

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Ambiente y Desarrollo**  
**Ingeniería en Ambiente y Desarrollo**



Proyecto Especial de Graduación

**Caracterización de parcelas reforestadas y de regeneración natural con  
mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el Golfo de Fonseca, Honduras**

Estudiante

Jhonatan Adrian Romero Sanafria

Asesores

Jose Fernando Tercero Iglesias, M.Sc.

Eric van den Berghe, Ph.D.

Josué Anibal León, Mtr.

Honduras, agosto 2023

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ERIKA TENORIO MONCADA**

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

### **Agradecimientos**

Este trabajo se fue realizado con el apoyo financiero y logístico del Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca (CODDEFFAGOLF).

## Contenido

Agradecimientos .....	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros .....	6
Índice de Figuras .....	7
Índice de Anexos .....	8
Resumen .....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Diseño del Estudio .....	16
Metodología Utilizada para Reforestar por parte de CODDEFFAGOLF .....	16
Selección de Sitios para Restaurar.....	17
Selección de Propágulos .....	17
Reforestación con Propágulos .....	17
Restauración Artificial.....	18
Monitoreo de la Parcelas Reforestadas.....	19
Selección de Sitios para Monitorear y Análisis de Riesgo .....	19
Caracterización de las Parcelas Reforestadas.....	19
Parámetros de Calidad de Agua.....	21
Medición de los Parámetros de Crecimiento y Desarrollo del Manglar.....	21
Análisis de los Datos.....	23
Resultados y Discusión.....	25
Caracterización Biofísica de las Zonas de Reforestación de Mangle.....	25

Caracterización Climática.....	30
Caracterización de la Calidad el Agua .....	31
Tipificación del Bosque de Mangle Rojo Según su Clase Diamétrica .....	33
Tipificación del Bosque de Mangle Rojo según su Clase Altimétrica .....	35
Relación entre DAP y Altura.....	38
Comparación entre las Parcelas de Reforestación vs Regeneradas.....	38
Conclusiones .....	41
Recomendaciones .....	42
Referencias.....	43
Anexos.....	48

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Variables para la Caracterización del Sitio de Estudio .....	20
Cuadro 2 Uso y Cobertura del Departamento de Valle .....	25
Cuadro 3 Calidad de Agua en los Sitios con Reforestación y Regeneración Natural .....	32
Cuadro 4 El Número de Individuos en Función a la Clase Diamétrica de las Parcelas Reforestadas y con Regeneración Natural de Mangle Rojo (500 m <sup>2</sup> ). .....	33
Cuadro 5 El Número de Individuos en Función a la Clase Diamétrica del Bosque con las Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (Árboles/ha) .....	35
Cuadro 6 El Número de Individuos en Función a la Clase Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (500 m <sup>2</sup> ) .....	36
Cuadro 7 Número de Individuos en Función del Bosque de la Clase Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (Árboles/Ha).....	37
Cuadro 8 Comparación de los Sitios Reforestados y Regeneración Natural en Función a la Altura, Parcelas e Individuos (Brinzales, Latizales y Fustales). .....	39

## Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de las Parcelas de Estudio, Golfo de Fonseca .....	15
Figura 2 Protocolo para Establecimiento del Vivero.....	18
Figura 3 Diseño de las Parcelas al Azar para Toma para Muestreo de los Brinzales, Latizales y Fustales .....	22
Figura 4 Mapa de Usos y Cobertura de la Zona de Estudio .....	26
Figura 5 Mapa de Pendientes en la Zona de Estudio.....	27
Figura 6 Mapa de Elevación de la Zona de Estudio.....	28
Figura 7 Mapa de red hídrica de la zona de estudio.....	29
Figura 8 Mapa del Bosque Perteneiente a la Región Forestal Declara por el ICF .....	30
Figura 9 Gráfico de Barras del Comportamiento del Bosque de <i>R. Mangle</i> (Árboles/ha).....	35
Figura 10 Comportamiento de Bosque de Mangle Rojo de la Clase Altimétrica (Árboles/Ha). .....	37
Figura 11 Correlación entre el DAP (cm) y la Altura (m) de los individuos de <i>R. Mangle</i> .....	38

### Índice de Anexos

Anexo A Mapa Hidrogeológico de la Zona de Estudio .....	48
Anexo B Mapa de áreas protegidas .....	49
Anexo C Temperatura Histórica Mínima, Media y Máxima (1991-2021) Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca- Honduras .....	50
Anexo D Temperatura del Agua Histórica (1991-2021) en la Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca- Honduras.....	51
Anexo E Gráfica de Humedad (%) y Precipitación (mm) Histórica (1991-2021), Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras.....	52
Anexo F Días de lluvia al mes (1991-2021), estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca-Honduras....	53
Anexo G Precipitación y ETP histórica (1991-2019), estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras.....	54
Anexo H Horas de luz (h) (1999 - 2019) en la estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras .....	55
Anexo I Gráfico de Barras de Clases Diamétricas de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural .	56
Anexo J Evidencia de Intervención Humana en las Parcelas Reforestadas .....	57
Anexo K Gráfico de Barras de Clases Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural .	58
Anexo L Resumen de la Entrevista a Luciano Cardenas Vargas Líder de la Comunidad la Brea y Actor Principal en Reforestas las parcelas de <i>R. mangle</i> .....	59

## Resumen

El manglar es uno de los ecosistemas costero más importantes a nivel mundial debido a los beneficios socioeconómicos y ambientales que ofrece a las comunidades costeras, sin embargo, en los últimos años se ha reducido la cobertura vegetal en un 35%. Por tanto, el objetivo del estudio fue realizar una caracterización de parcelas reforestadas y de regeneración natural (RN) con mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el Golfo de Fonseca, Honduras. Para esto, se realizaron mapas biofísicos y descripción climática. Además, se realizó una medición *in situ* de parámetros fisicoquímicos del agua. Se realizó una parcela de 20 × 25 m de los sitios de estudio para medir latizales y fustales; luego, se realizó estratos de 4 × 4 m para medir brinzales. Para analizar los resultados de las variables biofísicas, climáticas y fisicoquímicas, se utilizó estadística descriptiva. Con los datos obtenidos se describió la clase altimétrica y diamétrica. Luego se aplicó un Análisis de Varianza de una vía para la altura, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y número de individuos de parcelas reforestadas a comparación de RN. Los resultados biofísicos, climáticos y fisicoquímicos favorecen un crecimiento homogéneo. Se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las parcelas con RN en donde los brinzales tuvieron las mayores alturas. La clase diamétricas y altimétrica describen un bosque esciófito. A pesar de contar con las condiciones óptimas para su crecimiento, los esfuerzos de enriquecimiento del sitio no fueron eficientes. Por lo que, se recomienda realizar parcelas permanentes para monitorear el bosque.

*Palabras clave:* Brinzales, clase altimétrica, clase diamétrica, fustales, latizales

### Abstract

The mangrove is one of the most important coastal ecosystems worldwide due to the socioeconomic and environmental benefits it offers to communities, but in recent years vegetation cover has been reduced by 35%. Therefore, the objective of the study was to characterize reforested and natural regenerated (NR) plots with red mangrove (*Rhizophora mangle*) in the Gulf of Fonseca, Honduras. For this, biophysical maps and climatic description were made. In addition, an *in-situ* measurement of physicochemical parameters of the water was carried out. A 20 × 25 m plot of the study sites was made to measure slats and stems; then, 4 × 4 m strata were made to measure forest saplings. To analyze the results of the biophysical, climatic, and physicochemical variables, descriptive statistics were obtained. With the data obtained, the altimetric and diametric class was described. Then, a one-way Analysis of Variance was applied for height, Diameter at Breast Height (DBH) and number of individuals from reforested plots compared to RN. The biophysical, climatic, and physicochemical results favor homogeneous growth. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were found where the plots with NB in saplings had the highest. The diametric and altimetric class is described as a sciophyte forest. Despite having good conditions for its growth, the efforts to enrich the site were not efficient. Therefore, it is recommended to make permanent plots to monitor the forest.

*Keywords:* Altimetric class, diameter class, thickets, poles, saplings

## Introducción

Actualmente, las costas a nivel mundial se encuentran influenciadas por diversos problemas antropogénicos (Bergamini et al., 2022) que han afectado los ecosistemas como pastos marinos, arrecifes de coral y manglares (Jones, 2021). Los manglares son ecosistemas fundamentales para el balance de la zona costera influyendo directamente en su funcionamiento y desarrollo del área (Alban y Henry, 2022). Asimismo, son una de las zonas más productivas poseyendo alrededor de 80 especies de flora y 1,300 especies de fauna (Datta et al., 2010).

La importancia del mangle son los múltiples servicios ecosistémicos (SE) que ofrecen tales como zona de crianza, refugio y alimentación para organismos acuáticos de importancia económica y ecológica (Holguin y Bashan, 2007). También, favorece a las comunidades proporcionando la madera para construcción de casas y cercas, combustibles para la cocción de alimento. Asimismo, representa un potencial económico por la venta carbono (Hernández et al., 2012) y la pesca artesanal (Chacon, 2014). Este ecosistema funciona como barrera ante diversos fenómenos de origen meteorológicos siendo un pilar de sostenimiento para las costas (Estupiñan, 2022).

La distribución mundial de los manglares comprende un área total de 13,760,000 ha para el 2010 (Bunting et al., 2018). Los bosques de mangle han tenido una disminución de su cobertura entre el 20% y el 35% desde 1980 (Valiela et al., 2001), donde la tasa de pérdida por año es alrededor del 1%, aunque otras estimaciones indican una pérdida del 2 a 8% por año (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2008). La extensión de mangle para Honduras en el 2020 fue de 50,165.19 ha (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], 2020). En Honduras, la mayor área de cobertura de mangle se encuentra en la costa pacífico dentro del Golfo de Fonseca con una cobertura del 77% en los departamentos de Valle y Choluteca; mientras que la costa Caribe tiene una cobertura del 23% (ICF, 2022).

En el Golfo de Fonseca se encuentran seis especies de mangle pertenecientes a tres familias: el mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrissanii*), mangle negro o curumo negro (*Avicennia germinans*), mangle negro o currumo blanco (*Avicennia bicolor*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Fondo para el Manejo de las Áreas Protegidas y Vida Silvestre [FAPVS], 2014). La especie más abundante y con individuos más altos es *Rhizophora mangle*, la cual se caracteriza por tener hojas grandes y redondas, una flor amarillito cremoso y raíces en forma de zancos gruesas. Algunos árboles de *R. mangle* pueden llegar a medir hasta 45 m de altura, cuando se encuentran en las desembocaduras de los ríos con aguas de baja salinidad en combinación con alta carga de nutrientes (nitrógeno y fósforo) (FAPVS, 2014). *Rhizophora mangle* tiene una tasa de crecimiento de  $0.34 \pm 0.04$  a  $1.89 \pm 0.18$  mm/día en plántulas ubicadas en claros y de  $0.14 \pm 0.01$  a  $0.40 \pm 0.07$  mm/día en bosques cerrados (Vázquez et al., 1999); por tanto, es una especie que se considera de crecimiento lento en comparación a otras especies arbóreas.

El sitio de estudio se encuentra en el Golfo de Fonseca el cual tiene una superficie de 3,200 km<sup>2</sup> situado en la costa pacífica de Honduras. La importancia del sitio es el flujo económico y de recursos agroalimentarios basados en la pesca artesanal (Carranza, 2018). Los bosques de mangle en el Golfo se han deforestado por la industria camaronera y por la extracción de madera. Estas actividades ocasionan una disminución de productos comerciales lo que provoca la sobre explotación de pesca (curiles, cangrejos, camarones y peces) y una desvalorización del potencial turístico en la zona (Quintana, 2011). El resultado es una pérdida de cobertura vegetal anual cerca de 68 ha de mangle en todo Honduras, especialmente en la costa del Pacífico (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], 2022).

Para el desarrollo y crecimiento de los manglares se requiere un balance entre ecosistemas a través de procesos biogeoquímicos y biológicos los cuales son influenciados directamente por procesos hidrológicos a diferentes escalas de tiempo y espacio (Herrera-Silveira et al., 2019). Por lo que, *R. mangle* es una especie excluyente y menos tolerante a los cambios de salinidad del suelo

afectándose por las concentraciones mayores a 35 ppm, siendo las óptima 9 ppm (Febles et al., 2007). *Rhizophora mangle* alcanza su máximo desarrollo estructural en ambientes con bajo niveles de estrés ambiental y antropogénico (Bucheli, 2020). Es una especie competitiva por espacio para la sobrevivencia (Romero, 2015). Esta competitividad es mencionada por Rodríguez, D. (2019), donde en su estudio evaluó la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de *R. mangle* en áreas de regeneración, bajo diferentes tratamientos. En Tuxpan y la Reserva Ecológica en México describen que influyeron las características biofísicas, climáticas y de nutrientes de los sitios.

Los principales nutrientes indicadores de crecimiento y desarrollo en el mangle son el fósforo total y nitrógeno total que se localizan en el suelo (J. Torres et al., 2018) Por lo tanto, el flujo de agua debe contener nutrientes en forma de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos y materia orgánica (Ibarra, 2018). Además, requiere de suelos de textura arcillo limosa con alto contenido de nutrientes, materia orgánica, humedad alta y temperaturas entre 21 y 30 °C (Romero, 2015), para la temperatura del agua lo óptimo es de 25 - 35 °C (Bucheli, 2020). La pendiente optima es plano o ligeramente plano para un excelente intercambio de mareas.

En el caso de los manglares, el término de restauración es complejo, hace referencia a los procesos guiados a reponer condiciones previas de la zona (Castillo et al., 2021). Para las comunidades es importante conservar y proteger el bosque de mangle, por sus SE que poseen. Uno de los principales beneficios es la compensación por la captura de carbono (Pagiola y Platis, 2002). Los ingresos ayudarían a las comunidades de la zona sur de Honduras.

Principalmente, en el Golfo de Fonseca existe una debilidad la falta de información de estudios que caractericen zonas reforestadas con *R. mangle*, donde evalúen la influencia de los efectos de estresores al momento de evaluar el crecimiento y desarrollo. Por lo anterior, se realizó el presente estudio donde se caracterizó el sitio luego de cinco años de la reforestación de parcelas con *R. mangle* en el Golfo de Fonseca, Honduras. Para esto se llevaron a cabo los siguientes objetivos: Caracterizar

el sitio de estudio donde implementaron zonas reforestadas con *R. mangle* y comparar el crecimiento de *R. mangle* en los sitios reforestados después de cinco años con respecto a la regeneración natural.

