

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



Análisis de la estructura del ecosistema de manglar del pacífico norte de Nicaragua, en el periodo comprendido de 2021-2022

Trabajo monográfico para optar al título de Licenciado en Biología

Autor. Eleazar Benito Blanco Fino

Tutor. Ph. D. Oscar Danilo González Quiroz

León, Nicaragua de 2023

“2023: TODAS Y TODOS JUNTOS VAMOS ADELANTE”

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento a Dios todo poderoso, porque ha sido bueno en todos los aspectos con peso en palabra, los más sinceros agradecimientos al omnipotente que todo lo puede hacer posible. En particularidad Dios ha sido quien me ha concedido progresar a través de diferentes medios para que en el destino pudiera triunfar.

Me siento enteramente agradecido con mi luchadora madre **Elvira del Carmen Fino Rodríguez**, la cual me ha impulsado cada día para avanzar por encima de todos los limitantes habidos y por haber, por enseñarme los verdaderos valores que debería tener todo ser humano con prudencia y denuedo para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos Alexander Francisco Blanco, Kenia Patricia Blanco y Wilber Antonio Blanco por ser las personas que creyeron en mí y me apoyaron de diferentes formas durante mi formación.

Mi gratitud al PhD Oscar González Quiroz por ser el fundamento educativo dentro y fuera de los centros universitarios, por proporcionarme el apoyo, tiempo y conocimientos científicos suficientes para culminar con éxito mi formación profesional.

Finalmente me refiero hacia todas personas que confiaron en mis habilidades de aprender y que me apoyaron de alguna manera, económica y emocionalmente. Así como el programa de educación ambiental (PEA) y algunas organizaciones tanto nacionales como extranjeras.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios y padre que está en los cielos por proveerme la fuerza y la sabiduría para culminar el estudio superior y desarrollar la respectiva investigación.

A mi madre **Elvira del Carmen Fino Rodríguez**, para ella sea dirigida, por ser un pilar fundamental para llevar a cabo mi educación superior. Sin su apoyo no hubiese sido posible finalizar mi formación, y si una frase he aprendido de ella es: “No te detengas, tienes que seguir esforzándote” no importando los malos momentos que se esté pasando”.

A mis hermanos por apoyarme con el fin de superar los obstáculos y los momentos difíciles en el transcurso de mí formación profesional.

RESUMEN

Los bosques de manglar representan un enorme valor científico, ecológico, económico y cultural. Son ecosistemas altamente dinámicos y resilientes. Los estudios de la estructura del bosque son relevantes para entender las condiciones ecológicas del ecosistema. Esta investigación analiza la estructura del bosque de manglar a lo largo del Pacífico norte de Nicaragua, durante el 2021-2022. El estudio se realizó en Puerto Sandino, Reserva Natural Isla Juan Venado, Corinto, Aserradores, Reserva Natural Padre Ramos y Potosí. Se seleccionaron al azar 30 parcelas (10x20 m) por sitios, registrando los datos de abundancia y diversidad, así mismo la altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP). Se calculó las clases para las alturas, DAP y área basal, así como zonación y el valor de importancia de las especies. Se registraron 6061 árboles de *Rhizophora spp*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia bicolor* y *Conocarpus erectus*. El 46% corresponde a *Rhizophora spp* y el de menor *Conocarpus erectus* con 1%. Hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las alturas de las cinco especies identificadas. Los promedios más altos de altura fueron de *Rhizophora spp*, seguida de *A. germinans*. El sector de Puerto Sandino presentó los árboles de menor altura y DAP. Puerto Sandino, Corinto, Aserradores, Padre Ramos y Potosí tiene una estructura dominada por *Rhizophora spp*, *A. germinans* y *L. racemosa*, característica estructural y de zonación normal, alterada posicionalmente en algunos sectores de este ecosistema. La Isla Juan Venado tiene una alteración en la estructura, siendo *A. germinans* la más dominante. La especie con mayor cobertura de área basal fue *Rhizophora spp* $538.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, también representa el mayor valor de importancia con 50.1%, seguido de *A. germinans* (28.5%) y *L. racemosa* (17.2%). Los manglares del Pacífico de Nicaragua presentan característica de bosques jóvenes con árboles de poca altura y diámetros pequeños.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Biogeografía de los manglares	3
3.2 Estrategia de adaptación de los manglares	4
3.2.1 -Tolerancia al agua salada	4
3.2.2 -Desarrollo en Suelos Inestables	5
3.2.3 -Intercambio de gases en sustratos anaeróbicos	5
3.2.4 -Embriones capaces de flotar	6
3.3 Tipos de manglares por su fisiografía	6
3.3.1 Manglares de borde	6
3.3.2 Manglar ribereño	6
3.3.3 Manglar de cuenca	7
3.3.4 Manglares de inundación	7
3.3.5 Manglares enanos	7
3.4 Características vegetativa de los manglares	8
3.5 Distribución global de los manglares	9
3.6 Ecosistema de manglar	9
3.7 Estructuras anglares	10
3.6 Características de los mde los manglares de Nicaragua	11
3.7 Importancias del ecosistema de manglar	12
3.8 Zonación de los sistemas de manglares	14

IV. METODOLOGÍA	16
4.1 Diseño de la investigación	16
4.2 Área de estudio	16
4.3 Población de estudio	16
4.4 Muestra	17
4.5 Materiales e instrumentos	17
4.6 Técnica de recolección de datos	17
4.7 Procedimientos	17
4.7.1 Recolección de datos	17
4.7.2 Altura	18
4.7.3 Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	18
4.7.4 Cálculos del Área basal	19
4.7.5 Cálculos del Índice de valor de importancia (IVI)	19
4.8 Análisis de datos	20
V. RESULTADOS Y DISCUSION	21
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	42
IX. ANEXOS	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución global de los manglares. Mapa: Hernando José Bolívar-Anillo.	9
Figura 2. Localización de los manglares del pacífico norte de Nicaragua. Fuente (En prensa).	16
Figura 3. Representación de los ángulos para obtener la altura de un árbol. Elaboración propia.....	18
Figura 4. Toma de datos del DAP en diferentes especies de mangle. Elaboración propia.....	18.
Figura 5. Número de individuos por hectáreas en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.....	22
Figura 6. Porcentaje de individuos por especies en el Pacífico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.....	23
Figura 7. Estructura diamétrica a la altura del pecho (DAP) en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.....	24
Figura 8. Comparación de las alturas de las cinco especies entre las seis zonas del Pacífico norte de Nicaragua, 2023. Los o representan outlier o datos atípicos. Las letras representan las diferencias significativas ($p < 0.05$). Elaboración propia.....	25
Figura 9. Estructura diamétrica a la altura del pecho (DAP) en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.....	26
Figura 10. Comparación entre las alturas para cada una las especies independientes de la zona de muestreo en el Pacífico norte de Nicaragua, 2023. Los o representan outlier o datos atípicos. Las letras representan las diferencias significativas ($p < 0.05$). Elaboración propia.....	27
Figura 11. Estructura basal por zona de muestreo y especies en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua (2023). Elaboración propia.....	29
Figura 12. Patrones de zonificación en las especies de mangle de la Reserva Natural Isla Juan Venado, 2023. Elaboración propia.....	31
Figura 13. Patrones de zonificación en las especies de mangle de Puerto Corinto, 2023. Elaboración propia.....	32
Figura 14. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Puerto Sandino 2023. Elaboración propia.....	35
Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles del área protegida Isla Juan Venado 2023. Elaboración propia.....	36
Figura 16. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Corinto 2023. Elaboración propia.....	36
Figura 17. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Aserradores 2023. Elaboración propia.....	37
Figura 18. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Padre Ramos 2023. Elaboración propia.....	38

Figura 19. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Potosí 2023. Elaboración propia..... 38

Figura 20. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de mangle del pacifico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia..... 39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies y número de individuos registrados en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.21

INDICES DE ABREVIATURAS

IVI: Índice de valor de importancia

DAP: Diámetro a la altura el pecho

fig.: Figura

m: Metros

cm: centímetros

AB: Área basal

ind ha⁻¹: Número de individuos por hectárea

m² ha⁻¹: Metros cuadrados por hectárea

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los estudios estructurales han cobrado importancia en cuanto a la valoración vegetal de los ecosistemas. Los manglares representan un enorme valor científico, ecológico, económico y cultural. Las investigaciones estructurales de los bosques han cobrado importancia al generar conocimientos a la población en general (Herrera et al., 2007), pero también nos permite entender las condiciones ecológicas (Sánchez et al., 2022).

A escala mundial se han desarrollado distintas investigaciones enfocadas en la estructura del ecosistema de manglar (Marín Cruz, 2019; Yepes et al., 2016; Santamaría Damián, 2013; Téllez y Valdez, 2012; López Sánchez, 2006), tomando en cuenta la abundancia, distribución, altura y diámetro (Velázquez et al., 2019), así como el índice de valor de importancia (Agraz et al., 2015).

Los manglares por estar presentes en áreas pobladas demográficamente parecen por: la extracción irracional de madera, construcción de infraestructuras, sistemas de cultivos agrícolas, formación de carreteras, establecimientos de camaroneras y salineras. Sin medir consecuencias, todos los factores antes mencionados pueden ocasionar un cambio drástico en la estructura del ecosistema de manglar (Baca y González 2014; Herrera et al., 2007; Caballero Rivera, 2009; Carvajal y Soto, 2006; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2005).

En Nicaragua Mendoza Hernández (2009), Gutiérrez et al. (2008) y Carvajal y Soto (2006) realizaron investigaciones para conocer la estructura del bosque de manglar en la reserva natural Isla Juan Venado y reserva natural Padre Ramos. Estas investigaciones fueron puntuales y sectorizadas, que dificultan la utilización de los datos para programas de gestión del bosque necesarios para proteger el bosque de manglar y garantizar la sostenibilidad, así como aumentar la resiliencia de los habitantes costeros frente a los impactos del cambio climático.

No se ha realizado un estudio estructural del ecosistema de manglar a escala de la franja del pacifico norte del país. A través de la presente investigación se pretende hacer un análisis para valorar la condición estructural que presenta el bosque de manglar en la franja del pacifico norte de Nicaragua, que permita establecer planes de gestión de este.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Analizar la estructura del ecosistema de manglar del pacífico norte de Nicaragua, en el periodo comprendido de 2021-2022.

2.2 Específicos

- ☆ Estimar la biometría (altura, diámetro y área basal) del ecosistema de manglar del pacífico norte de Nicaragua.
- ☆ Describir los patrones de zonación que presenta el ecosistema de manglar.
- ☆ Determinar el valor de importancia (IVI) en las especies de mangle del ecosistema de manglar.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Biogeografía de los manglares

Los manglares son plantas que habitan en ambientes salinos provenientes de las angiospermas, las cuales se caracterizan por la presencia de flores y por la producción de frutos. Se plantea que las angiospermas se originaron en el Cretácico inferior (hace 140 millones de años) y prosperaron de manera explosiva, por lo que, en 60 millones de años, se convirtieron en el grupo vegetal dominante del planeta (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014). En un principio se propuso como centro de origen de las angiospermas a la región Indo-Malaya. Tiempo después se concluye que el oeste de Gondwana, en los actuales continentes de Sudamérica y África, pudo haber sido el escenario para el origen de estas, debido a que en esta región existían distintos hábitats áridos a subhúmedos, los cuales favorecieron la evolución temprana del grupo (Morales Vásquez, 2013).

Según López Sánchez (2006) existen dos paradigmas asociados con la evolución y biogeografía de los manglares, el primero plantea la idea de la existencia de un centro de origen común para todas las especies a partir del cual se dispersaron, basada principalmente en el precepto de eventos de dispersión a gran escala para explicar la presencia de ciertas taxas en regiones ampliamente separadas (Hipótesis Dispersalista), el segundo paradigma plantea la idea de una amplia distribución ancestral pantropical, la cual fue fragmentada por la deriva continental y la tectónica de placas (Hipótesis de Vicarianza). La composición genética de la flora de manglar actual, aunque sujeta a condiciones geográficas y climáticas del presente, se considera en gran parte relictas. Las especies actuales son el resultado de eventos y circunstancias del pasado, y éstas fueron influenciadas por circunstancias geológicas, climáticas, ecológicas, fisiológicas, eventos de dispersión y tasas de evolución específicas, dando origen a los distintos taxas actuales (Rico Gray, 1993).

Los manglares normalmente colonizan cuerpos de aguas costeros semicerrados y someros, donde existe protección contra la acción de olas, vientos fuertes y mareas (Amador et al., 1999). El ecosistema de manglar a nivel mundial se encuentra en las latitudes comprendidas entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (zonas tropicales y subtropicales) tanto en América, Asia, África y Oceanía (Spalding et al., 2020). Pocas veces se encuentran más allá de los trópicos, debido a que

estos ecosistemas son sensibles a las temperaturas bajas. Los límites de latitud están determinados por la temperatura que es alrededor de los 20 °C y sólo se extienden al norte o al sur en aquellas regiones donde las corrientes costeras modifican el clima (Ramírez y Segovia, 2013).

3.2 Estrategia de adaptación de los manglares

Cuando nos referimos a manglares, se puede hacer énfasis a un conjunto de plantas homogéneas con capacidad de habitar en lugares inundados por aguas marinas que interconectan o se mezclan con agua de río, soportan altos grados de salinidad, debido a la presencia de glándulas excretoras de sal que presentan sus raíces, tallos y hojas; toleran el estrés hídrico causado por largos periodos de inundaciones en épocas de mareas vivas y las presiones de altas temperaturas provocada por los meses más calurosos del verano (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2009). Las especies se encuentran estratificadas según las modificaciones radiculares que les permite sujetarse y obtener los nutrientes necesarios, son plantas acuáticas y semiacuáticas que viven en suelos inestables, fangosos y con mucha materia orgánica en descomposición (Ayanz, 2020). Las modificaciones morfológicas que contienen les permiten vivir en circunstancias adversas (Salas Rabaza, 2019). En ecología el término resiliencia se le denomina a plantas o animales que a pesar de las perturbaciones que éstas reciban, se mantienen con una dinámica sostenible de supervivencia ante la competencia y los fenómenos naturales, para remarcar las estrategias de supervivencias más relevantes Villalba Malaver (2020) las ha clasificado como:

3.2.1 -Tolerancia al agua salada

Las adaptaciones fisiológicas fundamentales de los mangles, es la tolerancia a altas concentraciones de sal, ya que ésta actúa como un deshidratante en la mayoría de las células (Carillo y Ulanie, 2015). Méndez Ortiz (2014) expresa que las plantas de mangle son plantas halófilas facultativa lo que significa que requieren para su óptimo desarrollo un mínimo de cloruro de sodio ya que pueden tolerar grandes cantidades de sal que se encuentran disueltas en agua o puede que colonicen zonas con baja o ninguna presencia de sal. Para Martínez Quesada (2017) los mangles han desarrollado células especializadas presentes en las membranas de las raíces, éstas funcionan como filtros para retener las sales; también presentan glándulas especializadas de las hojas que expulsan la sal de los tejidos, dándose a través de un mecanismo de bombeo, la expulsan y depositan en las hojas o tallos, que al desprenderse se pueden asimilar que llevan consigo los microcristales de sal (Ramírez y Segovia 2003; Aragón Gastélum, 2011).

3.2.2 -Desarrollo en Suelos Inestables

De acuerdo con Méndez Moreno (2015) los mangles se encuentran sujetos a constantes inundaciones donde el órgano clave de adaptación es la raíz. Existen dos componentes importantes en el sistema radicular, uno es referente al sostén que permite al árbol establecerse en suelos inestables y poco consolidados (Bravo et al., 2006). Por ejemplo, al género *Rhizophora* les permite estabilidad en el sustrato debido a que las corrientes o el oleaje pasa entremediado de las raíces en forma de sanco, evitando que sean golpeados con rigurosidad, en el caso del género *Avicennia* ha desarrollado un sistema radicular que se extiende en forma de una maya fibrosa entre el sustrato, sujetando con mucha retención evitando la erosión y el golpe del oleaje (Villalba Malaver, 2020; Cunill et al., 2018). Sin embargo, entre los mangles podemos encontrar plantas semixerófilas, es decir, se pueden adaptar en ambientes secos, así como *Conocarpus erectus* que se encuentra paralelo a la zona continental arenosa. Otro componente tiene que ver con el intercambio de gases entre el sistema radicular y la atmósfera (Ramírez y Segovia, 2013).

3.2.3 -Intercambio de gases en sustratos anaeróbicos

Los espacios o poros entre las partículas del suelo normalmente están llenos de aire, pero durante la inundación estos espacios se llenan de agua y el oxígeno se difunde lentamente en el suelo inundado (Instituto de ecología [INECOL], 2023). Para soportar la anoxia, o falta de oxígeno, los manglares han desarrollado raíces, haciéndolas adventicias, que crecen al nivel de los tallos o troncos, manteniéndolos fuera del agua; raíces zancudas que parten de la parte inferior de los tallos y se extienden hacia el sustrato y raíces aéreas que crecen sobre las ramas y están recubiertas de lenticelas que les permiten captar oxígeno o mostrar neumatóforos, los cuales son extensiones verticales de raíces enterradas en un arreglo horizontal, superficial (Krauss et al., 2008; Cunill et al., 2018). Estas extensiones intentan estar por encima del nivel de inundación, han desarrollado lenticelas a lo largo de sus raíces, los neumatóforos son raíces especializadas con fototropismo positivo permitiendo que surjan hacia arriba de la superficie del suelo para capturar oxígeno y luz (Carillo y Ulanie, 2015). Por otro lado, los hongos (micorrizas) como los que pueden asociarse a plantas halófilas, y su presencia está relacionada con su capacidad de aumentar la captación de oxígeno y la resistencia al estrés por salinidad de la planta (Diaz et al., 2010).

