. 86), identificó distintos componentes de la diversidad biológica que corresponden a diferentes niveles de escala espacial y los designó como diversidades Alfa, Beta y Gamma, esto con el fin de comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje (Moreno, 2001, p. 87).

2.2.4 Metodologías para la evaluación arbórea

2.2.4.1 Parcelas permanentes de muestreo

Son sitios de investigación permanentes que permiten realizar mediciones periódicas, que son de utilidad con fines descriptivos. Una red de parcelas permanentes de muestreo (PPM) puede ser distribuida al azar, de una manera aleatoria, o seguir un diseño; del tamaño y ubicación de un conjunto de parcelas permanentes de muestreo. (Brumér, 2002, p. 264)

Las parcelas permanentes generan información sobre el estado y dinámica de los bosques, proporcionando un mejor sustento para la planificación, diseño de políticas, estrategias y directrices, así como también conservación y manejo sostenible a los diferentes ecosistemas forestales del país. (INAB, 2012, p. 39)

2.2.4.2 Tamaño y forma de parcelas

Según Prodan, M., Peters, R., Cox, F. & Real, P. (1997, p. 533) existen diferentes tipos y tamaño de parcelas puede variar dependiendo de la información que se requiera del producto final y la variable a medir, estas pueden ser:

- Parcelas circulares
- Parcelas cuadradas
- Parcelas rectangulares
- Parcelas poligonales.

El INAB ha creado parcelas permanentes de medición forestal para bosque manglar rectangulares de 500 m² con dimensiones de 20 X 25 m., y parcelas permanentes de 300 m² con dimensiones de 10 x 30 m. (INAB, 2016, p. 37). Para el análisis se utilizaron parcelas creadas por INAB.

Para la evaluación arbórea se realiza la metodología de diversidad alfa y beta la cual se basa en los índices de diversidad por lo que se detallan a continuación:

2.2.4.3 Diversidad Alfa

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una muestra territorial, la cual muestra el número de especies que viven y están adaptadas a un hábitat homogéneo, cuyo tamaño determina el número de especies por la relación área-especie, en la cual a mayor área mayor cantidad de especies. (Sugg, 1996, p. 86; Whittaker, 1972, p. 86).

La diversidad alfa se refiere a lo que medimos: la riqueza de especies de una muestra territorial o la riqueza de especies de la muestra de una comunidad, así considerado el concepto necesita de precisión (Halffter, G., Soberon, P., Koleff, C. & Melic, A., 2005, p. 242).

- **Índice de riqueza específica**

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de

importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. (Moreno, 2001, p. 86)

- **Índice de dominancia**

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de especies. (Moreno 2001, p. 86). En este caso se utilizó el índice inverso de Simpson.

- **Índice inverso de Simpson**

Expresa la probabilidad de extraer de la comunidad dos individuos al azar que sean de la misma especie. Es una medida de dominancia donde las especies comunes tienen mucho peso respecto a las especies raras. Oscila entre 0 (cuando hay únicamente una especie) y $(1-1/S)$. (Moreno, 2001, p. 86).

- **Índice de equidad**

Expresa la equitatividad de los individuos de cada especie detectada en el muestreo. (Carmona, 2013, p. 28). Existen muchos índices para calcular pero se utilizaron los índices de Shannon-Wiener y Pielou.

- **Índice de Shannon-Wiener**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988, p. 175; Peet, 1974, p. 285; Baev & Penev, 1995, p. 600; Moreno, 2001, p. 86).

El índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988, p. 175; Moreno, 2001, p. 86).

- **Índice de Pielou**

Este índice mide la uniformidad o equilibrio de un ecosistema, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima. Oscila entre valor 0 y 1. (Moreno, 2001, p. 86).

2.2.4.4 Diversidad Beta

Whittaker (1972) la define como el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades de un paisaje (p. 86).

Estas diferencias podrán ocurrir en el espacio, cuando las mediciones se hacen en sitios distintos en un mismo tiempo, o en el tiempo, cuando las mediciones se realizan en el mismo lugar pero en distintos tiempos (Halffter et al., 2005, p. 204).

- **Índices de similitud/disimilitud**

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988, p. 175; Baev y Penev, 1995, p. 600)

- **Coefficiente de similitud de Jaccard**

Se obtiene un porcentaje de la similitud de los sitios, viendo que tan parecidos son en términos de especies, proporcionando información sobre las diferencias entre ambos utilizando todas las especies encontradas en los lugares muestreados. Mientras más cercano a 1, más parecidos serán los sitios. (Moreno, 2001, p. 86)

Para realizar el índice de Jaccard se utilizó el análisis cluster para realizar clasificaciones de acuerdo a similitud de especies.

- **Análisis de clúster**

El análisis clúster o también llamado análisis de conglomerados es una técnica de análisis de datos que permiten resolver problemas de clasificación (Villardón, 2015, p.

22). El análisis percibe reunir los elementos en grupos lo más homogéneos posibles, de la manera que los elementos de los conglomerados sean muy parecidos. Al mismo tiempo, buscando la máxima heterogeneidad entre los clústeres (Uriel y Aldás, 2005, p. 523).

2.2.4.5 Incremento medio anual (IMA)

Corresponde al promedio de incremento hasta el momento actual, se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad. (INAB, 2001, p. 222).

- **Clases diamétricas**

En bosques heterogéneos, el DAP se agrupa generalmente en clases diamétricas, que son intervalos definidos por un límite inferior y un límite superior, su diferencia define la amplitud de la clase diamétrica a la que pertenecerá un árbol dentro de un bosque. (Félix, 2014, p. 89)

2.2.5 Variables dasométricas

- **Diámetro**

Diámetro o diámetro normalizado es llamado DAP porque es la medición que se realiza a una altura de a 1,30 m sobre el nivel del suelo (Félix, 2014, p. 89)

Según Ministerio de Ambiente de Colombia (1998) cuando el árbol tiene defectos en su tronco a esa altura o raíces grandes y muy altas, como en el caso del mangle rojo, el diámetro se mide a unos 50 centímetros arriba de la última raíz o del defecto (p. 20).

- **Altura**

Según INAB (1999, p. 62), altura total es la altura que mide un árbol desde el suelo al ápice de la copa, sirve para estimar el volumen total, el crecimiento de un árbol, el índice de sitio, altura dominante, etc.

2.2.6 Instituto Nacional de Bosques

El Instituto Nacional de Bosques -INAB- es una institución de gobierno, semi-autónoma, con dependencia del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-. Es delegada como autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia forestal, buscando fomentar y regular el uso del bosque, bajo la constante mejora en los servicios que brinda a la población guatemalteca, especialmente vincula a la población al uso sostenible de los bosques. (INAB, 1999, p. 62)

El INAB trabaja de acuerdo a la ley forestal, en relación al ecosistema manglar. La ley forestal “Declara el interés nacional de protección, conservación y restauración de los bosques de mangle en el país será objeto de un reglamento especial la cual debe ser elaborado por el INAB, donde prohíbe el cambio de uso de la tierra de estos ecosistemas”. (Ley Forestal decreto No. 101-96. Art. 35).

- **Acciones impulsadas por INAB para la conservación del bosque manglar.**

INAB ha impulsado la generación de datos sobre el recurso forestal del ecosistema manglar de Guatemala desde el 2011 donde se establecieron parcelas permanentes de medición forestal –PPMF-. Estas son medidas año con año para actualizar los datos, periódicamente establecen nuevas parcelas permanentes en coordinación con diferentes organizaciones e instituciones. (Hernández, C., 2019, p. 30)

Es por ello que el INAB desarrolló la “Metodología para el establecimiento y mantenimiento de las parcelas permanentes de medición forestal en bosque natural del ecosistema manglar” que busca estandarizar la obtención de datos en campo a través del tiempo, para su posterior análisis que permita sustentar posibles propuestas técnicas de manejo sostenible, conservación, protección y restauración de este ecosistema. (INAB, CONAP, ICC. 2016, p. 25)

La metodología constituye una herramienta esencial para controlar e identificar el correcto registro de los datos de campo entre mediciones permitiendo contar con los análisis adecuados que fundamenten y apoyen en la toma de decisiones en la conservación, protección, restauración y manejo sostenible del recurso manglar.

Otras de las acciones que realiza INAB son:

- a. Asistencia técnica:** que permite realizar capacitaciones sobre sobre reforestaciones e importancia sobre el ecosistema manglar. (Canastuj, E., 2019, p. 48)

- b. Monitoreos:** En estos se realizan recorridos internos en el bosque manglar o a las orillas por vía marítima el objetivo es identificar ilícitos referentes a las especies de mangle, observar si hay plagas y enfermedades dentro del bosque y llenar los formularios correspondientes. (Canastuj, E., 2019, p. 48)

- c. Puestos de Control:** Se coloca puntos estratégicos en compañía de las instituciones correspondientes, para cuantificar e identificar madera en estos operativos. (Canastuj, E., 2019, p. 48)

III. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar la estructura forestal del ecosistema manglar del Manchón Guamuchal.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1 Estimar los índices de diversidad alfa (α) del bosque manglar en el Manchón Guamuchal.

3.2.2 Calcular los índices de diversidad beta (β) del bosque manglar en el Manchón Guamuchal.

3.2.3 Cuantificar el incremento medio anual del bosque en el ecosistema manglar Manchón Guamuchal.

IV. Materiales y Métodos

4.1 Materiales y Equipo

Tabla 1. Materiales y equipo utilizados para la ejecución de la investigación.

No.	Materiales	Cantidad	Costo
1	Computadora	1	Q. 4,000.00
2	Microsoft ® Excel	1	Q. 200.00
3	Programa ArcGis ® 10.3	1	Q. 2,000.00
4	Programa Google™ Earth Pro ¹	1	Q. 0.00
5	Software PAST®	1	Q. 0.00
6	Calculadora	1	Q. 75.00
7	Libreta	1	Q. 5.00
8	Lápiz	1	Q. 2.00
9	Gasolina (lancha y vehículo)	2	Q. 300.00
Total			Q. 6,582.00

Nota: Con base a cotizaciones realizadas en comercios en Mazatenango, 2019.

4.2 Métodos

A continuación se detalla la metodología en que se basó la investigación:

4.2.1 Área de muestreo

Para la evaluación de la estructura arbórea se tomó como base 29 parcelas permanentes de medición forestal que el INAB estableció en el Manchón Guamuchal, a partir del 2012 al 2019 se tienen datos dasométricas de las mismas.

Las 29 parcelas permanentes² tienen forma rectangular, existen las 8 parcelas de 300 m² (de 30 * 10 m) esto es debido que son las primeras parcelas que INAB estableció en el 2012 y anteriormente usaban esta forma. Para el año 2016 INAB estableció nueva

¹ El programa Google™ Earth Pro y el Software PAST® son libres por lo que no tienen ningún costo.