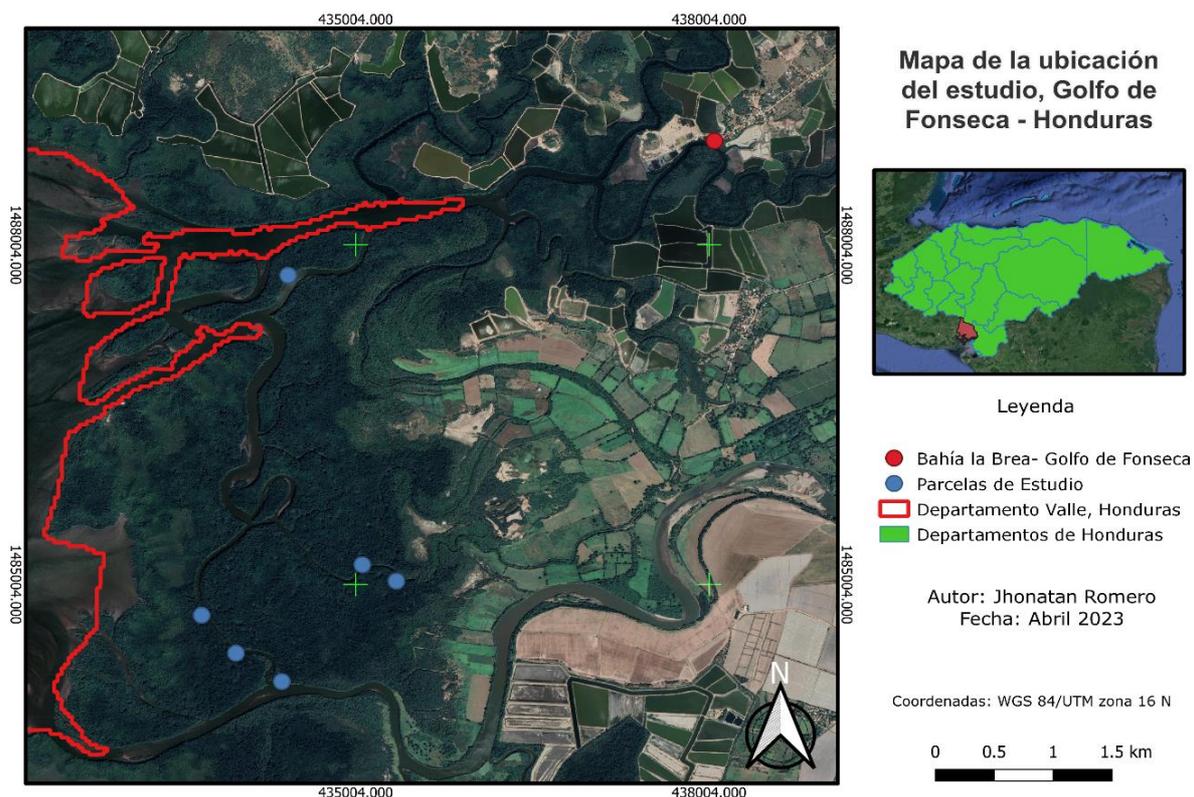
## Materiales y Métodos

### Localización del Estudio

El Golfo se encuentra al este de Honduras, al noroeste con El Salvador y al sur con Nicaragua. Cuenta con una línea de costa de 409 km, con la importancia de poseer la cobertura de manglares más grande de Honduras (Herrera et al., 2015). El estudio se realizó en la zona del manglar cerca de la Bahía conocida como La Brea (latitud 13°28'3.53"N; Longitud: 87°34'20.52"O) que se encuentra a 22.5 km de San Lorenzo, en el Golfo de Fonseca. En la zona se localizaron seis parcelas, cuatro parcelas reforestadas y dos de regeneración natural para realizar el estudio (Figura 1).

**Figura 1**

*Ubicación de las Parcelas de Estudio, Golfo de Fonseca*



Nota. Los datos se obtuvieron con el Geoportal ICF

## **Diseño del Estudio**

La presente investigación tiene un diseño cuantitativo cuasiexperimental, principalmente porque se encuentran en parcelas reforestadas (tratamientos) ya establecidas (sin aleatorizar) desde el 2018 y se comparan con una parcela control (regeneración natural). Además, posee un alcance descriptivo y correlacional porque se comparó el crecimiento entre las parcelas de mangle que fueron reforestadas y las parcelas que no tuvieron ninguna intervención. En las parcelas seleccionadas se recopilaron datos cuantitativos como el crecimiento a través del análisis de variables como el Diámetro de Altura al Pecho (DAP), altura y densidad de árboles por hectárea, además de factores ambientales como la precipitación, evapotranspiración, temperatura y parámetros fisicoquímicos del agua (salinidad, total de sólidos disueltos (TDS), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), pH y turbidez).

La recolección de datos se dividió en tres fases, la primera fase fue en diciembre del 2022 donde se recolectaron todos los antecedentes posibles proporcionados por el Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca (CODDEFFAGOLF). La segunda fase fue a finales de enero del 2023 para reconocimiento de las áreas y toma de datos directamente en las zonas reforestadas. La tercera fase fue al final de marzo del 2023, donde se procedió a continuar con la toma de datos en las áreas reforestadas y de regeneración natural. Asimismo, se realizaron entrevistas a diferentes actores que participaron en las actividades de reforestación.

## **Metodología Utilizada para Reforestar por parte de CODDEFFAGOLF**

Para poder reforestar en la zona del Golfo de Fonseca, la entidad CODDEFFAGOLF planificó una metodología para poder seleccionar los sitios a restaurar, la selección del material genético, los pasos para poder reforestar, la forma de reforestar (siembra directa o por medio de trasplante) y la instalación de viveros en caso lo requiera.

### ***Selección de Sitios para Restaurar***

Las visitas en campo se realizaron con integrantes de los consejos consultivos comunitarios, guarda recursos y otras personas conocedoras del área. En estas visitas se evaluaron factores de riesgo tales como nivel de alteración, cercanía a las comunidades, presencia de carreteras, evidencias de intervención humana (tocones de árboles cortados de manera artificial, señales de campamento y otros) y luego a través de un método de puntaje se clasificaron en diferentes categorías (zonas de menor preocupación, zonas con intervención media y zonas alteradas). Con los resultados del análisis de riesgo se seleccionó los propágulos, las pautas para el establecimiento de viveros y su monitoreo.

### ***Selección de Propágulos***

En el traslado de los propágulos no se debe causar algún daño mecánico con el fin de asegurar la viabilidad de la semilla. Para la selección de los propágulos se utilizaron algunos criterios de selección, a continuación, algunos ejemplos:

Selección de propágulos fisiológicamente maduros (parte inferior de color marrón, parte superior semileñoso), verificar que los propágulos vengan de árboles de mangle jóvenes, libre de plantas parasitarias, hongos y plagas, debe encontrarse fuertes y viables y sin daño mecánico alguno. Los propágulos deben ser homogéneos entre 30 a 40 cm de largo.

### ***Reforestación con Propágulos***

Para poder reforestar los manglares con propágulos se siguió el siguiente protocolo:

Una vez clasificado los propágulos se transportan al lugar a restaurar.

La zona para restaurar debe tener las siguientes condiciones: área inundable en la franja intermareal, suelos húmedos y limosos.

Se dividen los propágulos entre las personas que participan en la actividad.

Usando una vara larga con punta, se realizan los hoyos en el suelo y se va introduciendo cada propágulo hasta la altura de 1/3 después se cubre con tierra.

En *R. mangle* el marco de la plantación sugerido es el cuadrado desde 30 cm a 1 m dependiendo del nivel de degradación del área.

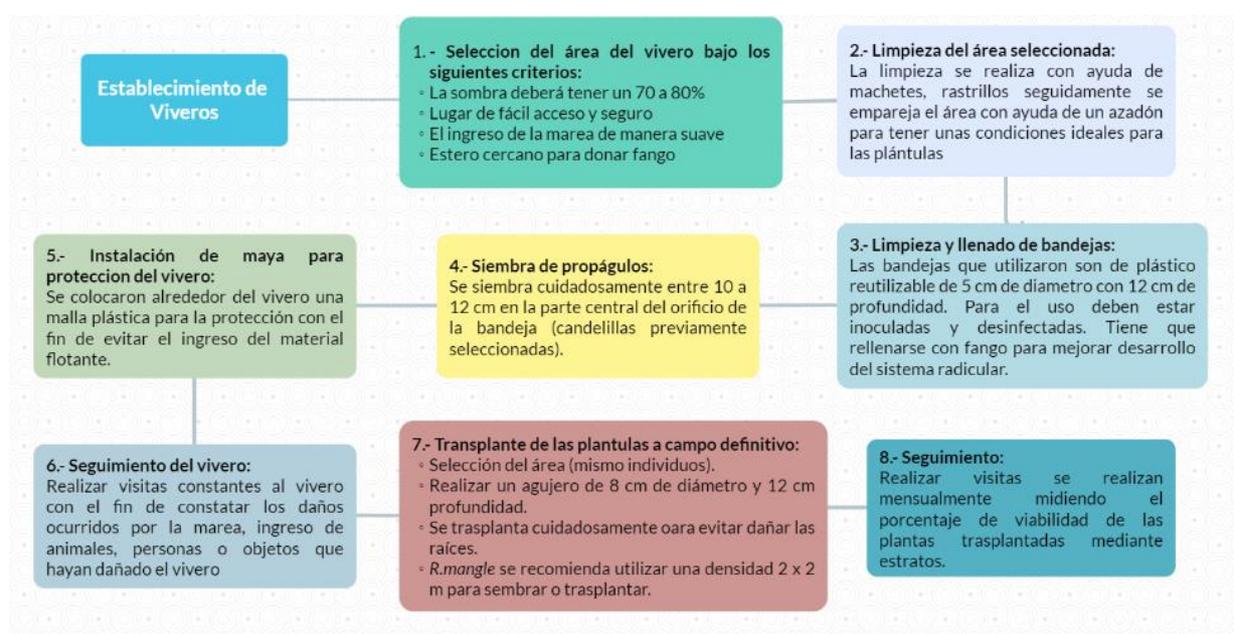
Las personas involucradas en la reforestación se dividieron en parejas, donde el primero realizó los agujeros mientras el segundo se encarga de introducir y cubrir los propágulos.

### Establecimiento de Viveros

Los viveros se localizaron en zonas cercanas a los esteros por la facilidad de obtener agua salobre, para el riego de las plántulas. Deben proporcionar una sombra del 80% a las plántulas con algún material que permita el flujo de aire. Para la sombra se utilizó malla de vivero, sin embargo, también se consideró el uso de la sombra natural. Para el establecimiento de los viveros se puede sugerir el siguiente flujo grama (Figura 2).

**Figura 2**

#### Protocolo para Establecimiento del Vivero



Nota. Autor: Jhonatan Adrian Romero Sanafria

### Restauración Artificial

La restauración artificial se realizó en zonas donde no es viable la restauración natural (no existían brinzales en la zona para poder reforestar). La restauración se mide a través de la cantidad de

plantas sobrevivientes en comparación a las plantas sembradas. Los proyectos de restauración deben incluir la participación de la comunidad, de esta forma al involucrar a las personas de las comunidades se les permite empoderarse del proyecto y esto aumenta las posibilidades de que la restauración sea exitosa. Asimismo, al utilizar el recurso local entrenado se pueden monitorear algunos parámetros de forma constante lo que permite tener información a tiempo real del desarrollo de las zonas restauradas.

### ***Monitoreo de la Parcelas Reforestadas***

El desarrollo de métodos de monitoreo eficaces para la obtención de información es importante para verificar el estado de los manglares, tanto de parcelas restauradas como en zonas no afectadas y en zonas de intervención humana de cualquier tipo de forma. Para poder realizar una evaluación se tienen que realizar análisis biofísicos y químicos de un área específica. También, se deben incluir análisis ambientales y meteorológicos de diferentes puntos en el área de influencia y monitoreo a escalas pequeñas, medianas y de grandes extensiones.

### ***Selección de Sitios para Monitorear y Análisis de Riesgo***

La selección de monitoreo y restauración se evaluaron con imágenes satelitales y visitas a campo. Para el factor de riesgo se tomaron en cuenta parámetros como nivel de alteración, cercanía a comunidades, cercanía a carreteras y evidencia humana. Una vez zonificadas las áreas se dividieron en cuadrículas de 10 × 10 m. Se eligieron al azar los cuadrantes a muestrear y en estos se realizó la toma de los parámetros a medir, luego se debe realizar un análisis de multivariantes. En cada sitio de monitoreo se deben tomar datos a lo largo de la estratificación del ecosistema para conocer como responden los diferentes a parámetros en los distintos puntos de la parcelas y bosque.

### ***Caracterización de las Parcelas Reforestadas***

Para describir el área de estudio se consultó con la institución CODDEFFAGOLF, quien es la entidad principal y encargada de supervisar, monitorear y manejar las plantaciones de *R. mangle* en el Golfo de Fonseca. La entidad describe que las áreas reforestadas tienen una geomorfología de

estuario y ribereño. Además, se le consultó la fecha de plantación, distancia entre plantas, aspectos de manejo y siembra, condiciones ambientales en la siembra como precipitación acumulada y anual, temperatura media y mensual y la salinidad. Del mismo modo, se complementaron los datos con estaciones meteorológicas de Nacaome. Para complementar la información se realizaron entrevista a dos personas de la comunidad, quienes participaron activamente en el programa de reforestación de mangle. En la entrevista se hicieron preguntas abiertas relacionadas con la forma de localizar los sitios de siembra, el tipo de siembra, densidad y cantidad, época de siembra y monitoreo en las diferentes parcelas interferidas de *R. mangle* (Anexo L).

Para realizar la caracterización del lugar de estudio se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica por medio del “software QGIS®” en la versión 3.24.3 y se utilizaron datos proporcionados por CODDEFFAGOLF e información descargada del Geoportal del ICF. Se encontraron datos (capas vectoriales, archivos “shapefile”) de usos y cobertura de la zona, pendientes, elevación, hidrogeología, red hídrica, áreas protegidas y de zona forestal declarado por el ICF. En el programa QGIS®, los datos se procesaron, depuraron y referenciaron para poder cortar las capas al nivel del departamento de Valle y de la zona de estudio. Con los datos obtenidos a nivel del área de estudio se describió la topografía, elevación, pendiente, área total, cobertura vegetal, ríos y sus desembocaduras a las cuencas del Golfo de Fonseca. También, se describieron las actividades de piscicultura, cultivos y ganaderías cercanas a la zona de estudio (Cuadro 1).

### **Cuadro 1**

#### *Variables para la Caracterización del Sitio de Estudio*

Variable	Tipo de variable
Topografía	Biofísica
Elevación	Biofísica
Pendiente media	Biofísica
Área	Biofísica
Hidrología	Biofísica
Área de cobertura vegetal	Biofísica
Área de actividades agrícolas	Biofísica
Precipitación	Climática
Temperatura	Climática
Evapotranspiración	Climática

### **Parámetros de Calidad de Agua**

Para obtener los datos de calidad de agua se utilizó el instrumento YSI “Professional Plus” (multiparámetros), donde se midió la salinidad (ppt), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg L<sup>-1</sup>), turbidez (mV), sólidos disueltos totales (g/L), conductividad eléctrica (mhos/cm) y pH del agua en campo. Se realizaron tres muestras para poder ponderar los datos del agua recolectadas de cada parcela, la muestra se tomó lo más cercana a la parcela de estudio a una profundidad a 30 cm de la columna del agua.

### **Medición de los Parámetros de Crecimiento y Desarrollo del Manglar**

Para el área reforestada y de regeneración natural se localizaron a 15 m de orilla más cercana para formar una parcela, tomando la coordenada central con receptor de sistema de posicionamiento global (GPS) y luego se marcaron las parcelas de 20 × 25 m en todos los puntos de muestreo y se delimitaron por una cinta vinilo y con ayuda de un flexómetro para asegurar las medidas. Se midieron los parámetros de estructura del mangle y características ambientales (Mira et al., 2019). Se realizaron cuatro parcelas, dos de reforestación y dos de regeneración natural donde se tomaron todos los árboles que se categorizan en latizales y fustales:

Parcela ELRIO: área reforestada con *R. mangle* bajo la supervisión de CODDEFFAGOLF.

Parcela LG2: área reforestada con *R. mangle* bajo la supervisión de CODDEFFAGOLF.

Parcela RN1: área encontrada con regeneración natural en el bosque de *R. mangle*.

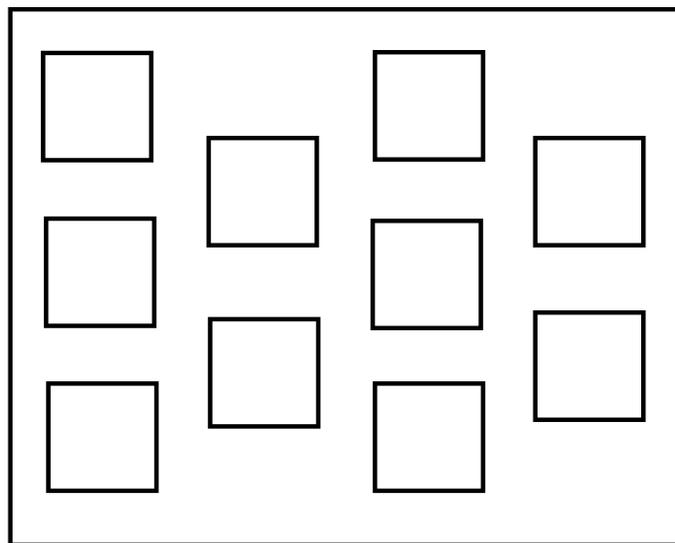
Parcela RN2: área encontrada con regeneración natural en el bosque de *R. mangle*.