3.2.4 -Embriones capaces de flotar

Una adaptación embriológica impresionante se centraliza en el área reproductiva que permite la supervivencia de sus propágulos (Ramírez y Segovia, 2013). Por ejemplo, la viviparidad que se caracteriza porque los frutos de mangle no producen semillas como suele ser en otras especies de plantas. El embrión germina prematuramente cuando el fruto aún está unido a la planta madre y se mantiene así durante un buen tiempo, alejada de condiciones negativas producida por la salinidad y la inundación (Salas y Cerón, 2018). Las especies perteneciente al género *Rhizophora* han logrado desarrollar de manera completa esta estrategia, sin embargo, los frutos de las especies pertenecientes a los géneros *Avicennia* y *Laguncularia* también han desarrollado una estrategia similar pero diferencialmente menor llamada cripto-vivípara, las especies germinan estando dentro del fruto cuando aún no caen en el agua o sustrato, los embriones tienen la capacidad de flotar al caer en el agua, permitiéndoles trasladarse por mareas lo cual les conlleva a colonizar diferentes sitios para perpetuar la especie (Pérez et al., 2015).

3.3 Tipos de manglares por su fisiografía

3.3.1 Manglares de borde

Se encuentra en primera línea con dirección mar-tierra, está sujeto a inundaciones diarias (más de 700 veces por año) (Ramírez y Segovia, 2013). La vegetación está dominada por el género *Rhizophora*, alcanza un gran desarrollo estructural debido a las grandes descargas de nutrientes y sedimentos traídos por la marea, se desarrolla a las orillas, el término se le denomina debido a que se desarrolla en los bordes de los canales de los esteros, dispuestos al oleaje y al cambio de mareas altas y bajas del ciclo mareal, sus raíces en forma de sanco les permite colonizar este tipo de suelos inestables (Moreno y Infante, 2016).

3.3.2 Manglar ribereño

Se encuentra en las márgenes de los caudales a lo largo del rango de intromisión salina. La vegetación está frecuentemente dominada por el género *Rhizophora* y en distintas asociaciones con las demás especies de mangles (Ramírez y Segovia, 2013). En estos ambientes las descargas de agua dulce y nutrientes por lo general son altas, produciendo bosques de características estructurales bien desarrolladas (Lau Williams, 2007). Los bosques ribereños están mayormente localizados en los márgenes de los esteros o canales, son ambientes con fuerte flujo de agua y nutrientes (Moreno y Infante, 2016).

3.3.3 *Manglar de cuenca*

Se encuentra hacia la parte posterior del manglar y cerca de los salitrales. Ubicados tierra adentro en zonas de bajo relieve, con poco efecto de marea, tras de los mangles ribereño, a lo largo de canales de escorrentía terrestre dirigidos hacia la costa. Según Moreno y Infante (2016) pueden ser alcanzados solamente por las mareas más altas y drenan lentamente después de permanecer inundados por un determinado periodo de tiempo. La salinidad intersticial es elevada durante la estación seca, esta decrece durante la estación lluviosa. Los árboles y arbustos mejor adaptados en esas áreas son *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* (Ramírez y Segovia, 2013).

3.3.4 *Manglares de inundación*

Estos manglares se pueden encontrar en las franjas de los caudales y en planos inundados, se concentra una gran cantidad de agua, se constituye un bosque alto de planicie inundada, lavado por las mareas diariamente, en tiempos de mareas altas siempre están sumergidos en agua; en época de lluvias reciben flujos de agua dulce rica en nutrientes (Moreno y Infante, 2016). Dominados por el género *Rhizophora*, y mezclado con *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (López Sánchez, 2006).

3.3.5 *Manglares enanos*

A lo largo que el manglar se extiende en la zona intermareal, crecen árboles enanos de *Rhizophora* (mangle rojo); mientras al alejarse del canal más adentrado a la zona continental, se localizan bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro). Por lo general Moreno y Infante (2016) expresan que presentan alturas menores a 1.5 m y un DAP menor a 2.5 m, se encuentran en zonas más altas y asociado a altas salinidades en época seca, en este tipo de bosque de manglar, los suelos son pobres en nutrientes, son escasos en comparación con los manglares tipo franja y ribereños. Según Zaldívar Jiménez (2021) “presentan valores de nitrato y nitrito (NO_x^-) de $4.5 \mu\text{M}$, para el amonio (NH_4^+) de $4.6 \mu\text{M}$. En menor cantidad se presenta el fosfato $0.5 \mu\text{M}$ (PO_4^{3-}) nutriente escaso en estos manglares y el responsable de que los árboles sean enanos” (Moreno y Infante, 2016).

3.4 Características vegetativas de los manglares

Rhizophora sp. Son halófilas, vivíparas, comúnmente conocida como mangle rojo, presenta raíces fúlcreas, Rizóforos, ramificadas, arqueadas y curvas, corteza ploma roja por dentro, presenta lenticelas hipertrofiadas, hojas con puntos negros, opuestas, simples, pecioladas, elípticas a oblongas, coriáceas, inflorescencia pauciflora, con número de flores en dependencia de la especie, fruto o propágulo es una vaya de color verde pardo de textura coriácea (Allen et al., 2012; Dolmus et al., 2022).



Imagen: Samuel Thomas

Avicennia sp (L). Plantas halófilas, comúnmente conocida como palo de sal, presentan raíces (neumatóforos, adventicias primarias, horizontales, de anclaje descendentes y raíces absorbentes), cortezas poliédricas, hojas opuestas decusadas con glándulas excretoras de sal, flores en panículas de color blanco, frutos en cápsulas (Gómez et al., 2019a; SIRE et al., 2003).



Imagen: Ulf Mehlig

Laguncularia racemosa L. Plantas halófilas, comúnmente conocida como Ageli, presenta tallo bastante recto, corteza gris oscura o blanquecina, con grietas, hojas opuestas simples elíptico peciolo corto y con dos protuberancias de glándulas en la base de la lámina, flor blancas pentámeras panículas terminales o axilares, Fruto (drupas ovoides, ligeramente comprimidas, verdes o pardas con varios surcos y longitudinales contiene una semilla), Raíces horizontales, semitubulares con fototropismo positivo (Gómez et al., 2019b).



Conocarpus erectus L. Plantas halófilas, comúnmente conocida como botoncillo, presenta una Corteza: grisácea con desprendimiento de escamas, Hojas: simples, dispuestas en espiral, alternas, lanceoladas, peciolo alado, contiene dos glándulas en la base, Flores: blanquecinas verdosa, paniculadas axilares, agrupadas en capítulos en forma de globos, Frutos: exhiben una forma ovoide o esférico en serie de capas constituidas por semillas, Raíces: presentan raíces similares a la de árboles del bosque seco axonomorfa por lo que se encuentran más próximas a bosque seco (Sánchez Cáceres, 2017; Trejo Torrez, 2009). Imagen: R&B Floridaseeds Powered by Shopify



3.5 Distribución global de los manglares

Los manglares presentan un patrón de distribución tropical a nivel mundial, no obstante, tienen excepciones en algunos lugares del planeta por su alta capacidad de adaptación. Es por eso que algunos alcanzan márgenes de los continentes, debido a las corrientes de aguas cálidas que se dirigen hacia los polos (López Sánchez, 2006).

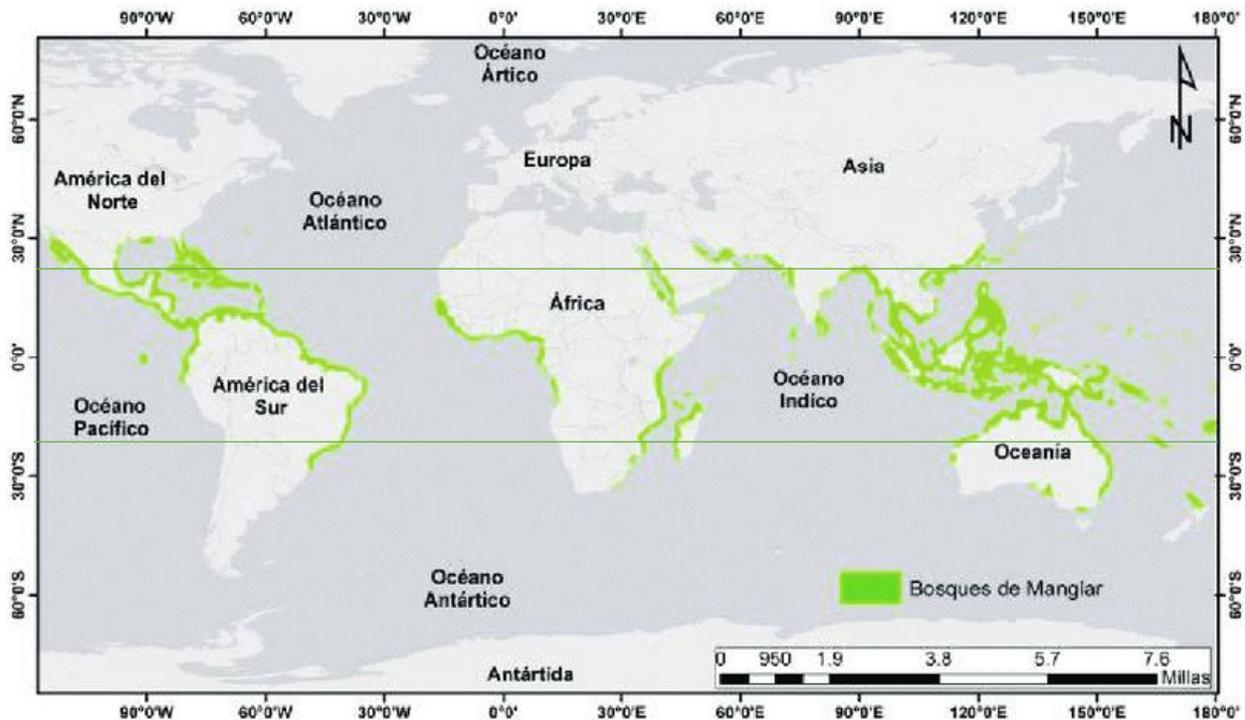


Figura 1. Mapa de distribución global de los manglares. Mapa: Hernando José Bolívar-Anillo (2011).

Según Bunting et al. (2018) los manglares del mundo cubren un área total de 137,600 km², aproximadamente el 96% de los manglares se encuentran entre el trópico de cáncer y capricornio. Se estima que Asia representa el 38,7 % de los “manglares del mundo, el sudeste de Asia representa casi un tercio (32,2 %). Se estima que América comprende el 28,7 % y África y Oceanía el 20,0 % y el 11,9 %, respectivamente. Los Territorios Europeos de Ultramar representan el 0,7%”.

3.5.1 Ecosistema de manglar

El ecosistema de manglar está asociado a los sistemas estuarinos lo cual están relacionados con agua salobre y desembocaduras de ríos con aportes de nutrientes de constantes cambios dinámicos (Ibáñez et al., 2009). Está compuesto por un bosque que presenta árboles o arbustos de aspecto leñoso principalmente de mangle adaptados a altos contenidos de sal, inundaciones por mareas,

suelos bajos en oxígeno y con alta productividad de materia orgánica (Moreno y Infante, 2016). Se considera un ecosistema altamente variable localizado en litorales fangosos característicos de presentar resiliencia ante los drásticos cambios producto al cambio climático y de acontecimientos naturales (Ortiz et al., 2018). Comúnmente se les denomina estero a los brazos de mar rodeados por manglares y brazos de río que desembocan al mar. Aunque producto a estos se pueden formar pequeñas marismas (Serra et al., 2014; Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá [ANAM-ARAP], 2013).

Los manglares son ecosistemas que han existido durante miles de años. De acuerdo con Mejía et al. (2014) el término mangle se origina de indígenas Guaraní y significa árbol retorcido por la característica morfológica que presentan estos en su mayoría. Tienen raíces modificadas para sobrevivir en sustratos fangosos, los especializa para absorber elementos nutritivos, agua y aire; se han adaptado para excretar sales por las hojas a través de la presencia de glándulas excretoras, sus frutos germinan en el árbol antes de caer permitiendo que surja un embrión (Moreno y Infante, 2016).

Los manglares se caracterizan por ser muy homogéneo tolerantes a elevadas concentraciones de salinidad, presentando mecanismos de resistencia y tolerancia (exclusión, secreción, acumulación de sal) situaciones adversas (Álvarez Torrez, 2022). Otros mecanismos especializados que han desarrollado para su supervivencia es la creación de raíces aéreas o la viviparidad del embrión permitiéndoles adaptarse al momento de anoxia producida por la anegación del ambiente, es por eso que se denomina ecosistema dinámico (Pérez et al., 2018). Las condiciones propias del lugar permiten circulación de energía a través de la cadena trófica, de tal manera que, los manglares albergan un sinnúmero de organismos tanto terrestres como acuáticos y de vuelo (CONABIO, 2013). Algunos emblemáticos entre ellos se agrupan en crustáceos (cangrejos y camarones), moluscos (bivalvos y gastrópodos), peces (robalo, pargo y zambullo), mamíferos (Mapache y zorro), reptiles (cocodrilo y serpientes), aves (Garzas, Patos, águilas y aves paseriformes) (Serra et al., 2014; Ramírez y Segovia, 2003; Acevedo Monsalvaje, 2021).

3.5.2 Estructuras de los manglares

La estructura de los manglares depende de la adaptación de las especies a los gradientes topográficos, inestabilidad del sustrato, la salinidad y suministro de agua (Boone et al., 2013). De esta manera cada especie domina o se adapta en un área, el funcionamiento de los bosques de

manglar y su alteración puede influir en la distribución y abundancia de la fauna (Torres Velázquez, 2017). Generalmente estos tipos de bosques se determinan por la dominancia del género *Rhizophora* ya que su mayor adaptación se encuentra en permanente contacto con el agua y en los sustratos más inestables, seguido del género *Avicennia* que puede permanecer periódicamente sumergido en agua, seguidamente el género *Laguncularia* y *Conocarpus*; estas últimas se encuentran paralelas a tierra firme, sólida y con menos presencia de agua (Gutiérrez et al., 2008).

Regularmente se puede alterar el orden de las especies del ecosistema de manglar, lo que los lleva a un sistema dinámico de adaptación a través de la colonización de otras áreas que presentan condiciones características propias, óptimas de otra especie (Chávez Rojas, 1999). El proceso ecológico puede darse por intervención antropogénica o por perturbación natural (Uribe y Urrego, 2009). Dicho de otra manera, la ausencia de un sotobosque está relacionada probablemente con la combinación de factores ambientales, como altas salinidades, periodos largos de inundación y bajo niveles de luz, los cuales exceden los límites de tolerancia de las plantas (López Sánchez, 2006).

3.6 Características de los manglares de Nicaragua

El Océano Pacífico se encuentra en el oeste de Nicaragua; contiene una superficie de 18.555 km² excluyendo los lagos Xolotlán y Cocibolca (Washington, 1978). El pacífico norte de Nicaragua limita al norte con el Golfo de Fonseca y se caracteriza por formar parte de un gran sistema estuarino formado por manglares, esteros, planicies, lagunas temporales y otros ecosistemas frágiles amenazados. Los ecosistemas costeros del pacífico son menos diversos que los del Caribe, esto se debe a que su hábitat está más fragmentado (Herrera et al., 2007).

Nicaragua por ser un país tropical goza de grandes extensiones de manglares a lo largo de la franja occidental, por ende, en el pacífico del país se encuentran seis sistemas de manglares posicionados geográficamente en la línea costera del pacífico de Nicaragua que se extiende desde la bahía de Salinas (orientación sur) hasta al Golfo de Fonseca (orientación norte) (Incer Barquero, 1995). Los manglares cubren alrededor del 30 por ciento de la costa y están distribuidos uniformemente entre la línea costera del pacífico y el caribe. Los manglares se encuentran más desarrollados en las costas del pacífico, debido a que, éstas se asocian a las zonas más próximas a altas temperaturas y se ven más degradados por efecto a la intervención antropogénica, la mayor concentración de los manglares es parte del departamento de León y Chinandega limitando con el Golfo de Fonseca, en

el caribe están más relacionados a sistemas lagunares y deltas, a diferencia del pacífico éstos se encuentran más conservados (Córdoba y Martínez, 2020).

Los manglares de Nicaragua son predominantes por las siguientes especies: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii*, *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y en el caribe *Pelliciera rhizophorae* colonizando las desembocaduras, deltas y esteros o brazos procedentes del mar (González Quiroz, 2016). Los manglares distribuidos en la región del Pacífico de Nicaragua se ven afectados por la extracción irracional de madera, en sus raíces permite el hábitat de un sinnúmero de poblaciones de peces, muchos otros mariscos, se han alterado los flujos de agua y sedimentos para permitir el cultivo agrícolas y acuícolas en áreas adyacentes, y se utilizan para construir áreas recreativas (Carvajal y Soto, 2006).

Aproximadamente 130 km están relacionados a la presencia de manglares en la región, en su mayoría se concentran en el pacífico norte del país específicamente en el pueblo de Potosí el cual se encuentra localizado al noreste del Volcán Cosigüina, presentando una extensión de 37,481 ha, Comisión Nacional de Energía (CNE, 2001); PROARCA y LIDER (2003), otro sitio es la Reserva Natural Estero Padre Ramos situada en el departamento de Chinandega con una superficie de 8,800 ha CIDEA et al. (2006), Aserradores situada en el departamento de Chinandega, Alianza en energía y ambiente con Centroamérica y Universidad centroamericana (AEA y UCA, 2009), Corinto es perteneciente al departamento de Chinandega el cual contiene una superficie de 7.100 ha DB-City (2023), la Isla Juan Venado la cual se ubica a los 22 km del departamento de León, contiene 2,927.85 ha terrestre MARENA et al. (2002) y Puerto Sandino que se encuentra a los 70 km al Noroeste de la ciudad de Managua, en el departamento de León (Reyes y Paz, 2017).

Las áreas de manglar en el litoral atlántico se extienden con una superficie de 340 km² en su mayoría en la región de la RAAS, a diferencia de las especies que se encuentran en el pacífico, para la región atlántica se registra *Pelliciera rhizophorae* comúnmente conocido como mangle piñuela (Carvajal y Soto, 2006).

3.7 Importancias del ecosistema de manglar

En términos biológicos los manglares son uno de los sistemas más productivos del planeta, y son 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 (Gómez Paiz, 2005). Por otro lado, son perfectos capturadores de carbono CO₂, protegen las costas contra la erosión, las marejadas, tormentas y huracanes. Están estrechamente relacionados con fenómenos oceanográficos, meteorológicos y climáticos (Restrepo y Vivas, 2007).