² Ejemplo de las formas de parcelas permanentes se encuentran en anexos (figuras 24 y 25, p. 50 y 51).

metodología para las parcelas donde se determinó el uso de parcelas de 500 m² (de 20 * 25 m). El territorio de La Blanca, San Marcos posee 8 parcelas con medidas de 300 m² y 7 parcelas de 500 m² dando una totalidad de 15 parcelas permanentes y Retalhuleu posee 14 parcelas permanentes con medidas de 500 m², todas estas fueron utilizadas para el análisis de la evaluación arbórea del Manchón Guamuchal.

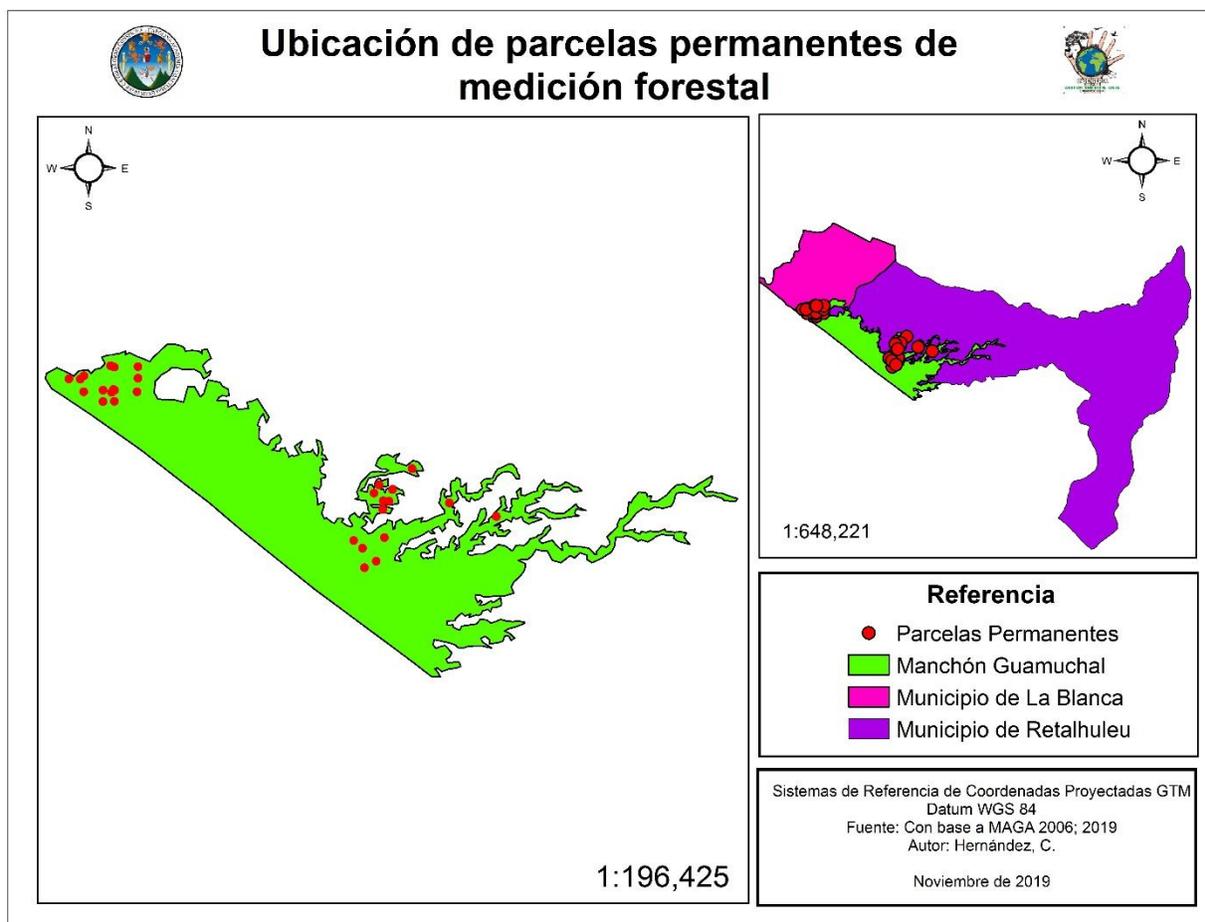


Figura 6. Ubicación de parcelas permanentes de medición forestal en el Manchón Guamuchal.

Fuente: Con base a información espacial proporcionada por MAGA, 2006; 2019.

A continuación se detallan datos de las parcelas permanentes que han sido establecidas por INAB, estas se encuentran identificadas por: código de parcela, ubicación, tamaño en metros cuadrados (m²) y coordenadas geográficas GTM de cada una de las mismas para su análisis.

Tabla 2. Parcelas Permanentes de Medición Forestal establecidas por INAB.

Código de parcela	Ubicación	Tamaño (m ²)	Coordenadas GTM	
			X	Y
0-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	320792.3	1603392
1-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	321291.5	1603400.6
2-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	320792	1603891
3-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	321297.7	1603895.8
4-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	319291	1604387
5-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	319793.1	1604383.2
8-2014 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	500	321291.55	1604909.26
1-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	319943.56	1603820.97
2-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	321166	1603800
3-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	322289.16	1603821.72
4-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	319952.4	1604517.5
5-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	321249.1	1603918.3
6-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	322331.5	1604420
7-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	321118	1604965.28
8-2012 INAB/ESTEFFFOR	La Blanca, San Marcos	300	322329.8	1604925.3
1-2015 INAB	Retalhuleu	500	332924.6	1599721.45
1-2015 INAB/AGROACEITE	Retalhuleu	500	338075	1598332
2-2015 INAB/AGROACEITE	Retalhuleu	500	336010.4	1598927.85
1-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	334368	1600441
2-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	333361.23	1599009.13
3-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	333099	1599017
4-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	333509	1599521
5-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	332699	1599366
6-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	333081.5	1598643.5
7-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	331806	1597278
8-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	332197	1596933
9-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	332796	1596364
10-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	333149.72	1597409.68
11-2016 INAB/CUNTOTO	Retalhuleu	500	332279	1596075

Fuente: Con base a información de las parcelas permanentes brindada por INAB, 2019.

El área que ocupan las parcelas permanentes en el Manchón Guamuchal es de: 12,900 m², en La Blanca representa el 45.74 % y en Retalhuleu el 54.26% del total del área del Manchón Guamuchal.

4.2.2 Estimación del índice de diversidad alfa (α) y beta (β)

Para el alcance de este objetivo se realizaron las actividades siguientes:

4.2.2.1 Identificación y clasificación de la vegetación arbórea

Para el análisis e interpretación de datos se realizó una clasificación de la vegetación, que consiste, según Matteucci D. C. & Colma, A. (1982) en agrupar las especies según las características de cada una de las parcelas. (p. 163)

Para la clasificación de las especies arbóreas se utilizaron las 29 parcelas permanentes con datos del 2017, se recolectó la información del tipo y número de especies, elaborando un listado en cada comunidad establecida. Se realizaron tablas dinámicas en Excel para su mejor clasificación de acuerdo a cada una de las parcelas y especies.

4.2.2.2 Cálculo del índice de diversidad alfa

Con base a la identificación realizada previamente se determinó utilizar en la investigación el programa de análisis de datos PAST (Paleontological Statistics) versión 3.24 ya que es un software gratuito para el análisis de datos científicos, con funciones para la manipulación de datos, trazado, estadísticas univariadas y multivariadas, análisis ecológico, series de tiempo y análisis espacial, morfometría y estratigrafía. (Hammer, 2001, p. 9). Que permite reducir el tiempo en el ingreso y la manipulación de los datos.

Previamente se hicieron los siguientes índices de diversidad:

Se realizó un diagrama para facilitar la identificación de los índices de diversidad alfa que se utilizaron para realizar las estimaciones.

a. Nivel alfa (α)

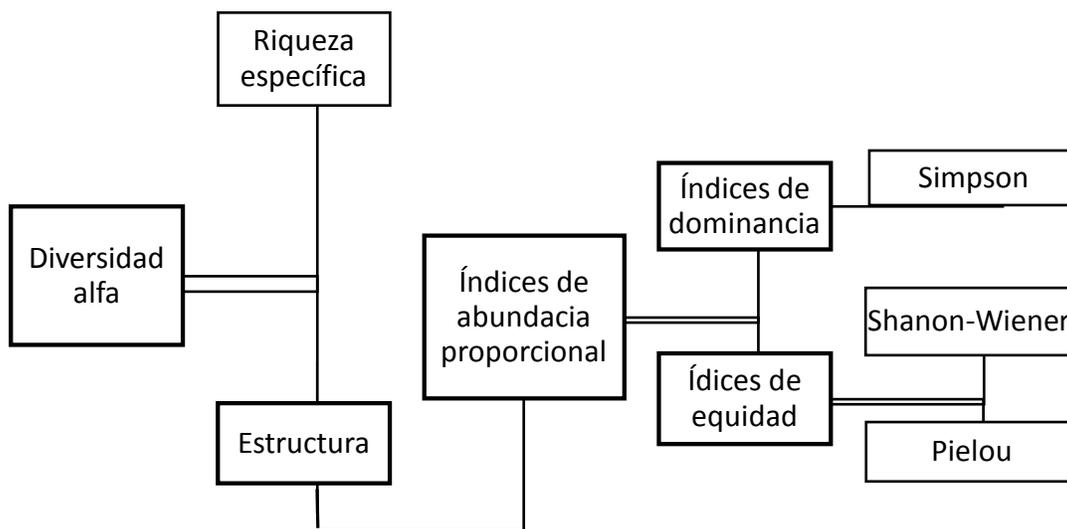


Figura 7. Diagrama de clasificación de los métodos de medición de la diversidad alfa para las dos localidades del Manchón Guamuchal.

Con base a los datos enlistados se calcularon los índices de diversidad de riqueza, dominancia y similitud.

- **Riqueza específica:**

Número total de especies obtenidos por parcela.

Para el cálculo del índice de diversidad de dominancia que se utilizó es el índice inverso de Simpson que se detalla a continuación:

1. Índice inverso de Simpson:

Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes. (Magurran, 1988, p. 175).

Este índice es inverso al concepto de equidad de la comunidad, ya que toma en cuenta las especies con mayor número de individuos sin considerar al resto de especies, siendo menos sensible con la riqueza de especies. (Magurran, 1988, p. 175)

$$D. inv = \frac{1}{\sum(p_i)^2}$$

Donde:

Dinv= índice inverso de Simpson

Pi= abundancia proporcional de la especie *i*ésima especie respecto al número total de individuos.

Para los índices de similitud se utilizaron dos las cuales se detallan a continuación:

2. Índice de Shannon-Wiener:

Este índice calcula la equitatividad de especies. (Carmona, 2013, p. 28)

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

ln = logaritmo natural (loge)

pi = abundancia proporcional de la especie *i*ésima especie.

Se resulta obtener el número de individuos de la especie dividido entre el número total de individuos de la muestra. (Suri, 2013, p. 154)

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección.(Moreno, 2001, p. 86).

3. Índice de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, este índice se obtiene utilizando la siguiente fórmula: (Moreno, 2001, p. 86)

$$J = H / \ln(S)$$

Donde:

H = índice de diversidad de Shannon;

S = número de especies (o riqueza).

