Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa

Por:

Andrés Santiago Sis de León

Carné: 201845101

CUI: 3138 95902 0901

Correo electrónico: andres.deleonsis4@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa

Por:

Andrés Santiago Sis de León

201845101

Asesor:

M.A. Heydi Angelina Vela Armas

Revisor:

MSc. Celso González Morales

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a conferírsele el título que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciado.

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis	Rector
Lic. Luis Fernando Cordón Lucero	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López	Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

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

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Dedicatoria

A Dios: Mi guía constante, su gracia y dirección han hecho posible este logro académico. Con gratitud, reconozco su amor que ha iluminado mi camino.

A mis padres: Rodulfo Raymundo de León Mazariegos (†) y Fidalma López Salgado, por todo lo que han hecho por mí a lo largo de los años, por la paciencia infinita, amor incondicional y sacrificios, han sido la base de quien soy hoy.

A mis tíos: Claudia, Carlos Fernando, Isela, Eduardo, Geovaldo, Mario, Mayga, Juan Carlos, por su amor, apoyo y sabios consejos que han sido de gran ayuda para mi vida.

A mis primos: Por su inquebrantable apoyo, momentos compartidos y por siempre estar presentes.

A mi familia: Por su apoyo, aliento y fuente inagotable de amor.

A mis amigos: Mi segunda familia, su amistad ha sido inquebrantable y ha multiplicado mis alegrías. Gracias por ser parte de este viaje inolvidable, por el apoyo, cariño y los recuerdos de innumerables aventuras.

Agradecimientos

A: La Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser el alma máter que permitió proporcionarme la educación superior y oportunidades de desarrollo personal y profesional.

A: La Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS), por la oportunidad de desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y la presente investigación.

A: El Instituto Nacional de Bosques (INAB), por el apoyo y asesoría brindada, especialmente a Ing. Floridalma Miguel Ros e Ing. José Luis Morán.

A: M.A. Heydi Angelina Vela Armas, por la dedicación, orientación y apoyo en la asesoría y supervisión de las diferentes fases del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

A: Ing. Mirna Lucrecia Vela Armas e Ing. Kharla Leticia Marysol Vides Rodas, por la asesoría, apoyo y conocimientos compartidos en el desarrollo de la investigación.

A: MSc. Celso González Morales, por la dedicación y tiempo invertido en la revisión constructiva del trabajo de graduación.

A: MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes, por la retroalimentación valiosa, observaciones asertivas y apoyo en la elaboración del presente documento.

A: MSc. Sofía Marivel Méndez Méndez y Lic. Mynor André Sandoval Lemus, por el tiempo, apoyo y amistad invaluable durante el proceso y estadía en el Parque Hawaii.

A: César Zacarías, por la asesoría, conocimientos y amistad brindada.

A: Alex García, por la amistad, apoyo y colaboración en el trabajo de campo realizado.

A: El personal docente de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por los conocimientos y enseñanzas proporcionadas, especialmente a Ing. Iris Cárdenas, MSc. Eysen Enríquez y MSc. Sharon Quiñónez.

Índice general

Contenido **Página**

Resumen vii

Abstract ix

I. Introducción 1

II. Revisión de literatura 3

2.1 Marco referencial 3

2.1.1 Área de Usos Múltiples Hawaii 3

2.2 Marco conceptual 6

2.2.1 Bosque manglar 6

2.2.2 Especies de mangle del Área de Usos Múltiples Hawaii 7

2.2.3 Degradación de mangle 13

2.2.4 Clasificación de los tipos de degradación de mangle 14

2.2.5 Caracterización de mangle 15

2.2.6 Restauración de mangle 16

2.2.7 Prácticas y acciones de restauración de mangle 17

III. Objetivos 20

3.1 General 20

3.2 Específicos 20

IV. Materiales y métodos 21

4.1 Materiales, equipo y vehículos 21

4.2 Recursos humanos 23

4.3 Métodos 23

4.3.1 Identificación de zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii 23

4.3.2 Caracterización de zonas a restaurar de mangle del área protegida……..26

4.3.3 Determinación del tipo de degradación de las zonas de bosque manglar en el Área de Usos Múltiples Hawaii.……..36

4.3.4 Propuesta de acciones y prácticas de restauración de mangle para el Área de Usos Múltiples Hawaii……38

V. Resultados y discusión..... 40

5.1 Identificación de zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii 40

5.2 Caracterización de zonas a restaurar de mangle del área protegida 43

5.3 Determinación del tipo de degradación de las zonas de bosque manglar en el Área de Usos Múltiples Hawaii..... 49

5.4 Propuesta de acciones y prácticas de restauración de mangle para el Área de Usos Múltiples Hawaii 52

VI. Conclusiones 53

VII. Recomendaciones 55

VIII. Referencias bibliográficas 56

IX. Anexos..... 59

Índice de tablas

Tabla **Página**

1. Materiales, equipo y vehículos utilizados para desarrollar la investigación. 21
2. Recursos humanos de la investigación. 23
3. Categorías de la clasificación del NDVI. 24
4. Características y tipos de degradación en el ecosistema manglar. 36
5. Valoración de los criterios a evaluar en el mangle para conocer la degradación.... 37
6. Tipos de degradación del ecosistema manglar. 38
7. Acciones y prácticas de restauración para el mangle según la degradación. 38
8. Coordenadas de ubicación de zonas degradadas de mangle en el AUMH……...40
9. Especies de mangle encontradas en el AUMH. 44
10. Tolerancia de las especies de mangle a los niveles de inundación. 45
11. Especies invasoras dentro del bosque manglar del AUMH. 47
12. Tipo de degradación de las zonas identificadas en el AUMH. 50
13. Datos de campo recopilados en el AUMH. 69

Índice de figuras

Figura **Página**

1. Mapa de localización del Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa. 3
2. Mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el área protegida Hawaii. 8
3. Mangle rojo (*Rhizophora racemosa* G. Mey.) cerca del Canal de Chiquimulilla. 9
4. Bosque de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. 10
5. Individuos de *Avicennia germinans* (L.) L en el AUMH. 12
6. Mangle botón (*Conocarpus erectus* L.) en el AUMH. 13
7. Mapa de zonas degradadas del Área de Usos Múltiples Hawaii. 25
8. Delimitación de parcela circular en zona degradada. 26
9. Identificación del tipo de vegetación. 28
10. Toma de lectura del pH y temperatura. 29
11. Identificación de especies invasoras en área degradada. 30
12. Cálculo del área degradada. 31
13. Recopilación de DAP. 32
14. Verificación del estado sanitario del individuo forestal. 34
15. Lectura de coordenadas con GPS. 35
16. Mapa de las zonas degradadas de bosque manglar del AUMH. 41
17. Estructura de bosque puro y manglar degradado en el AUMH. 42
18. Regeneración natural en el área protegida. 48
19. Zonas identificadas con tipo de degradación en el bosque manglar. 51
20. Mapa de ubicación y distribución de mangle rojo. 65
21. Mapa de ubicación y distribución de mangle blanco. 66
22. Mapa de ubicación y distribución de mangle botón. 67
23. Mapa de ubicación y distribución de mangle negro. 68
24. Mapa de zonas a restaurar por regeneración natural. 72
25. Mapa de zonas a restaurar por completación en claros. 73
26. Mapa de zonas a restaurar por tubos de Riley. 74
27. Mapa de zonas a restaurar por restauración hídrica. 75
28. Zonas degradadas en el AUMH. 77

29. Zonas degradadas por diferentes causas en el AUMH. 77
30. Trabajo de campo en el AUMH para la investigación. 78

Símbolos, siglas y acrónimos

AUMH: Área de Usos Múltiples Hawaii.

INAB: Instituto Nacional de Bosques.

pH: Potencial de hidrógeno.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

DAP: Diámetro a la altura del pecho.

ARCAS: Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre.

CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

GTM: Guatemala Transversa Mercator.

CUNSUROC: Centro Universitario de Suroccidente.

NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

m: Metro.

Ha: Hectárea.

CO_2: Dióxido de carbono.

PVC: Policloruro de vinilo.

cm: Centímetros.

Resumen

La investigación fue realizada con el apoyo de la Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS), coadministrador del Área de Usos Múltiples Hawaii, y del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Se desarrolló en el Área de Usos Múltiples Hawaii (AUMH) localizada en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, con el objetivo de evaluar zonas prioritarias de restauración de mangle en el AUMH.

Se establecieron objetivos específicos que permitieron identificar las zonas geoespacialmente y en campo, caracterizar de acuerdo a las condiciones ecológicas y parámetros de salud del mangle, determinar el tipo de degradación de las zonas, y proponer acciones y prácticas de restauración para el área protegida.

Inicialmente fue generado un mapa en el software libre QGIS de las zonas degradadas del año 2020 con énfasis en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el mismo permitió diferenciar la vegetación en cuatro categorías de cobertura vegetal del suelo.

Se procedió posteriormente a desarrollar las verificaciones en campo para corroborar la información geoespacial obtenida. Por lo cual, se realizaron los recorridos dentro del bosque manglar para identificar la degradación in situ. Se procedió a caracterizar las zonas en proceso de degradación con indicadores biológicos y morfológicos en donde se establece el ecosistema manglar, dentro de los principales se encuentra el hidroperiodo, la estructura del bosque y la información dasométrica.