De acuerdo con Carvajal et al. (2019) el manglar es uno de los ecosistemas más típicos en la zona tropical. Hoy son multifuncionales por excelencia no sólo porque suministran importantes recursos cuyo valor de uso es directo, sino porque también desempeñan importantes funciones ecológicas, muchas de las cuales soportan la propia actividad económica. Por ejemplo, tienen gran importancia en el enriquecimiento del recurso pesquero ya que el manglar es el eslabón primario en la cadena trófica que termina en el pez (Gómez Paíz, 2005).

Estos ecosistemas de gran importancia ecológica y considerados territorios ancestrales, para las comunidades indígenas han representado una posibilidad económica, social y cultural en el transcurso de muchos lustros, sin embargo, en años recientes el aprovechamiento desmedido de los manglares principalmente como recurso maderable ha afectado extensas áreas de su cobertura, propendiendo actualmente por su uso y conservación como ecosistema (Calderon et al., 2009).

Se reconocen las variedades de bienes y servicios que los ecosistemas de manglar ofrecen, tanto directos como indirectos, incluyendo su rol como lugar de desove y cría de muchas especies de importancia económica, así como su valor económico, social y ambiental para la pesca, biodiversidad, la protección de las costas, actividades recreativas, investigación, educación y la calidad del agua costera y nerítica (Restrepo y Vivas, 2007).

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas de mayor productividad primaria y secundaria neta en el mundo (Juárez et al., 2019). Una gran cantidad de organismos desarrollan su ciclo biológico, además, contribuyen a las cadenas tróficas inmediatas cercanas a las costas, los manglares brindan al hombre una variedad de productos para su consumo o para la generación de ingresos (Ramírez y Segovia, 2013; Quintana Ortega, 2011).

Según Ramírez y Segovia (2013) los servicios indirectos son impredecibles en estos ecosistemas ya que actúan como productores de detritos que intervienen en múltiples cadenas alimenticias

dentro del mismo ecosistema y mar afuera, además incrementan la productividad y proporcionan hábitat adecuados a una gran diversidad de fauna acuática y terrestre tanto, residentes como migratorias. Para Hernández et al. (2017) estos proporcionan condiciones ambientales de protección y de disponibilidad de alimentos, favorable para el desarrollo de especies típicamente de los manglares, lo que le da un enorme valor desde el punto de vista de biodiversidad.

Con los servicios ecosistémicos los manglares cumplen con una variedad de funciones, mantienen la calidad del agua costera a través de la retención de sedimentos, eliminación y reciclaje de nutrientes, contaminantes y partículas procedentes de fuentes terrestres, funcionan como filtros (Hernández et al., 2018). Las raíces de mangle, principalmente desempeñan un rol importante como biofiltros naturales en la absorción de metales pesados (plomo, cromo, y cadmio), seguidas por los troncos y las hojas (Molina et al., 2018). Asimismo, debido a su sistema radicular de soporte que se encuentran muy extensas y enredadas, los manglares son perfectos capturadores de sedimentos, lo que evitan la erosión costera y protegen a los arrecifes de coral de la sedimentación (Sánchez et al., 2022).

3.8 Zonación de los sistemas de manglares

De acuerdo con Smith y Smith² (2007) la zonación es el cambio espacial en la estructura de una comunidad, es decir, los tipos de cambios estructurales físicas biológicas a medida que nos desplazamos en el paisaje. Por ejemplo, a medida que nos alejamos del caudal (estero) se puede diferenciar los cambios de composición, se diferencian las especies o en ocasiones se pueden encontrar mixtos (Agraz et al., 2006). La mayoría de las especies de mangle colonizan los estratos de los ecosistemas por la capacidad de tolerancia a la sal (halófila), tipos de sustratos (sólidos o inestables) o en dependencia de cuanto soporten las especies el hidropereodo a lo largo de inundaciones (hidrófila), bajas concentraciones de oxígeno (anoxia), drenaje, precipitación, evaporización, biota y las condiciones del relieve etc (Morrobel Waldo, 2020).

Ramírez y Segovia (2013) consideran que la zonificación es el resultado de la diferente respuesta de los manglares a los factores ambientales. Los manglares suelen tener paredes divisorias paralelas a cursos de agua que forman zonas de vegetación con cierta homogeneidad en respuesta a factores físico – químicos del suelo y ecológicos que determinan su estratificación (zonificación) en el ecosistema (Gil et al., 2009). La interrelación de variables como la inundación, salinidad, fertilidad y la saturación del suelo precisa gradientes ambientales en lugares intermareales que

dirige una estratificación en la distribución de los manglares, patrón que patenta una sólida evidencia experimental (Romero et al., 2019). Este factor está relacionado con el desarrollo de flujos y reflujos mareales en los manglares, ya que promueve la propagación o distribución de propágulos, cuyo establecimiento exitoso dependerá de la capacidad de tolerar cambios en los factores físico-químicos. Las estratificaciones suelen aparecer como mosaicos caracterizados por complejas interacciones físicas, químicas y biológicas (López Sánchez, 2006).

Los manglares son de formación leñosa, densa, frecuentemente arbustiva o arborescente (Díaz Gaxiola, 2011). Por lo general, la zona del caudal que interacciona directamente por la acción de las mareas y dominada por sustratos relativamente inestables, mayormente está dominada por mangles ribereño perteneciente a las especies del género *Rhizophora*, con árboles que pueden alcanzar hasta 45 metros de altura (Garcés y Lozano, 2020). Sin embargo, existe un grupo de mangles colonizando sustratos inadecuados, como plataformas de rocas sedimentarias expuestas al agua salada y en lagunas predominantemente arenosas, con poco intercambio de aguas maréales. Generalmente estos árboles no sobrepasan los 4 metros de altura y presentan un desarrollo anormal (Lau Williams, 2007).

La composición florística puede ser determinada mediante la cuantificación del índice valor de importancia (IVI) de las especies; dicho de otra manera, consiste en la sumatoria de los valores relativos de abundancia, frecuencia y dominancia, indicando la importancia ecológica relativa de las especies de plantas (mangle) de una comunidad, define contribuyendo el peso, carácter ecológico y estructura de cada especie presente en un ecosistema, (Soler et al., 2012; Campo y Duval 2014; Zarco et al., 2010). Según Campo y Duval (2014) aquellas especies que presentan un valor mayor son aquellos que poseen un patrón regular mientras aquellas con valor bajo son características de un patrón agregado, irregular y disperso. Los valores se representan en una escala porcentual de 1-100% (Graciano et al., 2017).

IV. METODOLOGÍA

4.1 Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, debido a que los datos en estudio son producto de medidas, las cuales se simbolizarán mediante números (cantidades) y se deben analizar a través de métodos estadísticos, donde se acota y se realiza comparación de variables, es de carácter no experimental por la razón de no manipular variables a través de experimentos y de corte transversal dado en un determinado tiempo (Hernández Sampieri, 2010).

4.2 Área de estudio

Los sitios seleccionados del pacífico norte de Nicaragua son: Puerto Sandino, Reserva Natural Isla Juan Venado, Corinto, Aserradores, Reserva Natural Padre Ramos y Potosí, (fig. 2). Se utilizó metodología implementada por (Mendoza Hernández, 2009; Manrow y Vilchez, 2012). La región occidental tiene clima tropical de sabana, con una estación seca (verano) y una lluviosa (invierno), las temperaturas promedio oscilan a 29.4°C y precipitación anual de 1600 mm (UNEP et al., 1997).

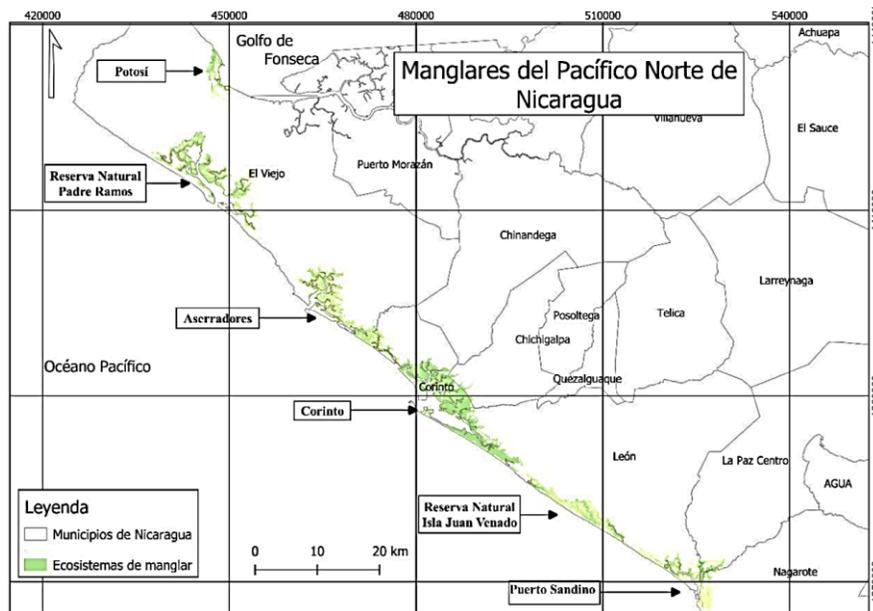


Figura 2. Localización de los manglares del pacífico norte de Nicaragua. Fuente (En prensa) 2022.

4.3 Población de estudio

La población se conforma de la superficie total del área de estudio, las cuales están compuestas por dos áreas protegidas y cuatro zonas sin áreas en protección. Se tiene que aclarar que todas las

especies de manglar están bajo protección, independientemente que pertenezcan o no a áreas protegidas.

4.4 Muestra

Se seleccionaron un total de 30 parcelas por cada sitio, a excepción de Potosí que es un área más pequeña con solo 8 parcelas, en total fueron 158 parcelas de muestreo. Las parcelas por cada sitio fueron seleccionadas al azar, utilizando la herramienta puntos aleatorios en polígono de QGIS 3.16 (acceso libre), tomando en cuenta la heterogeneidad de las coberturas del bosque de manglar. Esta herramienta brinda las coordenadas proyectadas para cada una de las parcelas, que posteriormente fueron localizadas con el uso de un GPS Garmin.

Las dimensiones de las parcelas fueron de 10 m orientadas al este y 20 m orientada al norte (200 m²). Se registrarán datos de abundancia, diversidad, así mismo, se tomaron los datos de altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP). Previamente se elaboró una hoja de registro para las variables a tomar en cada una de las parcelas.

4.5 Materiales e instrumentos

Para lograr la investigación se necesitó utilizar cintas métricas para delimitar parcelas, clinómetro para medir la altura de los árboles, cintas diamétricas para medir el DAP, GPS para georreferenciar los sitios, lápiz de grafito, libreta de campo, computadora portátil y embarcación para acceder a los puntos.

4.6 Técnica de recolección de datos

Se elaboró una matriz para recopilar información en campo, esta cumplió la función de almacenar datos numéricos de los árboles de mangle, se tomaron las especies de plantas presentes en la zona de estudio, dentro del perímetro de las parcelas.

4.7 Procedimientos

4.7.1 Recolección de datos

Para acceder a cada punto de muestreo ya establecido con sus coordenadas geográficas, fue necesario la utilidad de un GPS Garmin xtrex, estando en el sitio con la ayuda de una cinta métrica se establecieron parcelas que presentaron dimensiones de 10 m orientada al este y 20 m orientada al norte. Las medidas biométricas fueron tomadas a todos los árboles de mangles dentro de la

dimensión de las parcelas, se identificaron los mangles por especie, con la ayuda de un clinómetro se obtuvo la altura de fuste y total, con el apoyo de una cinta métrica se extrajo el DAP a la altura del pecho. Para comprender mejor la estructura del bosque se tomaron datos de regeneración natural, número de troncos de las especies presentes y número de individuos por hectáreas (Instituto Nacional de Bosques [INAB] et al., 2016).

4.7.2 Altura.

Para conocer la altura de los árboles se utilizó la siguiente ecuación: $Tano = h/m$, la cual consiste en la tangente de los grados obtenidos por la distancia de la persona al árbol, más la suma de la altura desde la superficie del suelo hasta la altura del ojo de una persona en promedio de 1.45 m. Las plantas menores a 1.5 metros de altura no fueron tomadas en cuenta (fig 3) (Instituto Nacional de Bosques [INAB] et al., 2016).

D= Distancia
h= Altura de la persona
α = Ángulo
H= Altura total

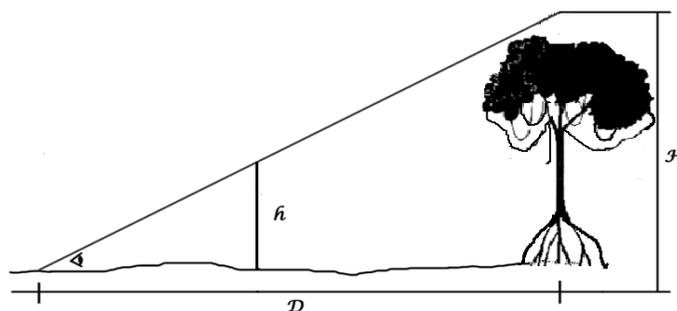


Figura 3. Representación de los ángulos para obtener la altura de un árbol. Eleazar Blanco.

4.7.3 Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Este se tomó simulando la altura del pecho de una persona que equivale aproximadamente a 1.30 m desde la superficie del suelo hacia arriba, con criterio de tomar solo árboles que presenten diámetros ≥ 10 cm de grosor, en caso de que el tallo de un mismo árbol presente dos o más bifurcados ≤ 1.30 de altura se tomaron todos, por condiciones morfológicas. Las especies del género *Rhizophora* se midieron a 30 cm de la raíz más alta, debido a que las características de las especies presentan raíces hasta de 6 m de altura desde la superficie del suelo hasta el tallo (fig 4).



Figura 4. Toma de datos del DAP en diferentes especies de mangle. Eleazar Blanco.

4.7.4 Cálculos del Área basal

En función del cálculo del área basal se empleó la siguiente formula:

$$AB = \frac{\pi \times (\text{diámetro en cm})^2}{40000}$$

Dónde: π se multiplica por los valores del diámetro al cuadrado entre cuarenta mil, este último valor es equivalente a la constante para obtener el área basal.

4.7.5 Cálculos del Índice de valor de importancia (IVI)

La sumatoria de la dominancia relativa más frecuencia y abundancia relativas de cada especie manifiesta el Índice de Valor de Importancia. Según Montoya Gómez (2020) y Soler et al., (2012) la siguiente ecuación muestra el cálculo para la estimación del IVI creado por (Cottam y Curtis 1956). $D\% + A\% + F\% = IVI$

Donde:

Abundancia relativa: número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad: Se calculó mediante la sumatoria de número de individuos de una especie entre la sumatoria total de número de individuos de todas las especies por 100:

$$A = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{\sum_{ij=1}^n X_{ij}} \times 100 \quad \text{Abundancia relativa} = \frac{\text{Número de individuos de la especie} \times 100}{\text{Número total de individuos}}$$

Dominancia relativa: Área basal de la especie y cantidad de individuos

Se calculó mediante la sumatoria de área basal (AB) (m²) de cada especie entre la sumatoria total de área basal (m²) de todas las especies por 100. Para llegar al área basal se convertirá el DAP de cada individuo de cm a m.

Para calcular el área basal se utilizó:

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

DAP= Diámetro a la altura del pecho del árbol observado

AB= Área basal del árbol observado

$$D = \frac{\sum_{j=1}^n AB_{ij}}{\sum_{ij=1}^n AB_{ij}} \times 100$$

Dominancia relativa = $\frac{\text{Dominancia de área basal la especie} \times 100}{\text{Dominancia de área basal todas las esp}}$

Frecuencia relativa: Distribución de especies por parcelas y el número de parcelas

Finalmente, la frecuencia relativa se calculó por la distribución de cada especie en el sitio donde se encuentra entre el número total de parcelas.

$$F = \frac{X_4}{X_5} \times 100$$

*X*₄= Cantidad de parcelas donde ocurre la especie

*X*₅= Número total de parcelas

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

4.7.6 Análisis de datos

La recopilación de datos biométricos fue almacenada en la herramienta de cálculo Excel 2010, para el análisis del grupo de datos se utilizó el programa estadístico “R Studio”. Se calculó la homogeneidad de varianzas, en cuanto a la identificación de las diferencias significativas se utilizó el test de Kruskal-Wallis, y la prueba de post-hoc de Wilcox test para determinar la diferencia entre grupos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Se registraron datos de 6061 árboles de mangle distribuidos a lo largo de la franja del Pacífico norte del Nicaragua, alcanzando 2 áreas protegidas y 4 áreas exentas del sistema de protección (fig. 2). La reserva natural Isla Juan Venado fue donde se muestreo el mayor número de individuos con 1769 (tabla 1), debido a que el esfuerzo de muestreo fue mayor. Puerto Sandino y Puerto Corinto con 1254 y 1154 individuos respectivamente. El de menor esfuerzo de muestreo fue Potosí, registrando 353 individuos.

Se identificaron cinco especies de mangle; *Rhizophora spp* (L), *Avicennia germinans* (L), *Avicennia bicolor* (Standl), *Conocarpus erectus* (L) y *Laguncularia racemosa* (L). La mayor cantidad de individuos identificados fue de *Rhizophora spp* (3359), principalmente en la Puerto Sandino y Corinto (tabla 1). Para *Avicennia germinans* se registraron 1684 individuos, siendo más abundante en la Isla Juan Venado. *Laguncularia racemosa* es la tercera especie con un valor de 798. Por otro lado, *Avicennia bicolor* solo se contabilizaron 117, siendo más abundante en la zona de Potosí, bordeado por *Avicennia germinans*, con suelos menos inundados que las otras especies (Santamaría-Damián et al., 2016). El que registro la menor cantidad de individuos fue *Conocarpus erectus* con tan solo 103 individuos.

Tabla 1. Especies y número de individuos registrados en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Eleazar Blanco.