Al igual que con la diversidad el índice de uniformidad considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra.

Pielou adopta valores entre 0 y 1, el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad.

b. Nivel beta (β)

El siguiente diagrama se realizó para facilitar la identificación de los índices de diversidad beta que se utilizaron para realizar las estimaciones.

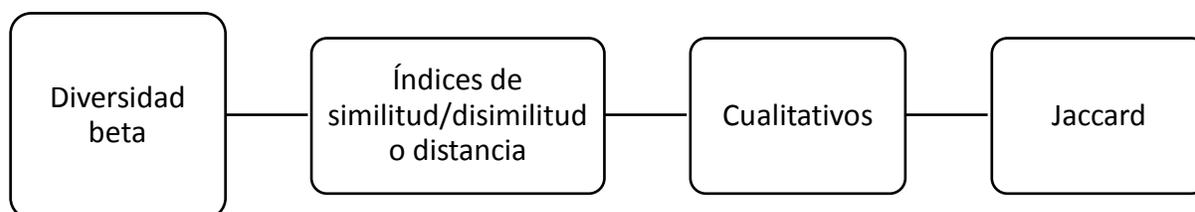


Figura 8. Diagrama de clasificación de los métodos de medición de la diversidad beta para las dos localidades del Manchón Guamuchal.

Coeficiente de similitud de Jaccard:

$$IJ = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. (Moreno, 2001, p. 86).

4. Método de clasificación para identificación de grupos

Es una clasificación que permite identificar grupos de datos y permite encontrar estructura en los mismos, esto se utilizó como base para calcular el índice de Jaccard de acuerdo al programa PAST. Los datos con mayor similitud son combinados para formar un solo clúster, el análisis prosigue agrupando sucesivamente los sitios similares hasta construir un dendrograma completo (Uriel y Aldás, 2005, p. 523).

Así las muestras que se unen en un clúster tienen mayor similitud entre sí de acuerdo a especies, que las correspondientes a otros clúster (Magurran, 1988, p. 175).

4.2.5 Cuantificación del incremento medio anual.

a. Recolección de información

Con la información de las variables dasométricas obtenidas de las 29 parcelas permanentes del Manchón Guamuchal del bosque manglar, se procedió a tabular los datos con la ayuda de las hojas de cálculo de Excel. En dichas hojas se realizó el proceso y análisis de las variables de interés en la investigación dentro del área del ecosistema manglar.

Para el análisis e interpretación de datos relacionados se analizaron las variables dasométricas siguientes: mortalidad, volumen, área basal y DAP de cada una de las 29 parcelas permanentes del Manchón Guamuchal con mediciones desde el 2015 hasta el 2018.

b. Cálculo del Incremento Medio Anual (IMA)

Para poder establecer el comportamiento del bosque en cuanto a su desarrollo se clasificó en clases diamétricas con rangos de DAP mínimo de 5 cm a 55 cm, una vez determinado las clases diamétricas se procede a realizar la estimación de las variables dasométricas. La fórmula empleada para calcular el IMA que corresponde al incremento producido en un año de intervalo, se realizó la misma operación para estimar área basal y DAP.

$$\text{IMA (Volumen)} = \text{Volumen} / \text{Periodo de tiempo}$$

V. Resultados y Discusión

5.1 Estimación de los índices de diversidad alfa

5.1.1 Población arbórea

La diversidad identificada se presenta en el siguiente cuadro:

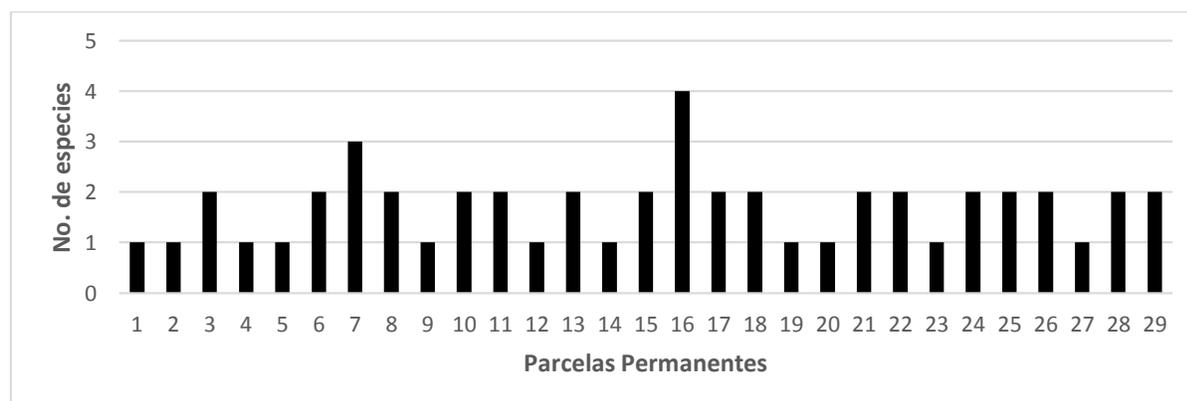
Tabla 3. Familias y especies encontradas en Manchón Guamuchal.

Familia	Especie	Nombre común	Porcentaje
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangle rojo	47.01%
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C. F. Gaertn..	Mangle blanco	39.14%
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.)L.	Mangle negro	12.01%
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L.	Botoncillo	1.43%
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> L.	Anona	0.25%
Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm	Chaperno	0.16%

Nota: Con base a especies arbóreas en los ecosistemas de manglar en Guatemala. (INAB, 2019)

A continuación se detalla en la figura 9 los números de especies que se encuentran dentro de cada parcela.

Figura 9. Riqueza específica



La mayor cantidad de diversidad se encuentra en Retalhuleu, registrando cinco especies arbóreas las cuales son: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., *Conocarpus erectus* L., *Annona glabra* L., *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm., demostrando ser un bosque mixto, debido a la transición del bosque manglar y bosque seco.

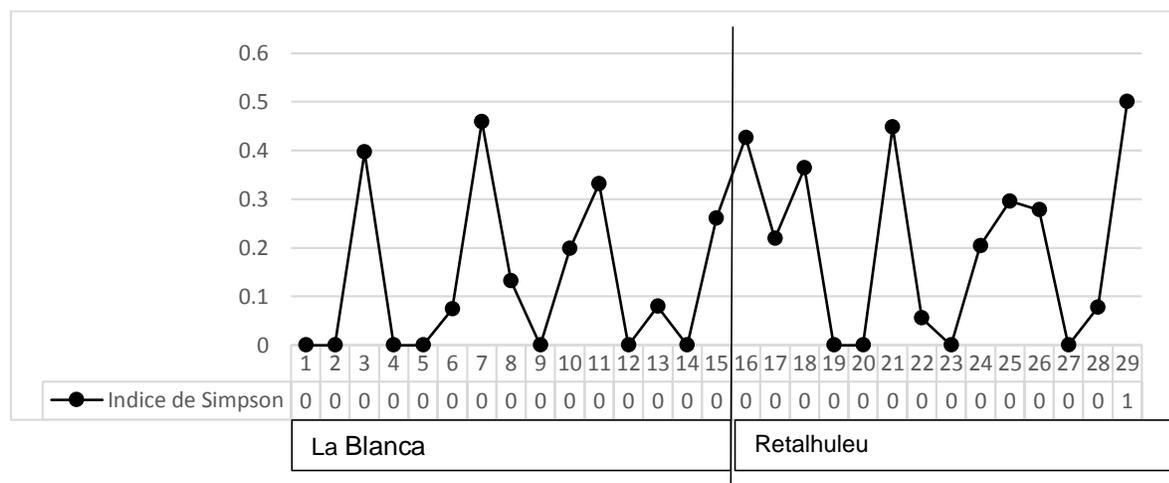
En La Blanca se encuentran tres especies arbóreas las cuales son de bosque manglar: *Avicennia germinans* (L.)L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn, y *Rhizophora mangle* L., demostrando ser un bosque puro, debido a que existen parcelas que tienen una sola especie, así mismo la riqueza fue disminuyendo a medida que incrementa la altitud, tiene un grado alto de tolerancia a la inundación por lo que depende de la geomorfología de la costa.

Algunos estudios han demostrado que las especies arbóreas de una comunidad de mangle dependen del hidroperíodo y la altura topográfica, ya que tienden a ocupar localidades donde ocurre una inundación permanente, de igual manera con localidades de zonas elevadas junto con arbustos. (Bunt J. S., Williams, W.T. & Bunt, E. D 1985, p. 492; He B, Lai T, Fan H, Wang W. & Zheng H 2007, p. 262)

5.1.2 Índice de Simpson (1/D)

El índice de Simpson tiene la tendencia a ser más pequeño cuando la comunidad es más diversa. En la siguiente figura se visualiza que existen 11 parcelas en valor 0 esto quiere decir que existe dominancia aunque en su mayoría hay mayor diversidad.

Figura 10. Estimación del índice de Simpson (1/D).



Según los resultados del índice, en el Manchón Guamuchal la mayor dominancia es *Rhizophora mangle* L. La mayor distribución se ve concentrada en el municipio de La Blanca, sin embargo existen bosques puros de esta especie en el municipio de Retalhuleu, aunque en menor proporción debido a que las parcelas se encuentran a una mayor altitud.

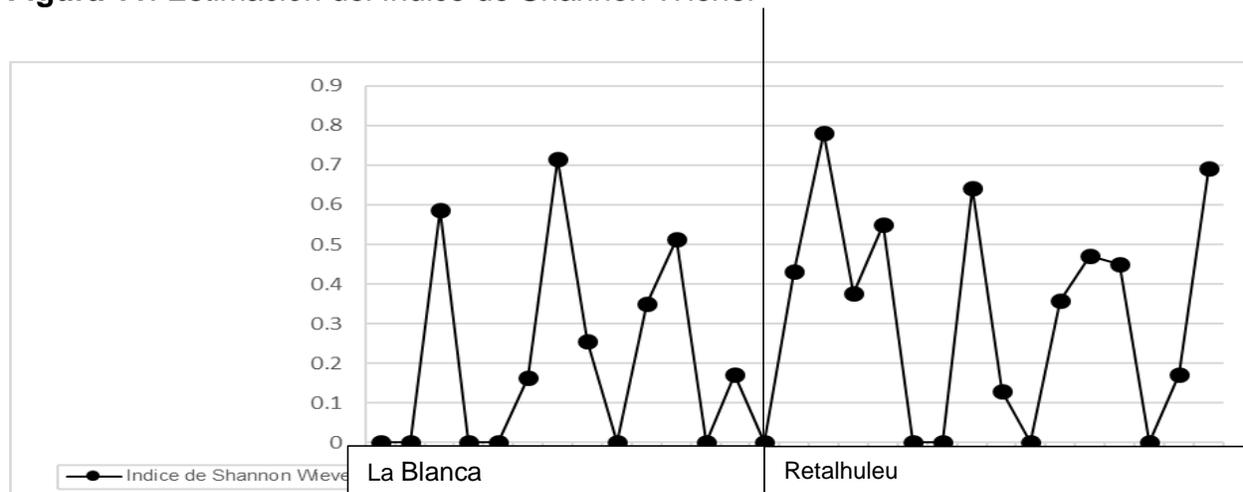
Según la distribución de las parcelas, *Rhizophora mangle* L., tiene mayor presencia cerca de los cuerpos de agua, lo cual se puede visualizar en el mapa de ubicación de las parcelas (figura 6, p. 22).