Dentro de las cuatro parcelas se realizaron 8 a 10 estratos de 4 × 4 m al azar. Para evitar una extrapolación se delimitó con cinta vinilo cada estrato para poder medir la altura de todos los brinzales localizados dentro de las parcelas. Para este estudio se reportaron los datos de brinzales hasta de un metro de altura, mientras que los brinzales mayores a esa altura no se consideraron, principalmente para poder comparar la reforestación realizada por CODDEFFAGOLF y la regeneración del Bosque. Para poder realizar una comparación más amplia se realizó dos parcelas adicionales en puntos de

reforestación para muestreo. Solo se midió los brinzales siguiendo la metodología mencionada anteriormente para medir solo brinzales  $\leq 1$  m de altura, estos nuevos sitios se llamaron parcela ELCOCI y LG2. Se realizó un diseño de las parcelas para la toma de datos de latizales y fustales, dentro de esa parcela se diseñó la distribución de las parcelas para medir los brinzales (Figura 3).

### Figura 3

*Diseño de las Parcelas al Azar para Toma para Muestreo de los Brinzales, Latizales y Fustales*



En cada parcela se midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) de *R. mangle* que tienen  $\geq 5$  cm debe ser tomada a 1.3 m de altura, en caso de contar con raíces a esa altura se medirá a 30 cm encima de la raíz más alta y la altura de los mismos árboles para poder contabilizar los (Cintron et al., 1978). Luego en una hoja de "Microsoft Excel®" se separó en rangos de DAP para categorizar en latizales de  $\geq 5$  cm a  $\leq 10$  cm y en fustales  $> 10$  cm en adelante. Se contabilizaron todos los árboles que se encontraron en esa categoría en las parcelas de  $20 \times 25$  m. Mientras que para medir brinzales se realizaron ocho parcelas más pequeñas de  $4 \times 4$  m donde se midieron la altura y la cantidad de individuos. La estructura del bosque se determinó a través de las estimaciones de: densidad de individuos expresada en individuos por hectárea (ha); área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ); diámetro promedio (cm) y altura (m). Para medir altura se utilizó un flexómetro y un clinómetro laser desde la

base hasta el ápice, el DAP se midió con una cinta diamétrica, clasificando los parámetros según la etapa fisiológica que se encuentren en cada parcela.

Con los datos recolectados en campo de las dos parcelas reforestadas ELRIO y LG2 y dos parcelas con regeneración natural (RN1 y RN2), se ordenaron los datos obtenidos en rangos para la diferenciación entre brinzales, latizales y fustales, para luego de tabularlos en “Microsoft Excel®” y obtener la clase diamétrica y altimétrica de los sitios con el fin de obtener cuantos árboles existen en 500 m<sup>2</sup> y extrapolarlos a árboles por hectárea para describir con que densidad, comportamiento y distribución de la especie se encuentra la zona manglar.

### **Análisis de los Datos**

Para visualizar la distribución de los datos, se realizó una gráfica de barras para describir cuantos árboles por hectárea se encuentran en la zona de estudio y una gráfica de barras para observar la cantidad de individuos que se encuentran por rango para la clase diamétrica y altimétrica. Para verificar si el bosque se encuentra saludable se realizó una correlación entre la altura y el DAP (cm) encontrada con el fin de comprobar la homogeneidad del bosque, luego se realizó la gráfica de regresión para revisar el R<sup>2</sup> y corroborar la distribución de los datos.

Se realizaron gráficos de tendencia en las variables climáticas para la temperatura ambiente y del agua, precipitación histórica y anual, y evapotranspiración en el programa “Microsoft Excel®”. Con los datos obtenidos de las variables ambientales y de calidad de agua se realizó estadística descriptiva: Medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar). Una vez obtenido los datos de crecimiento de las plantas de mangle rojo reforestadas y de regeneración natural se revisó la normalidad, homogeneidad de los residuales a través de “QQplots”. Seguidamente se aplicó un Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía para conocer si existen diferencias significativas entre tratamientos (reforestación artificial) y el control (regeneración natural). Después de encontrar diferencias significativas, se realizó una prueba de Tukey, para separar las medias y conocer el

tratamiento que más influyó en las diferentes variables de respuesta. El proceso estadístico se realizó en el programa "R®" en la versión 4.2.2, con un nivel de significancia de 5%.

## Resultados y Discusión

### Caracterización Biofísica de las Zonas de Reforestación de Mangle

En el departamento de Valle se encontró que el principal uso y cobertura es agropecuario con 132,262.37 ha (82.22%). Las principales actividades económicas son la producción de camarones, ganadería, industria salinera y cultivo de caña de azúcar (Dávila, 2021). El departamento de Valle posee 22,528.86 ha (14%) de bosque manglar, en la franja que pertenece al Golfo de Fonseca (Cuadro 2). La zona de estudio se describe como bosque manglar en suelo limoso lo que favorece el crecimiento y desarrollo del mangle rojo, al ser el sustrato ideal. El bosque de manglar cubre 817.4 ha (90.46%), seguido por los estuarios semicerrados con 75 ha (8.3%), mientras que los sistemas agropecuarios representan 11.2 ha (1.24%) según el Geoportal del IFC (Figura 4). Una de las principales actividades económicas que afectan a la cobertura del bosque es la camaronera, debido a que provoca deforestación. Otros factores que pueden afectar la salud del mangle son los cambios de uso del suelo, las actividades agrícolas cercanas y la contaminación de estuarios (M. Torres y Ruiz, 2017).

### Cuadro 2

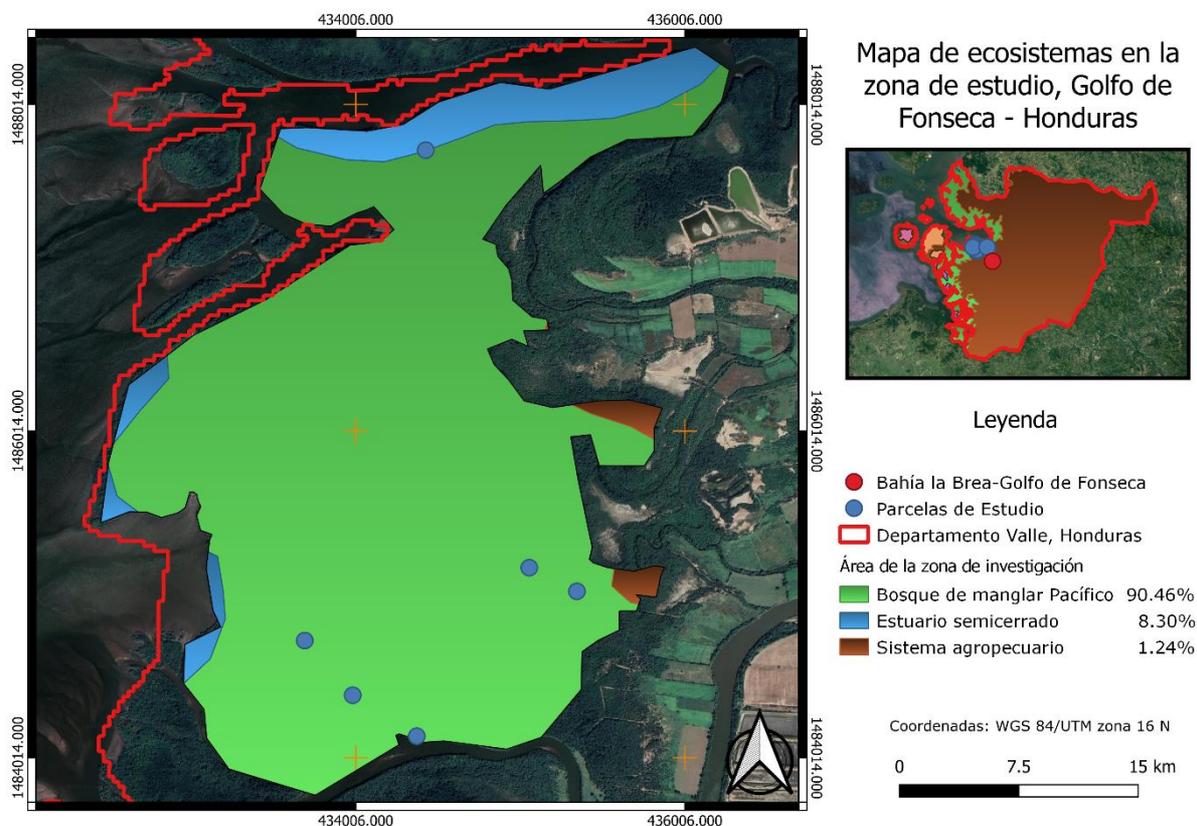
#### *Uso y Cobertura del Departamento de Valle*

Uso y cobertura del departamento de Valle	Hectáreas	Porcentaje(%)
Albina con escasa vegetación	668.87	0.42
Bosque de manglar de Pacífico sobre sustrato limoso	22,528.86	14.00
Bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado intervenido	1,058.99	0.66
Estuario semicerrado del Pacífico	1,371.12	0.85
Sabana de gramínoles cortos sin cobertura leñosa, submontano o montano	2,983.12	1.85
Sistema agropecuario	132,262.37	82.22
<b>Total</b>	<b>160,873.33</b>	<b>100</b>

*Nota.* Tomado de Geoportal del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras

**Figura 4**

*Mapa de Usos y Cobertura de la Zona de Estudio*



En la zona de estudio se encontró que 885.4 ha (98.04%) de manglar se ubican en pendientes de 0 a 1% y 17.1 ha (1.89%) en pendientes de 1 a 2%. La pendiente inclinada de 5 a 10% representa 0.6 ha (0.07%), (Vargas, 2009)Figura 5). Los datos de elevación del bosque de mangle tienen un rango de 0.88 msnm hasta los 6.17 msnm (Figura 6). Estudios similares indican que en las pendientes suaves que varían desde plano a inclinado se han encontrado poblaciones de manglares saludables con un crecimiento muy homogéneo hasta los 20 msnm según la especie (Chable luit, 2020).

Figura 5

Mapa de Pendientes en la Zona de Estudio

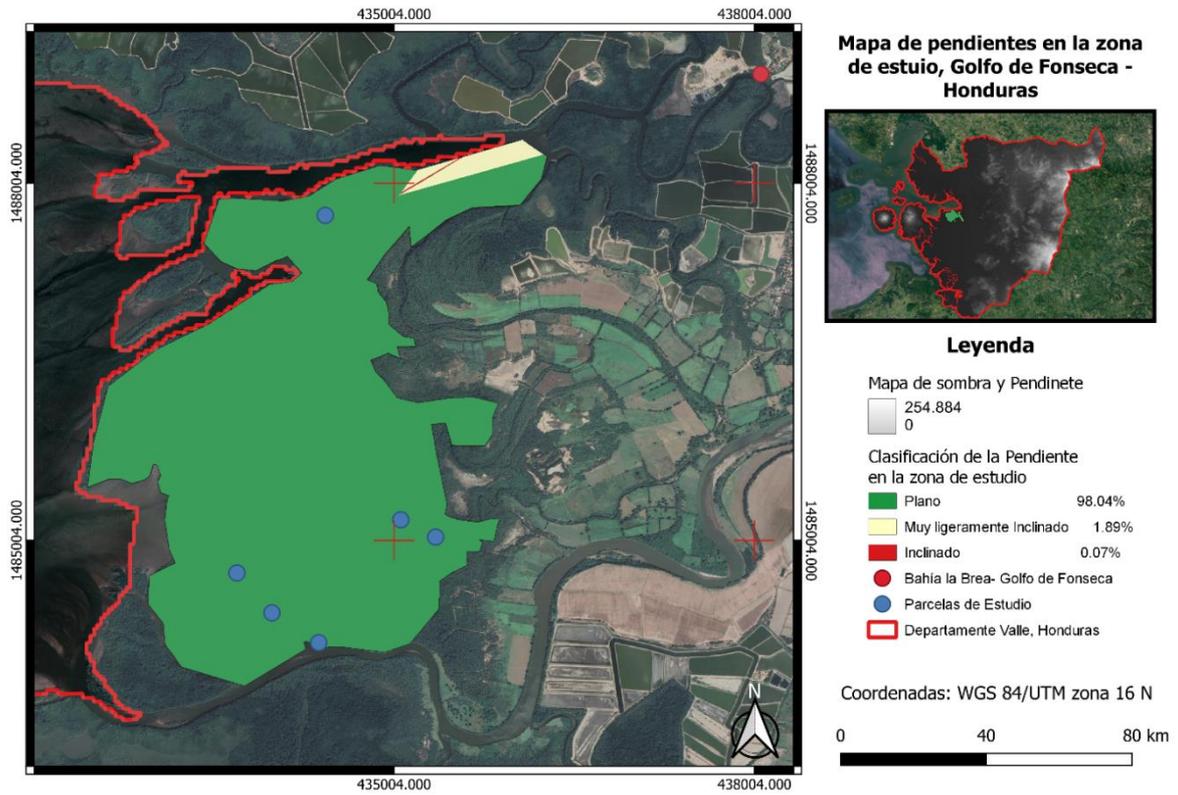
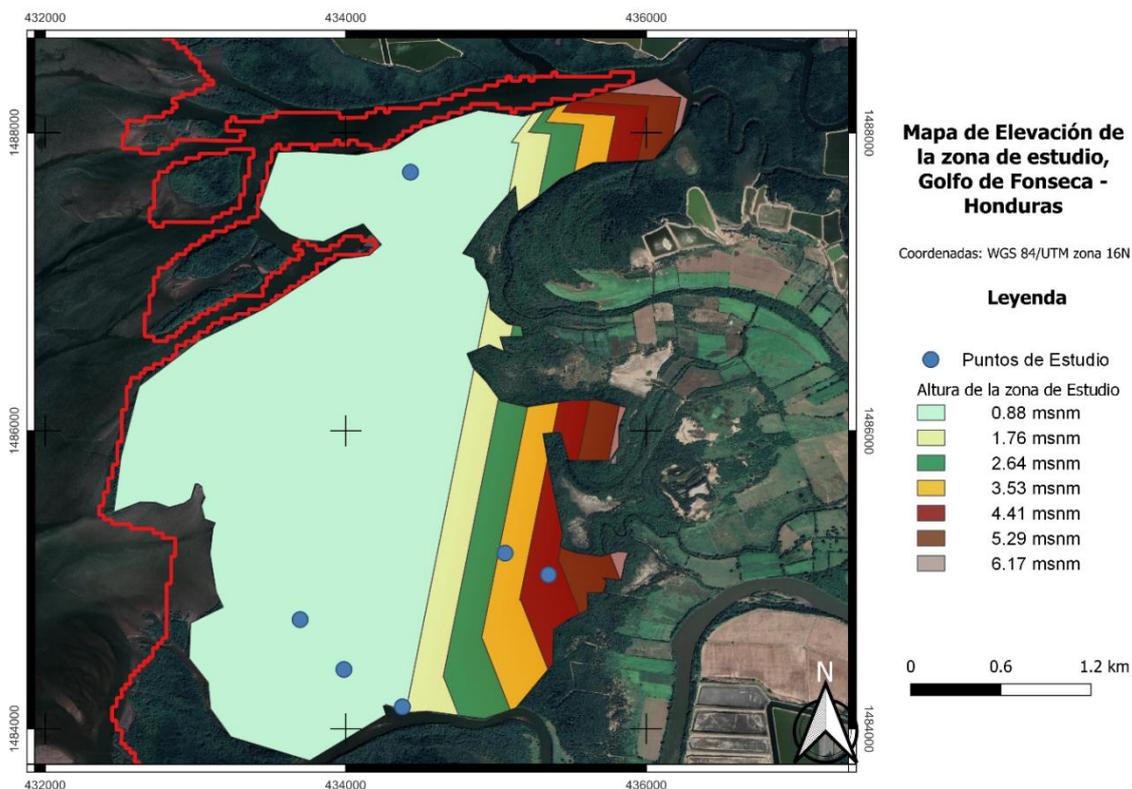