Especies	Puerto Sandino	Isla Juan Venado	Corinto	Aserradores	Padre Ramos	Potosí	Total
<i>Rhizophora spp</i> (L)	642	502	832	594	732	57	3359
<i>Avicennia germinans</i> (L)	422	773	292	107	65	25	1684
<i>Avicennia bicolor</i> (Standl)				16	2	99	117
<i>Conocarpus erectus</i> (L)	71	12		4		16	103
<i>Laguncularia racemosa</i>	119	482	30	3	8	156	798
Total	1254	1769	1154	724	807	353	6061

Los manglares estudiados, presentan dominancias bien marcadas en las especies, principalmente *Rhizophora spp*, *A. germinans* y *L. racemosa*. Como sugiere Samper-Villarreal & Silva-Benavides (2015) se pueden evidenciar diferencias estructurales en los sistemas de manglar que podría sugerir influencias en el tipo de suelo, escorrentía y precipitación. Además de la acción antrópica, principalmente la sobreexplotación del manglar para uso comercial.

Potosí con el mayor número de individuos por hectárea con 2206 ind ha⁻¹ (fig. 5). Puerto Sandino es el segundo sitio con valores altos de 2162 ind ha⁻¹, con densidades muy parecidas a la anterior Puerto Corinto se encuentra con 2137 ind ha⁻¹. Aserradores tiene 2011 ind ha⁻¹, por otro lado, las densidades de árboles menores fueron registradas en el área protegida Isla Juan Venado y Padre Ramos con 1769 y 1301 ind ha⁻¹ respectivamente.

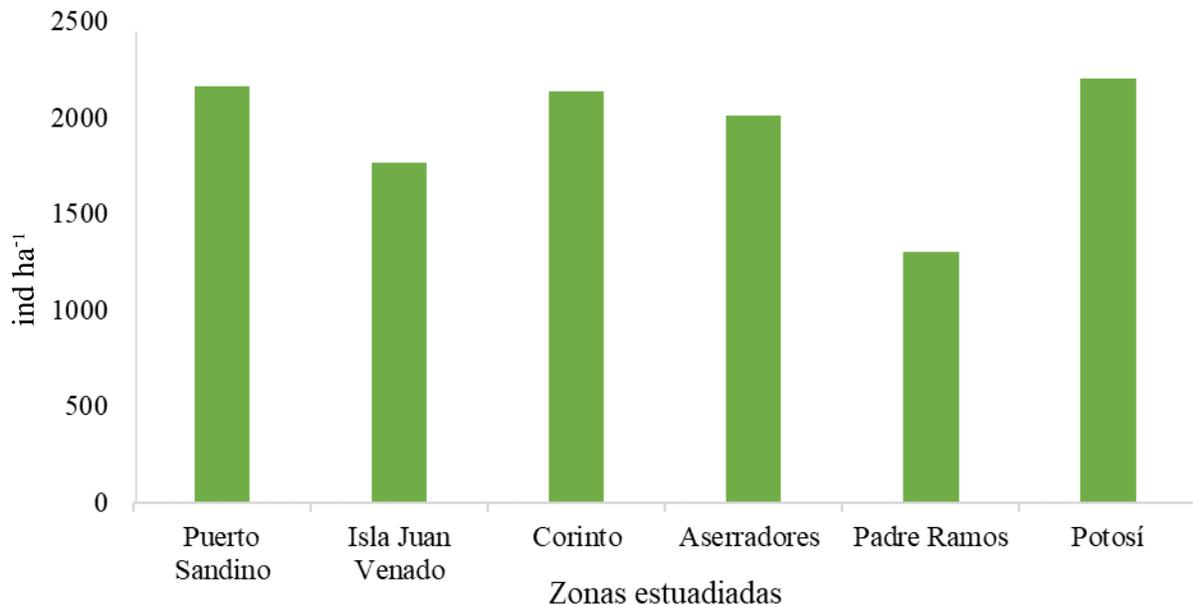


Figura 5. Número de individuos por hectárea en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Eleazar Blanco.

Con respecto a densidades de árboles por especie, *Rhizophora spp* registro mayor cantidad de árboles con 2,153 ind ha⁻¹, seguida de *A. germinans* 1,079 ind ha⁻¹ y posteriormente *L. racemosa* con 511 ind ha⁻¹. Los valores más bajos en densidades pertenecen a *A. bicolor* y *C. erectus* con 75 y 66 ind ha⁻¹ respectivamente. Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los reportados por Mendoza Hernández (2009) en la Isla Juan Venado donde *L. racemosa* fue la especie con mayor densidad presentando 1,545 ind ha⁻¹, seguido de *A. germinans* con 1,111 ind ha⁻¹. Este mismo autor ya mencionaba los riesgos de disminución de *L. racemosa* debido a la sobre explotación de los manglares.

En un estudio realizado anteriormente en la reserva natural Padre Ramos, Carvajal y Soto (2006) reportaron resultados similares a los de Mendoza Hernández (2009), ya que *L. racemosa*

permanece como el más denso con 2250 ind ha⁻¹, seguido de *Rhizophora spp* 1333 ind ha⁻¹ y por último y menos denso *A. germinans* con 500 ind ha⁻¹.

La figura 6 muestra el porcentaje de individuos por especie destacando principalmente *Rhizophora spp* con mayor porcentaje, seguido de *A. germinans* y *L. racemosa* mostrando un 46%, 30% y 21% del total, no así, *A. bicolor* y *C. erectus* manifiestan porcentajes muy por debajo de los anteriores con tan solo 2% y 1% de individuos. En porcentajes *Rhizophora spp* es la especie más dominante, posteriormente *A. germinans* en cuanto a las demás especies son pocas representativas.

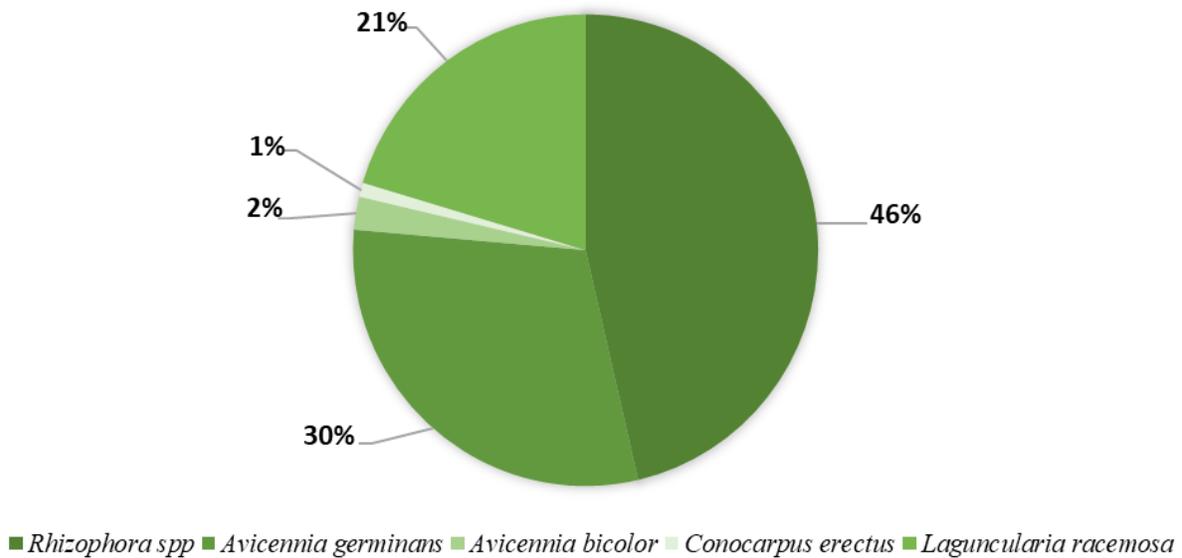


Figura 6. Porcentaje de individuos por especies en el Pacífico norte de Nicaragua 2023. Eleazar Blanco.

Medidas Morfométricas

En la figura 7 se pueden observar las alturas representativas de las especies a escala del Pacífico y por zona. Los individuos registrados no superan los 30 m de altura. Por ejemplo, los manglares de la zona de Aserradores presentaron árboles bastantes bajos hasta de 1.5 m de altura, sin embargo, los árboles que presentaron mayores valores fueron *Rhizophora spp* y *A. germinans* con alturas >10 m, dominando en altura sobre las demás especies.

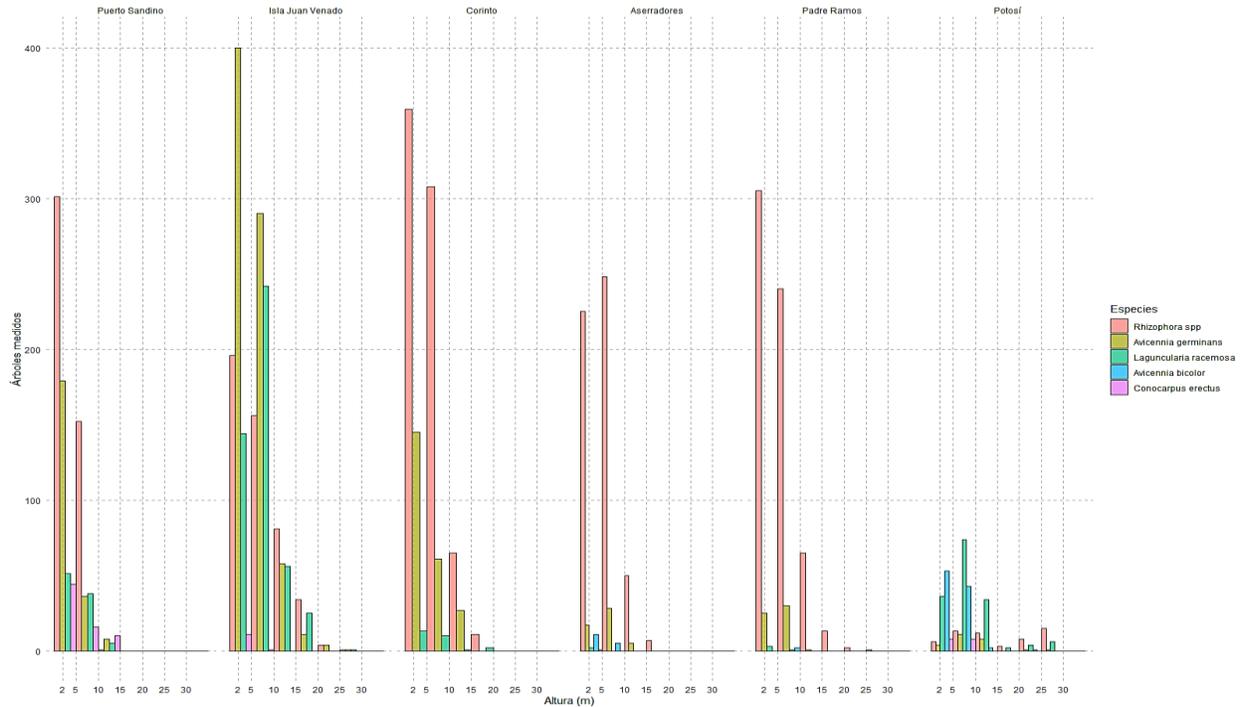


Figura 7. Estructura de altura (m) de los manglares en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Eleazar Blanco.

Es notoria la diferencia entre las especies que se encuentran en el área protegida Isla Juan Venado, específicamente en la zona de Salinas Grandes, la cual presenta especies hasta de 25 m de altura y resulta claro que la especie con valor más alto es *A. germinans*, posteriormente *L. racemosa* y *Rhizophora spp* con alturas <15 m, cabe destacar que, a diferencia de las demás zonas *A. germinans* es la que domina por encima de las demás especies abarcando más de 400 ind; la zona Corinto manifiesta alturas un poco más de 20 m, es preciso señalar que *Rhizophora spp* es la especie que presenta valores más altos a escala del Pacífico en comparación a las demás zonas.

En Potosí se registraron alturas hasta de 30 m, a pesar de encontrar árboles bien desarrollados el promedio de altura está por debajo de los 11 m. *A. bicolor* es la especie más dominante con un poco más de 50 ind, es relevante la dominancia de la especie ya que no se mostró en las demás zonas. Por otro lado, *L. racemosa* y *A. bicolor* son las más dominante es esta zona aún más que *Rhizophora spp*. Estos resultados difieren a los reportados por Mendoza Hernández (2009) (Isla Juan Venado) donde la mayor cantidad de árboles de *A. germinans* se agrupan en intervalos de 3-6 m de altura, en cuanto a *Rhizophora spp* no miden más 20 m y la mayoría de los árboles se

agrupan en intervalos de 3-12 m de altura y por último *L. racemosa* con alturas <15 con mayor concentración de árboles en intervalos de 6-9 m de altura.

Otro estudio realizado en los manglares de El Salvador por Chicas et al. (2016) revela resultados similares a la presente investigación, con la mayor densidad de árboles entre los intervalos de 0-10 m, predominando el género *Rhizophora*, seguido de *A. germinans*. En dicha investigación se reportaron árboles hasta 60 m de altura, diferente a nuestra investigación en la obtuvimos alturas máximas de 30 m. Claro está de que los árboles presentan una estructura donde la mayoría no alcanza la adultez, convirtiéndolos en bosque jóvenes.

La figura 8 muestra el grafico de caja donde la mediana no supera los 8 m de altura. Se identificaron diferencias significativas (H de kruskal-Wallis= [296.43, P<0.001] en las alturas de las especies entre las seis zonas de muestreo.

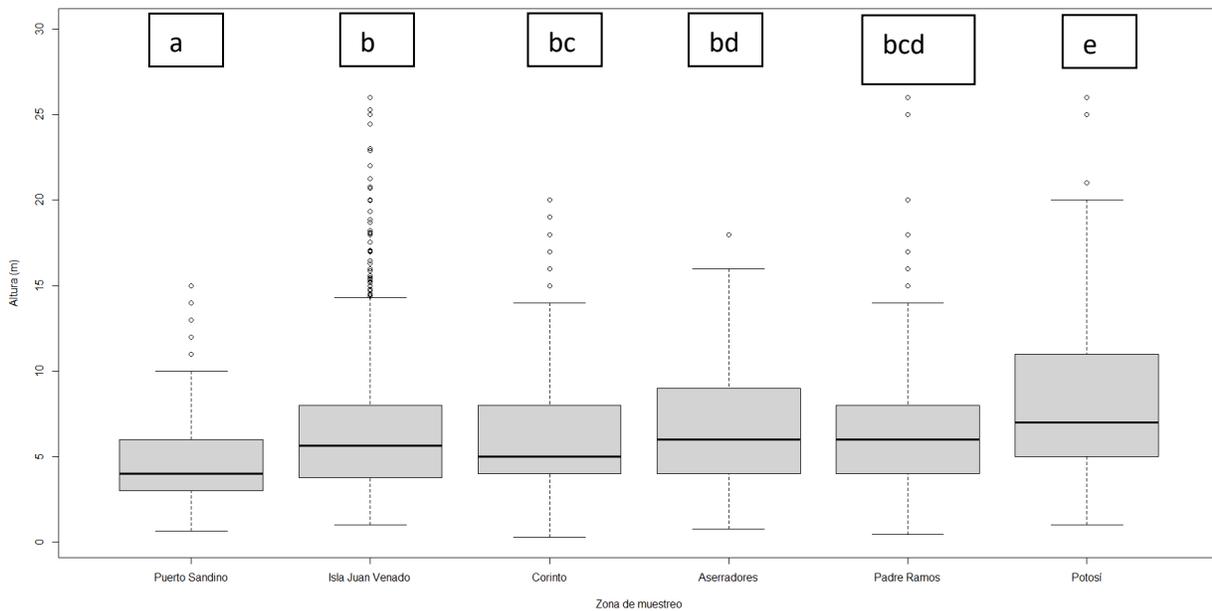


Figura 8. Comparación de las alturas de las cinco especies entre las seis zonas del Pacífico norte de Nicaragua, 2023. Los o representan outlier o datos atípicos. Las letras representan las diferencias significativas ($p < 0.05$). Eleazar Blanco.

La prueba de post-hoc evidencio que Puerto Sandino presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en relación con las otras seis zonas, mostrando promedios de altura de 4.74 ± 2.56 m (fig. 8). La Isla Juan Venado (6.60 ± 4.07 m) tiene diferencia significativa ($p < 0.05$) con Puerto Sandino y Potosí.

Corinto no presentó diferencia significativa ($p= 0.16$) con la Isla Juan Venado, Aserradores y Padre Ramos, con promedio de 6.07 ± 3.38 m. Similar resultados se encontró en Aserradores ($p= 0.12$) mostrando promedios de 6.54 ± 4.14 m. Padre Ramos (6.38 ± 3.52 m) presentó diferencia significativa únicamente para Puerto Sandino y Potosí. Por último, Potosí presentó diferencia significativa ($p<0.05$) comparada con el resto de las cinco zonas de muestreo.