5.1.3 Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon es similar al índice de Simpson, sin embargo, evalúa la diversidad de especies en comunidades.

En la figura 11 se visualiza que aumentan los valores cuando se tienen mayor diversidad dando entender que existe alta riqueza ya que cuentan con 18 parcelas que tienen dos o más especies.

Figura 11. Estimación del índice de Shannon Wiener



Para el índice de Shannon-Wiener la localidad que presentó una mayor diversidad de especies es Retalhuleu por lo que coincide con el índice de Simpson ya que posee mayor diversidad.

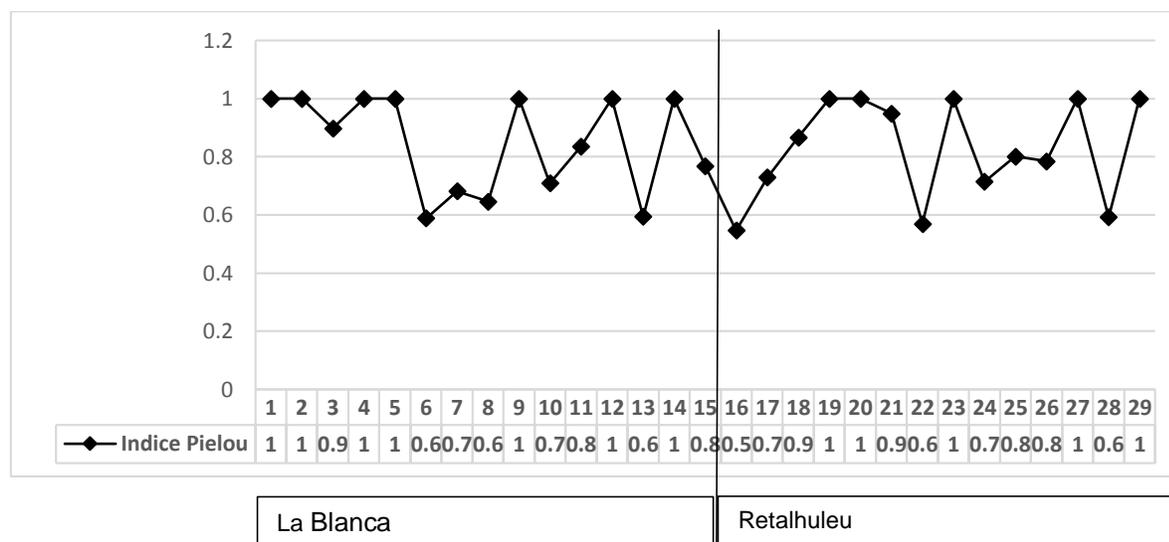
Las especies que se encuentran son: *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm, *Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f y *Rhizophora mangle* L., *Annona glabra* L. Debido a que las parcelas están situadas a mayor altitud del litoral de la costa con la transición del bosque seco. Por lo tanto, La Blanca posee bosques más puros, siendo menos diverso debido a se encuentran parcelas con una sola especie que necesitan la presencia de los cuerpos de agua esto es debido que las especies de mangle se encuentran a una altitud menor de la costa.

5.1.4 Índice de Pielou

Este índice está comprendido entre cero y uno, y su máximo será cuando todas las especies sean igualmente abundantes.

En la figura se demuestra el comportamiento de las especies dentro de las parcelas donde se visualiza que existe mayor diversidad ya que en la mayoría de las parcelas dan como resultado menor de 1.

Figura 12. Estimación del índice de Pielou



De acuerdo al índice de Pielou el bosque manglar en la localidad de la Blanca posee bosque manglar de mayor pureza en comparación con el área de Retalhuleu, debido a que las especies dominantes son: *Avicennia germinans* (L.)L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f. y *Rhizophora mangle* L., bajo ese sistema el crecimiento puede verse limitado en esas áreas para bosque seco debido a la presencia de cuerpos de agua.

En general se puede decir que Retalhuleu tiene los valores registrados más bajos por su alta diversidad presente dentro de cada parcela.

5.2 Cálculo del índice de diversidad Beta

La diversidad beta evalúa las proporciones o diferencias con base a índices similitud, disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies). (Magurran, 1988, p. 175)

5.2.1 Determinación del Coeficiente de similitud de Jaccard

Para este cálculo se realizó lo siguiente:

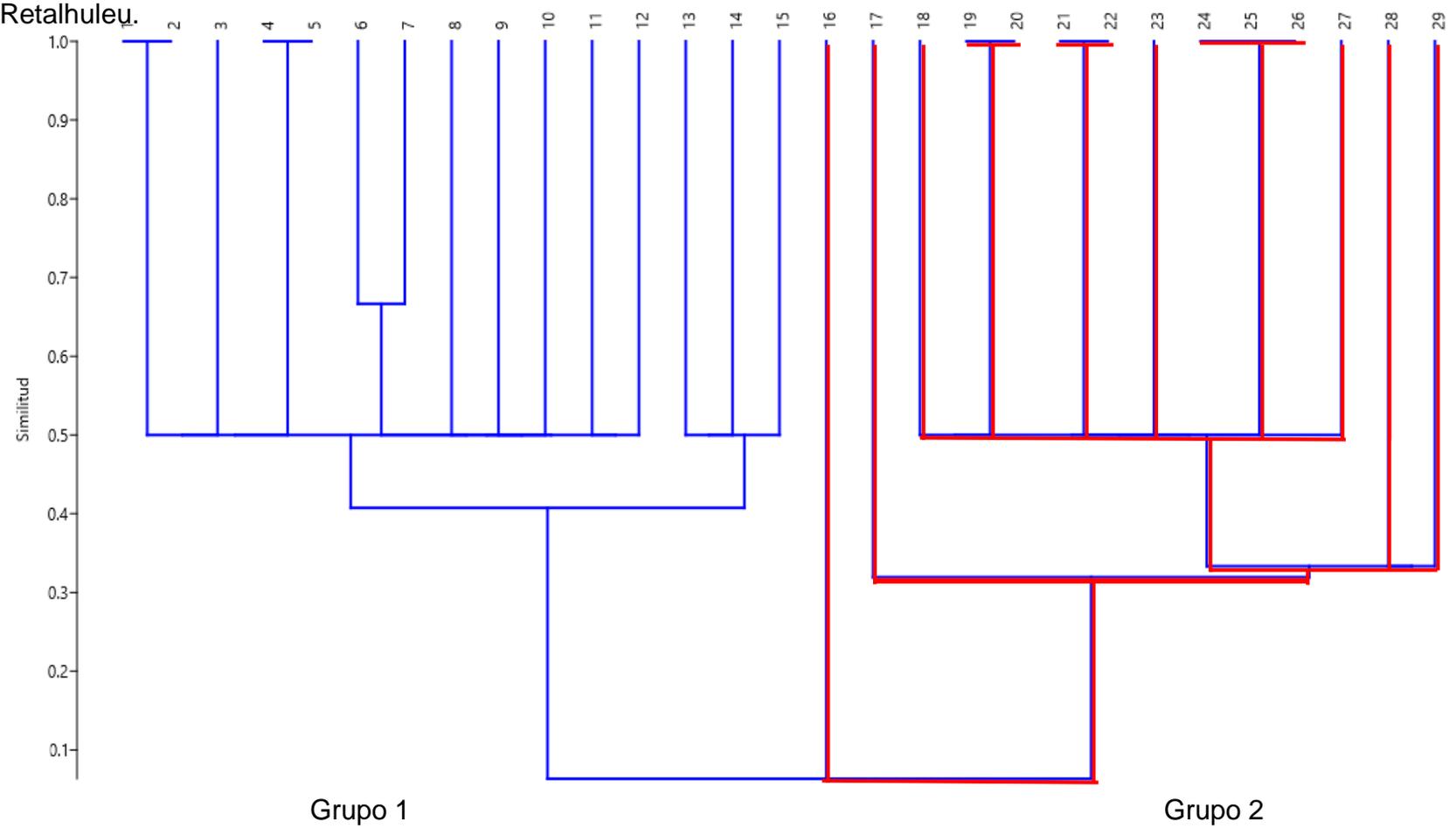
Se evalúa 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001, p. 86). A partir del índice de Jaccard se realizó el análisis de clúster, para las 29 parcelas

Los resultados obtenidos con este análisis nos muestran 2 grandes grupos (figura 13. p. 35). El grupo 1 está conformado por 15 parcelas, ubicadas en La Blanca. El grupo 2 conformado por 14 parcelas, las cuales pertenecen a la localidad de Retalhuleu. De igual manera se indican los valores de 0 a 1 en un dendrograma que permite medir la similitud entre las dos localidades evaluadas.

Para la diversidad beta las dos localidades tienen una diversidad heterogénea, la cual poseen parcelas de bosques puros y de igual manera parcelas con bosque mixtos que cuentan con especies de bosques diferentes. Por otra parte se puede visualizar que la localidad de La Blanca se distingue debido a que posee solamente especies de bosque manglar. De igual manera las dos localidades Retalhuleu y La Blanca están unidas por las especies *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn., y *Rhizophora mangle* L., son las que dominan estas localidades.

El 40% de las unidades muéstreales comparten la misma especie y mientras tanto, el 60% hace referencia a especies diferentes. En el caso de Retalhuleu presenta dos especies que no se encuentran en La Blanca, las cuales son: *Chaperno* y *Annona*.

Figura 13. Análisis de clúster³, basado en el índice de similitud de Jaccard de las localidades de La Blanca y Retalhuleu.



³ Los elementos deben leerse de la siguiente forma: En el eje horizontal se encuentra distribuida las parcelas agrupadas e identificadas, en el eje vertical están los valores de las parcelas obtenidos por el índice de Jaccard.

El análisis clúster nos muestra parcelas que están localizadas en el valor de 1 mostrando tener un grado alto de similitud, esto es debido a que son parcelas que contienen solamente una especie, algunas de las especies son: *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f o *Rhizophora mangle* L. El análisis no lo clasificó como un solo grupo porque los ordenó en forma sistemática.

En el valor obtenido de 0.67 se encuentran parcelas que tienen bosques de *Rhizophora mangle* L., compartiendo la misma área con especies de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f. o *Avicennia germinans* (L.)L.

El valor de 0.5 corresponde a parcelas que comparten la misma similitud entre una o dos especies, la cual *Rhizophora mangle* L. está presente en todas las parcelas de este nivel, pero existe un grupo independiente que posee tres parcelas, esto es debido a que posee mayor presencia, la especie *Avicennia germinans* (L.)L.

Por último se obtuvo el valor de 0, esto es debido a que la parcela 16 no comparte los mismos rasgos que el resto, dentro de la misma localidad porque está situada en una zona de transición de bosque manglar y bosque seco con especies de: *Avicennia germinans* (L.)L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f., *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm, *Conocarpus erectus* L. y *Annona glabra* L.