Figura 6

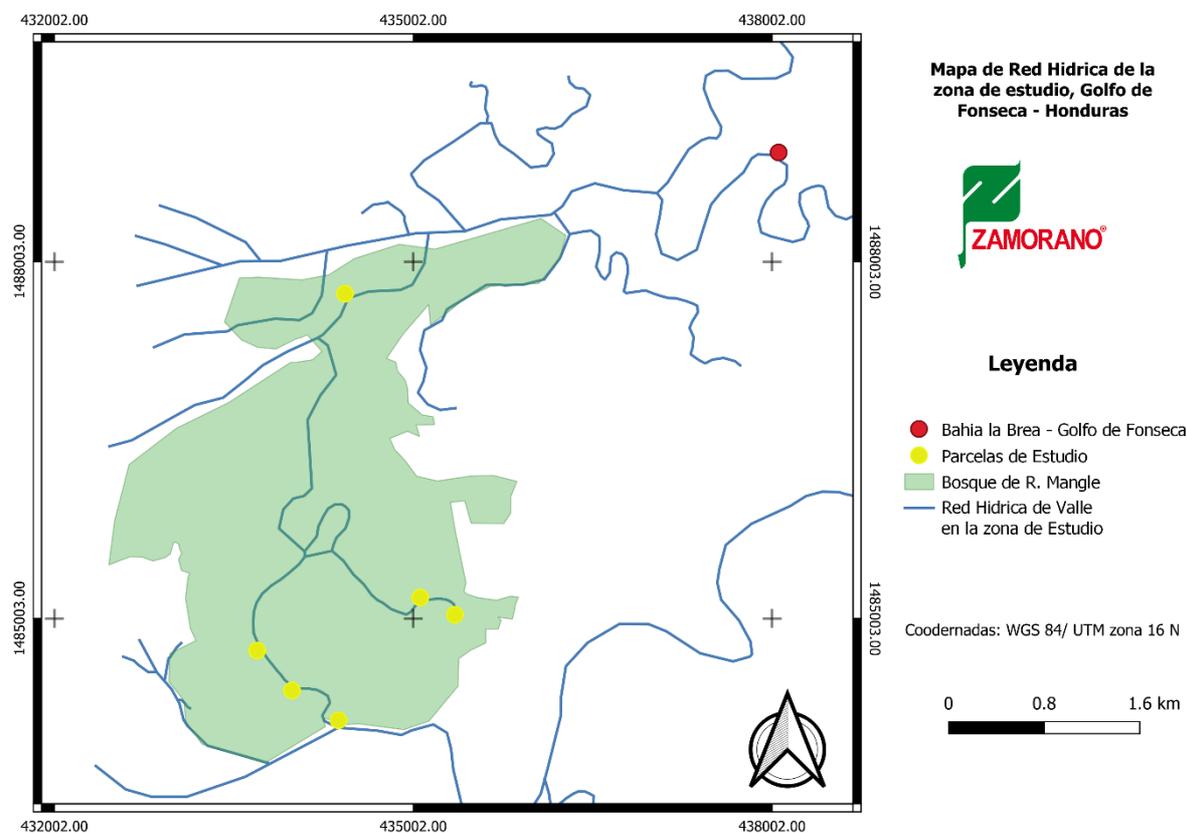
## Mapa de Elevación de la Zona de Estudio



En la zona de estudio, la red hídrica proviene principalmente del río Nacaome de nivel 1, mientras los secundarios y terciarios son de nivel 2, y 3 respectivamente que desembocan en el Golfo de Fonseca, es importante para la formación de agua salobre (Figura 7). Los acuíferos de la zona principalmente son locales y de manera extensa, por la población y comunidades aledañas de forma moderada (Anexo A). Los bosque de manglar suelen estar en esteros y bahías con intercambio de mareas y un control en la salinidad es importante para el crecimiento y desarrollo de los manglares, principalmente por la combinación de agua dulce y salada que ayuda con un intercambio de nutrientes y regula la salinidad presente en los sitios (Estupiñan, 2022).

Figura 7

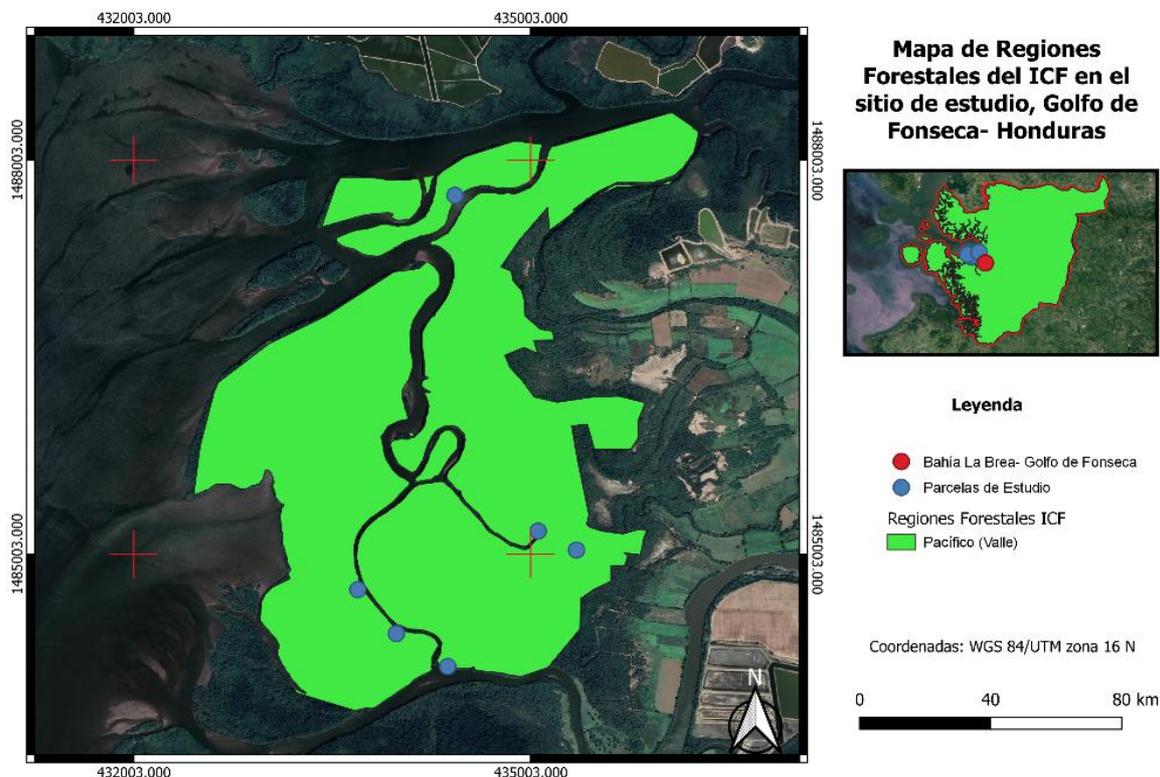
Mapa de red hídrica de la zona de estudio



La zona donde se realizó la investigación es zona forestal declarada por el ICF (Figura 8), como área de manejo de habitat (Anexo B). Por ende, es importante la protección, manejo y restauración de las zonas con características similares, para evitar la sobreexplotación de los recursos y pérdida de los servicios ambientales o ecosistémicos que el bosque de mangle provee a las comunidades costeras (Dávalos, 2016). La importancia de declararse como zona o área protegida radica en contar con un respaldo legal que evite la deforestación desmedida en la región. En caso de que ocurra deforestación, la zona afecta debería ser la de amortiguamiento. Esta área, al estar alejado del núcleo, normalmente suele recibir una mayor protección por parte de las entidades pertinentes que desempeñan un papel crucial (Orozco et al., 2015).

Figura 8

Mapa del Bosque Perteneciente a la Región Forestal Declarada por el ICF



### Caracterización Climática

La temperatura máxima histórica desde 1991 al 2021 en San Lorenzo de febrero, marzo y abril fue de 34.8 °C y una mínima de 25.3 °C, la temperatura media fue de 29 °C (Anexo C). Además, en la estación se registraron las máximas horas de sol históricas de la zona, siendo el mes de julio el que contó con un total de 10.9 h de luz promedio máxima al día. Por otro lado, el mes de octubre fue el que tuvo el menor registro, con tan solo 8.8 horas de luz diarias. Esta condición es favorable para el mangle rojo principalmente para su desarrollo, crecimiento y distribución (Yáñez et al., 1998).

Históricamente, el mes de agosto tenía las temperaturas del agua más altas, máxima de 30.4 °C, mínima de 26.9 °C y promedio de 27.1 °C (Anexo D). La temperatura en el agua es importante porque un cambio brusco de temperatura puede ser letal para los individuos de *R. mangle*; incluso es preferible una subida de temperatura que un descenso en bosque de mangle rojo (Vázquez et al., 1999).

Los meses de septiembre y octubre son los más lluviosos con 409 mm y 399 mm respectivamente, mientras en los meses de diciembre hasta marzo escasamente se registran entre 1 y 8 mm. La precipitación anual promedio es de 1,996 mm de lluvia al año. La humedad relativa promedio es de 81% en el mes de septiembre y de 49% en febrero (Anexo E). En la temporada lluviosa, precipita entre 11 a 17 días lluviosos/mes en el periodo de mayo a octubre, mientras que, en los meses secos apenas alcanzan de 0 a 6 días lluviosos/mes (Anexo F). La precipitación óptima es 750 mm a 2,000 mm para que pueda crecer saludable y homogéneo el bosque, esto ayuda principalmente si el intercambio de mareas es un poco ineficiente o con alta cantidad de salinidad, la precipitación ayuda en ciertas zonas cerradas a regular la salinidad (Aguirre, 2022).

La evapotranspiración potencial (ETP) con respecto a la precipitación histórica en abril, el ETP más alto fue 153.56 mm/mes; mientras que, el mes de octubre tiene un ETP de 97.24 mm/mes siendo la más baja. La ETP total es de 1,492.63 mm en promedio durante todo el año. La tendencia se puede ver en gráfica del Anexo G. Para que exista un buen desarrollo con vigor y gran cantidad de individuos se requiere que la precipitación sea mayor que la evapotranspiración, de acuerdo con lo mencionada por M. Torres y Ruiz (2017). Es por ello que en la zona se considera que cumple con la mayoría de las condiciones para que el bosque se encuentre vigoroso y homogéneo.

### **Caracterización de la Calidad el Agua**

En los sitios de muestreo se realizó un análisis de agua, donde se midió la temperatura del agua, en donde todos los sitios varían en temperaturas de 26.6 a 27 °C. Con respecto a los rangos de pH se encontraron rangos similares que varían entre 6.36 a 6.62. En el caso de la salinidad se registraron valores de 30.8 a 32.6 ppt, en los TDS se encontraron valores de 3,0836.1 a 32,500 mg/L. Mientras en temas de conductividad se encontraron 49,250 a 52,238 mS/cm, por otro lado, en el caso de oxígeno (O<sub>2</sub>) se encuentra con valores de 3.46 a 5.05 mg/L y por último la turbidez que varió de 104 a 150 cm de profundidad, estos valores se encuentran el Cuadro 3, el cual se divide en parcelas con reforestación y regeneración natural los parámetros obtenidos en cada sitio.

### Cuadro 3

#### Calidad de Agua en los Sitios con Reforestación y Regeneración Natural

Parcelas con Reforestación							
Sitio	T(°C)	pH	Salinidad (ppt)	TDS	Conductividad	O <sub>2</sub> (mg/L)	Turbidez
LG1	26.8 ± 0.1	6.39 ± 0.2	31.4 ± 1.1	31.075	49444 ± 1.4	3.46 ± 0.01	150
LG2	27 ± 0.2	6.36 ± 0.2	30.81 ± 1.3	30.831	49250 ± 1.6	3.96 ± 0.01	144
ELRIO	26.7 ± 0.3	6.62 ± 0.2	32.5 ± 1.2	32.305	51377 ± 1.3	5.06 ± 0.01	138
ELCOCI	26.6 ± 0.1	6.55 ± 0.2	32.57 ± 1.5	32.37	51356 ± 1.5	3.55 ± 0.01	113
Parcelas de Regeneración Natural							
RN1	26.8 ± 0.2	6.54 ± 0.2	32.68 ± 1.1	32.5	51740 ± 1.2	3.78 ± 0.01	138
RN2	27.1 ± 0.2	6.49 ± 0.2	32.79 ± 1.1	32.63	52238 ± 1.6	4.56 ± 0.01	104

Nota. D. E significa desviación estándar

En el caso del agua ciertos parámetros se encuentran por encima de los valores que influyen en una buena sobrevivencia, desarrollo y crecimiento en las plántulas de *R. mangle*. Uno de los parámetros de importancia es la temperatura que de acuerdo con algunos estudios los valores entre 24.5 a 24.9 °C son óptimos para crecimiento y desarrollo del mangle rojo (Cárdenas del Á, 2014). Sin embargo, en el presente estudio los valores se encuentran elevados, no obstante Teutli-Hernández y Herrera-Silveira (2018) mencionan que estas altas temperaturas provocan que el mangle reciba un menor suministro de agua, lo que favorece el calentamiento y la evaporación en la columna de agua. Esto coincide con los sitios muestreados donde no se encontró gran cantidad de agua dentro de las parcelas. Aunque es importante mencionar que las altas temperaturas tienen efectos negativos en las plántulas, lo que limita su crecimiento y desarrollo (Rodríguez, 2019).

En el caso del pH se encuentran valores oscilando entre 6.3 a 6.6, según Vanegas (2013) los valores óptimos para el crecimiento y desarrollo de *R. mangle* son de 6 a 8.5 de pH, por lo que, los sitios se encuentran en buenas condiciones. En el caso de la salinidad se tiene rangos de 32 ppt, en este caso se tiene un excedente porque los rangos de salinidad óptima para un crecimiento son de 8 a 26 ppt (Vanegas, 2013) aunque pueden seguir creciendo bajo las condiciones encontradas. Respecto al oxígeno se obtuvieron rangos de 3.4 a 5 mg/L, por lo que algunos estudios mencionan que en condiciones similares crecieron y desarrollaron las plantas de *R. mangle* de rangos de 3.4 a 7 mg/L (Méndez y Jiménez, 2015). En el caso de los TDS, los mismos autores mencionan que para un buen

crecimiento los rangos que incluyen son de 24.5 a 31.52 mg/L, valores que excedan estos rangos mencionados puede causar daños graves principalmente en las primeras etapas de crecimiento del mangle (Méndez y Jiménez, 2015). Otros autores encontraron crecimientos en temperaturas de 29 a 32 °C en promedio anual y con pH de 7.2 a 7.9, sin embargo, registraron valores de cobertura baja en el bosque estudiado. Esto indica que a pesar que el crecimiento fue bueno los mangles se encontraban en condiciones que afectaba algunas de las facultades al momento de desarrollarse los individuos (Rodríguez et al., 2007).