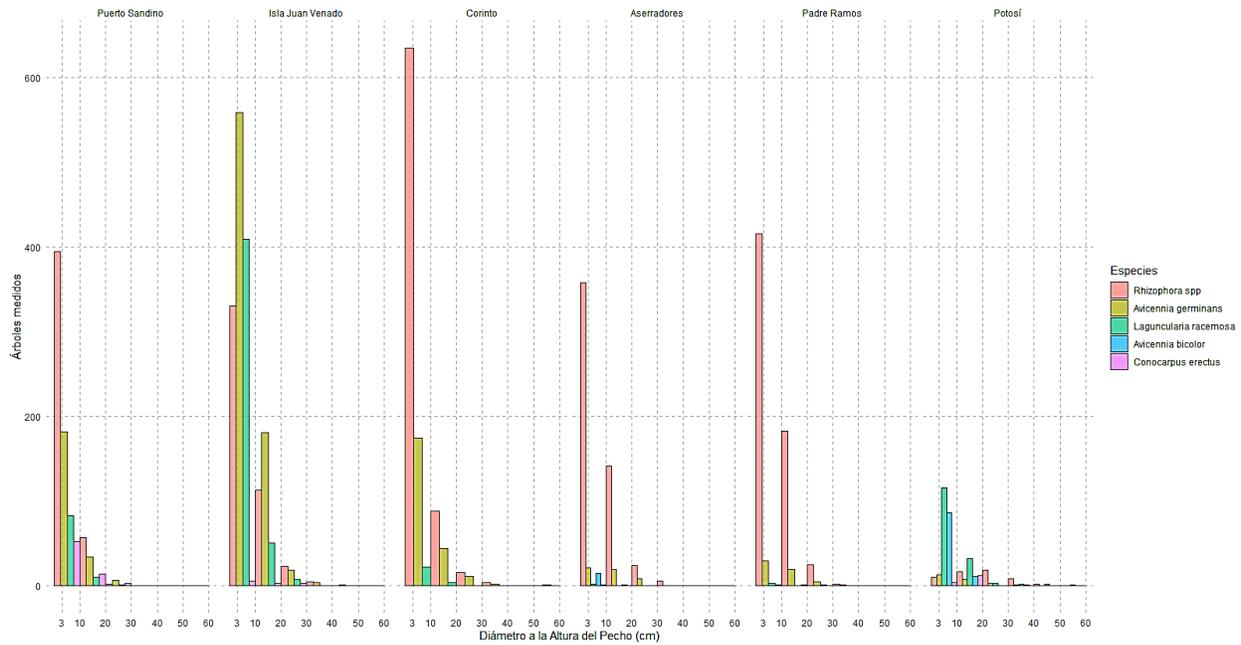


Figura 9. Estructura diamétrica a la altura del pecho (DAP) en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua 2023. Eleazar Blanco.

La estructura diamétrica de cada especie en las seis zonas analizadas muestra mayor cantidad de árboles entre los intervalos de clases dimétricas <20 cm (fig. 9), aunque se observaron individuos que presentan diámetros >20 y <50 cm, pero muy pocos, principalmente hacía la zona de Potosí.

Algunas zonas apenas alcanzan diámetros <12 cm entre los más frecuentes, tal es el caso de Puerto Sandino, en cuanto a especies con más frecuencias de esta zona se encuentra *Rhizophora spp* y *A. germinans*. Con respecto al área protegida Isla Juan Venado algunos árboles pueden contener 40 cm, sin embargo, los más representativos se encuentran a partir <20 cm, las especies que dominan con mayor frecuencia son *A. germinans* y *L. racemosa*. Para el caso de Corinto se identificaron frecuencia entre los intervalos <15 cm de diámetro, cabe destacar que, la especie más abundantes fue *Rhizophora spp*.

En la zona de Aserradores en declive presentando mayor frecuencia entre los intervalos <20 cm de diámetro, siendo las más frecuente *Rhizophora spp*; el área protegida Padre Ramos presenta mayor frecuencia entre intervalos ≤ 20 , entre las especies que más domina se encuentra *Rhizophora spp*, por último, la zona de Potosí presenta valores hasta >50 cm de diámetros, destacando pocos árboles, pero con circunferencia de árboles adultos, diferente a las de todas las zonas anteriores.

Estos resultados indican ser semejantes a los obtenidos por Agudelo et al. (2015) donde estudiaron el diámetro de tres zonas de la bahía de Cispotá (México), la primera zona presento diámetros de 35 cm, sin embargo, la mayor frecuencia fue entre el intervalo de 0-15 cm de circunferencia, la próxima zona alcanzo 40 cm, pero mayor número de árboles frecuentó entre 0-15 cm y finalmente la última zona mostro su mayor frecuencia en intervalos de 0-10 cm de diámetro. Generalmente el bosque al igual que el estudio citado se caracteriza por presentar déficit en cuanto al grosor, lo que significa que esta intervenido y no existen muchos esfuerzos de conservación.

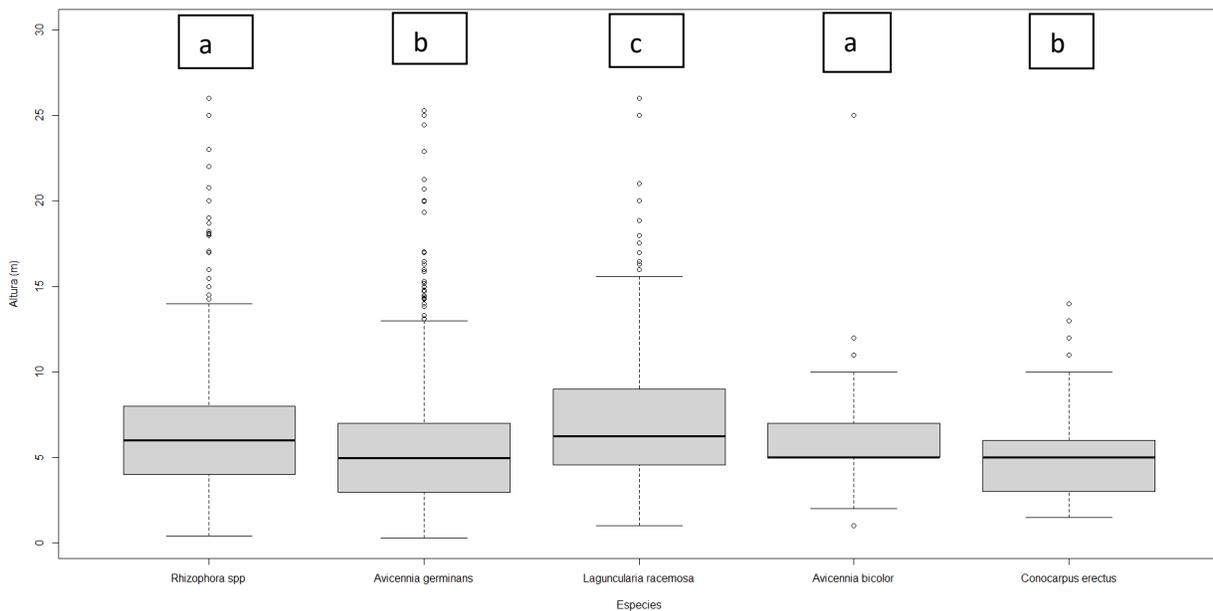


Figura 10. Comparación entre las alturas para cada una las especies independientes de la zona de muestreo en el Pacífico norte de Nicaragua, 2023. Los o representan outlier o datos atípicos. Las letras representan las diferencias significativas ($p < 0.05$). Elaboración propia.

Se encontraron diferencias significativas (H de kruskal-Wallis [187.29, $P < 0.001$]) entre las alturas de las especies analizadas para las seis zonas muestreadas. En cuanto a las 5 especies encontradas

en los bosques de manglares, no se encontró diferencias significativas ($p= 0.805$) en las alturas entre *Rhizophora spp* (8.37 ± 5.50 m) y *A. bicolor*. Sin embargo *L. racemosa* (7.09 ± 4.69 m) presentó diferencia significativa ($p<0.001$) con respecto a *A. bicolor* y las demás especies. Por otro lado, *C. erectus* (9.15 ± 4.84 m) presentó diferencia significativa ($p<0.001$) con respecto a *A. bicolor*, sin embargo, *A. germinans* no presentó diferencia significativa ($p= 0.805$). Finalmente *A. germinans* presentó diferencia significativa con respecto a todas las especies ($P<0.001$) con promedio de (8.57 ± 5.56 m).

Área Basal por zona y especies

En la zona de Puerto Sandino los valores mayores lo obtuvieron *Rhizophora spp* y *A. germinans* con 32.4 y 23.5 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ respectivamente (fig. 11), no así, *L. racemosa* y *C. erectus* presentan valores menores a 8 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. En total se calcularon 71.2 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ de área basal para Puerto Sandino. Referente al área protegida Isla Juan Venado *A. germinans* obtuvo 57.5 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ siendo este el mayor valor, distinto a la anterior zona, posteriormente *Rhizophora spp* con 43.3 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ seguido de *L. racemosa* 21.8 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ y con el valor más bajo *C. erectus* $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, con total de 124.6 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Los valores del presente estudio son superiores a los reportados por Mendoza Hernández (2009) en la Isla Juan Venado. Este investigador solo muestreo la zona de Las Peñitas (zona afectada por la acción antrópica), contrario a este estudio donde se valoró Salinas Grandes (es la zona donde está mejor conservado en bosque de manglar).

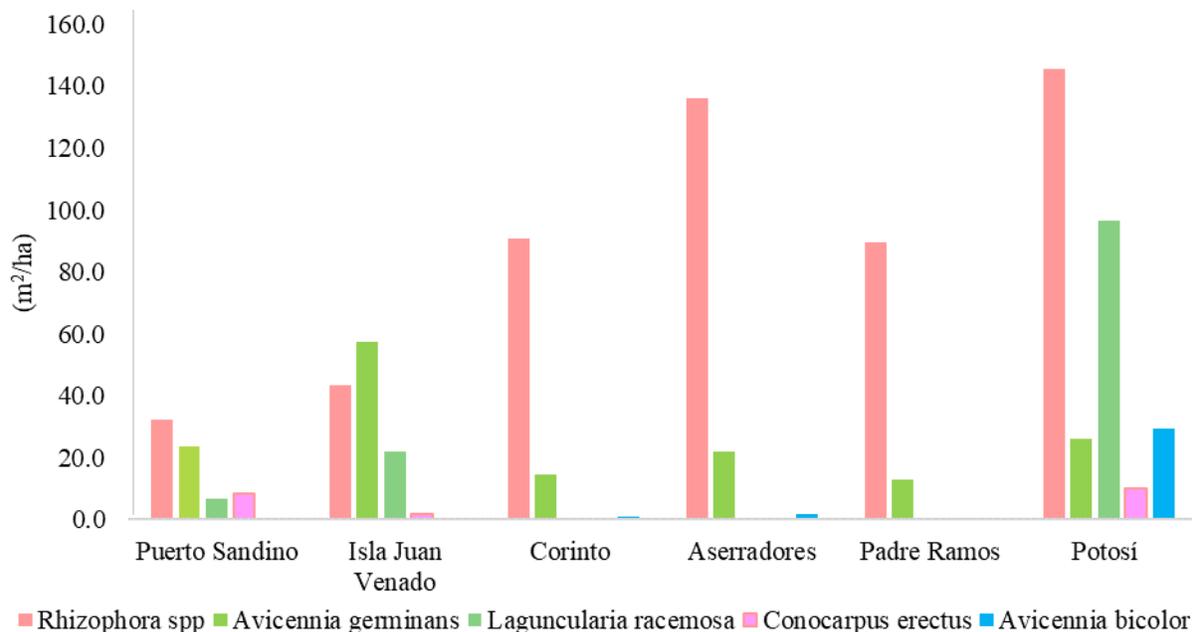


Figura 11. Estructura basal por zona de muestreo y especies en las zonas del Pacífico norte de Nicaragua (2023). Eleazar Blanco.

En Corinto, a diferencia con la zona anterior *Rhizophora spp* presenta valores superiores a las demás especies con $90.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, posteriormente *A. germinans* con $14.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y finalmente *L. racemosa* y *A. bicolor* con valores menores a $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, con total de $106.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. En cuanto a Aserradores de forma similar a la zona anterior, pero en ascenso *Rhizophora spp* obtuvo mayor con $136.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, posteriormente *A. germinans* con $22 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y por último *L. racemosa* y *A. bicolor* manteniendo valores inferiores a $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, con total de $160.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Padre Ramos presenta valores similares a la zona anterior, pero en ascenso, con $103.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y 13.1 para *A. germinans*, manteniendo valores inferiores a $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para las demás especies, con total de $103.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Por último, potosí siempre manifiesta valores altos para *Rhizophora spp* $145.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, sin embargo, en este caso *L. racemosa* es la siguiente especie con $96.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ posteriormente y sobresaliendo a diferencia de las otras zonas *A. bicolor* con $29.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, en este caso *A. germinans* se mostró menos relevante $26 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y por último *C erectus* se mostró con mayor valor de como se mostró en las zonas anteriores con $10.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, con total de $307.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Estos resultados son distintos a los encontrados por Téllez y Valdez (2012) en Cuyutlán (México) donde *L. racemosa* fue la que presentó mayores valores, posteriormente *Rhizophora spp* y finalmente *L. racemosa*. Por otro lado, los resultados obtenidos por Chicas et al., (2016) Bahía la Unión (El Salvador) son muy parecidos a nuestros resultados ya que *Rhizophora* presenta mayores valores dominando por encima de las demás especies, seguido de *A. germinans* y por último *L. racemosa*.

El área basal tiende a comportarse en ascenso desde la zona de Puerto Sandino hacia Potosí en cuanto a *Rhizophora spp*, cabe resaltar que en la Isla Juan Venado existe alteración con la especie por *A. germinans* y en Padre Ramos decrecen los valores, en cuanto a Potosí se encuentran las especies que presentan menor valores, en las demás zonas como las de mayor valor para dicha zona.

Patrones de zonación del ecosistema de manglar

Cada zona de muestreo tiene una zonación heterogénea, siendo la Isla Juan Venado la más evidente. El área protegida presenta diferentes patrones de zonación, dominado principalmente por *A. germinans* y *L. racemosa* (fig. 12). En los porcentajes de cobertura se puede observar que *A. germinans* se localiza en los bordes del estero, principalmente hacia la zona de Las Peñitas. Esto ha sido una alteración provocada por la extracción de *Rhizophora spp* y la posterior colonización de *A. germinans* (Gutiérrez et al, 2008).

La figura 12 se observa la poca o nula presencia de *Rhizophora spp* a lo largo del estero, únicamente bien representado en los extremos hacia Las Peñitas y Salinas Grandes. Estos resultados resultan ser diferentes a los encontrados por Barrantes y Cerdas (2014) en Térraba-Sierpe (Costa Rica) debido a que la mayor frecuencia y cobertura de *Rhizophora spp* la encuentran en sustratos de lodo fino, lo que indica que son estratos que se encuentran más cercanos al estero, de forma similar y subsiguiente se encontró *L. racemosa* y por supuesto acercándose hacia zonas arenosas más alejadas del estero se encontró *A. germinans* indicando una zonación intervenida diferente a nuestros resultados.

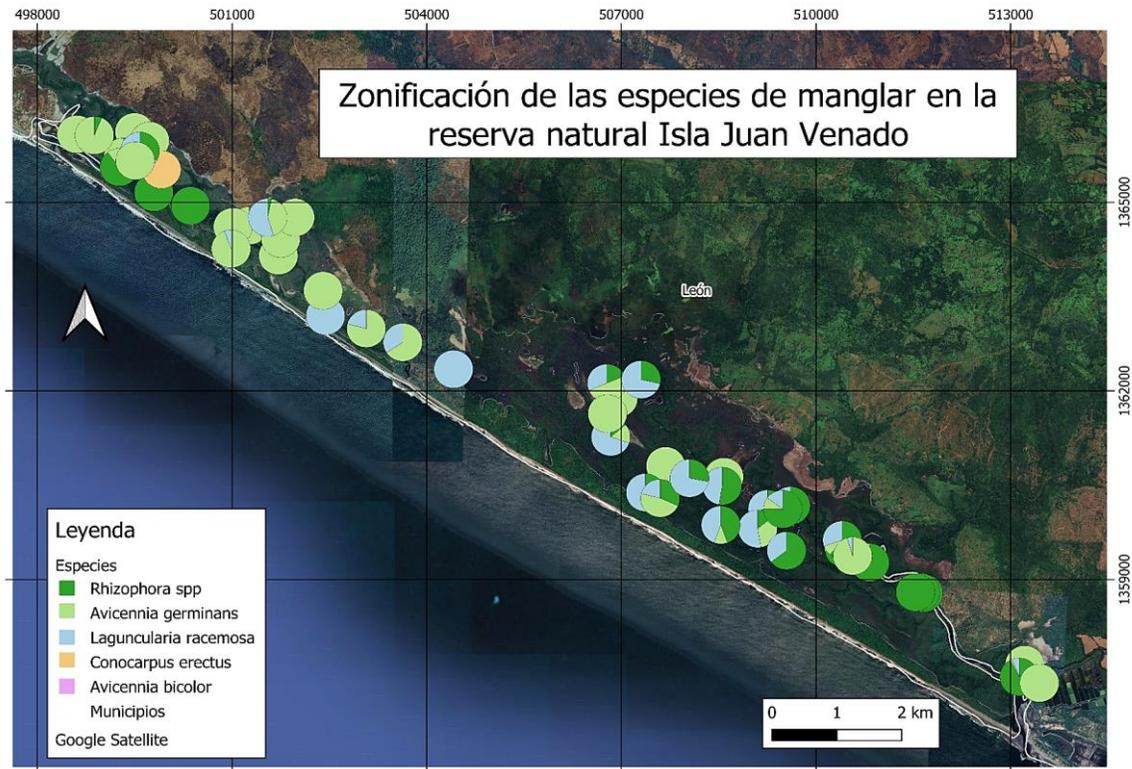


Figura 12. Patrones de zonificación en las especies de mangle de la Reserva Natural Isla Juan Venado, 2023. Eleazar Blanco.

La Isla Juan Vendado claramente tiene áreas perturbadas, indicador de eso es la población de especies colonizando sitio naturalmente correspondiente para otras especies, esto puede deberse a la deforestación de *Rhizophora spp* y a la sustitución por estratos de *A. germinans*, esta última especie por lo general es territorial y se apodera de espacios desplazando a las demás especies que se encuentran en menor cantidad o en intervención.

Por otro lado, la zona de Puerto Sandino (fig. 13) se pueden apreciar una estratificación monoespecífica para *Rhizophora spp* dominando en los bordes del estero e incluso en algunos sectores se pueden observar estratos mixtos de *A. germinans* y *L. racemosa* dominados por *Rhizophora spp*, por ejemplo, en los sectores que más se alejan del brazo ancho del estero, acercándose hacia la isla Los Brasiles y en el sector noroeste paralelo hacia la zona continental.



Figura 13. Patrones de zonificación en las especies de mangle de Puerto Corinto, 2023. Eleazar Blanco.

Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Jiménez (1999) en el Gofio de Fonseca (Honduras), que también hace parte de los manglares de Nicaragua, se puede ver reflejado la distribución espacial de estratos mixtos conformados por *Rhizophora spp* y *A. germinans* donde se presentan algunos estratos de cobertura densa de las dos especies y algunos estratos monoespecíficos de cobertura media de *Rhizophora spp*.

Los estratos monoespecíficos de *Rhizophora spp* en la zona de corinto puede deberse a lo ancho que presenta el estero y por lo tanto a la hidrología, la frecuencia de agua que ingresa con facilidad a los sectores dominados por esta especie, una buena dinámica hídrica indica una buena salud del bosque, sin embargo, en los sectores donde el suministro de agua es menor, existe presencia de estratos correspondientes a *A. germinans* y *L. racemosa*, esto debería ser lo normal para estas últimas especies ya que acostumbran estar más alejadas del estero y asociadas a zonas arenosas.

En cuanto a la zona de Puerto Sandino (Anexo 1) presenta estratos monoespecificos de *Rhizophora spp*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*, dominados por las primeras dos especies mencionadas, con relación a la cercanía al estero o cuerpos de agua *Rhizophora spp* es el que se encuentra más concentrado al área, en cuanto a *A. germinans* se puede observar más retirado del sistema hídrico. Por otra parte, existe presencia de estratos mixtos conformados por *A. germinans*, *L. racemosa* estos se encuentran en sectores más cercanos a tierra firme y dominados por *A. germinans*, pero además hay formación de estratos con *Rhizophora spp* y *L. racemosa* y aun con *A. germinans* que se acercan más al estero dominado por *Rhizophora spp*. Puerto Sandino presenta una zonación un poco normalizada ya que presenta estratos similares con patrones naturales.

Para la Zona de Aserradores (Anexo 2) en su mayoría está dominado por estratos monoespecificos de *Rhizophora spp* en sectores cercanos al estero, algunos estratos bastante paralelos a las zonas continentales, por otro lado, presenta estratos mixtos conformados por *Rhizophora spp* y *A. germinans*, esta última especie se encuentra colonizando sitios correspondientes a otra especie, cabe mencionar que existe estrato de *Rhizophora spp* y *A. bicolor* muy cercano al estero. La zona de Aserradores presenta zonación normalizada frente con *Rhizophora spp*, sin embargo, se encuentra una alteración en cuanto a la colonización de *A. germinans* y *A. bicolor* en sectores pertenecientes a *Rhizophora spp*.

Con respecto a la zona de Padre Ramos (Anexo 3) se puede observar dominancia de estratos monoespecificos de *Rhizophora spp* colonizando sectores cercanos y distanciados al estero, existe presencia de pocos estratos de *A. germinans* este se encuentra en sectores cercanos al estero, por otro lado, se encuentran estratos mixtos de *A. germinans* y *L. racemosa* dominados por *Rhizophora spp* y muy pocos estratos dominados por *A. germinans*. La zona de Padre Ramos suele tener dominancia de *Rhizophora spp* y alteración de estratos en las demás especies, cabe mencionar que, en los sectores donde hay presencia de camaroneras existe una alteración de estratos mixtos de *A. germinans* y *L. racemosa*.

Por último, la zona de Potosí (Anexo 4) mayormente se pueden observar estratos mixtos de *A. germinans* dominados por *L. racemosa* se encuentran en sectores retirados al estero, también estratos de *A. germinans* dominados por *A. bicolor* y finalmente estratos de *A. bicolor* y *Rhizophora spp* dominados por *A. germinans*. Está claro que, las especies que colonizan

actualmente han sustituido los estratos de *Rhizophora spp.* Cabe mencionar que la cobertura del manglar se encuentra fragmentada por establecimientos de camaroneras.

Resultados bastante parecidos en la mayoría de las zonas encontraron Barrantes y Cerdas (2014) en Térraba-Sierpe (Costa Rica) y diferente a la zona de Potosí (Anexo 4), donde la mayor parte del área está cubierta por *R. racemosa* y *P. rhizophorae* una especie que no está presente en el Pacífico de Nicaragua, dos especies de mangle que muestran mayor distribución espacial conformando rodales monoespecíficos o mixtos, *R. racemosa* se mostró en sectores más externos al estero lo que indica una colonización irregular, se encontraron sectores mixtos con *Avicennia spp.*, esta última especie se encontraba dominando de forma monoespecífica o mixtos sobre *R. mangle* y *L. racemosa* mostrando un distribución segregada.

Por lo general, el Pacífico se encuentra dominado por *Rhizophora spp.* con estratos monoespecíficos y en ocasiones sectores mixtos, seguido de *A. germinans*, algunas zonas se encuentran bajo presión antropogénica como la Isla Juan Venado donde *Avicennia spp.* es dominante en estratos monoespecíficos y mixtos sustituyendo especies que corresponden a otras especies naturalmente, en cuanto a la zona de Potosí se encuentra alterada en cuanto a la cobertura de espacios por especies menos dominantes que las demás que se encuentran en su mayoría de las zonas, dominando *L. racemosa* y *A. bicolor* y mostrándose en desarrollo de estratos monoespecíficos y mixtos.

Índice de valor de importancia (IVI)

A continuación, se describe el valor de importancia de las especies para cada una de las zonas de muestreo. Para el caso de Puerto Sandino, *Rhizophora spp.* tiene el mayor valor de importancia con 46.5% (relacionado con la mayor abundancia y distribución), lo que indica que representa un alto valor en el ecosistema, seguido de *A. germinans* con 32.6% manteniéndose con alto valor, no así, *L. racemosa* demostró un valor de importancia intermedio con 13.6%, el porcentaje más bajo pertenece a *C. erectus* con un 7.4%, cabe mencionar que, *A. bicolor* no presento ningún valor de importancia para la zona. Estos resultados ocurren ser muy similares en cuanto al orden decreciente

del valor en las especies de mangles analizadas por el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre ([ICF] 2022), donde presentan el mismo orden de valores para cada especie.

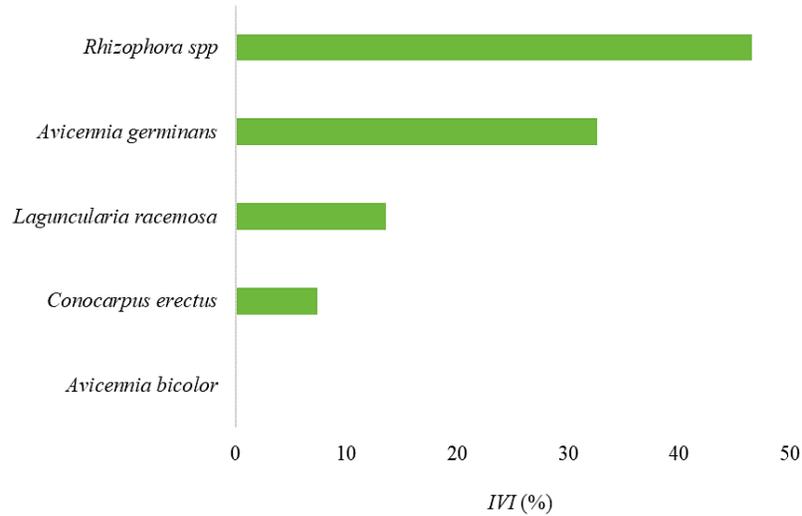


Figura 14. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Puerto Sandino 2023.

Elaboración propia.

Para el caso de la Isla Juan Venado, se identificó a *A. germinans* con el mayor valor de importancia con 42.2% obteniendo valores muy por encima de *Rhizophora spp* y *L. racemosa* las cuales obtuvieron 31.8% y 24.9% respectivamente (fig. 15). Normalmente estas dos últimas se caracterizan por ser especies con alto valor de importancia en las demás zonas del Pacífico. Por otro lado, *C. erectus* es el que presenta valores más bajo de 1.1% clasificándose como valor de importancia baja, cabe mencionar que *A. bicolor* no se registró en la Isla Juan Venado, aunque ya ha sido identificada en algunas zonas y en poca abundancia (Mendoza Hernández, 2009).

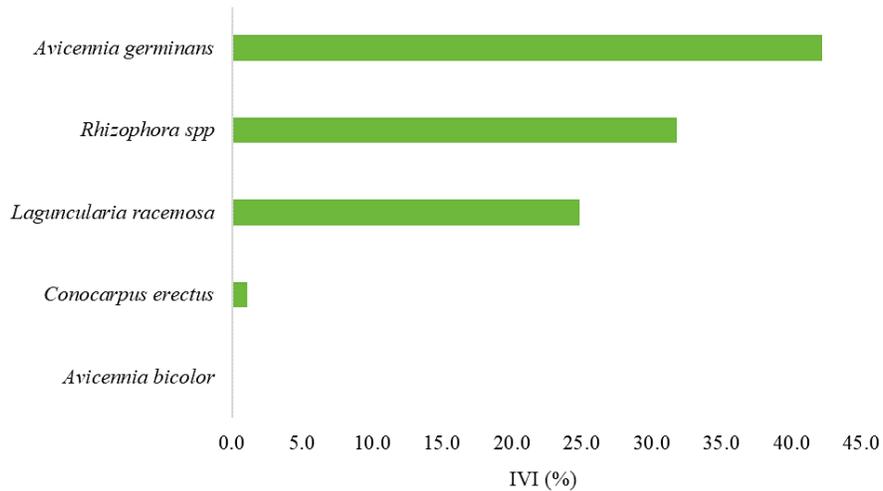


Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles del área protegida Isla Juan Venado 2023. Elaboración propia.

La figura 16 muestra que *Rhizophora spp* presenta el mayor valor de importancia conteniendo resultados sobresalientes de 71.6%, colocándola con valor de importancia alto, diferente a *A. germinans* que presentan valores más bajos tales como 22.2% aún con este valor se clasifica como de importancia alta y *L. racemosa* con 5.9% lo cual la posiciona de importancia baja, sin embargo, el más menor de todos los valores corresponde a *A. bicolor* con 0.4% y finalmente *C. erectus* no representa valores de importancia para Corinto.

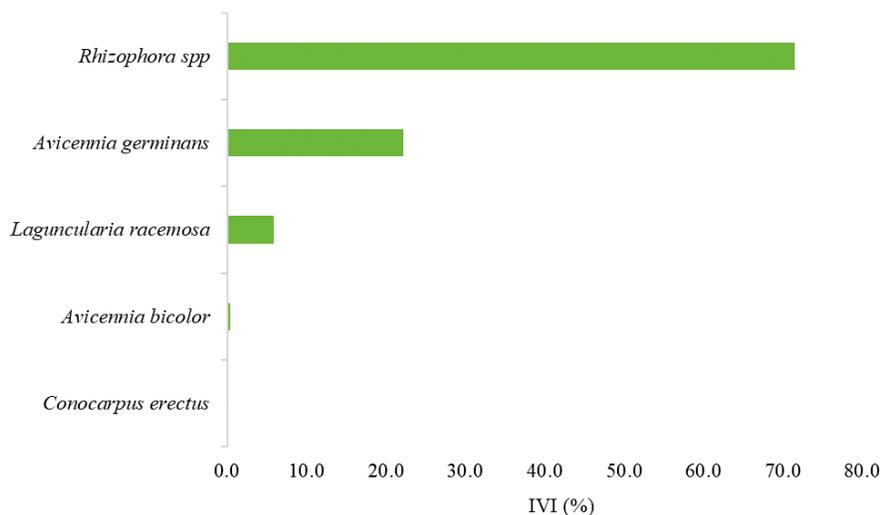


Figura 16. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Corinto 2023. Elaboración propia.

La figura 17 resalta a *Rhizophora spp* por representar el mayor valor de importancia con una diferencia de 76.7% denominada como valor de importancia alta, al igual que Puerto Sandino y Corinto dominando por encima de *A. germinans* que representa un 16.9%, sin embargo, se encuentra entre las categorías de importancia alta, contrario demostró *L. racemosa*, *C. erectus* y *A. bicolor* con valores de 2.6%, 2.3% y 1.4% los cuales se clasifican como de importancia baja.

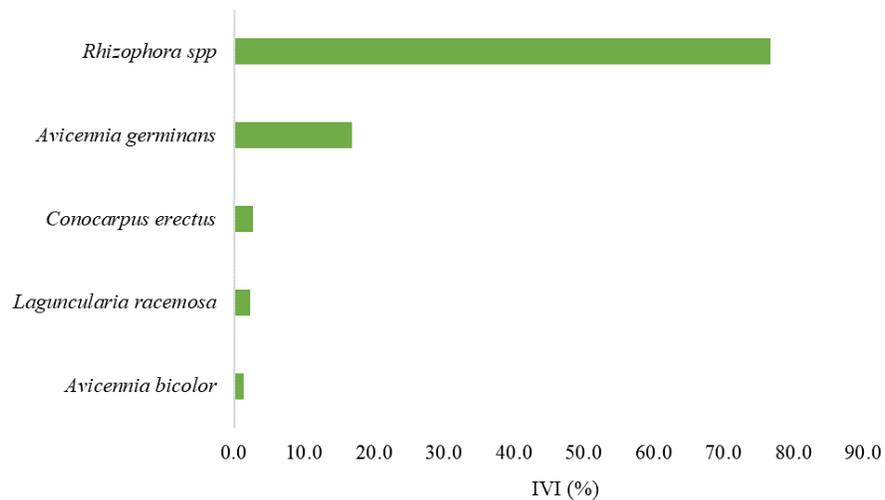


Figura 17. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Aserradores 2023.

Elaboración propia.

En la figura 18 se representa diferencialmente que en las demás zonas *Rhizophora spp* es la especie que presenta mayor dominancia sobre las demás especies en cuanto a densidades, en este caso con 84.7%; normalmente *A. germinans* se mostró con el segundo valor más alto 10.3%, clarificándose de importancia media, no así, *L. racemosa* y *A. bicolor* son representativas de los valores de importancia baja con 3.9% y 1%; con respecto a *C. erectus* no represento ningún valor de importancia para el ecosistema.

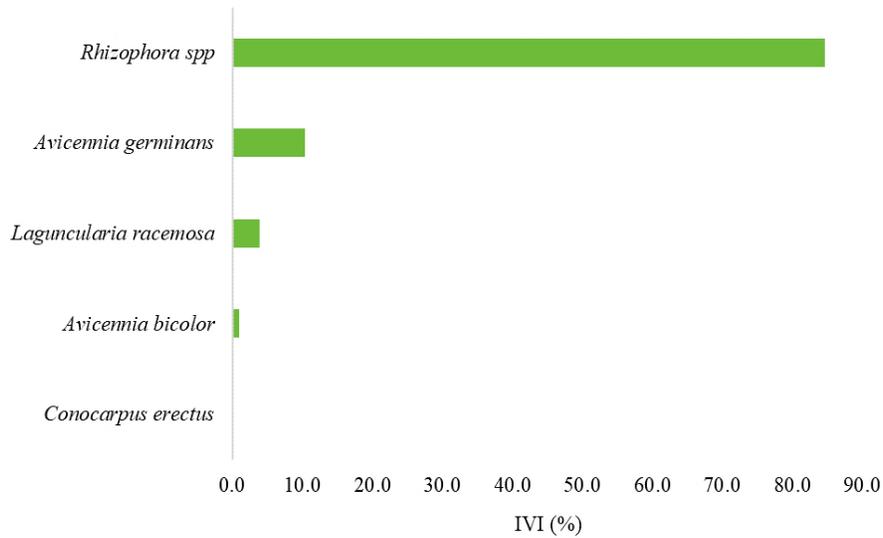


Figura 18. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Padre Ramos 2023.

Elaboración propia.

La figura 19 coloca a *L. racemosa* con el mayor valor de importancia denotando un 32.2% y destacándola de importancia alta, de forma similar, también se categoriza de importancia alta *Rhizophora spp* con 31.7%, aun en rango de importancia alta, pero de menor valor se encuentra *A. bicolor* 17.8%, no así, *A. germinans* se categoriza de importancia media con 12.2% y finalmente *C. erectus* se clasifica de importancia baja con 6.1%.

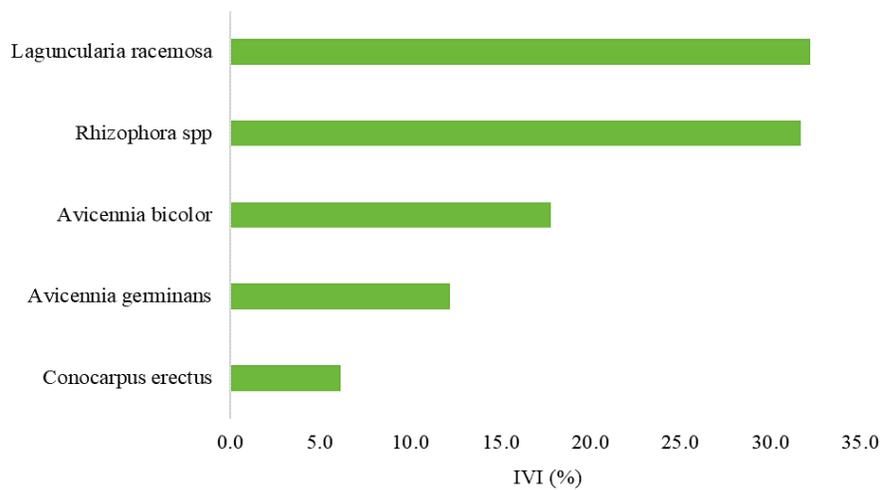


Figura 19. Índice de valor de importancia (IVI) % de los mangles de Potosí 2023. *Elaboración propia.*

La figura 20 muestra los valores de importancia de las especies en la costa del Pacífico norte de Nicaragua, siendo *Rhizophora spp* la más relevante con el 50.1% clasificándose de importancia alta con valores muy por encima de las demás especies a escala del Pacífico. *A. germinans* es la siguiente especie con mayor valor de importancia alta con 28.5%; en cuanto a *L. racemosa* también se categoriza con valor de importancia alta, pero con menor porcentaje 17.2%, sin embargo, *C. erectus* y *A. bicolor* se categorizan de importancia baja con valores de 2.3% y 2%. De acuerdo con Chicas et al., (2016) el *IVI* se mide en tres categorías discretas: importante alta ($IVI > 15$), importancia media ($5 \leq IVI \leq 15$), importancia baja $< 5 IVI$.