5.3 Análisis del incremento medio anual de las variables

Se analizaron los resultados de incremento a partir de las variables evaluadas en la base de datos, determinando el rendimiento del bosque manglar de las dos localidades. En las siguientes figuras 14 y 15 se muestra que en el caso de la variable de DAP tiene un incremento medio anual en promedio de 0.74 centímetros en la localidad de La Blanca y de 0.98 centímetros promedio en Retalhuleu.

Figura 14. IMA Promedio DAP, La Blanca

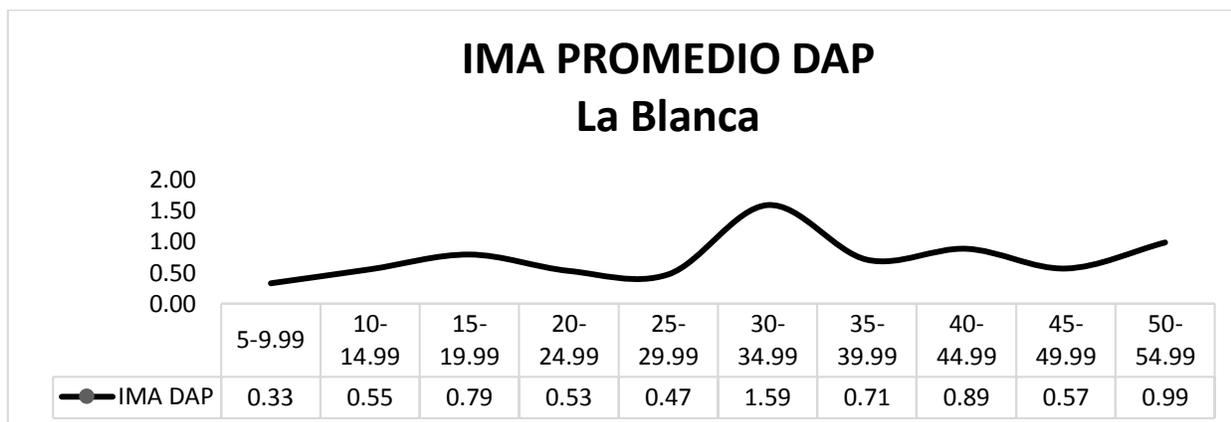
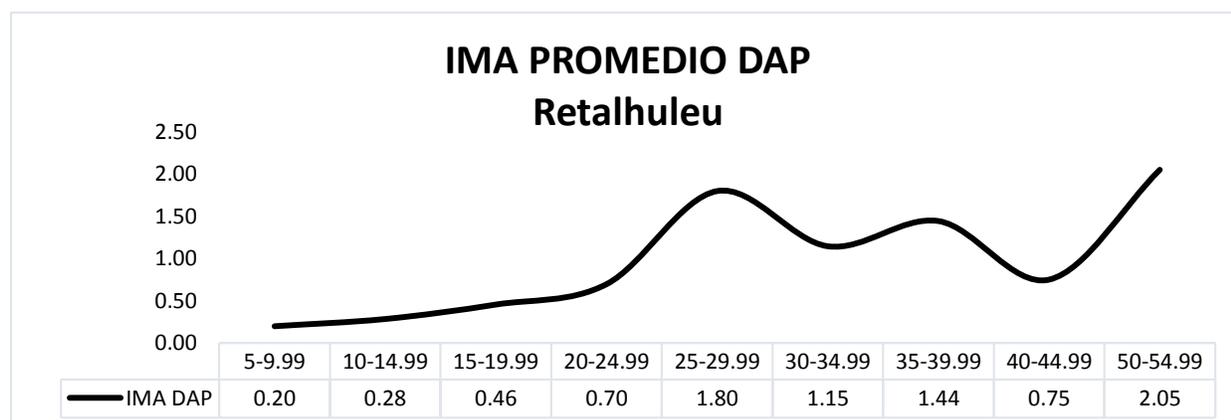


Figura 15. IMA Promedio DAP, Retalhuleu



De esta manera se puede verificar que existe variabilidad de diámetros entre las dos localidades. En la figura 14 existe mayor variación debido a que se tienen árboles de menor diámetro y con mayor grado de regeneración natural, debido a mayor intervención humana por la extracción de madera. Así mismo se visualiza un mayor incremento en los diámetros de 30-34.99 cm de las especies, son los que representan su incremento en la localidad de La Blanca, que en el caso de Retalhuleu demuestra tener un bosque con mayor madurez, comparando con La Blanca.

Lo cual se debe a que es un bosque dentro de un área protegida en donde no se presentan altas intervenciones humanas de aprovechamiento forestal, pero si la existencia de disturbios naturales del área y mortandad por eventos naturales.

En el caso de área basal la localidad de Retalhuleu posee el mayor porcentaje, obteniendo un promedio de IMA de 0.12 m² por hectárea y la localidad de La Blanca con menor área basal un promedio de 0.09 m² por hectárea. En las figuras 16 y 17 se presenta la dinámica de acuerdo a las clases diamétricas.

Figura 16. IMA Promedio AB/ha, La Blanca

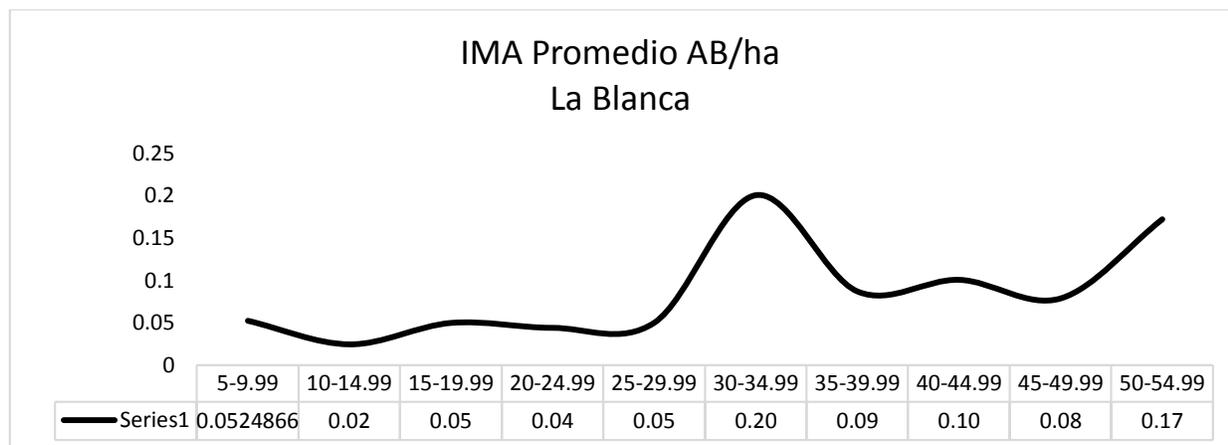
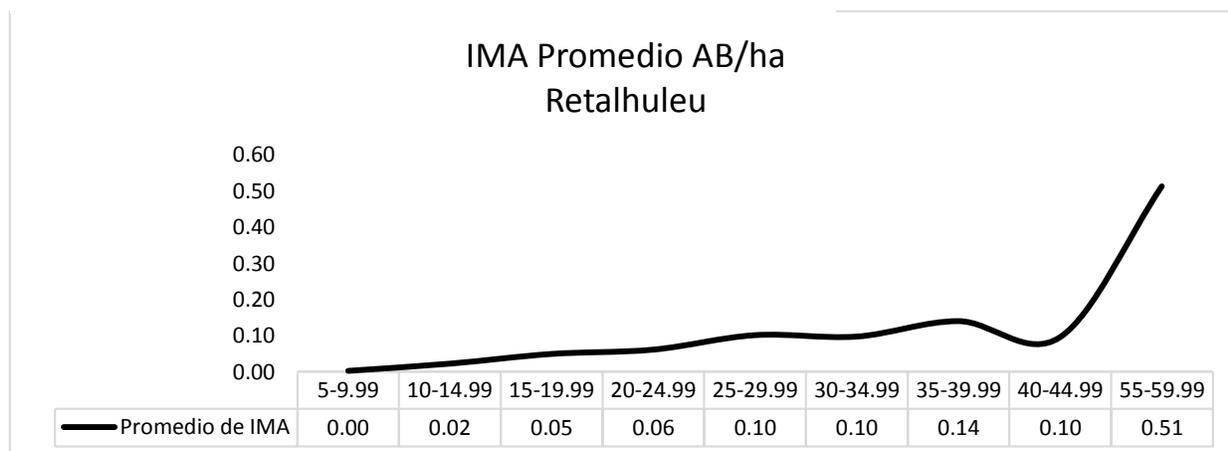


Figura 17. IMA Promedio AB/ha, Retalhuleu



El comportamiento del bosque en la variable del área basal demuestra que La Blanca tiene una dinámica más variable debido a la alta intervención que posee de las diferentes comunidades que están cercanas al bosque, aunque se demuestra que existe mayor área basal en las clases diamétricas de 30-34.99 cm dando a entender que la mayor intervención del bosque manglar son en los diámetros menores a 25 cm.

En la localidad de Retalhuleu se demuestra que el área basal va en aumento en las clases diamétricas de 55-59.99 cm, debido a que se encuentra la especie *Conocarpus*

erectus L., la cual tiene un diámetro de 56 cm, por lo que se requiere para la siguiente medición, rectificar su diámetro.

El IMA en promedio de volumen es de 2.80 m³ por hectárea para La Blanca y para Retalhuleu es de 2.14 m³ por hectárea.