### Tipificación del Bosque de Mangle Rojo Según su Clase Diamétrica

En los resultados de las parcelas reforestadas, se encontraron 128 y 148 mangles en el ELRIO y LG2. En las parcelas reforestadas se obtuvieron 152 y 115 mangles en RN1 y RN2. Al realizar la descripción diamétrica el comportamiento del bosque de esciófita, esto describe una especie tolerable a la sombra y que los datos obtenidos de las parcelas al organizarlos por la clase diamétrica, sigue una tendencia, la que a medida que el DAP aumenta la cantidad de individuos disminuye lo que corrobora que el mangle tiene un comportamiento de esciófitas (Cuadro 4)

#### Cuadro 4

*El Número de Individuos en Función a la Clase Diamétrica de las Parcelas Reforestadas y con Regeneración Natural de Mangle Rojo (500 m<sup>2</sup>).*

Clase diamétrica	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	Total
ELRIO	111	6	5	0	2	1	0	2	0	1	128
LG2	125	14	0	4	1	3	1	0	0	0	148
RN1	118	17	4	2	1	0	0	4	4	2	152
RN2	91	10	7	0	1	0	2	1	3	0	115
Total	445	47	16	6	5	4	3	7	7	3	543

Para describir el bosque se sumó la clase diamétrica y se extrapoló para árboles por hectárea obteniendo un resultado total de 10,860 árboles por hectárea, destacando la cantidad de brinzales con valores de 8,900 individuos en una hectárea; mientras que los latizales se encuentran con 940 individuos por hectárea y los fustales con 1,020 individuos por hectárea. Sin embargo, el bosque se

encuentra dividido en ocho clases principalmente por el nivel de ocupación descrito por el DAP (Cuadro 5). La mayor cantidad de individuos reportados fue la de RN1 con 3,040 árboles por hectárea, seguido por el sitio que reportó la menor cantidad de individuos que fue la RN1 con 3,040 árboles por ha, mientras que la menor cantidad se registró en la RN2 con 2,300 árboles por ha. En la clase diamétrica de 0 a 5 de DAP de los cuatro sitios, se encontró la mayor cantidad en LG2 con 2,500 brinzales por hectárea, la menor cantidad de brinzales se encontraron en RN2 con 1,820 individuos por hectárea.

En los latizales encontrados por medio de la clase diamétrica de 5 - 10, se encontró que la parcela ELRIO tiene 120 latizales por hectárea, mientras que, la RN1 tiene 340 latizales por hectárea. En la categoría de fustales clasificados por la clase diamétrica >10 se encontró valores de 140 árboles por hectárea en RN2, mientras que LG2 podría tener 80 árboles por hectárea en los rangos de 15 a 20 de DAP, destacando que 35 a 40 de DAP se pueden encontrar 80 árboles por ha indicado que en la zona de la parcela RN1 se encuentran manglares que tiene mayor edad (Anexo E).

La tendencia es decreciente exponencial lo que sustenta más que el bosque se comporta como esciófitas (Figura 9). La distribución diamétrica indica el comportamiento del bosque de *R. mangle* se debe encontrar una secuencia de árboles descendentes, encontrando una cantidad alta de brinzales, disminuyendo en latizales y encontrándose fustales en menor cantidad a medida que el DAP va aumentando, esta tendencia se refleja en los datos descritos anteriormente. Lo que indica una perturbación baja en el bosque de mangle, en otras investigaciones con esta especie encontraron una alta perturbación donde el 70% del manglar describían categorías entre 7 a 13 cm para latizales (Peña y Bonifaz, 2020). El porcentaje de latizales se encuentra muy elevado, lo que indica una baja intervención o afectación en la zona, explicando los datos obtenidos en este estudio se describe una tendencia de un bosque poco intervenido por actividades antrópicas, aunque existe evidencia de intervención de las personas de las comunidades en las parcelas de reforestación (Anexo F). Además, en la zona la mayoría de los latizales y fustales era semilleros, lo que ayuda a la regeneración del sitio.

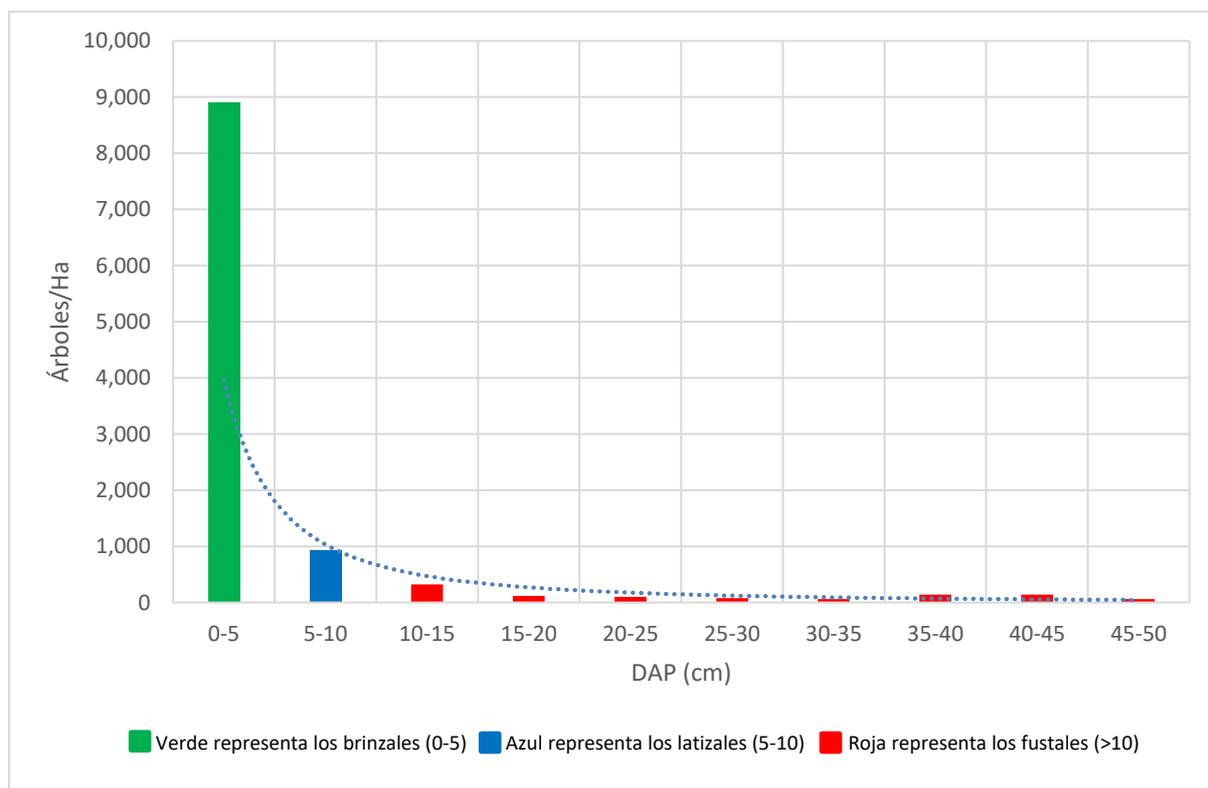
### Cuadro 5

*El Número de Individuos en Función a la Clase Diamétrica del Bosque con las Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (Árboles/hectárea)*

Clase diamétrica	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	Total
ELRIO	2,220	120	100	0	40	20	0	40	0	20	2,560
LG2	2,500	280	0	80	20	60	20	0	0	0	2,960
RN1	2,360	340	80	40	20	0	0	80	80	40	3,040
RN2	1,820	200	140	0	20	0	40	20	60	0	2,300
Total	8,900	940	320	120	100	80	60	140	140	60	10,860

### Figura 9

*Gráfico de Barras del Comportamiento del Bosque de R. Mangle (Árboles/hectárea)*



### Tipificación del Bosque de Mangle Rojo según su Clase Altimétrica

En todas las parcelas se encontró que 445 árboles midieron de 0 hasta 5 m de altura, mientras que se encontraron cuatro árboles en los rangos de 35 a 40 m. En las parcelas LG2 y RN1 se encontró

12 árboles en los rangos de 5 a 10 m de altura, se encontraron ocho árboles de 10 a 15 m de altura en las parcelas RN1 y RN2. Estos valores se representan en el Cuadro 6 donde la clase altimétrica es distribuida por los rangos de altura en función a los individuos encontrados en cada parcela.

### Cuadro 6

*El Número de Individuos en Función a la Clase Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (500 m<sup>2</sup>)*

Clase Altimétrica	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	Total
ELRIO	111	3	5	4	1	2	1	1	128
LG2	125	12	4	3	1	2	0	1	148
RN1	118	12	8	5	5	1	3	0	152
RN2	91	3	8	3	4	4	0	2	115
Total	445	30	25	15	11	9	4	4	543

Luego de obtener las clases altimétricas se extrapolaron los valores de 500 m<sup>2</sup> a 1 ha para obtener todos los árboles en clase altimétrica por hectárea. Se encontró que la mayor cantidad de individuos están en el rango de 0 a 5 m con un valor de 8,900 árboles/ha, mientras que se pueden encontrar 80 árboles por hectárea en rangos de 35 a 40 m, lo que indica que a más altura menos cantidad de individuos se encuentra (Cuadro 7). Luego para poder comparar las parcelas reforestadas con las parcelas de regeneración natural, se encontró que la parcelas LG2 tiene más presencia de árboles en rango de 0 a 5 m con 2,500 árboles/ha, mientras que en rango de 5 a 10 m las parcelas LG2 y RN1 tiene 240 árboles/ha cada una, y en rango de 10 a 15 m las parcelas RN1 y RN2 tiene 160 árboles/ha (Anexo G).

Asimismo, se encontró una tendencia decreciente a medida que aumentaba la altura, la cantidad de individuos disminuye, lo que indica que es más probable encontrar arboles con menor altura (Figura 10). Estudios de distribución altimétrica describen que en los bosques de manglar al encontrarse gran cantidad de individuos de pequeña altura indica una recuperación de la zona manglar. Sin embargo, al encontrar 9% de individuos de gran tamaño, significa una posible intervención de eliminar a las poblaciones grandes (Garcés y Lozano, 2021). Los datos obtenidos

describen que, sí existen pocos individuos de gran tamaño, pero por la ocupación de cada árbol se encuentran en rango de valores esperados, pero evidencia que si hubo alguna intervención de algún tipo en las zonas reforestadas.

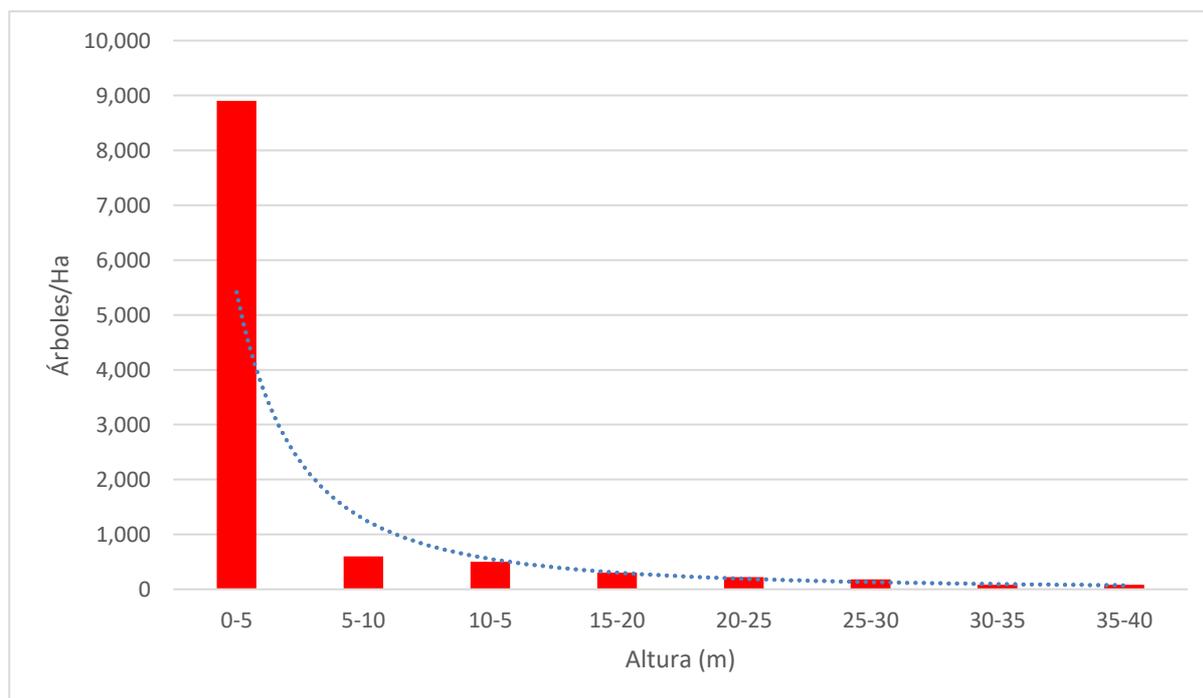
### Cuadro 7

*Número de Individuos en Función del Bosque de la Clase Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural (Árboles/ha)*

Clase Altimétrica	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	Total
ELRIO	2,220	60	100	80	20	40	20	20	2,560
LG2	2,500	240	80	60	20	40	0	20	2,960
RN1	2,360	240	160	100	100	20	60	0	3,040
RN2	1,820	60	160	60	80	80	0	40	2,300
Total	8,900	600	500	300	220	180	80	80	10,860

### Figura 10

*Comportamiento de Bosque de Mangle Rojo de la Clase Altimétrica (Árboles/ha)*

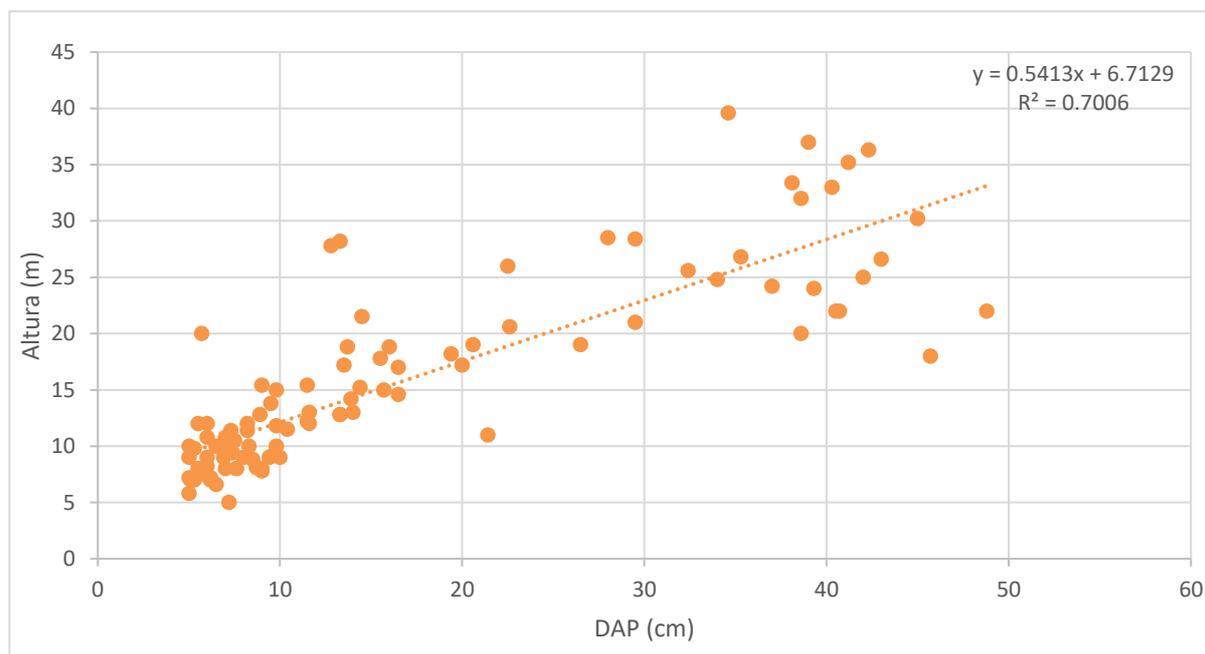


### Relación entre DAP y Altura

Para conocer la relación entre el DAP y altura promedio de los latizales y fustales, se realizó una correlación lineal, donde se encontró un coeficiente de "Pearson" (R) de 0.837, lo que significa que existe una correlación alta y positiva entre ambas variables (Figura 11). Seguidamente, se realizó una regresión lineal simple en la que se obtuvo un valor de coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.7006. Este de valor de 70% indica que existe una buena homogeneidad de crecimiento, por lo que, las plántulas crecen con regularidad y se encuentran saludables. El estado del bosque es importante porque la *R. mangle* es una especie agresiva y al encontrarse alguna perturbación indica cambios en las clases diamétricas y altimétricas, por lo que, se describiría un bosque más heterogéneo en esos casos (Idrogo, 2016).