Un análisis fue realizado permitiendo la determinación del tipo de degradación de cada zona con los datos recolectados en campo, con base a lo anterior, se propusieron acciones y prácticas de restauración considerando los criterios, condiciones de las zonas y características en común.

Como resultados de la investigación, se identificaron 21 zonas degradadas de mangle en el AUMH, predominando la tala ilegal como causa principal, y en menor frecuencia el cambio en el uso del suelo, los incendios forestales y las inundaciones en bosque mixto de mangle.

Cada zona se pudo evaluar en función del tipo de degradación, resultando 18 zonas de categoría “C”, bosque con degradación severa, y 3 zonas de categoría “B”, bosque con degradación intermedia.

La investigación realizada aportó información necesaria para generar una propuesta de acciones y prácticas de restauración, la cual contiene antecedentes, datos generales y la propuesta técnica. En la última, se incluye el manejo de regeneración natural, completación en claros, tubos de Riley, y rehabilitación hidrológica, siendo esas las necesarias para restaurar las 21 zonas degradadas en el AUMH.

Abstract

The research was conducted with the support of the Wildlife Rescue and Conservation Association (ARCAS), co-administrator of the Multiple Use Area Hawaii, and the National Forest Institute (INAB).

It was developed in the Multiple Use Area Hawaii (AUMH) located in the municipality of Chiquimulilla, Santa Rosa; with the objective of evaluating priority areas for mangrove restoration in the AUMH.

Specific objectives were established that allowed the identification of different geospatial zones. Which helped characterize according to the ecological conditions and health parameters of the mangrove as well as determine the type of damage of the areas. Therefore, created a restoration plan and practices to keep the area protected.

Initially, a map was generated in the free software QGIS of the degraded areas of the year 2020 with emphasis on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which allowed differentiating the vegetation into four categories of vegetation cover of the soil.

Subsequently, field verifications were carried out to corroborate the geospatial information obtained. Tours were then carried out inside the mangrove forest to help identify the degradation in situ. The areas characterized with biological and morphological indicators where the mangrove ecosystem was established. Within those principles are the hydro period, structure of the forest and dasometric information.

An analysis was carried out allowing the determination of the type of degradation of each area was carried out with the data collected in the field, based on the above, restoration actions and practices were proposed considering the criteria, conditions of the areas and common characteristics.

As a result of the research, 21 degraded mangrove areas were identified in the AUMH, with illegal logging predominating as the main cause, and less frequently land use change, forest fires and flooding in mixed mangrove forest.

Each zone could be evaluated according to the type of degradation, resulting in 18 zones of category "C", forest with severe degradation, and 3 zones of category "B", forest with intermediate degradation.

The research carried out provided the necessary information to generate a proposal for restoration actions and practices, which contains background, general data and the technical proposal. The latter includes the management of natural regeneration, completion in clearings, Riley tubes, and hydrological rehabilitation, which are necessary to restore the 21 degraded areas in the AUMH.

I. Introducción

El Área de Usos Múltiples Hawaii (AUMH) está ubicada en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa. Por su importancia en la conservación del ecosistema manglar, sectores de humedal y zonas marino costeras, fue declarada área protegida según decreto número 16-2016.

La investigación surge con base al diagnóstico ambiental realizado durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, determinando la existencia de varias problemáticas ambientales, siendo una de ellas: la extracción y tala ilegal del recurso forestal del ecosistema manglar.

Esta problemática ha generado la degradación del bosque manglar en el AUMH, ocasionando la pérdida de cobertura boscosa, así como de las diferentes especies que existen en el área protegida como el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn), mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L), siendo estás las más aprovechadas por los habitantes de las comunidades para diferentes usos.

Con la situación en mención, se realiza la presente investigación titulada “Evaluación de zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa”, que plantea una propuesta para restaurar las zonas degradadas de mangle con base a las condiciones específicas para el AUMH.

Se evaluaron las zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa, teniendo como objetivos identificar las zonas potenciales y prioritarias de restauración, caracterizar las zonas del área protegida, determinar el tipo de degradación y proponer acciones y prácticas de restauración de mangle para el Área de Usos Múltiples Hawaii.

Como punto de partida, se generó un mapa en QGIS de las zonas degradadas de mangle del año 2020 categorizadas por el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), en donde se identificaron cuatro tipos de cobertura vegetal del suelo, siendo la base para el trabajo de campo.

Seguidamente, se realizaron visitas de verificación y validación en campo en el bosque manglar para la corroboración de la información geoespacial. Identificada la degradación en las zonas, se establecieron parcelas circulares temporales de 100 metros cuadrados (m^2), donde se llevó a cabo la caracterización con la recolección de datos utilizando las boletas tituladas “Evaluación de sitios degradados en el ecosistema manglar”, “Evaluación de la estructura del bosque” y “Datos dasométricos”, obteniendo información de los parámetros de salud, indicadores ecológicos y características de las zonas.

Posteriormente, se determinó el nivel del tipo de degradación de las zonas de mangle a través de un análisis con la información recolectada en campo, clasificando las zonas en tres tipos: “A”, “B” y “C”.

Con base a la caracterización y el análisis del tipo de degradación de las zonas, se propusieron las acciones y prácticas de restauración de mangle, donde, se recalcan las condiciones específicas para el área protegida.

La investigación desarrollada resalta la necesidad de la restauración en las zonas identificadas, que permitan ayudar a recuperar el bosque manglar para mantener la resiliencia y los servicios ecosistémicos que provee, a través de la participación del Consejo Ejecutivo Local del Área de Usos Múltiples Hawaii.

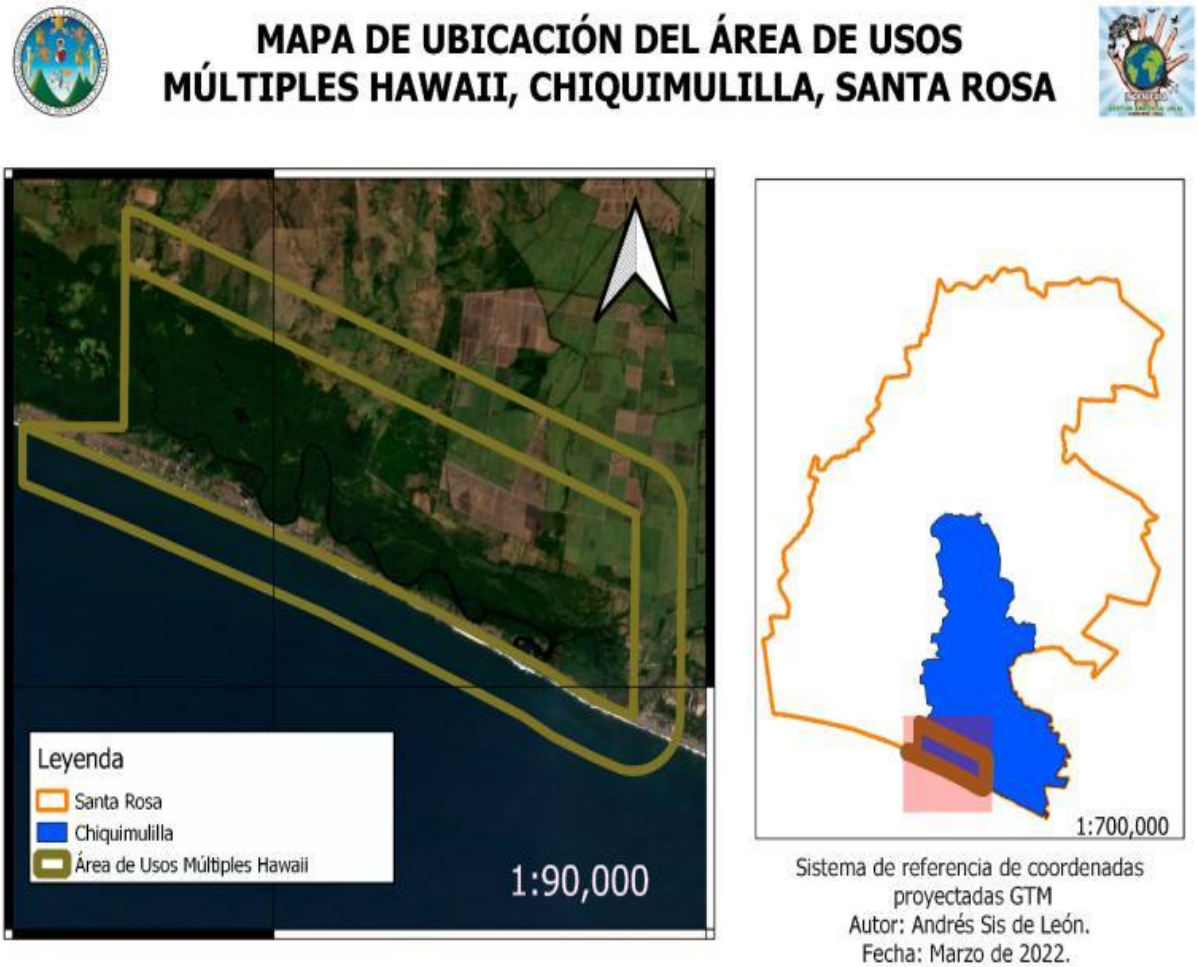
II. Revisión de literatura

2.1 Marco referencial

2.1.1 Área de Usos Múltiples Hawaii

Es un área protegida ubicada en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, conformada por cinco aldeas las cuales son “El Cebollito”, “El Hawaii”, “Las Mañanitas”, “El Rosario” y “El Dormido”. La declaración del AUMH se dio a través del decreto número 16-2016 del Congreso de la República de Guatemala, manejada bajo la categoría tipo III, siendo esta “Área de Usos Múltiples”. (Decreto Número 16-2016, art.1-2)

Figura 1.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Los límites del Área de Usos Múltiples Hawaii son al oeste con la Reserva Natural de Monterrico, al norte con tierras agrícolas y área manglar, al este con la bocabarra del Chapetón, y al sur con la playa del océano Pacífico (ARCAS y CONAP, 2010, p.1).