Figura 18. IMA promedio de Vol. La Blanca

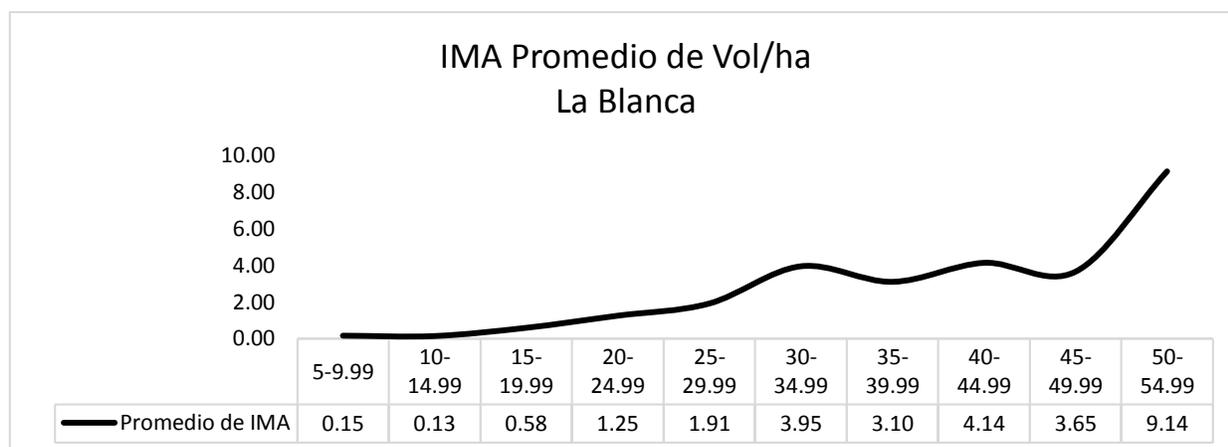
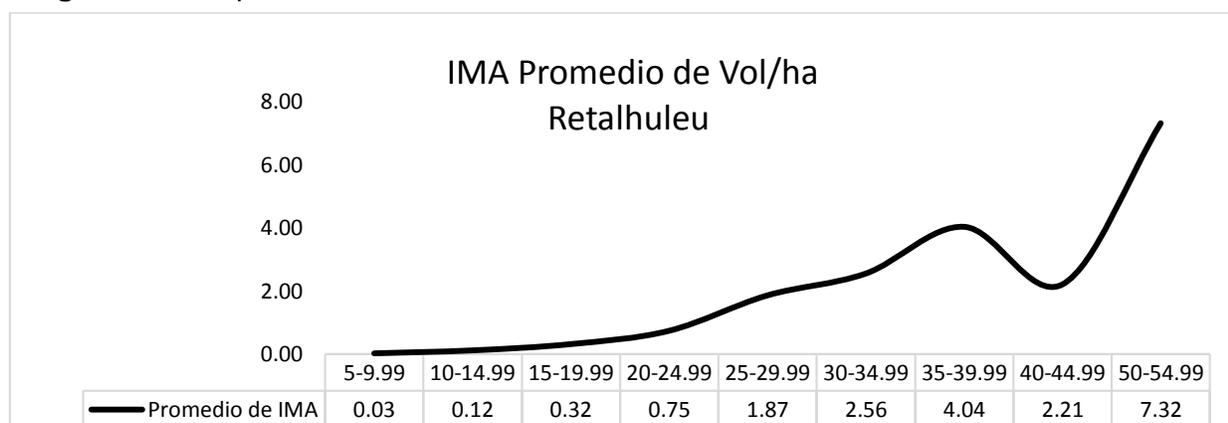


Figura 19. IMA promedio de Vol. Retalhuleu



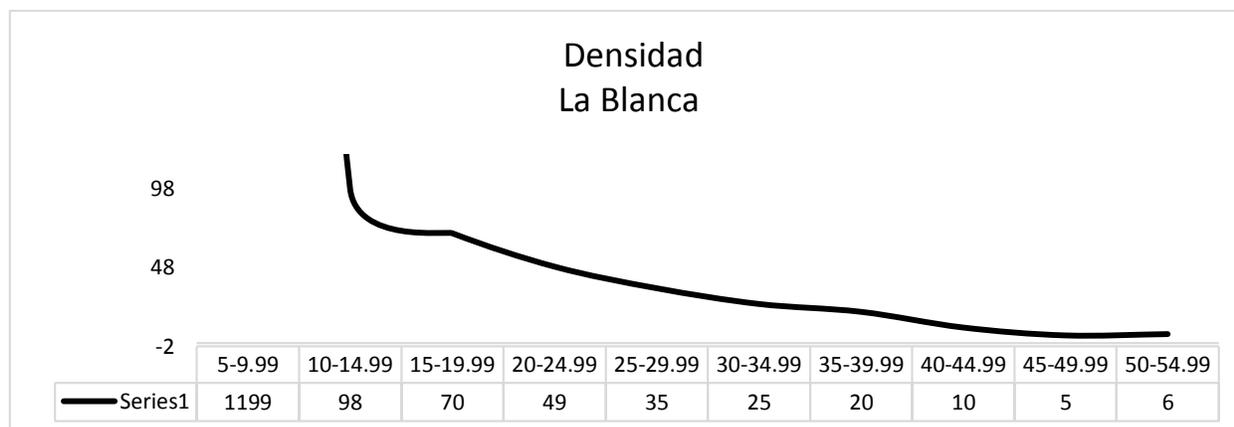
Para la localidad de La Blanca se visualiza que existe un incremento en volumen en la clase diamétrica de 30-34.99 cm, seguidamente fue aumentando debido a la especie de *Rhizophora mangle* L., ya que es una especie dominante en esta localidad y de igual manera la extracción de madera se realiza en diámetros de menor rango como se visualizó anteriormente el área basal.

En la localidad de Retalhuleu se visualiza que en las clases diamétricas de 35-29.99 aumenta en volumen de igual manera en los diámetros de 50-54.99, debido a la

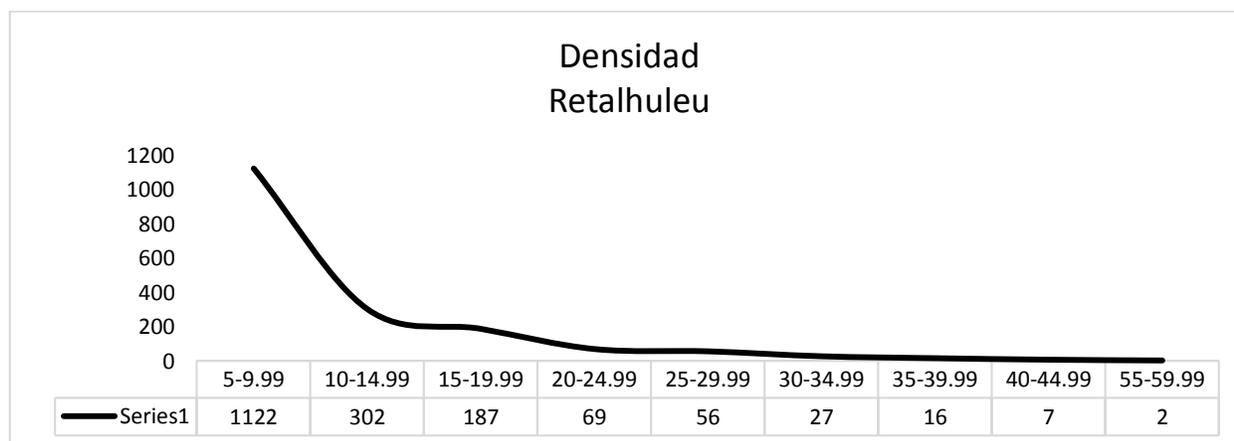
especie de *Conocarpus erectus* L., de igual manera se debe rectificar en campo en las posteriores mediciones.

En densidades se puede visualizar que en las localidades de La Blanca y Retalhuleu existe un aumento en las clases diamétricas de 5-9.99 cm.

Figura 20. Densidad por clase diamétricas, La Blanca



Grafica 21. Densidad por clase diamétricas, Retalhuleu



Las figuras 20 y 21 dan entender que se tiene una menor densidad en las áreas con mayor volumen; al momento de abrir los doseles existe mayor abundancia de regeneración natural en el bosque manglar, ya que el manglar tiene características heliófitas (rápido crecimiento y tienen mecanismos de dispersión eficiente).

Lo anterior indica que el bosque manglar es resiliente porque a pesar de que existe la intervención del ser humano, existe la posibilidad de que se regenere nuevamente, pero de igual manera sin alterar sus condiciones biofísicas, biológicas y climáticas.

Figura 22. Densidad de árboles por hectárea, La Blanca

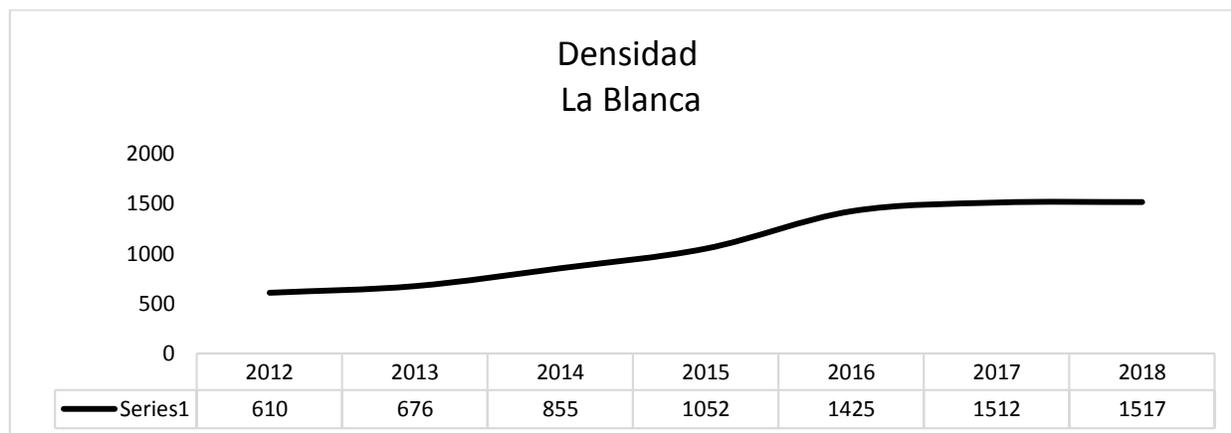
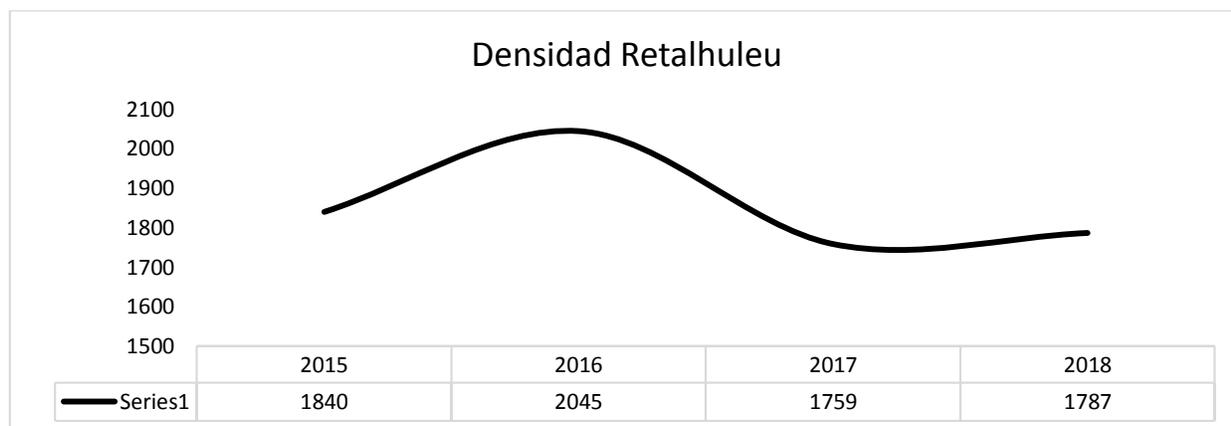


Figura 23. Densidad de árboles por hectárea, Retalhuleu



En la localidad de La Blanca la densidad aumenta a 907 árboles por hectárea debido a que existe una alta regeneración natural y en la localidad de Retalhuleu se tiene un aumento de 53 árboles por hectárea, lo cual indica que es menor la densidad debido al mayor volumen que posee.