**Figura 11**

*Correlación entre el DAP (cm) y la Altura (m) de los individuos de R. Mangle.*



### Comparación entre las Parcelas de Reforestación vs Regeneradas

Se realizó un ANDEVA de una vía para los brinzales, latizales y fustales donde se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en los brinzales teniendo las mejores alturas en las parcelas de RN1 y

RN2, mientras que las alturas más bajas son de LG1 y para la cantidad de estratos no se encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 6). Para los latizales se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en individuos y altura, mientras que para el DAP no se encontró diferencia entre los sitios ( $P > 0.05$ ). En el caso de los individuos se encontró que la RN1 tiene 18, mientras que ELRIO tiene seis individuos. En la altura se encontró que el sitio con mejores alturas fue RN2 con 12.22 m en promedio, mientras que los sitios LG2 y RN1 tuvieron alturas más pequeñas con valores promedio de 8.24 y 9.23 m (Cuadro 8). En el caso de los fustales no se encontró diferencia significativa en individuos ( $P > 0.05$ ), altura y DAP (Cuadro 8). Ferreira et al. (2015) indican que para que exista una buena regeneración de manera natural o de forma artificial no importa si es por medio de viveros o de manera directa, debe tener condiciones óptimas de nutrientes y del dosel; este tiene que estar relativamente abierto porque *R. mangle* es intolerable a la sombra, lo que indica que mientras menos cantidad de dosel y menos cobertura habría más cantidad de individuos o se tendría un mejor crecimiento y desarrollo del brinzales y latizales (Rodríguez, D., 2019).

### Cuadro 8

*Comparación de los Sitios Reforestados y Regeneración Natural en Función a la Altura, Parcelas e Individuos (Brinzales, Latizales y Fustales)*

Tratamientos	Altura	Individuos	DAP
<b>Brinzales</b>			
EICOCI	65.23 <sup>b</sup> ± 5.73	-	-
LG1	39.94 <sup>c</sup> ± 5.13	-	-
EIRIO	65.91 <sup>b</sup> ± 5.13	-	-
LG2	66.85 <sup>b</sup> ± 5.13	-	-
RN1	90.28 <sup>a</sup> ± 5.13	-	-
RN2	87.76 <sup>ab</sup> ± 5.73	-	-
Valor P	0.0001	-	-
<b>Latizales</b>			
EIRIO	9.43 <sup>ab</sup> ± 0.97	6 <sup>b</sup> ± 1.75	6.65 ± 0.66
LG2	8.24 <sup>b</sup> ± 0.63	14 <sup>ab</sup> ± 1.15	7.23 ± 0.51
RN1	9.23 <sup>b</sup> ± 0.56	18 <sup>a</sup> ± 1.01	7.54 ± 0.43
RN2	12.22 <sup>a</sup> ± 0.75	10 <sup>ab</sup> ± 1.36	7.19 ± 0.38
Valor P	0.00203	0.0178	0.704
<b>Fustales</b>			
EIRIO	23.21 ± 3.66	11 ± 1.21	21.26 ± 2.32
LG2	23.38 ± 4.05	9 ± 1.33	21.99 ± 2.57
RN1	31.34 ± 3.04	16 ± 1.00	21.18 ± 1.92

Tratamientos	Altura	Individuos	DAP
Fustales			
RN2	24.49 ± 3.25	14 ± 1.07	23.19 ± 2.06
Valor P	0.89	0.161	0.25

Nota. Valor P= Valor de Probabilidad; D. E significa desviación estándar.

Estos resultados indican que los sitios donde se seleccionaron los individuos en el caso de fustales se consideran parte del mismo dosel (Fickert, 2020), mientras que los latizales y brinzales dependen mucho del tratamiento o de las condiciones que llevaron, en el caso de los fustales podría indicar alguna alteración por forma natural o artificial, lo que fomenta el crecimiento en zonas de mangle y más en la especie *R. mangle* (Nam et al., 2016). En caso de los brinzales que son reforestados pueden servir como indicador la altura y la cantidad de individuos si se han aplicado las condiciones correctas, dando como resultado una gran cantidad de individuos, pero con alturas similares o gran cantidad de individuos con alturas muy variables (Vovides et al., 2011).

### Conclusiones

La caracterización biofísica y climática evidenció que las condiciones del sitio son favorables para tener un bosque de *R. mangle* homogéneo. La calidad de agua tampoco fue un factor diferencial al no encontrarse diferencia en los parámetros fisicoquímicos entre las parcelas reforestadas y las de regeneración natural.

La parcela con mayor altura en cuanto a los brinzales fueron las de regeneración natural; sin embargo, en el caso de los latizales y fustales todas las parcelas estudiadas fueron muy similares. La relación entre la altura y el DAP describe que es un bosque homogéneo. Sus clases altimétricas y diamétricas indican que existían árboles clasificados como latizales y fustales, revelando la existencia de mangles semilleros que contribuyeron con la regeneración natural. Con base en los resultados encontrados, la reforestación podría ser menos eficiente al compararla con la regeneración natural.

### **Recomendaciones**

Tomar el presente estudio de caracterización como una línea base, para establecer las parcelas permanentes de las áreas reforestadas y de regeneración natural. Con el establecimiento de estas parcelas permanentes se podrá seguir con el monitoreo del crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de los brinzales.

Evaluar factores como nutrientes (fosfatos, nitratos y silicatos), hidro-período (por el recambio de mareas), suelo (carbono y materia orgánica) y la intervención directa de las comunidades. Esto para determinar el factor que limita el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de los individuos en las parcelas reforestadas.

Considerar no seguir reforestando principalmente por la baja efectividad obtenida en este estudio y la cantidad de fustales semilleros localizado en el bosque; ya que los valores de altura en brinzales de las parcelas reforestadas resultaron inferiores a las de regeneración natural. Además, es importante considerar los costos de operación al tener que reforestar toda una zona de mangle al comparar con los costos de la regeneración natural.

## Referencias

- Aguirre, E. (2022). *Análisis temporal y espacial del dosel de bosque de manglar* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. RIS. [https://www.researchgate.net/profile/francisco-flores-de-santiago/publication/360125743\\_analisis\\_temporal\\_y\\_espacial\\_del\\_dosel\\_de\\_bosque\\_de\\_manglar\\_avicennia\\_germinans\\_laguncularia\\_racemosa\\_rhizophora\\_mangle\\_en\\_una\\_laguna\\_costera\\_semiarida\\_por\\_medio\\_de\\_herramientas\\_emergentes\\_de\\_telede/links/62635fb58e6d637bd1f63a05/analisis-temporal-y-espacial-del-dosel-de-bosque-de-manglar-avicennia-germinans-laguncularia-racemosa-rhizophora-mangle-en-una-laguna-costera-semiarida-por-medio-de-herramientas-emergentes-de-telede.pdf](https://www.researchgate.net/profile/francisco-flores-de-santiago/publication/360125743_analisis_temporal_y_espacial_del_dosel_de_bosque_de_manglar_avicennia_germinans_laguncularia_racemosa_rhizophora_mangle_en_una_laguna_costera_semiarida_por_medio_de_herramientas_emergentes_de_telede/links/62635fb58e6d637bd1f63a05/analisis-temporal-y-espacial-del-dosel-de-bosque-de-manglar-avicennia-germinans-laguncularia-racemosa-rhizophora-mangle-en-una-laguna-costera-semiarida-por-medio-de-herramientas-emergentes-de-telede.pdf)
- Alban, P. y Henry, J. (2022). *Evaluación florística de los manglares de Manglaralto para restauración ecológica, Provincia de Santa Elena, Ecuador* [Tesis]. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60013>
- Bergamini, K., Guzmán, P., Moris, R., Rojas, C., Vecchio, G. y Alarcón, A. (2022). *Agenda Pública para la Zona Costera e Islas* (Documentos de Trabajo del IEUT núm. 20). Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC.
- Bucheli, E. (2020). *Comportamiento del mangle rojo (Rhizophora mangle) en vivero y plantación en la parroquia Salima - Canton Muisne* [Tesis de Grado, Universidad Católica del Ecuador, Ecuador]. [repositorio.pucese.edu.ec](https://repositorio.pucese.edu.ec). <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/2162>
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R., Rebaló, 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. *Remote Sensing*, 10(10), 1669.
- Cárdenas del Á, S. (2014). *Ensayos de reforestación en un área degradada de manglar en el sitio Ramsar no. 1602* [Tesis, Universidad Veracruzana, México]. RIS.
- Carranza, E. (2018). Rendimiento corporal de especies de peces nativos del Golfo de Fonseca de Honduras. *Revista Ciencia Y Tecnología*(23), 46–59.
- Castillo, B., Jiménez, H. y Vences, J. (2021). Diagnóstico de áreas degradadas de manglar y propuestas de restauración ecológica en el estado de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas Y Agropecuarias: CIBA*, 10(20), 1–29.
- Chable Iuit, L. (2020). *Caracterización molecular y conectividad del mangle rojo (Rhizophora mangle) en el Sur de Quintana Roo, México* [Tesis, El Colegio de la Frontera Sur, México]. RIS. <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2089>
- Chacon, A. (2014). *Valoración económica de los manglares de David y el Golfo de Montijo, Panamá*. CATIE. [https://www.researchgate.net/profile/adriana-chacon-cascante/publication/331234957\\_valoracion\\_economica\\_de\\_los\\_manglares\\_de\\_david\\_y\\_el\\_golfo\\_de\\_montijo\\_panama](https://www.researchgate.net/profile/adriana-chacon-cascante/publication/331234957_valoracion_economica_de_los_manglares_de_david_y_el_golfo_de_montijo_panama)
- Cintron, G., Lugo, A., Morris, G. y Pool, D. (1978). Mangroves of Arid Environments in Puerto Rico and Adjacent Islands. *Biotropica*, 10(2), 110. <https://www.jstor.org/stable/2388013>

- Datta, D., Guha, P. y Chattopadhyay, R. (2010). Application of criteria and indicators in community based sustainable mangrove management in the Sunderbans, India. *Ocean & Coastal Management*, 53(8), 468–477. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569110000839>
- Dávalos, R. (2016). El papel de la investigación científica en la creación de las áreas naturales protegidas. *Madera Y Bosques*, 22(1), 7–13. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.221474>
- Dávila, C. (2021). *Implicaciones socioeconómicas en los servicios ecosistémicos de los bosques de manglar en las costas Pacífico y Caribe de Honduras* [Tesis de Grado]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7176>
- Estupiñan, D. (2022). *Análisis de la importancia de los manglares para el sostenimiento de los medios de vida de las comunidades del área urbana en el municipio de mosquera ante los efectos del cambio climático* [Tesis]. Universidad Católica de Manizales, Colombia. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3675>
- Febles, J., Novelo, J. y Batllori, E. (2007). Efecto de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de propágulos en *Rhizophora mangle* L. *Madera Y Bosques*, 13(2), 15–27. <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321226>
- Ferreira, A., Ganade, G. y Luiz de Attayde, J. (2015). Restoration versus natural regeneration in a neotropical mangrove: Effects on plant biomass and crab communities. *Ocean & Coastal Management*, 110, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.03.006>
- Fickert, T. (2020). To Plant or Not to Plant, That Is the Question: Reforestation vs. Natural Regeneration of Hurricane-Disturbed Mangrove Forests in Guanaja (Honduras). *Forests*, 11(10), 1068. <https://doi.org/10.3390/f11101068>
- Fondo para el Manejo de las Áreas Protegidas y Vida Silvestre. (2014). *Aprendamos sobre el bosque manglar del Golfo de Fonseca Honduras*. FAPVS. [http://www.chmhonduras.org/phocadownloadpap/CODDEFFAGOLF/Material\\_Educativo/Bosque%20de%20Mangle%20-%20Version%20Popular-1.pdf](http://www.chmhonduras.org/phocadownloadpap/CODDEFFAGOLF/Material_Educativo/Bosque%20de%20Mangle%20-%20Version%20Popular-1.pdf)
- Garcés, H. y Lozano, J. (2021). Características Estructurales del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en Isla Payardi, Colón, Panamá. *Tecnociencia*, 23(2), 5–15. <http://uptv.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/2264>
- Hernández, L., Molina, D. y Issac, R. (2012). *El papel de las mujeres en el uso y manejo del manglar, en las comunidades de Reforma y La Solución Somos Todos, Jalpa de Méndez, Tabasco* [Tesis]. Universidad Autónoma de Campeche, México. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000051362>
- Herrera-Silveira, J., Ramírez, J., Medina, I., Pérez, O. y Osorio, L. (2019). *Monitoreo de la calidad del agua de ecosistemas costeros de progreso y acciones de restauración y seguimiento de la recuperación del ecosistema manglar en Yucatan, 2019* (Informe Final “Calidad del Agua del Puerto de Altura de Progreso 2019”). <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2020/05/informe-final-calidad-agua-progreso-2019.pdf>
- Herrera, M., Hernández, N. y Bravo, J. (2015). *Manual Adaptación al Cambio Climático en el Golfo de Fonseca: conocimientos y bases para enfrentar sus efectos en la acuicultura, las pesquerías y*

- el sector agropecuario para los pequeños productores*. Instituto de Investigación y Desarrollo NITLAPAN – UCA. <http://repositorio.uca.edu.ni/3038/>
- Holguin, G. y Bashan, Y. (2007). *La importancia de los manglares y su microbiología para el sostenimiento de las pesquerías costeras*. *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna*. <http://www.bashanfoundation.org/gmaweb/pdfs/ronaldpgpb10.pdf>
- Ibarra, A. (2018). *Evaluación de microorganismos aislados de sistema de mangle con capacidades biorremediadoras e inmunoestimulantes en el cultivo de camarón blanco del pacífico Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)* [Tesis]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1728>
- Idrogo, I. (2016). *Estructura de las especies de mangle en el santuario nacional Los Manglares de Tumbes* [Tesis de grado, Universidad nacional de Piura, Perú]. RIS. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/unp/1335>
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. (2022). *Actual ecosistema de manglar en Honduras: Inventario Nacional Forestal*. <https://www.goalglobal.org/wp-content/uploads/2022/03/Estado-Actual-del-Ecosistema-de-Manglar-en-Honduras-1.pdf>
- Jones, M. (2021). *Estudio básico de los impactos generados por el Cambio Climático en las zonas costeras de España. Análisis de soluciones para la regeneración de la playa de Almenara (Castellón)*. Universitat Politècnica de València, España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/169156>
- Méndez, c. y Jiménez, J. (2015). Análisis de la asociación entre la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar, y los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. *Revista Científica*, 25(1), 50–65. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v25i1.97>
- Mira, J., Urrego, L. y Monsalve, K. (2019). Determinantes naturales y antrópicos de la distribución, estructura y composición florística de los manglares de la Reserva Natural Sanguaré, Colombia. *Revista De Biología Tropical*, 67(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.30833>
- Nam, V., Sasmito, S., Murdiyarso, D., Purbopuspito, J. y MacKenzie, R. (2016). Carbon stocks in artificially and naturally regenerated mangrove ecosystems in the Mekong Delta. *Wetlands Ecology and Management*, 24(2), 231–244. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9479-2>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2008). *Descripción de los manglares-Honduras: Ordenación de los manglares*. FAO. <https://www.fao.org/forestry/mangrove/es/hnd/>
- Orozco, D., Jiménez, C., Sosa, J., Cortés, P., Solis, A., Iñiguez, L. y Ortega, A. (2015). *La importancia de las áreas naturales protegidas en nuestro país*. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/1036>
- Pagiola, S. y Platis, G. (2002). Pagos por Servicios Ambientales. *Environment Strategy Note No.3*, 3. [https://www.researchgate.net/profile/gunars-platais/publication/265357785\\_pagos\\_por\\_servicios\\_ambientales](https://www.researchgate.net/profile/gunars-platais/publication/265357785_pagos_por_servicios_ambientales)