El área protegida tiene un Consejo Ejecutivo Local para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos y resolver problemáticas, dicho consejo está conformado por un titular y un suplente (a excepción de las comunidades que está conformado por tres titulares y tres suplentes) de los siguientes organismos: Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) quien preside, gobernación departamental de Santa Rosa, municipalidad de Chiquimulilla, sector privado del área, Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), asociaciones de pescadores del Pacífico, Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS), y comunidades pertenecientes del área protegida (Decreto Número 16-2016, art.10).

Desde el punto de vista biológico, la diversidad de ecosistemas que tiene el Área de Usos Múltiples Hawaii es vital porque permite la reproducción, alimentación, migración y desarrollo de la flora y fauna que existe en ese entorno principalmente en el bosque manglar (ARCAS, 2011, p.5).

Económicamente, el AUMH genera ingresos para las personas a través de actividades como la pesca y el turismo (ARCAS, 2011, p.5).

Dentro de los objetivos principales del área protegida esta conservar la biodiversidad del área, mantener el equilibrio ecológico mediante una gestión eficaz, usar y manejar sosteniblemente los bienes naturales, y alcanzar niveles de desarrollo sostenible para los habitantes de la localidad (ARCAS y CONAP, 2010, p.1).

El Área de Usos Múltiples Hawaii es una de las últimas áreas naturales del Pacífico de Guatemala, siendo una zona estratégica con la Reserva Natural de Monterrico y La Barrona para la migración de aves y fauna marina (ARCAS, 2011, p.5).

2.1.1.1 Suelos

Los suelos del Área de Usos Múltiples Hawaii son aluviones o cenizas volcánicas de relieve plano con un drenaje interno deficiente, son de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso (color gris oscuro a café oscuro). Entre el canal y el mar predomina la serie de suelo arena playa del mar (AM) (ARCAS, 2011, p.7).

2.1.1.2 Hidrología

Los afluentes que drenan hacia el AUMH son determinados por la hidrología que pertenece a la costa sur del Pacífico; las cuencas que pertenecen a esta zona son Río Los Esclavos, Río Las Margaritas, Río San Antonio, Río Las Cañas, Río Pinula, Riachuelo Paso Caballos, Quebrada de Oliveros y Zanjón Salado, y las subcuencas son Canal de Chiquimulilla Oeste, Canal de Chiquimulilla Este y Canal de Chiquimulilla El Jiote; de los anteriores la mayoría se unen y forman canales y áreas de inundación (ARCAS, 2008, pp.15-16).

Según ARCAS (2011) existen lagunas interiores dentro del bosque manglar las principales son Garcitas, Las Conchas, Pitaya, El Quemado, El Cerco, Los Palos, El Tul y El Pimiento (p.15).

2.1.1.3 Clima

El clima es cálido húmedo con escaso régimen de lluvias, y no hay una estación fría definida; la temperatura promedio mensual es de 23.9°C y 30°C y la precipitación promedio anual es de 1538 milímetros a 2073 milímetros (ARCAS, 2011, p.7).

El contenido promedio de humedad media es de 76%, la dirección del viento predomina del sur al sudoeste a una velocidad de 2.7 km/h (ARCAS y CONAP, 2010, p.14).

2.1.1.4 Fauna

En el Área de Usos Múltiples Hawaii hay variedad de ecosistemas que permiten la biodiversidad, principalmente de aves, también habitan mamíferos, crustáceos,

moluscos y peces; dentro de las principales especies de fauna está el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*), el pato coche (*Phalacrocorax spp.*), el caimán (*Caiman crocodilus fuscus*), la iguana verde (*Iguana iguana*), el tacuazín (*Didelphis spp.*), la nutria (*Lontra longicaudis*), el pisote (*Nasua narica*), róbalo (*Centropomus spp.*), corvina (*Cynoscion spp.*) (ARCAS, 2011, p.10).

El bosque manglar es importante para la dinámica y resiliencia de la fauna nativa del lugar, permitiendo así el aprovechamiento y consumo cultural por parte de los pobladores de una manera sostenible, por ejemplo, el consumo de la carne de iguana y del pato real (ARCAS y CONAP, 2010, p.19).

2.1.1.5 Vegetación y flora

En el AUMH existe una estrecha relación entre los humedales interiores y costeros, lo que permite la presencia de las especies de mangle, logrando así el desarrollo de bosque seco en áreas menos inundables y encontrando otras que soportan inundaciones como la palma real (*Sabal mexicana*) (ARCAS, 2008, p.20).

Las principales especies indicadoras del Área de Usos Múltiples Hawaii son el mangle rojo (*Rhizophora mangle y R. racemosa*), mangle negro *(Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), también se encuentran otras especies como el tul (*Typha dominguensis*), el carrizo (*Phragmmites communis L*.) y de balona (*Nymphaea ampla*) (ARCAS y CONAP, 2010, p.17).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Bosque manglar

El bosque manglar es un tipo de ecosistema costero y húmedo propio de zonas tropicales y subtropicales, marcan la línea entre el ambiente terrestre y el ambiente acuático, lo que en ecología se conoce como ecotono, sirviendo de hábitat para muchas especies de flora y fauna. Por los servicios ecosistémicos que presta al planeta Tierra, es uno de los ecosistemas más importantes y productivos, la mayoría de bosques de

mangle se encuentran en América, pero también hay en África, Asia y Oceanía (Sánchez, 2019, párr.1-3).

Los manglares también son conocidos como “bosques azules” porque tienen la función de almacenar el carbono de forma más eficiente, que muchos otros árboles. Los problemas que están acabando con estos ecosistemas son la deforestación, la actividad industrial, la descarga de residuos, la urbanización y desarrollo de las zonas costeras (FUNDACIÓN AQUAE, 2022, párr.14-23).

2.2.2 Especies de mangle del Área de Usos Múltiples Hawaii

En el Área de Usos Múltiples Hawaii existen cinco especies de mangle, las cuales se describen a continuación:

2.2.2.1 Mangle rojo (*Rhizophora mangle* L)

El mangle rojo es de las especies más comercializadas para la construcción de diversos artículos porque la madera dispone de durabilidad y los troncos se encuentran rectos, crece frecuentemente en las orillas del canal y en bericuetes; es la mejor especie adaptada a las mareas, pero no soporta corrientes fuertes (ARCAS, 2011, p.8).

Zacarías et al. (2019) mencionan que:

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

marea, lagunas estuarinas y costeras, de aguas salobres. (p.21)

Figura 2. Mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el área protegida Hawaii.

Fuente: Sis, A., 2022.

Según ARCAS (2008) el mangle rojo es una especie pionera en la sucesión vegetal en los manglares, es una planta halófita, haciéndola soportar la salinidad (p.19).

Está distribuido en ambas costas de Guatemala, en el Pacífico y en el Atlántico, además hay reportes de su existencia en el área protegida Laguna del Tigre en Petén (Zacarías et al., 2019, p.22).

2.2.2.2 Mangle rojo (*Rhizophora racemosa* G. Mey.)

Desde el punto de vista de Zacarías et al. (2019):

Árboles hasta 25 m. Hojas 7-14 × 3-8 cm, elípticas, el ápice agudo; pecíolo 1-3 cm; estípulas 3.5-6 cm. Inflorescencias ramificadas dicotómicamente 5-6 veces, o la primera ramificación tricotómica, las ramas rígidas, robustas, divaricadas o casi divaricadas; pedúnculo 10-40 mm; pedicelos 3-20 mm; brácteas 2 o 3, 5-20 mm, connatas, los márgenes escariosos, el ápice agudo a anchamente agudo;

bractéolas 2, 5-20 mm, connatas, los márgenes escariosos, el ápice agudo a anchamente agudo. Yemas floríferas 6-10 mm, elipsoideas; sépalos 7-10 × 2.5-3.5 mm en las flores, 12-15 × 5-7 mm en los frutos, triangulares; pétalos 5-6 × 0.5-1 mm, caducos, glabros abaxialmente, los márgenes vilosos; estambres 8, 3-6 mm, sésiles, apiculados; estilo 3-6 mm. Fruto 25-35 × 12-15 mm; hipocótilo 11-35 cm, recto o curvado. 2 n =36. Zonas de marea, estuarios, lagunas costeras y de aguas salobres. (p.24)

Esta especie de mangle se encuentra en los departamentos de Jutiapa, Escuintla y Santa Rosa, en este último en el municipio de Chiquimulilla, específicamente en el Área de Usos Múltiples Hawaii (Zacarías et al., 2019, p.25).