VI. Conclusiones

1. Se obtuvo un total de seis especies arbóreas identificadas en el Manchón Guamuchal, las cuales son: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f., *Avicennia germinans* (L.)L., *Conocarpus erectus* L., *Annona glabra* L. y *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm; se caracteriza por ser un bosque que posee una distribución proporcional, poco equitativa porque existen especies arbóreas que no están presentes en las dos localidades de La Blanca y Retalhuleu, debido a que La Blanca no tiene la interacción con bosque seco, estos datos corresponden a la diversidad alfa.
2. Para la diversidad beta, Manchón Guamuchal refleja índices bajos de similitud mostrando tener valoración alta en recambio de especies, esto es debido a que tiene áreas donde se encuentra en transición el bosque seco lo cual aumenta la diversidad de especies.
3. Más del 50% del ecosistema manglar del Manchón Guamuchal posee una alta riqueza porque existen cuatro especies arbóreas de mangle y tres de bosque seco debido a la variabilidad de especies donde influye la interacción del bosque manglar con el bosque seco.
4. La especie de mangle dominante en el Manchón Guamuchal es *Rhizophora mangle* L., su nombre común es mangle rojo, ésta se encuentra con mayor presencia en el municipio La Blanca.
5. Los incrementos medios anuales del bosque manglar del Manchón Guamuchal, para la localidad de La Blanca son de 0.74 cm de DAP, con una área basal promedio de 0.12 m² por hectárea, volumen con un promedio de 2.80 m³ por hectárea y una densidad de 907 árboles por hectárea. Para la localidad de Retalhuleu son de 0.98 cm de DAP, con un área basal promedio de 0.09 m² por hectárea, volumen promedio de 2.14 m³ por hectárea y una densidad de 53

árboles por hectárea. De acuerdo al análisis de los incrementos medios anuales se determinó que el bosque manglar puede ser aprovechado para consumo familiar ya que es capaz de auto recuperarse, ya que posee una alta resiliencia, tomando en cuenta en no alterar sus condiciones biológicas, conservación y manejo forestal.

VII. Recomendaciones

1. Continuar con las mediciones en las 29 parcelas permanentes con el propósito de evaluar la dinámica de desarrollo del bosque.
2. Que el INAB, como institución líder en el tema forestal a nivel nacional cree softwares para realizar análisis más precisos para que la información sea más accesible, realizando pruebas para evitar el error en la toma de datos.
3. Se recomienda dejar un año de intermedio de medición de las PPMF, para aumentar la certeza de las mediciones y un mejor análisis para obtener muestras significativas.
4. Divulgar, en coordinación con las autoridades municipales, iniciativa privada, cocode los beneficios sociales, económicos y ambientales que se generan al brindar una adecuada protección al área, así como las actividades que deberán regularse para garantizar la conservación de la misma.
5. Valorar los servicios ambientales económicos y culturales que brinda el ecosistema manglar a la población de los departamentos de Retalhuleu y San Marcos para evitar la pérdida de cobertura del bosque.

VIII. Referencias bibliográficas

- Agraz-Hernández, C., Osti Sáenz, J., Jiménez Zacarías, J., García Zaragoza, C., Arana Lezama, R., Chan Canul, E...& Palomo Rodríguez, A. (2007). *Guía técnica: Criterios para la restauración de mangle*. (Tesis Ciencias del Mar y Limnología). Universidad Autónoma Campeche, Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal. México.
- Argueta, A. (2015). *Moon Guatemala*. U.S: Hachette UK
- Avila, M. P. (2005). *Positividad de la legislación guatemalteca con relación a la conservación del bosque salado o manglar*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_6156.pdf
- Baev, P. V. & Penev, L. D. (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. USA.
- Bunt J. S., Williams, W.T. & Bunt, E. D. (1985). *Mangrove species distribution in relation to tide at the seafront and up rivers*. Aust. J. Mar. Freshw. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1071/MF9850481>
- Brumér, E. O. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Costa Rica: CATIE.
- Carmona, V. & Carmona, T. (2013). *La diversidad de los análisis de diversidad*. Departamento de Biología, Loyola Marymount University, Los Ángeles, California, EEUU.
- Canastuj, E. (2019). *Diagnóstico situacional realizado sobre la proyección de INAB en actividades realizadas en el ecosistema manglar*. Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (CONAP). (2001). *Inventario nacional de los humedales de Guatemala*. Costa Rica: UICN-ORMA.

Congreso de la República. (2013). *Ley Forestal* [Decreto No. 101-96]. Guatemala: OIMT

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2009). *Mangle blanco (Laguncularia racemosa)*. Fichas de especies mexicanas. México, D.F. Recuperado de "https://www.biodiversidad.gob.mx/v_ingles/species/especies_priori/fichas/pdf/Mangleblanco02jul09.pdf"

Convención de Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR), C. d. (2001). *Manchón Guamuchal*. Recuperado de <http://www.conap.gob.gt/Documentos/SIGAP/RAMSAR/725%20Manchon%20Guamuchal.pdf>

Cordero, J. (2003). *Arboles de Centroamérica*. Costa Rica: CATIE.

FAO (Food and agriculture organization of the united nations). (2005). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005*. Estudio temático sobre manglares Guatemala, perfil nacional. Departamento de Montes, Roma, Italia.

Félix, Y. J. (2014). *Dasometría*. Recuperado de https://www.academia.edu/35493332/DASOMETR%C3%8DA_Apuntes_de_Clasificación_y_Gu%C3%ADa_de_Actividades_Pr%C3%A1cticas

Halffter, G., Soberon, P., koleff, C. & Melic, A. (2005). *Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gama*. España: CONABIO.

Hammer, Ø., David A.T. & Paul D. R. (2001). *PAST: Paquete de software de estadística paleontológica para educación y análisis de datos*. Lochee Publicaciones y la Asociación Paleontológica. New York.

- Hernández, C. (2019). *Sistematización del sistema de monitoreo forestal multipropósito en el ecosistema manglar de Guatemala*. Guatemala.
- Hernández, B. Aguilar, M. López Vivas, J. M. & Zertuche González, J. A. (2013). *El mangle rojo del Pacífico Norte de México*. México: CONABIO.
- He B, Lai T, Fan H, Wang W. & Zheng H. (2007). *Comparación de la tolerancia a las inundaciones en especies de manglares en una zona de marea diurna en el Golfo de Beibu*. Ciencia asturiana, costera y de plataforma. México: Elsevier. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/journal/02727714>
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (1999). *Lineamientos técnicos de manejo forestal*. Guatemala.
- INAB (2001). *Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centroamericano)*. Guatemala: PROCAFOR.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2012). *Guía para el establecimiento, monitoreo y rehabilitación de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas*. Guatemala.
- INAB., CONAP., ICC. (2016). *Metodología para el establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes de medición forestal en bosque natural del ecosistema manglar*. Recuperado de [doi:http://ppm.inab.gob.gt/docs/metodologia_ppmf_mangle.pdf](http://ppm.inab.gob.gt/docs/metodologia_ppmf_mangle.pdf)
- Instituto Nacional de Bosques. (2018). *Sistemas de monitoreo forestal multipropósito del ecosistema manglar de Guatemala*. Guatemala.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (INSIVUMEH). (1970-1980). *Registros de estaciones climatológicas de Caballo Blanco y Champerico*. Guatemala: FEGUA.

MAGA. (2006). *Sistema de información territorial (Ortofotos de toda la República de Guatemala del vuelo 2006)*. Instituto Geográfico Nacional. Guatemala.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. US.

Matteucci, D. C. & Colma, A. (1982). *Metodologías para el estudio de la vegetación*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C.

Marroquín, F. J. (2011). *Determinación de la dinámica del bosque manglar del departamento de Retalhuelu y el municipio de Ocos en San Marcos, periodo 1974-2010*. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0218_MT.pdf

Ministerio de Ambiente (1998). *Estudio de la dinamica de los bosques de manglar del pacifico colombiano*. Obtenido de Proyecto Conservación y Manejo para el Uso Multiple y Desarrollo de los Manglares en Colombia. Recuperado de [http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2473/Technical/pd171-91-p2-s1-1%20rev2\(F\)%20s_Estudio%20de%20la%20din%C3%A1mica_S.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2473/Technical/pd171-91-p2-s1-1%20rev2(F)%20s_Estudio%20de%20la%20din%C3%A1mica_S.pdf)

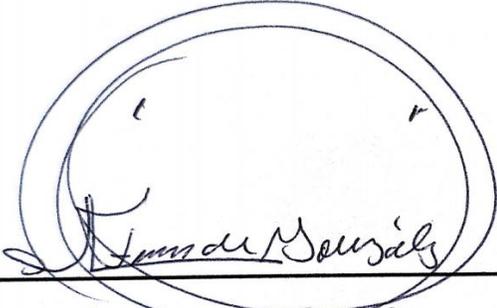
Morales, D. (2019). *Comunicación personal, 2019*. Guatemala.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México: UNESCO.

Muñoz, J. L. (2000). *Estructura de los bosques de mangle del valle de los cangrejos y el riño, delta río Ranchería, Caribe Colombiano*. Medellín.

- Núñez-Elisea, R., Schaffer, B., Fisher, J.B., Colls, A.M. & Crane, J.H. (1999) *Influence of flooding on net CO₂ assimilation, growth and stem anatomy of Annona species*. España: GORFI.
- Peet, R. K. (1974). *The measurement of species diversity*. Annual Review of Ecology and Systematics. New York.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. & Real, P. (1997). *Mensura Forestal*. España. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Sakulich, J. B. (2011). *A dendrochronological approach for analyzing the Geographic range structure of tree species*. PhD Dissertation, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, US.
- Sánchez, M. S. (1992). *Determinación de la edad y tasa de crecimiento de Rhizophora mangle L. por medio del estudio anatómico de la madera en los esteros de San José Chiquirin, Mazatenango, Suchitepéquez*. (Tesis Agronomía). Recuperado el 16 de abril de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1467.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SERMANAT). (2017). *Plan de manejo tipo para la conservación y aprovechamiento sustentable del mangle (MARISMAS NACIONALES, NAYARIT)*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282453/PMT_Mangle_MARISMAS_NAYARIT.PDF
- Sugg, D. (1996). *Measuring Biodiversity*. State University of New York at Geneseo. Data Analysis in Community and Landscape. Ecology. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Pudoc, Wageningen.
- Suri, R. S. (2013). *Estudio de la diversidad alfa (α) y beta (β) en tres localidades de un bosque montano en la región de Madidi, La Paz-Bolivia*. Bolivia.

- Uriel, E. y Aldás, J. (2005). *Análisis Multivariante Aplicado*. Madrid: Thomson
- Villardón, J. L. (2015). *Introducción al Analisis Cluster*. España. Recuperado de <http://benjamindespensa.tripod.com/spss/AC.pdf>
- Whittaker R. (1972). *Evolución y medición de diversidad de especies, Institute in Systematics*. Smithsonian Institution, Washington, D.C. USA.
- Zacarías, C. & Sánchez, M. (2019). *Especies arbóreas en los ecosistemas de manglar de Guatemala*. Guatemala.
- Zotz, G., Tyree, M. T., Patiño, S. (1997). *Arquitectura hidráulica y relaciones hídricas de un árbol tropical tolerante a las inundaciones, Annona glabra*. Costa Rica: CATIE.