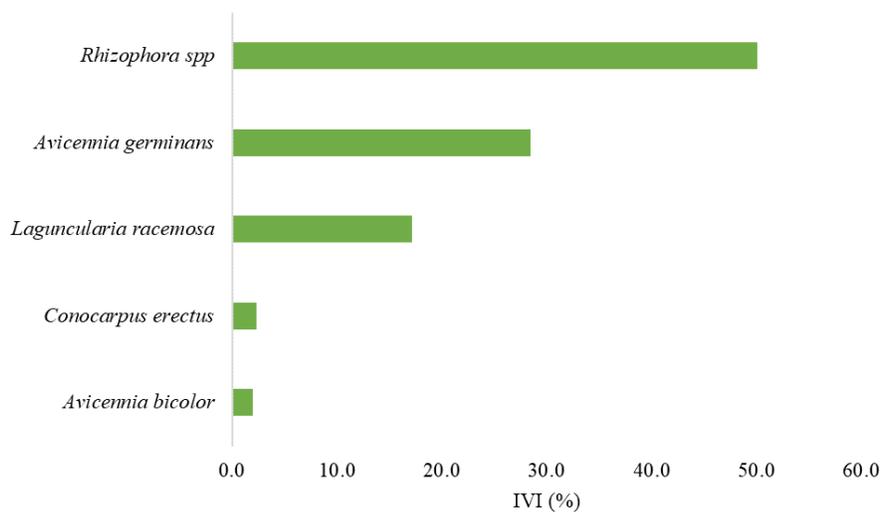


Figura 20. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies de mangle del pacifico norte de Nicaragua 2023. Elaboración propia.

Los resultados encontrados son inferiores a los reportados por Manrow y Vilchez (2012) en Gandoca (Costa Rica) para *Rhizophora spp* (76.4%). Así mismo Chicas et al., (2016) Obtuvieron resultados parecidos en Bahía de La Unión (El Salvador) *Rhizophora spp* alcanzo el 40% con el mayor valor, seguidamente *A. germinans* 29% y *L. racemosa* con 11.36%.

En otro estudio ejecutado por Téllez y Valdez (2012) en Cuyutlán (México) encontraron valores contrarios a los anteriores donde *L. racemosa* muestra el valor de importancia más alto con 67%, en este caso *Rhizophora spp* se muestra como la siguiente más importante con 33%, resultados similares a los obtenidos para la zona de Potosí. El ecosistema se encuentra un poco alterado por la especie *A. germinans*.

VI. CONCLUSIONES

- El bosque de manglar del Pacífico norte de Nicaragua se caracteriza por presentar una estructura compuesta por árboles jóvenes menores de 10 m de altura y diámetros inferiores a los 20 cm.
- Son bosques afectados por la presión antrópicas, principalmente en la zona de la Isla Juan Venado, donde existe una alteración en cuanto de la estructura y la abundancia del género *Rhizophora*.
- Los patrones de zonación en el Pacífico norte de Nicaragua son irregulares principalmente dominado por coberturas monoespecíficas de *Rhizophora spp*, aunque progresivamente *A. germinans* ha logrado colonizar espacios naturales de zonación de otras especies, alterando la estructura natural.
- Las especies de *Rhizophora spp* registró el mayor valor de importancia para el ecosistema de manglar del Pacífico norte de Nicaragua, posteriormente *A. germinans* y *L. racemosa*, las demás especies representan bajo nivel de importancia.

VII. RECOMENDACIONES

- Establecer un sistema de monitoreo sistemático, que incluya deforestación y regeneración natural.
- Crear planes de restauración de ecosistema para las zonas donde se alteró la estructura del bosque y donde las densidades de árboles por área son bajas.
- Considerar la modificación del sistema hidrológico de los esteros para mejor garantía de los programas de restauración.
- Continuar las investigaciones científicas relacionadas con los servicios ecosistémicos, en especial el pago por servicios ambientales, para obtener fondos dirigido a la gestión integral del bosque.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo Monsalvaje, M. (2021). Observación del estado actual de los bosques de mangle, para la laguna navío quebrado, en el santuario de fauna y flora los flamencos, con ayuda de los sig. (p. 22).
https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/2726/Doc%20final_Marysol%20Acevedo.pdf?sequence=2&isAllowed=y.pdf.
- AEA y UCA. (2009). Utilización de energía solar fotovoltaica para el suministro de energía y radiación ultravioleta para la depuración de moluscos bivalvos (*Anadara sp.*) en la Comunidad de Aserradores, Municipio del Viejo Departamento de Chinandega, Nicaragua. (p. 7).
https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=dpro_89477_1_11082014.pdf.
- Agraz, M., Osti, J., Chan, C., Arriaga, V., Acosta, J., Castillo, S., Gómez, D., Reyes, J., Conde, P. y Martínez, J. (2015). Grado de Conservación del ecosistema de mangle en la laguna de Términos, Campeche: propuesta de políticas ambientales y acciones de restauración. In J. Ramos Miranda & G. J. Villalobos Zapata (Eds.), *Aspectos sociambientales de la región de la Laguna de Términos* (Issue September, pp. 117–132).
- Agraz, C., Noriega, R., López, J., Flores, F. y Jiménez. (2006). Guía de campo identificación de los manglares en México. (pp. 15-16).
http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Guia_Manglar.pdf.
- Allen., J., Smiths, P. y Smiths. P. (2012). *Rhizophora mangle* L. (pp: 1-3).
https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/parte-ii/especies-r/at_download/file.pdf.
- Álvarez Torrez, B. (2022). El manglar como elemento de resiliencia sistémica en la comunidad de puerto San Carlos, Baja California Sur, Un análisis de microcuencia. (pp. 105, 107).
https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2677/1/alvarez_b%20TESIS.pdf.
- Amador, E., Toledo, G., Vazquez, P. y Amador, A. (1999). La microbiología de los manglares. (p. 1).
<https://docplayer.es/17648735-E1-nombre-de-manglar-proviene-de-la-palabra.html.pdf>.

- ANAM -ARAP. (2013). Manglares de panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes (p. 12). <https://www.oteima.ac.pa/web3/wp-content/uploads/2017/10/Manglares-de-Panama-web.pdf>.
- Aragón Gastélum, J. (2011). Viviparidad en *Echinocactus platyacanthus* en el Altiplano Potosino y su posible beneficio para las etapas iniciales de desarrollo. (p. 4). <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/862/3/TMIPICYTA7V52011.pdf>.
- Ayanz, A. (2020). Los manglares. (pp. 20-29). http://www2.montes.upm.es/dptos/dsrn/sanmiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/SELVICULTURA%20TROPICAL/VIII.-%20Selvicultura%20Tropical.%20Manglares.pdf.
- Agudelo, C., Bolívar, J., Polanía, J., Urrego, L., Yepes, A. y Sierra A. (2015). Estructura y composición florística de los manglares de la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. (pp.5-7). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63n4/0034-7744-rbt-63-04-01137.pdf>.
- Baca, N. y González, N. (2014). Flora Arbórea y Arbustiva asociada al bosque de manglar, en el sector del Tamarindo, Rincón de los Bueyes, Costa sur del Municipio de La Paz Centro, Departamento de León, Nicaragua. (pp. 1-2). <Http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3283/1/225658.pdf>.
- Boone, J., Donato, D. y Adame, M. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. (p. 9). https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf.
- Bravo, J., Almanza, M. y Sariego, I. (2006). El manglar ecosistema de vida. (p.10). https://www.crc.uri.edu/download/Folleto-de-Manglar_ljs_508.pdf.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R., Rebelo, L., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M. y Finlayson, C. (2018). The Global Mangrove Watch—A New 2010 Global Baseline of Mangrove Extent. (pp. 10-11). http://pure.aber.ac.uk/ws/portalfiles/portal/28093059/remotesensing_10_01669.pdf.
- Barrantes, R. y Cerdas, A. (2014). Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. (pp. 6-8). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63s1/0034-7744-rbt-63-s1-47.pdf>.

- Caballero Rivera, L. (2009). Evaluación ecológica rápida del estado actual bosque de mangle en cuatro sectores (el toro, el rosario, el embudo) de la isla Juan Venado las Peñitas- salinas grandes, después de la tormenta tropical Alma Mayor 2008. (p.3-4). <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/2311/1/217290.pdf>.
- Calderon, C., Aburto, O. y Ezcurra, E. (2009). EL valor de los manglares. (pp. 2-6). <https://www.uv.mx/personal/asuarez/files/2011/01/Manglares2.pdf>.
- Campo, A y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)¹. (p. 32). https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/77965/CONICET_Digital_Nro.0faf6eb0-4d4f-477a-87ab-e3cc36203615_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y.pdf.
- Carillo, A. y Ulanie, C. (2015). Los manglares, sus adaptaciones y los estudios paleoecológicos. (p. 51). <https://docplayer.es/168974822-Los-manglares-sus-adaptaciones-y-los-estudios-paleoecologicos.html.pdf>.
- Carvajal, E. y Soto, R. (2006). Estado actual del bosque de mangle en la Reserva Natural Padre Ramos (Chinandega), mayo-noviembre 2005. (p.13). <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/1313/1/201160.pdf>.
- Carvajal, M., Herrera, Á., Valdés, B. y Campos, R. (2019). Manglares y sus Servicios Ecosistémicos: hacia un Desarrollo Sostenible. (p. 5). <https://doi.org/10.15446/ga.v22n2.80639.pdf>.
- Chávez Rojas, R. (1999). Evaluación de la capacidad de rebrote del *Laguncularia racemosa* en los manglares de Las Peñitas-Salinas Grandes. (pp. 14-15). <https://repositorio.una.edu.ni/928/1/tnk10ch512.pdf>.
- CIDEA., UCA. y USAID. (2006). Línea de base y referencia de governance Padre Ramos. (p.4). https://www.crc.uri.edu/download/Padre_Ramos_text_ltr_final.pdf.
- CNE. (2001). Evaluación del área volcánica Cosigüina. (p. 58). <https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/03/vol-II-Volcan-Cosiguina-1.pdf>.
- CONABIO. (2013). Manglares de México extensión, distribución y Monitoreo. (pp. 16-17). https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/manglares_de_mexico_1.pdf
- CONAFOR. (2009). La reforestación de los manglares en la costa de Oaxaca. (p. 10). <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/reforestacion-en-manglares-de-oaxaca.pdf>.

- Córdoba, H. y Martínez, N. (2020). Evaluación de las condiciones ambientales del ecosistema de manglar en Ostional, San Juan del Sur, Rivas-Nicaragua. (pp. 7-8). <https://repositorio.unan.edu.ni/13808/1/Helder%20Onil%20C%C3%B3rdoba%20Silva.pdf>.
- Cottam, G. y Curtis, J. T. (1956). The Use of Distance Measurements in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 37, 451-460. <https://doi.org/10.2307/1930167.pdf>.
- Cunill, J., Nettel, A. y Tovilla, C. (2018). Manglares entre el mar y la tierra prometida. (p. 2). https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2230/1/39591_Documento.pdf.
- Chicas, F., González, J. y Armando. (2016). Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/comunicaciones/article/download/393/321.pdf>.
- DB-City. (2023). Corinto, Chinandega, Nicaragua - Ciudades y pueblos. <https://es.db-city.com/Nicaragua--Chinandega--Corinto#geo.wed>.
- Díaz, C., Castro, I. y Majarrez, G. (2010). Mangles de Cartagena de Indias: “Prestimonio biológico y fuente de biodiversidad”. (P. 67). <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/MANGLES-DE-CARTAGENA.pdf>.
- Díaz Gaxiola, J. (2011). Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. (p. 4). <https://www.redalyc.org/pdf/461/46121063005.pdf>.
- Dolmus, C., García, J. y Fernandez, B. (2022). Morfofisiología del género *Rhizophora* en la Reserva Natural Isla Juan Venado, Pacífico de Nicaragua. (pp. 85-87). <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/501/912.pdf>.
- FAO. (2005). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005 estudio temático sobre manglares. (p. 1). <https://www.fao.org/forestry/9399-0d39acc5ea4a047c1d07c4615607215d4.pdf>.
- Garcés, H. y Lozano, J. (2020). Características estructurales del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en isla Payardi, Colón, Panamá. (p. 8). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/224/2242372001/2242372001.pdf>.
- Gil, T., Restrepo, J., Figueroa, P., Gutiérrez, L., Gómez, G., Sierra, P., López, A., Sanabria, A., López, A., Hernández, M. y Quintero, C. (2009). Ordenamiento ambiental de los manglares

- de la alta, media y baja guajira (caribe colombiano). (pp. 39 y 147).
http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9312ORDENAMIENTO_MANGLARES_GUAJIRA_LIBRO.pdf.
- Gómez Paiz, G. (2005). Importancia económico-ambiental del ecosistema manglar. (pp. 4-14).
<https://www.redalyc.org/pdf/4255/425541308005.pdf>.
- Gómez, I., Trujillo, O., García, A. y Rodríguez, R. (2019a). Mangle negro *Avicennia germinans* L. (pp. 1-4).
https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F4_Avicennia_germinans_MangleNegro.pdf.
- Gómez, I., Trujillo, O., García, A. y Rodríguez, R. (2019b). Mangle blanco *Laguncularia racemosa* (L) C. F. Gaertn. (pp.1-2).
https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F4_Laguncularia_racemosa_MangleBlanco.pdf.
- González Quiroz, O. (2016). Evaluación integrada de socioecosistemas para la gestión de la franja marino-costera: aplicación en la costa del pacífico de nicaragua. (pp. 171-172).
<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/10017/41743/1/Tesis%20Oscar%20Danilo%20Gonzalez%20Quiroz.pdf>.
- Graciano, G., Alanís, E., Aguirre, A., González, A., Treviño, J. y Mora, A. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. (p. 4).
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61753521010.pdf>.
- Gutiérrez, N., Hernández, A. y Loáisiga, M. (2008). Estructura de la vegetación de manglares en el estero de la reserva natural isla juan venado. (pp. 5-6).
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/2468/1/209145.pdf>.
- Hernández Sampieri, I. (2010), Metodología de la Investigación.
https://www.academia.edu/29927112/HERNANDEZ_SAMPIERI_R_2010_Metodologia_de_la_Investigacion.pdf.
- Hernández, L., Molina, D. y Agraz, C. (2017). Servicios ecosistémicos y estrategias de conservación en el manglar de Isla arena. (pp. 12-13).
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360553245006.pdf>.
- Hernández, M., Costanza, R. y Cifuentes, M. (2018). Servicios Ecosistémicos Provistos por los Manglares del Golfo de Nicoya. (p. 17).

- https://www.sinac.go.cr/ES/docu/Inventario%20Nacional%20Humedales/Servicios%20Ecosist%C3%A9micos%20Manglar_2018.pdf.
- Herrera, M., Almanza, M. y CIDEA. (2007). Análisis de Amenazas a la Biodiversidad en el Pacífico Norte Nicaragüense. (pp. 6-7). http://repositorio.uca.edu.ni/1461/1/2007_analisis_de_amenazas_a_la_biodiversidad.pdf.
- Ibáñez, C., Caiola, N., Nebra, A. y Wessels, M. (2009). Estuarios. (p. 7). http://www.jolube.es/habitat_espana/documentos/1130.pdf.
- INAB., CONAP. y ICC. (2016). Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar. (12-15). http://ppm.inab.gob.gt/docs/metodologia_ppmf_mangle.pdf.
- Incer Barquero, J. (1995). Geografía dinámica de Nicaragua momo I, 1ra ed, pag 10, Lb.
- INECOL. (2023). El suelo: historias bajo las raíces de los manglares. <https://inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1718-el-suelo-historias-bajo-las-raices-de-los-manglares.web>.
- ICF. (2022). Actual ecosistema de manglar en Honduras. <https://www.goalglobal.org/wp-content/uploads/2022/03/Estado-Actual-del-Ecosistema-de-Manglar-en-Honduras-1.pdf>.
- Juárez, A., García, S., Olivier, B. y Zeferino, J. (2019). Producción primaria en manglar y su relación con variables fisicoquímicas del agua en Laguna Negra, Puerto Marques, Acapulco, Guerrero, México. http://tlamati.uagro.mx/images/Archivos/Tlamati_Vol_10_2019/Juarez-Agis_et_al_2019.pdf.
- Jiménez, J. (1999). El Manejo de los Manglares en el Pacífico de Centroamérica: Usos Tradicionales y Potenciales. (p. 279). http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Ecosistemas_Manglar_2014.pdf.
- Krauss, K., Lovelock, C., McKee, K., López, L., Ewe, S. y Sousa, W. (2008). Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. (p. 23). <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.014.pdf>.
- Lau Williams, W. (2007). Proceso dinámico en la estructura y composición de la vegetación del mangle en la reserva biológica de Cayos Miskito, RAAN, Nicaragua. (pp. 22-23). <http://repositorio.uraccan.edu.ni/896/1/Lau%20W..pdf>.

- López Sánchez, B. (2006). “Ecología de Manglares: biogeografía, estructura y zonación”. https://www.researchgate.net/publication/330203134_Ecologia_de_Manglares_biogeografia_estructura_y_zonacion.pdf.
- MAE. y FAO. (2014). Árboles y arbustos de los manglares del ecuador. (p. 6). <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>.
- Manrow, M. y Vilchez, B. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/279853109_Estructura_composicion_floristica_biomasa_y_carbono_arriba_del_suelo_en_los_manglares_Laguna_de_Gandoca_y_Estero_Moin_Limon_Costa_Rica.pdf.
- MARENA, COMAP y FUNCD. (2002). Plan de manejo de la Reserva Natural isla Juan Venado, pp 36-33 <https://pdfslide.net/education/plan-de-manejo-isla-juan-venado.html.pdf>.
- Marín Cruz, G. (2019). “Servicio ecosistémico de carbono almacenado en manglares: UMA la solución somos todos en Tabasco”. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4282/Marin_Cruz_G_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.pdf.
- Martínez Quesada, E., (2017). Fitosociología y sintaxonomía de los manglares y saladares de las lagunas costeras de los cayos Coco y Sabinal, Cuba. (p. 2). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6712866.pdf>.
- Mejía, M., Jiménez, P., Muñoz, A., Bendeck, M. y Martínez, M. (2014). Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar. (p. 3). <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/12/bosque-de-manglar-un-ecosistema-que-debemos-cuidar.pdf>.
- Méndez Moreno, A. (2015). Caracterización biogeoquímica y edáfica de suelos de manglar en Venezuela. Implicaciones en el secuestro de carbono y metales traza. (pp. 74 y 137). https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/10347/14770/1/rep_1185.pdf.
- Méndez Ortiz, C. (2014). Asociación de los parámetros físico-químicos del agua con la estructura y composición de los ensambles de manglar en la Bahía La Graciosa, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Izabal, Guatemala. (pp. 21 y 24). <https://www.biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B250.pdf>.