Figura 3. Mangle rojo (*Rhizophora racemosa* G. Mey.) cerca del Canal de Chiquimulilla.

Fuente: Sis, A., 2022.

2.2.2.3 Mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn)

El mangle blanco tolera salinidades de 0 a 45 ups y la frecuencia de inundación es menor que otras especies, además en orden de la tierra hacia el mar es el tercero y sus hojas son de forma ovaladas (CORESCAM, 2022, párr.5).

Como afirman Zacarías et al. (2019):

> El mangle blanco es un arbusto o árbol generalmente pequeño de hasta 20 metros de alto por 60 cm de diámetro. Su tronco es recto con ramas ascendentes, copa redondeada y densa. Las ramas jóvenes son ligeramente aplanadas de color pardo moreno. Su corteza externa es gris oscuro a rojiza y se parte en pequeñas placas. La corteza interna es de color rosa a rojo oscuro, cambia a pardo rojizo y exuda un líquido rojizo. Hojas 3-12 × 2-6 cm, elípticas a oblongo-elípticas, glabras, la base y el ápice obtusos a redondeados; pecíolo 7-20(-25) mm, con 2 glándulas sésiles distales. Espigas 2-20 cm (incluyendo el pedúnculo). Flores estaminadas c. 2 mm (incluyendo el cáliz); flores pistiladas y bisexuales hasta 6.5 mm (incluyendo el ovario y el cáliz). Frutos 12-20 × 4-10 mm (incluyendo el ovario y el cáliz). Usos: Latas (varas de 6 metros) para cercos, horcones de vivienda y uso energético. (p.18)

Figura 4. **Bosque de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.**

Fuente: Sis, A., 2022.

Es pionero en áreas abiertas y expuestas al sol, la colonización de esta especie se da luego de perturbaciones como un incendio forestal o tormentas; se desarrolla en franjas internas del bosque y se encuentra lejos de los esteros (ARCAS, 2011, p.8).

En Guatemala se localiza en las dos costas, tanto en el Pacífico como en el Atlántico, y está asociado al mangle rojo (*Rhizophora mangle* L) y al mangle negro (*Avicennia germinans* L) (Zacarías et al., 2019, p.19).

2.2.2.4 Mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.)

Otro de los nombres del mangle negro es mangle salado, ya que por medio de las hojas excreta la sal y en comparación con el mangle rojo, este no soporta sustratos inestables estando en zonas que tienen menor contacto con el agua (CORESCAM, 2022, párr.5).

Zacarías et al. (2019) afirman que:

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

usualmente germinando en la cápsula. (p.12)

Se encuentra en zonas menos inundables, en tierras altas y secas donde el flujo de agua no es constante; de todas las especies de mangle es la más tolerante a la salinidad, pero debido a esto no es tan abundante como lo puede ser el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) (ARCAS, 2011, p.8).

Figura 5. **Individuos de *Avicennia germinans* (L.) L en el AUMH.**

Fuente: Sis, A., 2022.

El mangle negro se encuentra en el Pacífico en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Santa Rosa y Jutiapa y en el Atlántico en el municipio de Livingston, Izabal, es una especie asociada al mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y al mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Zacarías et al., 2019, p.13).

2.2.2.5 Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L)

A juicio de Zacarías et al. (2019):

Arbustos o árboles hasta 10-20 m. Hojas 3-12 × 1-3.5 cm (incluyendo el pecíolo), angostamente elípticas o algunas veces elípticas, con 2 glándulas sésiles en el

pecíolo o la lámina decurrente, gradualmente atenuándose en la base y ápice. Cabezuelas de flores 3-5 mm de diámetro, agrandándose hasta 5-15 × 7-13 en el fruto. Manglares y suelos arenosos cerca del mar. 0-30 m. (p.15)

El mangle botoncillo es el que está más cerca de la tierra, encontrándose fuera del área de la marea, es decir en zonas secas y con suelos más estables (CORESCAM, 2022, párr.5).

Figura 6. **Mangle botón (*Conocarpus erectus* L.) en el AUMH.**

Fuente: Sis, A., 2022.

El mangle botoncillo se encuentra en la zona de transición entre los manglares y el bosque seco, en Guatemala existe en el Pacífico y en el Atlántico es poco localizable, en su mayoría se encuentra en bosques puros, pero en pequeños rodales (Zacarías et al., 2019, p.16).

2.2.3 Degradación de mangle

El ecosistema forestal degradado es aquel bosque que perdió las características estructurales, funcionales, composición de especies y la productividad, a causa de intervenciones antropogénicas o alteraciones naturales, teniendo repercusiones en el abastecimiento de servicios ecosistémicos (INAB, 2020, p.91).

Las tierras de mangle degradadas se entienden como aquellas áreas que perdieron la cobertura forestal, áreas con cobertura forestal menor a 4 metros cuadrados por hectárea, y áreas donde el hidroperiodo ha sido alterado por el cambio en el uso del suelo (INAB y CONAP, 2019, p.27).

Los manglares son altamente sensibles a cambios, principalmente los cambios relacionados a la hidrología. Teniendo en consideración los factores de estrés a los que se exponen y cambios a lo largo del tiempo, resultando la mortalidad, degradación y pérdida de estos ecosistemas. Las causas de la degradación de mangle pueden ser por diversos motivos, entre los cuales se encuentran: daños causados por fenómenos naturales, construcción de infraestructura, plantaciones o creación de acuicultura, cambios en el hidroperiodo, cambios en el suelo, afectaciones en el metabolismo de las plantas (PNUD y MiAMBIENTE, 2017, pp.16-27).

El análisis de las causas de la degradación del ecosistema manglar es importante para la gestión ambiental, porque al identificar las causas, se crean acciones estratégicas para prevenir o mitigar el daño. Las principales causas de degradación están enfocadas en el cambio climático (cambios de la temperatura, de los niveles atmosféricos de CO_2, de la precipitación, de los huracanes y tormentas, del nivel del mar), sobreexplotación de los recursos, cambios en el uso del suelo, y desarrollos urbanísticos (Uribe y Urrego, 2009, pp.60-64).

2.2.4 Clasificación de los tipos de degradación de mangle

Los tres tipos de degradación para el ecosistema manglar son: tipo “A” (incipiente), tipo “B” (intermedia) y tipo “C” (severa), dentro de los principales indicadores y características para su evaluación se toma en cuenta la cobertura forestal actual, el hidroperiodo, la regeneración natural, las especies invasoras, la microtopografía y la salinidad intersticial (INAB y CONAP, 2019, p.27).

La degradación tipo “A” (degradación intermedia a incipiente) presenta perturbaciones en la cobertura forestal del bosque manglar con existencia de área basal en un rango de $4m^2$ a 10 m^2, el flujo hídrico no está alterado y existe regeneración natural de mangle de cualquiera de las especies (INAB, 2020, pp. 88-89).

La degradación tipo “B” (degradación severa) tiene como características perturbaciones de cobertura forestal del bosque manglar con existencia de área basal menor a 4m^2, existen procesos iniciales de regeneración natural, el flujo hídrico no está alterado, existe presencia de especies invasoras y la concentración de salinidad intersticial afecta el desarrollo del mangle (INAB, 2020, pp. 88-89).

La degradación tipo “C” (degradación muy severa y extrema) presenta la eliminación total de cobertura forestal, no existe regeneración natural, existe presencia de especies invasoras, el flujo hídrico está alterado, la microtopografía está alterada, elevado nivel de salinidad intersticial y hay evidencia de compactación de sedimentos (INAB, 2020, pp. 88-89).

2.2.5 Caracterización de mangle

Mediante la caracterización se obtiene información general de las condiciones en las que se encuentra el ecosistema, teniendo como base las causas de la degradación, los factores de estrés y crecimiento de las especies. (PNUD y MiAMBIENTE, 2017, p.19). INAB y CONAP (2019) proponen a considerar los elementos siguientes:

2.2.5.1 Hidroperiodo

Es una variable básica para el estudio de los manglares, que toma de referencia tres elementos: a.) el nivel de inundación, que es la profundidad que alcanza el agua, b.) frecuencia, cuantas veces se inunda el sitio en un periodo de tiempo y c.) tiempo, que el agua permanece estancada (p.13).

2.2.5.2 Salinidad

En los manglares la salinidad se clasifica en: salinidad superficial, que es la que está disuelta en el cuerpo de agua y que es variable dependiendo la dinámica de los flujos por aporte de los ríos y los mares. Salinidad Intersticial, son las sales minerales que se encuentran entre las partículas de los sedimentos, lo que hace que los suelos de los manglares contengan una mayor salinidad en comparación de los océanos (pp.15-16).

2.2.5.3 Microtopografía

Son los cambios del relieve del suelo (sedimentos) en centímetro, y tiene una estrecha relación con el hidroperiodo (p.14).

2.2.6 Restauración de mangle

La restauración es el proceso de recuperar un ecosistema a su estado original, tomando de referencia las condiciones del sitio, previo a la degradación (Mejía et al., 2014, p.19).