Vo. Bo. 

Licda. Ana Teresa de Gonzalez
Bibliotecaria, CUNSUROC



IX. Anexos

Anexo 1. Formas de Parcelas Permanentes de Medición Forestal

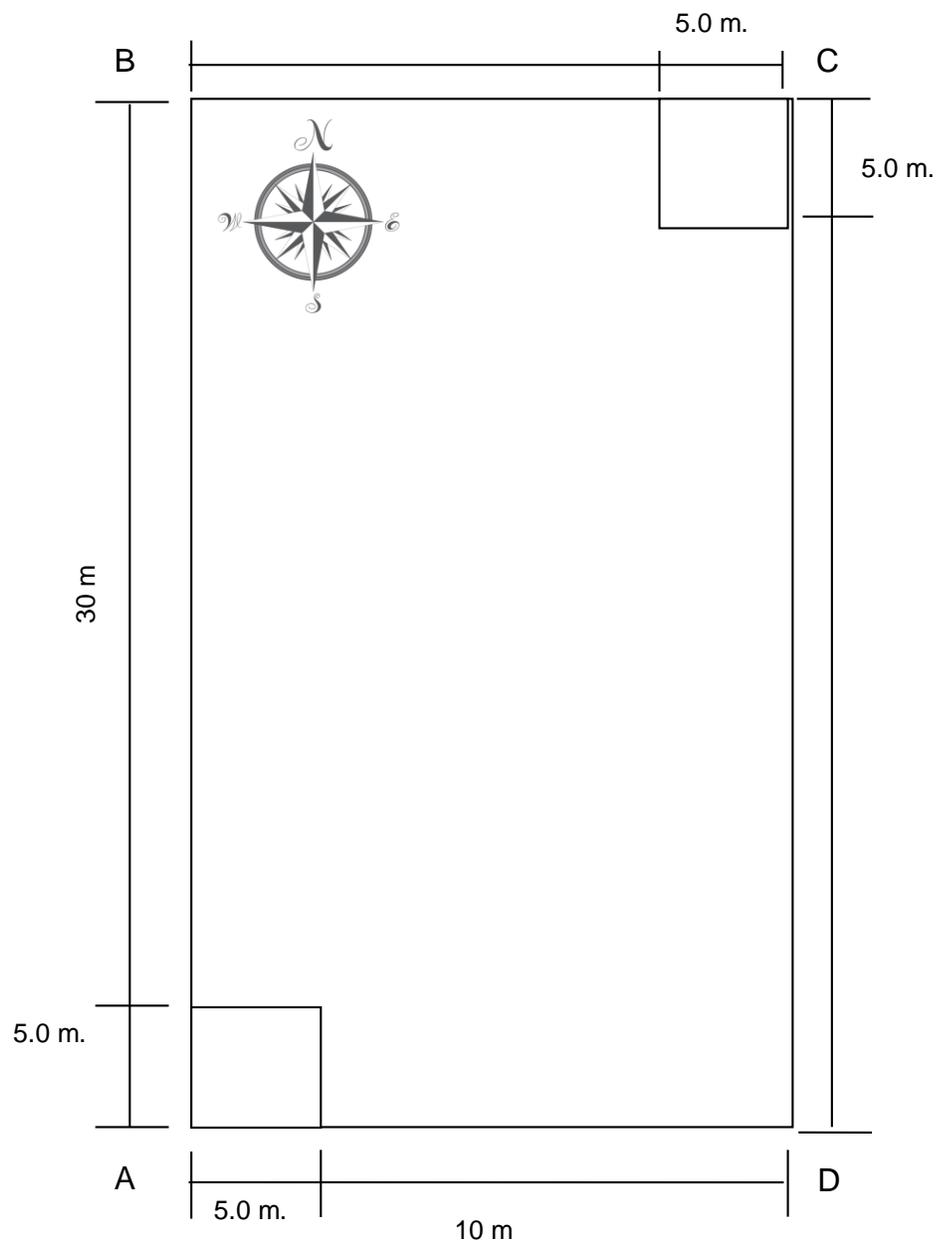


Figura 24. Forma rectangular
Tamaño: 300 mts²

Cont. Anexo 1.

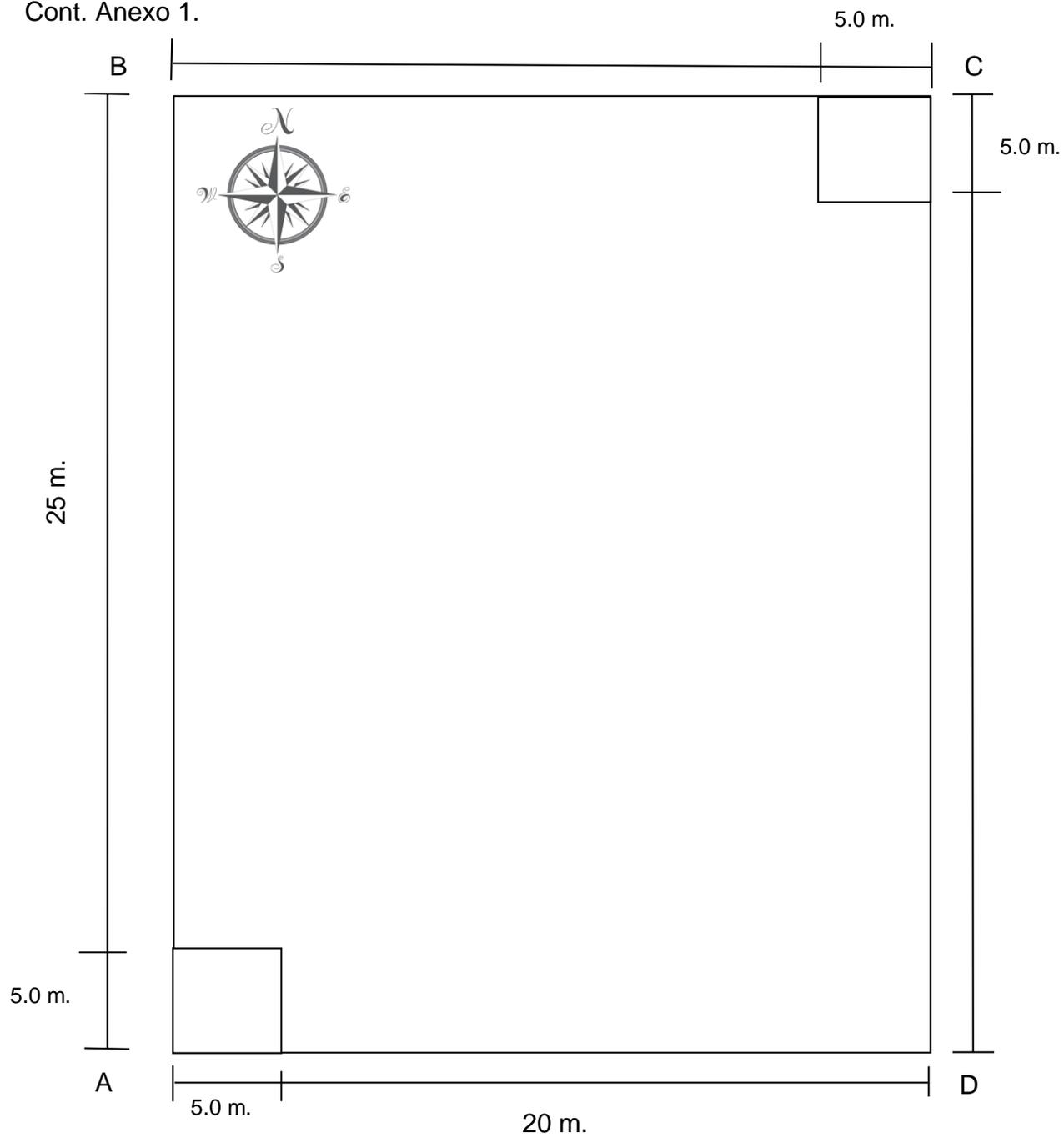


Figura 25. Forma rectangular
Tamaño: 500 mts²

Abreviaturas y Acrónimos

cm	Centímetros
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
DAP	Diámetro a la altura del pecho
Ha	hectárea
ICC	Instituto Cambio Climático
IMA	Incremento Medio Anual
IMA	Incremento Medio Anual
INAB	Instituto Nacional de Bosques
km²	Kilómetros cuadrados
GTM	Guatemala Transversal Mercator
m	Metros
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
mm	milímetros
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MLT	Manual de Lineamientos Técnicos
mm	Milímetros
PAST	Paleontological Statistics
PPMF	Parcelas Permanentes de Medición Forestal
PROBOSQUE	Programa de Incentivos para establecimiento, recuperación, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala
RAMSAR	Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional
ups	Unidades prácticas de salinidad



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, Suchitepéquez, 28 de octubre de 2019.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Respetable Maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado “Evaluación de la estructura forestal del ecosistema manglar en el Manchón Guamuchal”, realizado por la estudiante Catherin Yulisa Hernández Lanuza, quien se identifica con número de carné 201540922, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local –EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local

Sin otro en particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,

Inga Kharía Vides Rodas
Supervisora EPSIGAL
CUNSUROC



Mazatenango, Suchitepéquez, 08 de noviembre de 2019.

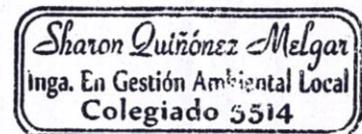
MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
 Coordinadora de carrera
 Ingeniería en Gestión Ambiental Local
 CUNSUROC

Apreciable MSc. Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9 del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la Investigación titulada: "Evaluación de la estructura forestal del ecosistema manglar en el Manchón Guamuchal", presentada por la estudiante: Catherin Yulisa Hernández Lanuza, quien se identifica con CUI 2046 46006 0513 y número de carné 201540922.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso que se me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones por parte de la estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que se continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente, se despide de usted, atentamente,



MSc. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar
 Revisora de Trabajo de Graduación
 IGAL-CUNSUROC



Mazatenango 22 de noviembre 2019

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación de la Estructura Forestal del Ecosistema Manglar en el Manchón Guamuchal**", de la estudiante **Catherin Yulisa Hernández Lanuza** con carné número **201540922**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

A handwritten signature in blue ink that reads "Karen Rebeca Pérez Cifuentes".

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-01-2020

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el veintitrés de enero dos mil veinte_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA FORESTAL DEL ECOSISTEMA MANGLAR EN EL MANCHÓN GUAMUCHAL”**, de la estudiante: **Catherin Yulisa Hernández Lanuza**. Carné **201540922** CUI: **2046 46006 0513** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dr. Guillermo Vinicio Tello
Director

The stamp is circular and contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE", "MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ", "DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO", and "U.S.A.C. Mazatenango".

/gris