- Mendoza Hernández, J. (2009). Evaluación del estado del bosque en la Reserva Natural Isla Juan Venado, sector Las Peñitas. (pp. 19-20). <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/2344.pdf>.
- Molina, E., Marín, A., Lapo, B., González, V. y Lemus, M. (2018). Mercurio en raíces aéreas y absorbentes de *Rhizophora mangle* l. localizada en el litoral costero de la provincia de el oro, ecuador. (p. 2). <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v35n4/0188-4999-rica-35-04-807.pdf>.
- Montoya Gómez, A. (2020). Evaluación de la estrategia de reproducción de las especies con más alto Índice de Valor de Importancia en el bosque Masicarán, Honduras. (pp. 8-9). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f7f4b11c-1ce6-4175-9dbd-48eef2c1b467/content.pdf>.
- Morales Vásquez, N. (2013). Biogeografía de manglares: perspectiva histórica. Ciencia y Mar, 18(50), 45-50. <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2013/no50/5.pdf>.
- Moreno, P. y Infante, D. (2016). Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos. (p. 33). http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf.
- Morrobél Waldo, W. (2020). Sucesión y Zonación de Los Manglares. <https://es.scribd.com/document/481862214/Sucesion-y-zonacion-de-los-manglares.pdf>.
- Ortiz, A., Robles, K., Urrego, L. y Romero, M. (2018). Diversidad e interacción biológicas en el ecosistema de manglar. (p. 2). <http://www.scielo.org.co/pdf/rcien/v22n2/2248-4000-rcien-22-02-00111.pdf>.
- Pérez, M., Navarro, M. y Saborío, M. (2018). Adaptación basada en Ecosistemas: Los manglares. (p. 1). <https://solucionesabe.org/pdfs/cuadernillos/toolkit/ TOOLKIT Manglares 23nov.pdf>.
- Pérez, S., Reyes, A., García, E., Romero, A., García, J., Lugo, G. y Sánchez, B. (2015). Almacenamiento de semillas y germinación de *Stenocereus thurberi*, una cactácea con viviparidad facultativa. (). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982015000200009.pdf.

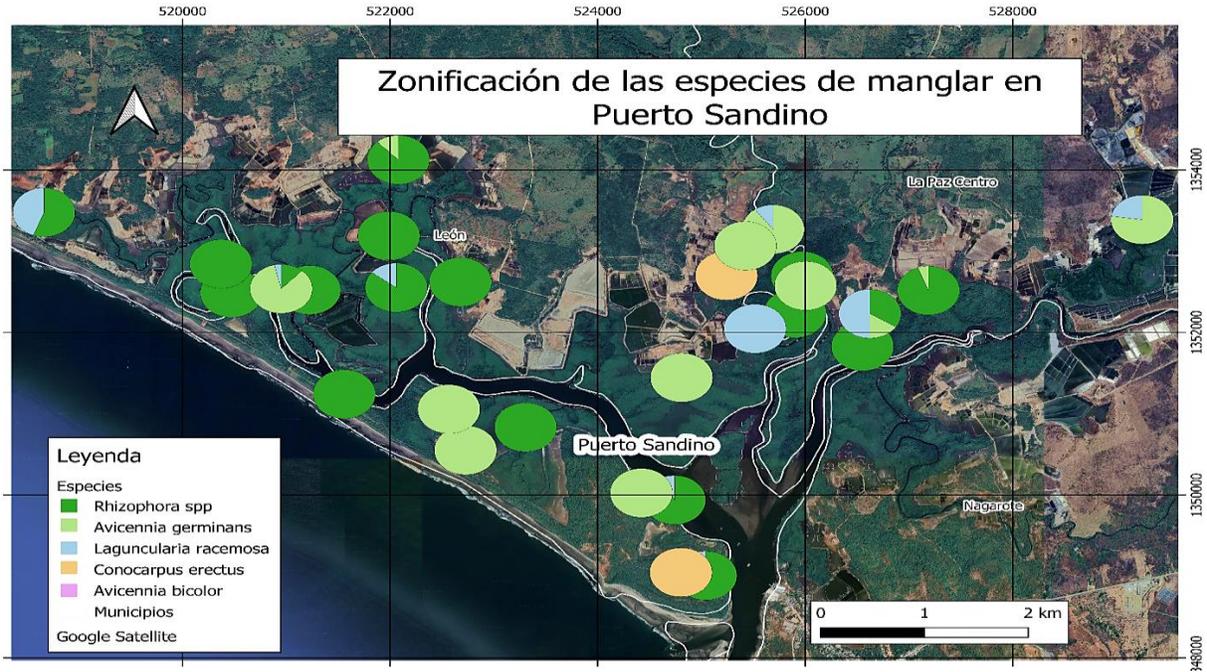
- PROARCA. y LIDER. (2003). Evaluación Ecológica Rápida (EER) Zona Marino - Costera Reserva Natural Volcán Cosigüina. (p. 6). <http://www.bionica.info/biblioteca/PROARCA2003Cosiguina.pdf>.
- Quintana Ortega, M. (2011). Caracterización del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) bajo diferentes presiones en dos sitios de Honduras. (P.20). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dee32dcd-546c-4f06-9e4e-8d14c505000a/content.pdf>.
- Ramírez, L. y Segovia, E. (2013). Estructura y composición florística de la vegetación nuclear del manglar de la bahía de la unión, departamento de la unión, el salvador. (pp. 16-28). <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8620/1/19200566.pdf>.
- Restrepo, J. y Vivas, L. (2007). Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia económica (piangua y cangrejo azul). <http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/b6baa0a3-3520-451f-9e55-1c0cc7e8a1c0/0021-ManualMetodologicoMonitoreodelosManglaresdelValledelCaucaFaunaAsociada.pdf>.
- Reyes, D. y Paz, R. (2017). Actualización de cartografía geológica del cuadrángulo nw de la hoja topográfica del tránsito escala 1: 25 000. (p. 11). <https://repositorio.unan.edu.ni/4712/1/95902.pdf>.
- Rico Gray. V. (1993). Origen y rutas de dispersión de los manglares: una revisión con énfasis en las especies de América. (p. 8). <https://www.redalyc.org/pdf/574/57402501.pdf>.
- Romero, I., Tovilla, C., Torrescano, N. y Schmook, B. (2019). Heterogeneidad estructural del manglar como respuesta a factores ambientales y antrópicos en el soconusco, Chiapas, México. (p.13). <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n47/1405-2768-polib-47-39.pdf>.
- Salas Rabaza, J. (2019). Modulación del crecimiento inicial y la fisiología de *Rhizophora mangle* L. mediante cambios en el hidropериодо. (pp. 441-42). https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1574/1/PCB_M_Tesis_2019_Julio_Salas_Rabaza.pdf.
- Salas, J. y Cerón, S. (2018). La maternidad en los manglares. (pp. 1-4). https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2018/2018-24-05-JSalas-GCeron-La-maternidad-en-los-manglares.pdf.

- Sánchez, A., Sánchez, G. y Hernández, M. (2022). Desarrollo bioeconómico y manglares en América Latina. (pp. 3-4). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943529009/3943529009.pdf>.
- Sánchez Cáceres, J. (2017). *Conocarpus erectus* L. (p.1). <https://www.arbolesornamentales.es/Conocarpus%20erectus.pdf>.
- Santamaría-Damián, S., Romero-Berny, E. I., Tovilla-Hernández, C., & Gallegos-Martínez, M. E. (2016). Nuevos registros del mangle centroamericano *Avicennia bicolor* Standl. (Acanthaceae) en la costa pacífica del sureste mexicano con notas sobre su distribución y estatus de conservación. *LACANDONIA*, 10(2), 19–24.
- Santamaría Damián, S. (2013). Caracterización estructural y cambios en la cobertura del manglar en el sistema lagunar Los Patos-Sólo Dios en la Costa de Chiapas. (pp. 7, 35-37 y 103). https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1707/1/100000052430_documento.pdf.
- Samper-Villarreal, J., & Silva-Benavides, A. M. (2015). Complejidad estructural de los manglares de Playa Blanca, Escondido y Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa Rica. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN* (Vol. 63).
- Serra, C., Vide, D., Briansó, M., Carrasco, J. y Amorós, J. (2014). Análisis de los servicios ecosistémicos producidos por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho. (pp. 7-10). https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2014/hdl_2072_248363/PFC_BriansoVide.pdf.
- SIRE, CONAFOR y CONABIO. (2003). *Avicennia germinans* (L.). (PP. 1-3). <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/888Avicennia%20germinans.pdf>.
- Smith, T. y Smith R. (2007). Ecología. (pp. 361-362). https://www.academia.edu/39014653/Ecolog%C3%ADa_6ed_Smith_PDF.
- Soler, P., Berroterán, J., Gil, J. y Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. (p. 3). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003.pdf.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., Blasco, F. y Blasco, F. (2020). Atlas Mundial de los Manglares. (pp. 1-2).

- [https://www.itto.int/files/user/pdf/PR%20and%20Communications%20material/Atlas%20flyer_Spanish\(1\).pdf?v=1335509126.pdf](https://www.itto.int/files/user/pdf/PR%20and%20Communications%20material/Atlas%20flyer_Spanish(1).pdf?v=1335509126.pdf).
- Téllez, C. y Valdez, J. (2012). Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, laguna de Cuyutlán, Colima. (400-404).
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62926234011.pdf>
- Torres Velázquez, J. (2017). Estructura y funcionamiento del manglar y su relación con la producción secundaria de camarones (Decapoda: Penaeidae) en la Laguna Mecoacán, Tabasco. (pp. 2-3).
https://www.researchgate.net/publication/322274456_Estructura_y_funcionamiento_d_el_manglar_y_su_relacion_con_la_produccion_secundaria_de_camarones_Decapoda_Pe_naeidae_en_la_Laguna_Mecoacan_Tabasco.pdf.
- Trejo Torrez, J. (2009). Un mangle de plata: el botoncillo (*Conocarpus erectus*). (pp. 1-2).
https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2009/2009-07-16-Trejo-Conocarpus.pdf. Téllez, C. y Valdez, J. (2012). Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62926234011.pdf>.
- UNEP, OAS, MINAE, MARENA, PNUMA y OEA. (1997). Estudio de diagnóstico de la cuenca del río San Juan y lineamientos del plan de acción.
<https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea05s/begin.htm#Contents.web>.
- Uribe, J. y Urrego, L. (2009). Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. (p. 3).
<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169414455005.pdf>.
- Velázquez, C., Tovilla, C., Romero, E. y Navarrete, A. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v25n3/2448-7597-mb-25-03-e2531885.pdf>.
- Villalba Malaver, J. (2020). Los manglares en el mundo y en Colombia-estudio descriptivo básico. (pp. 3-5).
https://www.researchgate.net/publication/336767657_Los_manglares_en_el_mundo_y_en_Colombia_estudio_descriptivo_basico.pdf.
- Washington, D. (1978). República de Nicaragua - Programa de Descentralización y Desarrollo de la Región del Pacífico. (p.41).
<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea47s/oea47s.pdf>.

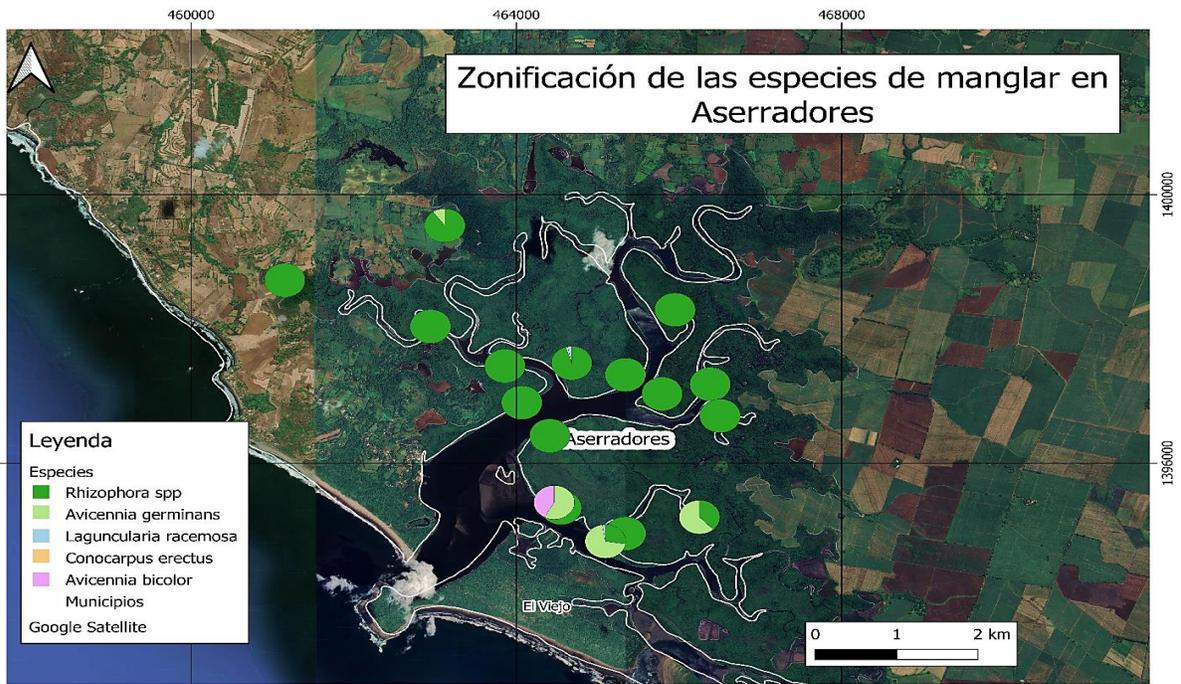
- Yepes, A., Zapata, M., Bolívar, J., Monsalve, A., Espinosa, S., Sierra, P. y Sierra, A. (2016). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. (pp. 913 y 923). https://www.researchgate.net/publication/303568109_Ecuaciones_alometricas_de_biomasa_aerea_para_la_estimacion_de_los_contenidos_de_carbono_en_manglares_del_Caribe_Colombiano.pdf.
- Zaldívar Jiménez, A. (2021). Manual de técnicas de restauración para áreas degradadas de manglar en Panamá. (PP. 33-34). <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan204023anx.pdf>.
- Zarco, V., Valdez, J., Ángeles, G. y Castillo, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. (pp. 4-6). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100001.pdf.

IX. ANEXOS



Anexo 1. Patrones de zonificación de las especies de mangle en Puerto Sandino, 2023.

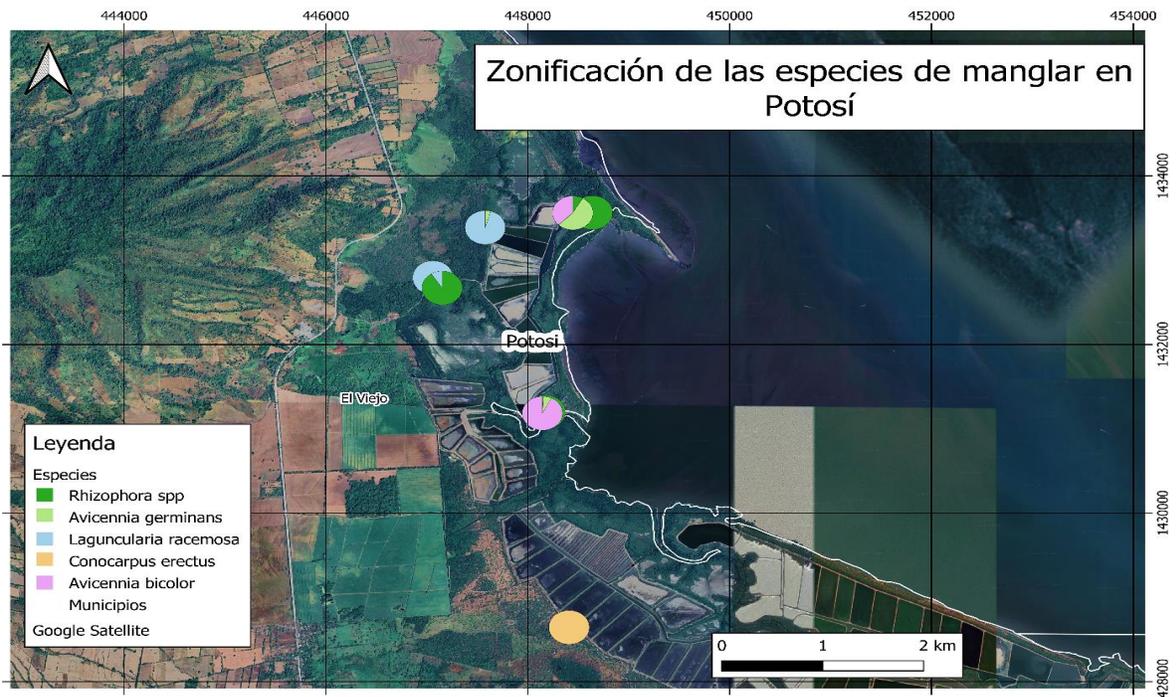
Elaboración propia.



Anexo 2. Patrones de zonificación de las especies de mangle en Aserradores, 2023. *Elaboración propia.*



Anexo 3. *Patrones de zonificación de las especies de mangle en Padre Ramos, 2023. Elaboración propia.*



Anexo 4. *Parones de zonificación de las especies de mangle en Potosí, 2023. Elaboración propia.*