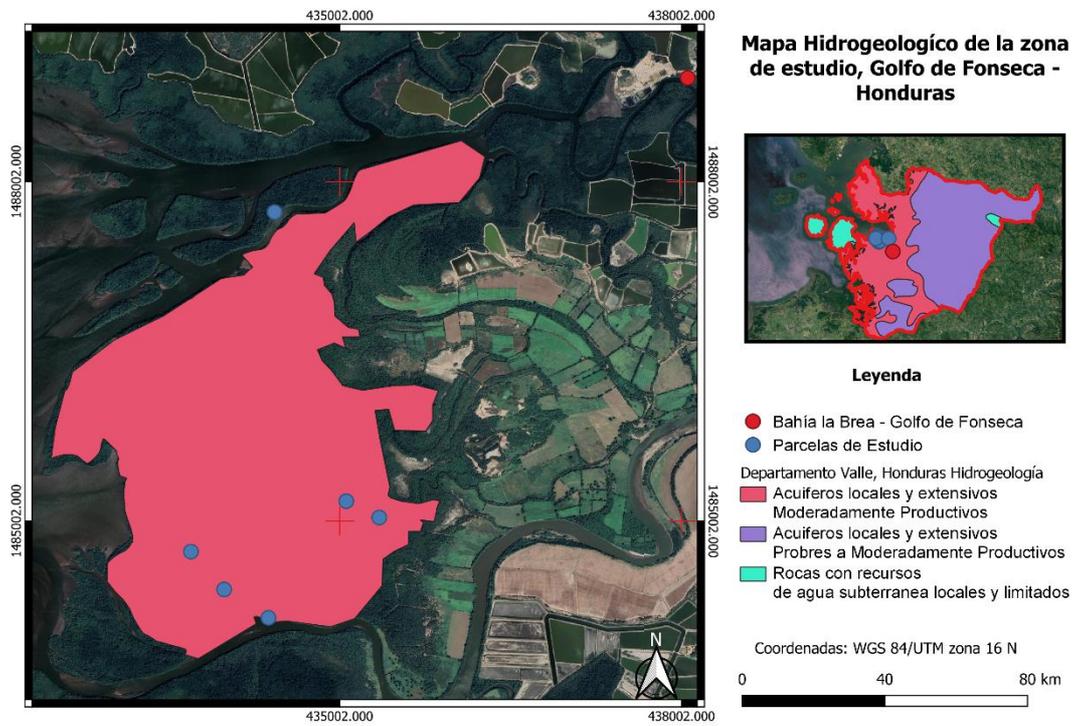
- Peña, Z. y Bonifaz, C. (2020). Biología Reproductiva del mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 14(2), 182–189. <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1305>
- Quintana, M. (2011). *Caracterización del mangle rojo (Rhizophora mangle) bajo diferentes presiones en dos sitios de Honduras* [Proyecto especial de graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/442>
- Rodriguez, L., Gomez, R. y Ferreira, O. (2007). Desarrollo de *Rhizophora* spp. en el Golfo de Fonseca, Honduras. *Revista Técnica Científica*(19(2)). [https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2271/technical/articulo\\_cientifico.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2271/technical/articulo_cientifico.pdf)
- Rodríguez. (2019). *Sobrevivencia y crecimiento de Rhizophora mangle L. en la formación de nuevas áreas de reforestación en el Sitio Ramsar No. 1602* [Tesis]. Universidad Veracruzana. <https://148.226.24.32/bitstream/handle/1944/50545/rodriguezcarascodulce.pdf?sequence=7&isallowed=y>
- Rodríguez, D. (2019). *Sobrevivencia y crecimiento de Rhizophora mangle L. en la formación de nuevas áreas de reforestación en el Sitio Ramsar No. 1602* [Tesis de grado, Universidad Veracruzana, Honduras]. RIS. <http://148.226.24.32:8080/bitstream/handle/1944/50545/rodriguezcarascodulce.pdf?sequence=7&isallowed=y>
- Romero, J. (2015). *Influencia de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias de propágulos Rhizophora mangle en tres tipos de sustratos diferentes en data de Villamil Provincia de Guayas-Ecuador* [Tesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015, Ecuador]. repositorio.upse.edu.ec. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2182>
- Teutli-Hernández, C. y Herrera-Silveira, J. (2018). The Success of Hydrological Rehabilitation in Mangrove Wetlands Using Box Culverts Across Coastal Roads in Northern Yucatán (SE, México). *Threats to Magrove Forests*, 25, 607–619. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73016-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73016-5_28)
- Torres, J., Infante, D., Sánchez, A., Espinoza-Tenorio, A. y Barba, E. (2018). Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Revista De Biología Tropical*, 66(2), 892. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=50034-77442018000200892](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50034-77442018000200892)
- Torres, M. y Ruiz, A. (2017). *Identificación del cambio de la cobertura de manglar frente al desarrollo de la industria camaronera en la Costa Caribe colombiana, a partir de la interpretación de de imágenes de satélite* [Tesis, Universidad de La Salle, Colombia]. RIS. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/735/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/735/)
- Valiela, I., Bowen, J. y York, J. (2001). Bosques de manglares: uno de los principales entornos tropicales amenazados del mundo: al menos el 35% del área de bosques de manglares se ha perdido en las últimas dos décadas. *BioScience*, 51(10), 807–815.
- Vanegas, F. (2013). *Protocolo para la reproducción de mangle rojo (Rhizophora mangle) en vivero* [Protocolo, Pro natura Veracruz, AC e ITSZ Ingenieros, México]. RIS. <https://docplayer.es/26395669-Protocolo-para-la-reproduccion-de-mangle-rojo-rhizophora-mangle-en-vivero.html>

- Vargas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4ª ed.). FAO. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Vázquez, C., Batis, A., Alcocer, M., Gual, S. y Sánchez, C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación* [Reporte Técnico del proyecto J084]. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. [http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/inicio.pdf](http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/inicio.pdf)
- Vovides, A., López-Portillo, J. y Bashan, Y. (2011). N<sub>2</sub>-fixation along a gradient of long-term disturbance in tropical mangroves bordering the gulf of Mexico. *Biology and Fertility of Soils*, 47(5), 567–576. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0562-4>

Anexos

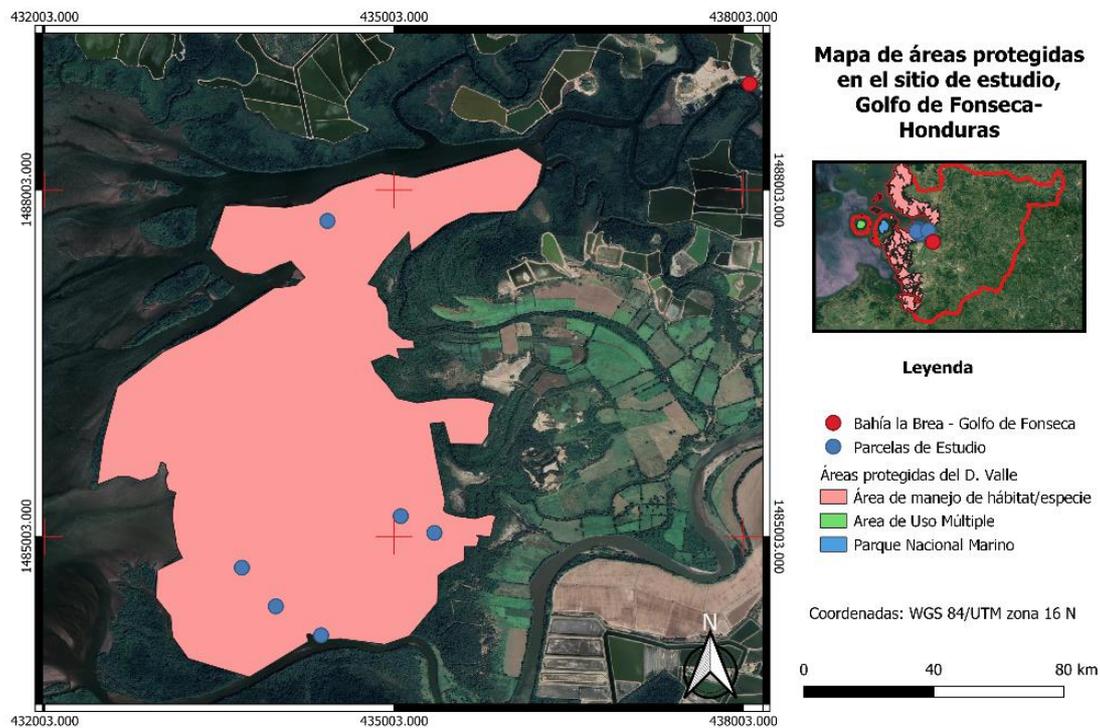
Anexo A

Mapa Hidrogeológico de la Zona de Estudio



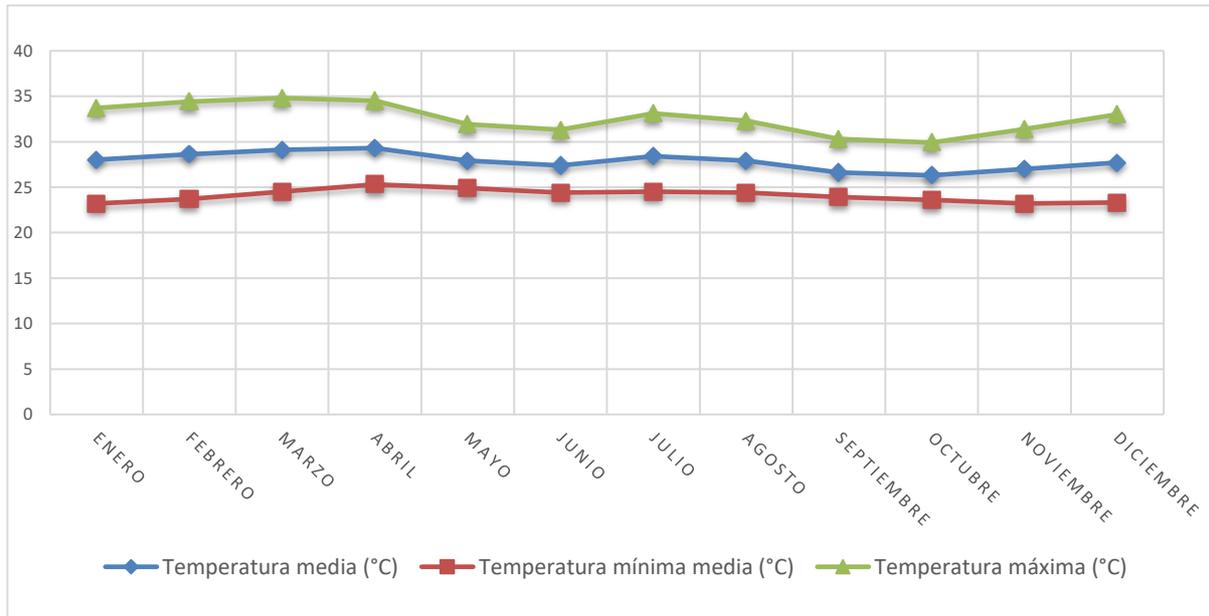
### Anexo B

#### Mapa de áreas protegidas



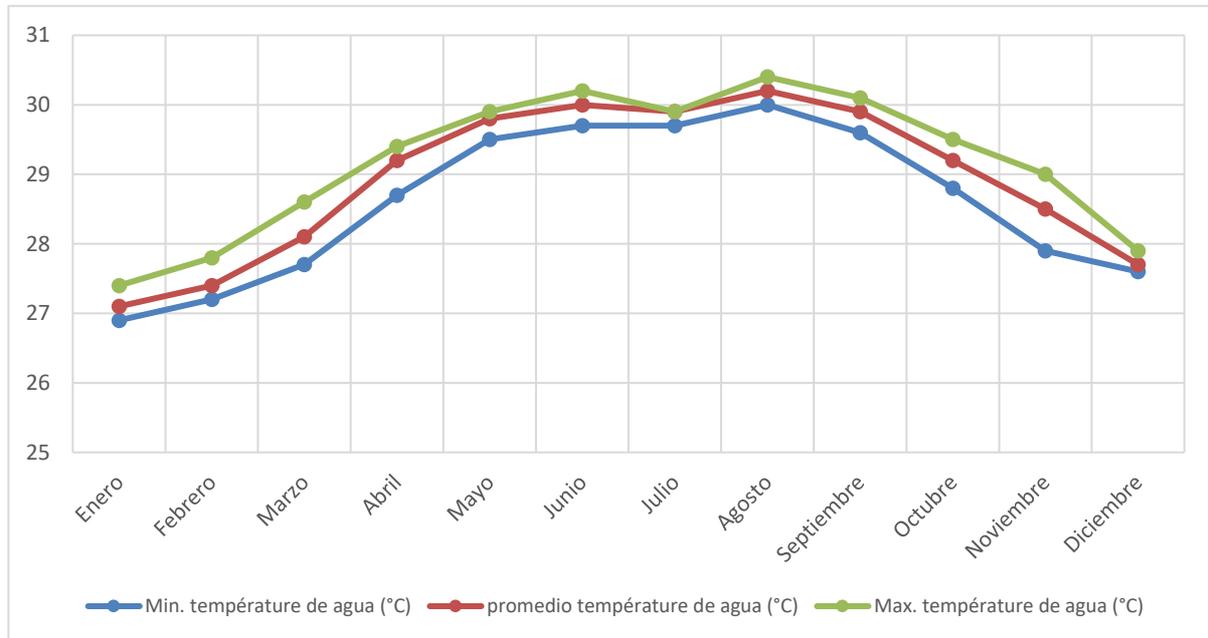
**Anexo C**

*Temperatura Histórica Mínima, Media y Máxima (1991-2021) Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca- Honduras*



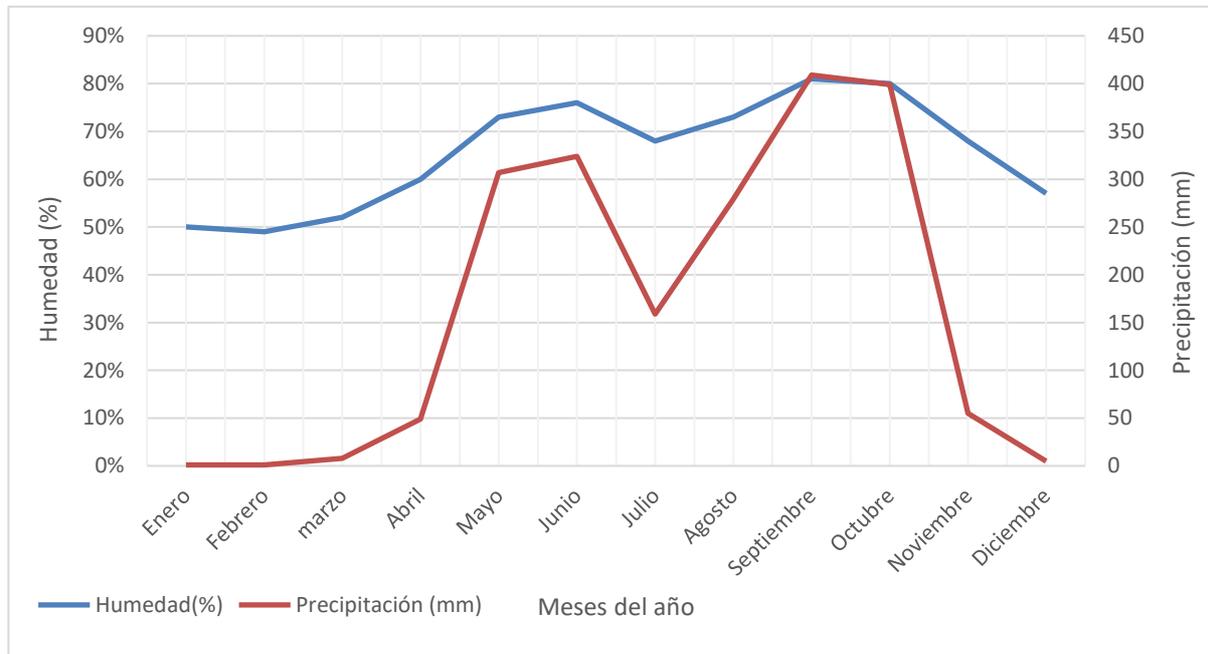
**Anexo D**

*Temperatura del Agua Histórica (1991-2021) en la Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca-  
Honduras*