Dentro de las estrategias de manejo del ecosistema manglar se detallan tres, de las cuales la primera es la conservación, la segunda el manejo sostenible y la tercera la restauración (Uribe y Urrego, 2009, pp. 67-68).

Para la restauración se proponen 3 formas, siendo estas: la primera utilizar especies vegetales locales, para cubrir el suelo desnudo, la segunda es el proceso de rehabilitación utilizando especies exóticas y nativas, y la tercera es restauración utilizando especies vegetales y fauna silvestre originales, semejando lo que originalmente existía (López et al., 2016, p.16).

Zaragoza et al. (s.f.) las alteraciones del ecosistema manglar es un tema de interés para la investigación, ya que dicho problema hace que el mangle no se regenere de manera natural y se necesita conocer cuáles son las causas que provocan dichos problemas, para llegar a alcanzar las condiciones adecuadas que deben de tener los manglares siendo este el éxito de la restauración (párr.3).

De acuerdo con PNUD y MiAMBIENTE (2017, p.17) para obtener resultados eficientes en los procesos de restauración se debe de tomar en cuenta la ecología forense del ecosistema manglar. A través de ella, se realiza el proceso de caracterización donde se obtiene información general de las condiciones del ecosistema, considerando principalmente las causas de la degradación, los factores de estrés, factores que limitan el crecimiento, condición actual del estado del mangle, considerando lo mencionado se

deben de llevar a cabo las acciones de restauración pertinentes para cada área, además de un monitoreo ambiental constante.

2.2.7 Prácticas y acciones de restauración de mangle

Una de las primeras actividades para la restauración del manglar es caracterizar el área para obtener toda la información que permita conocer las condiciones actuales de la misma, y así seleccionar las opciones y especies viables para el trabajo de campo. Dentro de las consideraciones para las prácticas y acciones de restauración efectiva se tiene la identificación del área dentro de un humedal marino costero, determinación de fuentes de agua cercanas de la zona propuesta a restaurar, la utilización de especies nativas del área manglar (mangle rojo, mangle negro, mangle botón y mangle blanco), facilitar la propagación natural por medio de propágulos, la utilización de cualquier material reproductivo y sus combinaciones, y la tolerancia de las especies a la salinidad intersticial (INAB y CONAP, 2019, p.31).

Las prácticas de restauración para el tipo de degradación “A” (degradación intermedia) y para el tipo de degradación “B” son el manejo de regeneración natural, la plantación, la nucleación y la apertura de canales, y para el tipo de degradación “C” (degradación muy severa y extrema) es primordialmente la rehabilitación del flujo hídrico complementado con la restauración de la microtopografía, y posterior a la anterior utilizar la nucleación, la plantación y el manejo de regeneración natural (INAB, 2020, p.89).

Las prácticas y acciones de restauración dependerán de las condiciones del área, se describen las más comunes e importantes a desarrollar en el ecosistema manglar (Instituto Nacional de Bosques, 2017; PNUD y MiAMBIENTE, 2017, pp. 49-54; INAB y CONAP, 2019, pp. 33-34; Teutli-Hernández et al., 2020, pp. 20-25; Teutli-Hernández et al., 2021, pp. 46-61):

2.2.7.1 Rehabilitación hidrológica

El principal objetivo de la rehabilitación hidrológica es recuperar el hidroperiodo y reducir la salinidad de los sedimentos a través de métodos como la ruptura estratégica de muros y diques, relleno de canales artificiales de desagüe, excavación de canales de marea de tamaño apropiado, acumulación de tierra para crear parches elevados,

reacondicionamiento de los suelos existentes, colocación de dispositivos rompeolas y acondicionamiento de suelos existentes.

Las acciones que se realizan en primera instancia en la restauración del bosque manglar es la limpieza de canales para conectar al ecosistema con el cuerpo de agua; la identificación de canales principales y secundarios es prioridad para la recuperación del humedal. La habilitación de canales nuevos, es otra opción para aumentar el flujo del agua a las zonas degradadas.

La participación de las comunidades que habitan en las áreas de bosque manglar es clave para la restauración hidrológica, ya que permite la planeación e inclusión de los conocimientos de las áreas.

2.2.7.2 Establecimiento de plantas / propágulos

Se refiere al manejo natural por propágulos y/o el establecimiento de plántulas de vivero, es el método más utilizado para restaurar áreas degradadas de mangle. Se debe de tomar en cuenta la colecta de propágulos, el origen y la selección de las especies.

2.2.7.3 Establecimiento del manejo de la regeneración natural

Técnica de restauración Bauzá: consiste en la siembra de propágulos (4) de mangle rojo amarradas alrededor de una estaca con un largo determinado con cinta biodegradable.

Método de restauración de Riley: consiste en la colocación de tubos de PVC o bambú (más recomendado) en donde se siembran los propágulos al nivel del agua para protegerlas de cualquier fenómeno relacionado a la hidrología del lugar.

2.2.7.4 Siembra directa de propágulos

A diferencia de otras prácticas y acciones, es la menos costosa. Se siembran los propágulos previamente recolectados a una profundidad de ¼ a 1/3 de altura en el área a restaurar.

Se deben de considerar las condiciones de la inundación, variables fisicoquímicas del agua y los sedimentos para el mayor éxito de las plántulas sembradas.

2.2.7.5 Plantas de vivero

Práctica con un alto costo de aplicación, se utiliza cuando hay falta de los propágulos o por las condiciones del suelo. El fin primordial de esta técnica es la reproducción y producción de mangles para reforestar zonas degradadas, muchas veces las plantas desarrolladas en un vivero ofrecen éxito en los procesos de reforestación.

Las principales recomendaciones a tomar en cuenta en las plantas de vivero son la inundación periódica del lugar, incidencia de la luz solar, acceso de agua dulce y salada, y especies nativas del área de interés.

2.2.7.6 Plantación dispersa de árboles

Utiliza a la fauna de las zonas de restauración para la propagación de las semillas de mangle.

2.2.7.7 Nucleación

Esta técnica trata de recrear las condiciones de regeneración natural a través de micro hábitats para la interacción de especies animales y vegetales. Se debe de considerar el hidroperiodo para el éxito de la práctica de restauración.

2.2.7.8 Rehabilitación topográfica

Consiste en la modificación del nivel del terreno para reestablecer los patrones y niveles de inundación apropiados para el establecimiento y crecimiento de la vegetación, dentro de las principales se encuentra la remoción de sedimento y centros de dispersión.

III. Objetivos

3.1 General

- Evaluar las zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa.

3.2 Específicos

- Identificar las zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle.
- Caracterizar las zonas a restaurar de mangle del área protegida.
- Determinar el tipo de degradación de las zonas de bosque manglar.
- Proponer acciones y prácticas de restauración de mangle.

IV. Materiales y métodos

4.1 Materiales, equipo y vehículos

Tabla 1. Materiales, equipo y vehículos utilizados para desarrollar la investigación.

Materiales					
No.	**Material**	**Unidad de medida**	**Cantidad**	**Costo unitario (Q)**	**Costo total (Q)**
1	Libreta de campo	Unidad	1	5.00	5.00
2	Lápiz	Unidad	1	2.00	2.00
3	Lapicero	Unidad	2	1.50	3.00
4	Combustible	Galón	15	40.00	600.00
5	Tubo de PVC de 1.5 m	Unidad	1	14.00	14.00
6	Hojas tamaño carta	Resma	2	30.00	60.00
7	Tubo de PVC de 1 m	Unidad	6	7.00	42.00
8	Mochila impermeable marca Sierra Madre**	Unidad	1	230.00	230.00
9	Tabla con clip*	Unidad	1	28.00	28.00
10	Baterías marca Duracell**	Unidad	4	13.75	55.00
Equipo					
11	Teléfono celular marca Motorola*	Unidad	1	1,300.00	1,300.00

12	Equipo de cómputo marca HP*****	Unidad	1	7,500.00	7,500.00
13	Cinta métrica marca Tactix 60 m******	Unidad	1	185.00	185.00
14	Dispositivo GPS marca Garmin******	Unidad	1	2,750.00	2,750.00
15	Impresora marca HP******	Unidad	1	2,200.00	2,200.00
16	Sonda multiparamétrica marca Hanna******	Unidad	1	2,620.00	2,620.00
17	Cinta diamétrica marca Yamayo 10 m******	Unidad	1	195.00	195.00
18	Hipsómetro marca Suunto******	Unidad	1	2,100.00	2,100.00
19	Botas de hule******	Par	1	85.00	85.00
20	Brújula marca Suunto******	Unidad	1	535.00	535.00
Vehículos					
21	Lancha******	Unidad	1	7,000.00	7,000.00
Total					**27,509.00**

Nota: Con base a cotizaciones realizadas en comercios de Chiquimulilla, 2022. *****Equipo/material de uso personal. ******Equipo/material/vehículo proporcionado por la unidad de práctica.

4.2 Recursos humanos

Tabla 2. Recursos humanos de la investigación.

No.	Cantidad	Capacidad técnica	Función
1	1	Epesista de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNSUROC.	Planificar y desarrollar la investigación.
2	1	Guardarecursos de ARCAS	Apoyo en el trabajo de campo durante la investigación.
3	4	Voluntarios de ARCAS	Apoyo en el trabajo de campo durante la investigación.
4	1	Asesora del Ejercicio Profesional Supervisado	Orientación y aclaración de dudas durante la investigación.

Fuente: Sis, A., 2022.

4.3 Métodos

Para el cumplimiento de la investigación se desarrollaron las siguientes actividades:

4.3.1 Identificación de zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii

En el software de acceso libre Quantum GIS (QGIS), se realizó el mapa de las zonas degradadas del bosque manglar con base en archivos vectoriales del estado de conservación de los manglares en Guatemala, del Instituto Nacional de Bosques (INAB) de los años 2010 – 2020, y con formatos raster y vectoriales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); en donde se identificaron geoespacialmente las zonas por la categorización del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI):

Tabla 3. Categorías de la clasificación del NDVI.

Índice	Categoría
Suelo desnudo o cuerpos de agua.	1
Vegetación baja (pastos, gramíneas, herbáceas, manglares chaparros, otros).	2
Bosques bajos densos sin degradación, bosques puros de *Avicennia germinas* (L.) L., bosques altos poco densos con algún tipo de degradación, áreas con plantas invasoras de porte medio alto o plantas, trepadoras.	3
Bosques sanos	4

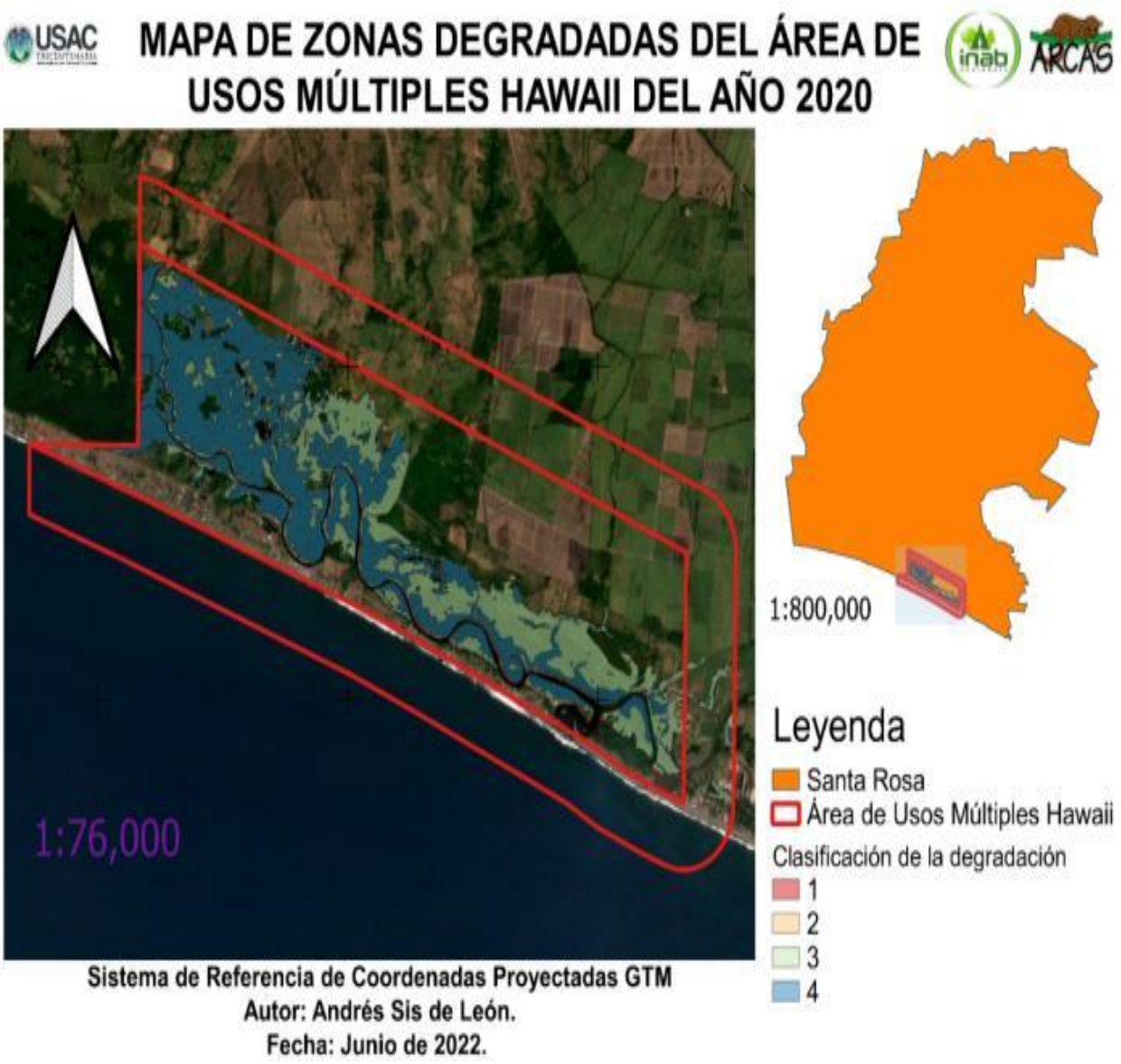
Fuente: Instituto Nacional de Bosques, 2017.

El NDVI es un indicador que permite identificar la degradación y la deforestación, visualizando así los cambios ocurridos en una línea de tiempo, partiendo de ese punto, con ayuda de las distintas herramientas de QGIS se desarrolló el mapa siendo la base para el trabajo de campo.

Se generó el mapa de zonas degradadas del Área de Usos Múltiples Hawaii del año 2020, donde se identificaron las cuatro categorías del NDVI dentro del área protegida, delimitadas a través de polígonos de cuatro colores diferentes, uno por cada categoría.

A continuación, se presenta el mapa generado de las zonas degradadas del año 2020:

Figura 7.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Se imprimió el mapa generado, el cual fue utilizado para realizar la validación de las zonas degradadas en campo (de acuerdo a las condiciones de acceso), por lo cual se realizaron recorridos y visitas de campo dentro del bosque manglar del Área de Usos Múltiples Hawaii.

Se identificaron las zonas degradadas en el AUMH, por medio de verificaciones de campo, con el apoyo de los voluntarios y guardarecursos de la Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS).

Se verificaron las coordenadas de cada zona con ayuda del GPS, se tabularon los datos en QGIS y se elaboró un mapa de la ubicación geográfica de las zonas degradadas en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa.

4.3.2 Caracterización de zonas a restaurar de mangle del área protegida

En las zonas potenciales de restauración determinadas y corroboradas en campo (donde se identificó degradación); en cada una se ubicó el centro del área colocando un tubo de PVC de 1 m, posteriormente con una brújula se delimitó la parcela circular de 100 metros cuadrados (m^2), donde se estableció la orientación a cada uno de los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) con una distancia de 5.6 m desde el centro hasta la ubicación de cada punto cardinal, colocando un tubo de PVC de 1 m como referencia de cada lindero de la parcela.

Figura 8. Delimitación de parcela circular en zona degradada.

Fuente: Sis, A., 2022.

Establecida la parcela circular, se evaluaron los siguientes criterios con ayuda de la boleta de campo titulada “Evaluación de sitios degradados en el ecosistema manglar” (ver anexo A, pp.59-60):

4.3.2.1 Causa de la degradación

Se identificó la causa de la degradación mediante la observación in situ del área de estudio, con ayuda de la siguiente codificación:

1 = tala ilegal.
2 = incendio forestal.
3 = plagas y enfermedades.
4 = contaminación por residuos sólidos.
5= fenómenos naturales (vientos, rayos).
6= cambio de uso del suelo.
7 = rellenos (basura, sedimentos).
8 = otro (especificar).

4.3.2.2. Tipo de vegetación

Se definió en campo el tipo de vegetación existente de acuerdo a la observación directa en el área, tomando como referencia las características que tiene cada especie de mangle, en base a la codificación que se presenta:

MR = mangle rojo.
MN = mangle negro.
MB= mangle blanco.
MBT = mangle botoncillo.
BM = bosque mixto.
HL = helechos.
OT = otros.

Figura 9. Identificación del tipo de vegetación.

Fuente: García, A., 2022.

4.3.2.3 Hidroperiodo

a) Profundidad máxima del agua

Se introdujo un tubo de PVC de 1 m en el agua dentro del perímetro de la zona identificada, se marcó el nivel máximo de la inundación y se utilizó la cinta métrica para medir la distancia del suelo a la marca.

b) Tipo de inundación

Se determinó por la observación in situ y por la consulta a la persona que dio acompañamiento durante la investigación, tomando en cuenta los siguientes valores:

I = Solo en invierno.

T = Todo el tiempo.

c) Fuente de inundación

Se determinó por la observación directa y por la consulta a la persona que dio acompañamiento durante la investigación, tomando en cuenta los siguientes valores:

R = Río.

C = Canal.

M = Mar.

L = Laguna costera.

4.3.2.4 pH y temperatura

Se introdujo en el agua (cinco centímetros de profundidad) el sensor de la sonda multiparamétrica y se realizó la lectura del pH y la temperatura.

Figura 10. Toma de lectura del pH y temperatura.

Fuente: Guerin, M., 2022.

La boleta de campo titulada “Evaluación de la estructura del bosque manglar” (ver anexo A, pp.61-62), se realizó para la recopilación de los datos de los siguientes parámetros:

4.3.2.5 Densidad de árboles

Se midió con la cinta diamétrica el DAP de los árboles mayores a cinco centímetros. Se contabilizaron los que entraban en la categoría de mayores a cinco centímetros de DAP.