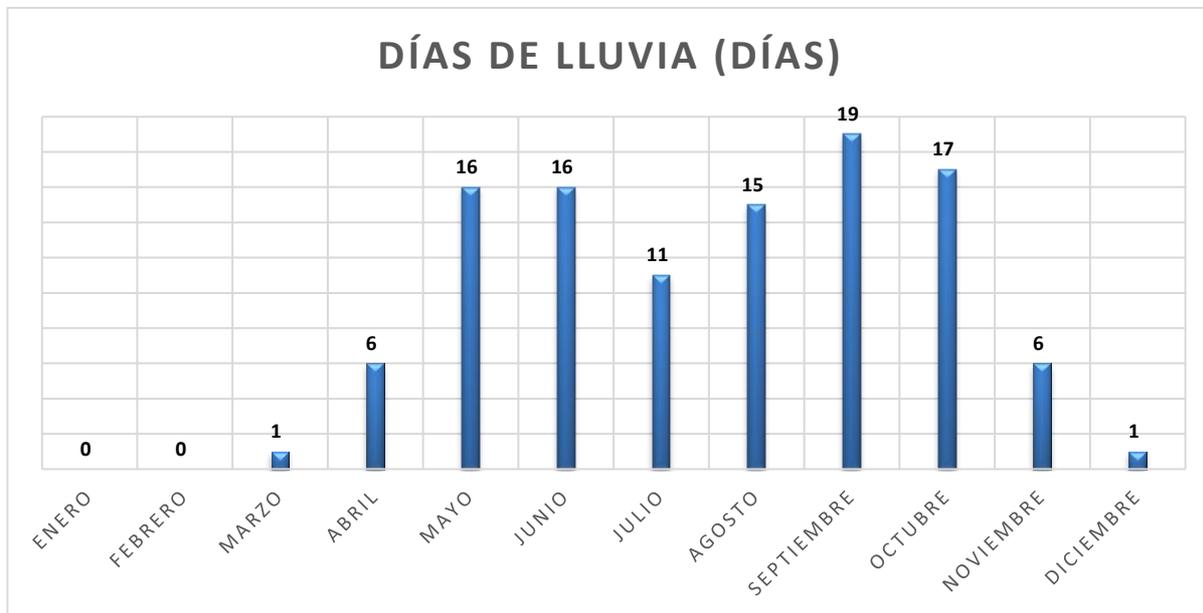
## Anexo E

Gráfica de Humedad (%) y Precipitación (mm) Histórica (1991-2021), Estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras



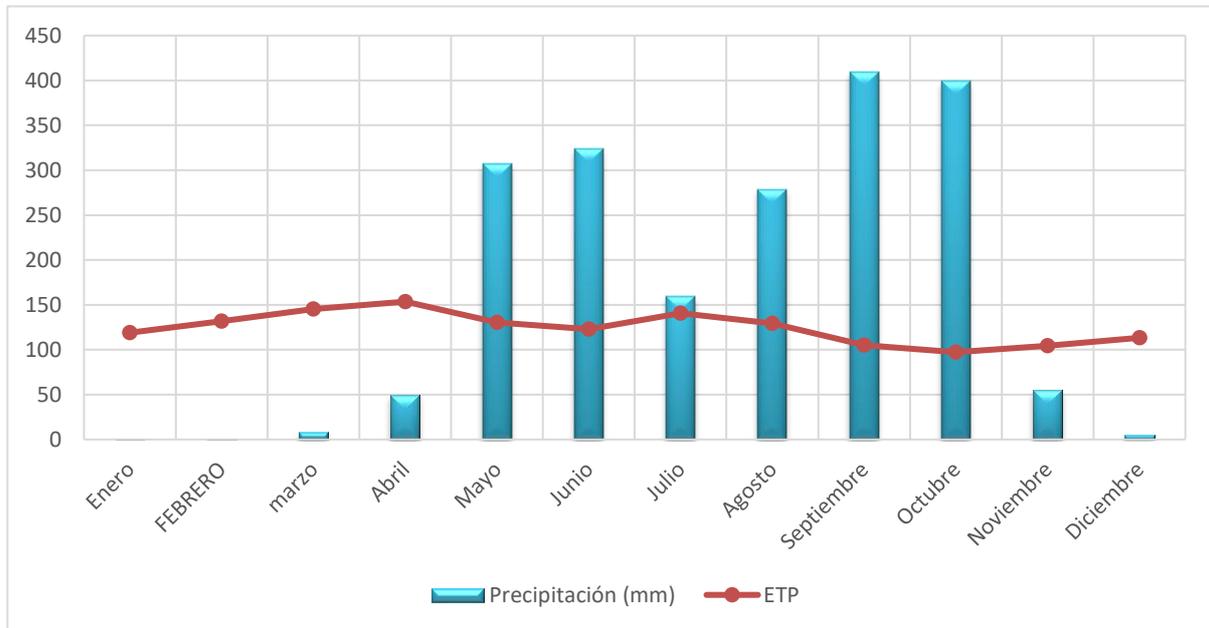
Anexo F

*Días de lluvia al mes (1991-2021), estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca-Honduras*



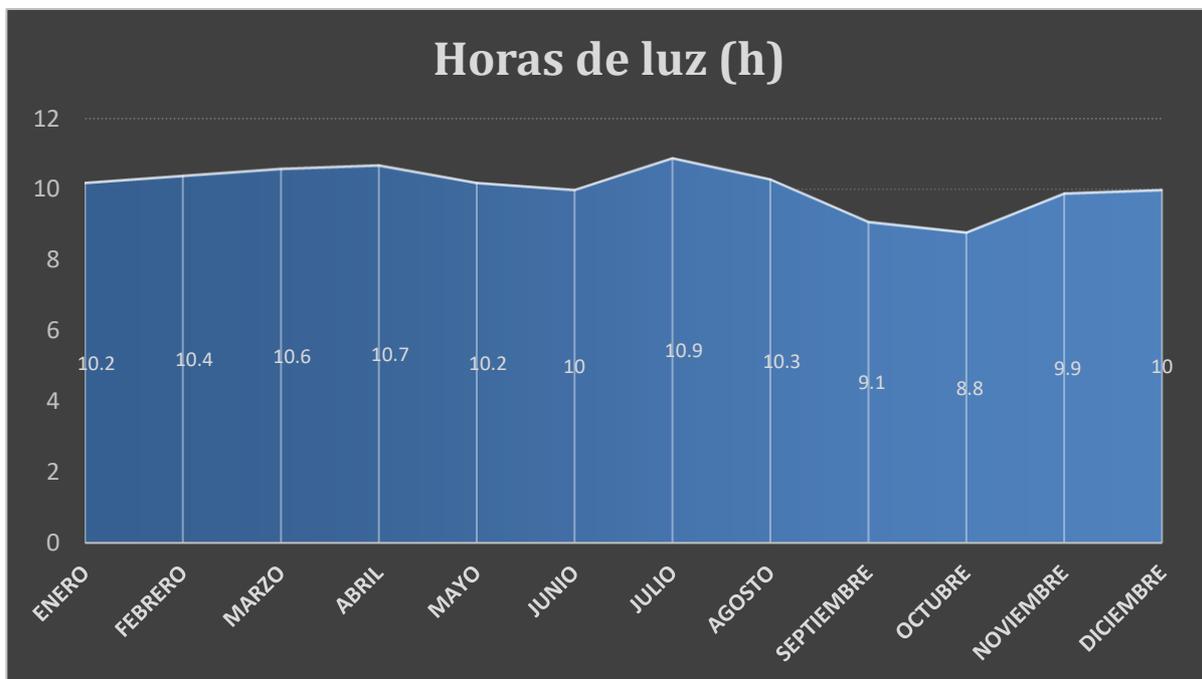
**Anexo G**

*Precipitación y ETP histórica (1991-2019), estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras*



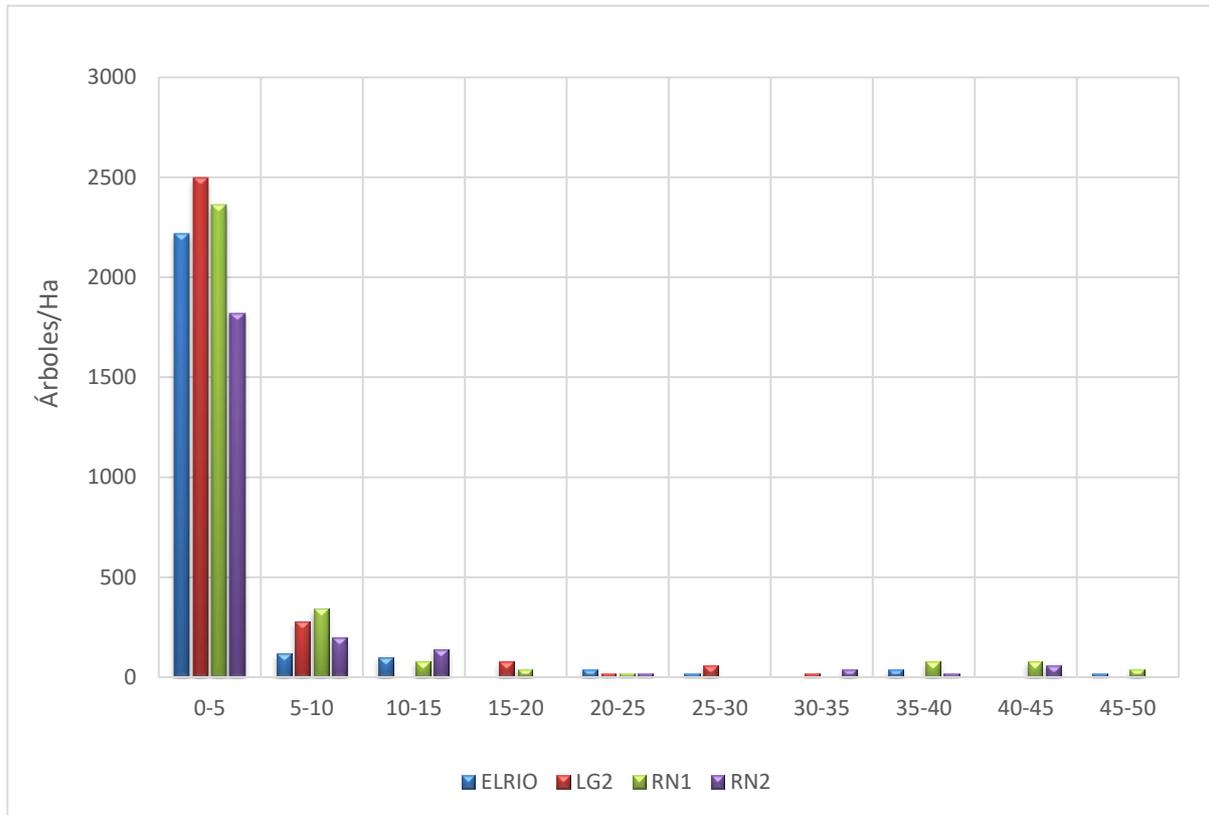
Anexo H

Horas de luz (h) (1999 - 2019) en la estación de San Lorenzo, Golfo de Fonseca - Honduras



## Anexo I

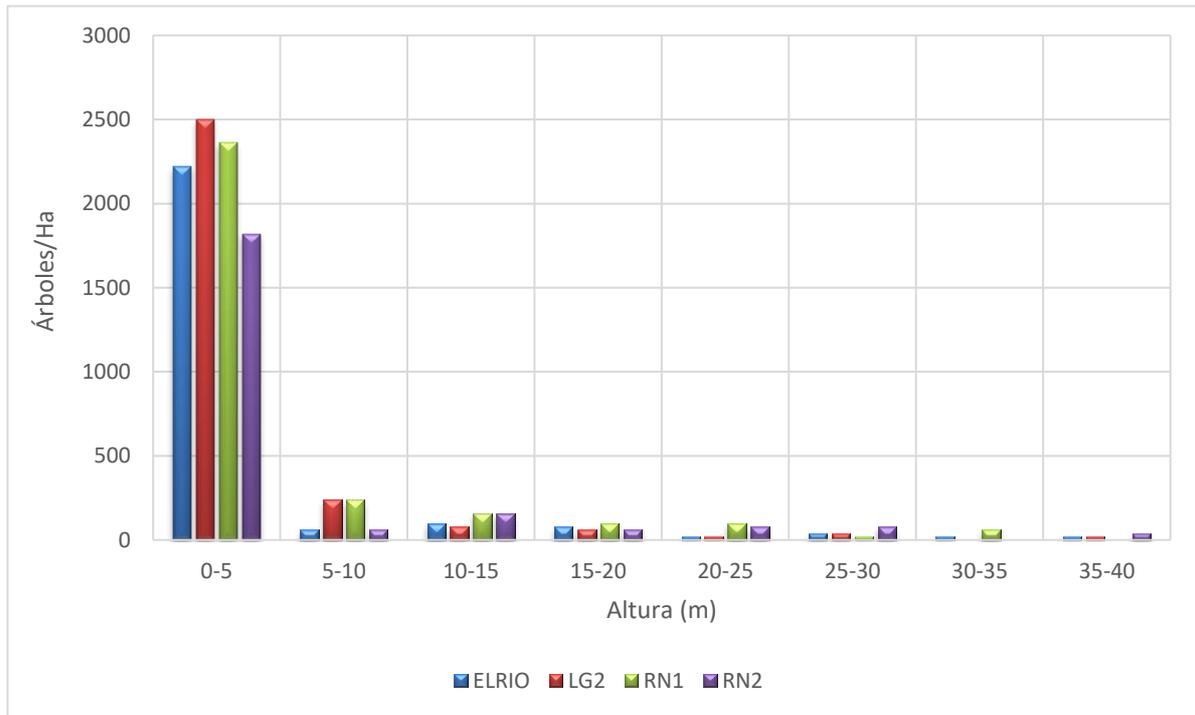
Gráfico de Barras de Clases Diamétricas de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural



**Anexo J***Evidencia de Intervención Humana en las Parcelas Reforestadas*

## Anexo K

Gráfico de Barras de Clases Altimétrica de Parcelas Reforestadas y Regeneración Natural



## **Anexo L**

### *Resumen de la Entrevista a Luciano Cardenas Vargas Líder de la Comunidad la Brea y Actor Principal en Reforestas las parcelas de R. mangle.*

Describe que las parcelas fueron reforestadas hace 5 años, se implementó siembra directa. Los propágulos se recolectaban de acuerdo con los esteros o sitios que eran definidos para reforestación. La necesidad de reforestar fue la migración de peces principal causa por deforestación, la actividad de reforestación fueron gente de las comunidades aledañas al bosque, dirigidos por medio de CODDEFAGOLF para poder completar los diferentes sitios de reforestación