4.3.2.6 Especies invasoras

Se obtuvo la identificación de las especies a través de la observación del área de estudio, con consultas y los conocimientos de la persona que dio acompañamiento durante la investigación.

Figura 11. Identificación de especies invasoras en área degradada.

Fuente: Sis, A., 2022.

4.3.2.7 Regeneración natural

Para el caso del mangle rojo se utilizó la clasificación propuesta por Tovilla (1998), se contaron el número de individuos, esta especie se registra en base a la siguiente clasificación:

Tipo A: plántulas con presencia de hojas;

Tipo B: plántulas con presencia de hojas y ramas;

Tipo C: plántulas con presencia de hojas, ramas y raíces aéreas.

Para el caso de mangle blanco, negro y botoncillo, se contaron todas las plántulas existentes con diámetros menores a cinco centímetros, se les midió la altura y se obtuvo un promedio con los datos registrados.

4.3.2.8 Área afectada

Se caminó alrededor del perímetro del área y con el GPS se obtuvo la cantidad total degradada.

Figura 12. Cálculo del área degradada.

Fuente: Sis, A., 2022.

La boleta de campo titulada “Datos dasométricos” (ver anexo A, pp.63-64), permitió recopilar variables por árbol, la forma de medirlas se describe a continuación:

4.3.2.9 Diámetro

Se registró el diámetro a los árboles mayores a cinco centímetros de DAP. Se midió con la cinta diamétrica, según las características del fuste se realizó de las siguientes maneras:

a) Árbol con un solo fuste

La lectura del DAP se registró a una altura de 1.30 metros sobre el nivel del suelo.

b) Árbol bifurcado

Se midió como un solo fuste, por la bifurcación por arriba de la altura normal de medición del DAP (1.30 m).

c) Árbol de mangle rojo

Se registró el DAP, 30 centímetros arriba de la última raíz aérea anclada al fuste principal.

Figura 13. Recopilación de DAP.

Fuente: Sis, A., 2022.

4.3.2.10 Altura total

Con un hipsómetro se midió la altura, ubicando la base del árbol hasta el ápice de la copa.

4.3.2.11 Altura de raíces

Para raíces aéreas o fúlcreas, se tomó la altura de raíces desde el suelo hasta el DAP y se realizó la medición con el hipsómetro.

Para la altura de neumatóforos, se contabilizaron tres y la lectura se realiza desde el piso hasta el ápice de cada uno de ellos con ayuda de la cinta métrica.

4.3.2.12 Estado físico

Se calificaron las características físicas de los individuos dentro de la parcela, para ello se utilizaron las siguientes variables:

R = fuste recto.

B = fuste bifurcado.

Q = fuste incompleto o quebrado.

Y = fuste inclinado.

T = fuste torcido.

4.3.2.13 Estado sanitario

Se determinó mediante de la observación directa, auxiliándose de la siguiente codificación:

10 = sano.

20 = enfermo.

30 = plagado.

Figura 14. Verificación del estado sanitario del individuo forestal.

Fuente: García, A., 2022.

4.3.2.14 Mortalidad

Se identificaron los individuos que estaban muertos, se anotó la causa probable en base a la codificación que se presenta a continuación:

01 = talado.

02 = muerte por incendio.

03 = derribado por el viento.

04 = muerte por rayo.

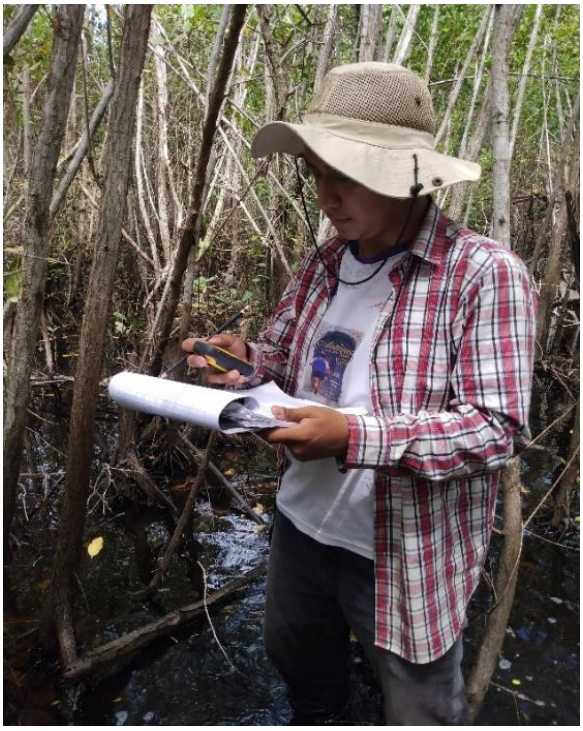
05 = muerte por plagas.

06 = otro (descortezado, desaparecido).

4.3.2.15 Coordenadas GTM

Con el GPS se tomaron las coordenadas GTM (x, y) de cada uno de los individuos de la parcela.

Figura 15. Lectura de coordenadas con GPS.



Fuente: García, A., 2022.

Se recolectaron, tabularon y almacenaron los datos de campo obtenidos de cada zona degradada del ecosistema manglar.

La metodología descrita está adaptada y basada en los documentos técnicos de la Metodología para el Establecimiento y Mantenimiento de Parcela Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar realizada por el Instituto Nacional de Bosques, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2016) y del Manual de Lineamientos Técnicos para el Aprovechamiento Sostenible del Recurso Forestal del Ecosistema Manglar de Guatemala elaborado por INAB y CONAP (2019).

4.3.3 Determinación del tipo de degradación de las zonas de bosque manglar en el Área de Usos Múltiples Hawaii.

De acuerdo con INAB y CONAP (2019) para la realización de la evaluación del tipo de degradación del ecosistema manglar, se consideraron las características e indicadores propios de cada zona. Existen tres tipos de degradación, los cuales se indican a continuación:

Tabla 4. Características y tipos de degradación en el ecosistema manglar.

Características	Incipiente (tipo A)	Intermedia (tipo B)	Severa (tipo C)
Cobertura actual	> 4 m2 / ha	< = 4 m2 / ha	Árboles dispersos < a 4 m2 / ha sin cobertura
Hidroperíodo	No alterado. El espejo de agua se mantiene y también la humedad.	No alterado. El espejo de agua se mantiene o se mantiene la humedad	ALTERADO. Espejo de agua altamente reducido y el suelo no posee humedad (desvío de ríos, canales y otros).
Regeneración natural	Mayor a 10,000 propágulos / ha	Entre 10,000 - 5,000 propágulos / ha.	Menor a 5,000 propágulos / ha o no existe regeneración natural
Especies invasoras	No hay	Presencia de especies invasoras	Presencia de especies invasoras
Microtopografía	No alterada	No alterada	Alterada (salineras, camaroneras, rellenos, dragados, compactación, subsidencia)
Salinidad intersticial	0 a 35 ups	35 a 50 ups	Alta (> 70 ups)

Fuente: Instituto Nacional de Bosques, 2017.

Se evaluó el tipo de degradación de las zonas identificadas en campo a través de ocho indicadores, los cuales son importantes para la distribución y salud del ecosistema manglar, se describen a continuación:

Tabla 5. Valoración de los criterios a evaluar en el mangle para conocer la degradación.

1	Estructura del bosque: Área basal	30
2	Estructura del bosque: Densidad	20
3	Regeneración	10
4	Estado sanitario y mortandad de los árboles	10
5	Contaminación del área	5
6	Hidroperiodo	10
7	Salinidad intersticial	10
8	Microtopografía	5
Total		100

Fuente: INAB y CONAP, 2019.

Cada indicador contiene una serie de opciones, las cuales se eligieron de acuerdo a las características de la zona identificada en campo, determinando así el área de interés. Se sumó la cantidad de cada indicador, para obtener el resultado total por cada una.

La ponderación final se estableció en un rango de 0 a 100 puntos, con base a los indicadores, si la suma dio como resultado un valor arriba de 60 es tipo “C” (la zona se considera como bosque altamente degradado), resultado entre 40 y 60 es tipo “B” (la zona se considera medianamente degradada) y, resultado con un valor menor a 40 es tipo “A” (la zona se considera baja en degradación). En la siguiente tabla, se establecen los rangos de puntuaciones que pueden obtenerse luego de la evaluación en campo según el nivel de degradación del ecosistema manglar:

Tabla 6. Tipos de degradación del ecosistema manglar.

Tipo de degradación	A	B	C
Ponderación	0 - 40	40 - 60	60 - 100

Fuente: INAB y CONAP, 2019.

4.3.4 Propuesta de acciones y prácticas de restauración de mangle para el Área de Usos Múltiples Hawaii

El nivel de degradación es un factor importante a considerar en la restauración del ecosistema manglar, por medio de la información recolectada se determinaron los métodos más apropiados a emplearse. Se tomaron en cuenta las acciones y prácticas de restauración más importantes como línea base y con las condiciones de las zonas caracterizadas y evaluadas. Se presenta un resumen de las mismas:

Tabla 7. Acciones y prácticas de restauración para el mangle según la degradación.

Tipo de degradación	Acciones y prácticas de restauración
Nivel A (Degradación Incipiente)	Vigilancia perimetral
	Rotulación
	Rondas cortafuegos
Nivel B (Degradación Intermedia)	Vigilancia perimetral
	Rotulación
	Rondas cortafuegos
	Completación o enriquecimiento
	Fomento de regeneración natural
	Elaboración de nichos para peces y crustáceos

Nivel C (Degradación Severa)	Vigilancia perimetral
	Rotulación
	Rondas cortafuegos
	Cercado
	Plantación o nucleación (chinampas o encajonamiento)
	Control de especies invasoras
	Movimiento de tierras para controlar el flujo del agua, lodos, vegetación (manejo de la microtopografía).
	Restauración del hidroperiodo (para recuperar y estabilizar los niveles de salinidad).
	Fomento de la regeneración natural de especies residuales

Fuente: Instituto Nacional de Bosques, 2017.

V. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada en el bosque manglar del Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa, en donde se identificaron 21 zonas de mangle que presentan procesos de degradación.

5.1 Identificación de zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii

Existen 21 zonas degradadas de bosque manglar, las cuales tienen características potenciales para procesos de restauración.

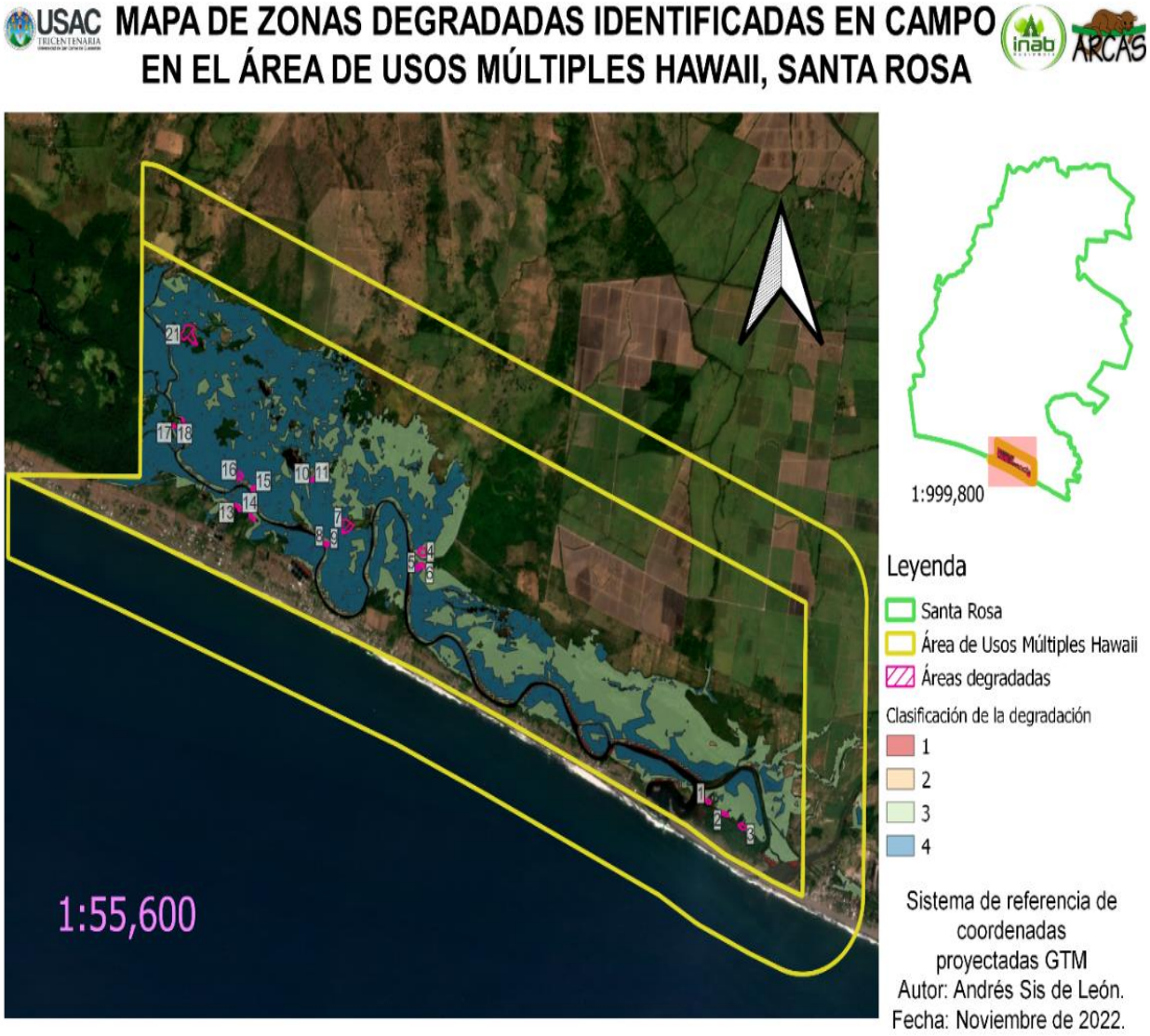
Tabla 8. Coordenadas de ubicación de zonas degradadas de mangle en el AUMH.

No. de zona	Latitud	Longitud
1	13.8428	-90.3506
2	13.8415	-90.3480
3	13.8399	-90.3453
4	13.8719	-90.394
5	13.8701	-90.3946
6	13.8702	-90.3941
7	13.8744	-90.4056
8	13.8726	-90-4087
9	13.8726	-90.4084
10	13.8800	-90.4108
11	13.8802	-90.4106
12	13.8760	-90.4201
13	13.8772	-90.4223
14	13.8768	-90.4219
15	13.8792	-90.4197
16	13.8805	-90.4217
17	13.8864	-90.4320
18	13.8863	-90.4317
19	13.8870	-90.4305
20	12.8865	-90.4303
21	13.8971	-90.4294

Nota: Datos obtenidos en verificaciones y visitas de campo, 2022.

De las 21 zonas identificadas y delimitadas en campo a través de parcelas circulares, se determinó la causa de la degradación del mangle: obteniendo como causa principal, la tala ilegal presente en 13 zonas, seguidamente el cambio en el uso del suelo en 5 zonas, en menor categoría, 2 zonas resultantes de incendio forestal y 1 zona degradada por inundación. Las zonas degradadas (polígonos de color rosado) se pueden observar en la siguiente figura:

Figura 16.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022. Datos obtenidos de verificaciones y visitas de campo, 2022.

De acuerdo con el análisis geoespacial realizado y las visitas de verificación para la corroboración en campo, el estado de degradación del bosque manglar coincide con la categoría 3 (bosque con algún tipo de degradación) del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) porque se identificaron zonas que están pasando por el proceso mencionado; mientras que en la categoría 4 (bosques sanos) el proceso de degradación es evidente, aunque en el software SIG se tergiversa la información, con esta investigación se presentan nuevos datos relacionados al estado actual del recurso manglar en el área protegida.

La categoría 1 (suelo desnudo o cuerpos de agua) del NDVI, coincide con las verificaciones en campo desarrolladas y con el análisis geoespacial (mapa utilizado). En esas zonas existen vericuetos (pequeños canales) que distorsionan la información, y pretenden confundir la interpretación, es decir, aparentan la falta de cobertura forestal de mangle y la degradación, pero lo único existente son los cuerpos de agua que se mencionan, demostrando la presencia del recurso mangle.

Una de las principales amenazas del mangle en el AUMH como se mencionaba, es la extracción, tala y aprovechamiento no legalizado de dicho recurso forestal, favoreciendo así la degradación a gran escala del bosque. A continuación, las fotografías permiten la visualización de la degradación que tienen los manglares y la diferencia estructural en cuanto a su estado puro, teniendo efectos directos con la alteración y distorsión de la información geoespacial con relación al NDVI.

Figura 17. Estructura de bosque puro y manglar degradado en el AUMH.

Fuente: Sis, A., 2022.

En la fotografía de la izquierda se observa un bosque puro de *Rizhophora mangle* L. con alturas de 30 a 40 metros, ubicado en el Área de Usos Múltiples Hawaii, mientras que en la fotografía derecha se puede apreciar un bosque mixto de mangle degradado por tala ilegal con un manejo no sostenible, siendo una de las zonas identificadas en las visitas de campo. El NDVI fácilmente puede ser en la primera fotografía de 0.7 a 1 (categoría 4) considerado como un bosque no alterado y en la segunda fotografía de 0.49 a 0.70 (categoría 3) considerado como bosque con algún tipo de degradación.

Se debe agregar que las 21 zonas identificadas se encuentran ubicadas en las categorías 3 y 4 del NDVI, indicando así degradación del ecosistema manglar, por lo cual las validaciones en campo fueron indispensables para no confundir con bosques chaparros y de *A. germinans*. En este sentido, se realizaron mapas con la ubicación y distribución potencial de las diferentes especies de mangle dentro del AUMH (ver anexo B, pp.65-68).

5.2 Caracterización de zonas a restaurar de mangle del área protegida

La información de la caracterización realizada fue recabada en las boletas de campo tituladas “Evaluación de sitios degradados en el ecosistema manglar”, “Evaluación de la estructura del bosque manglar” y “Datos dasométricos”. En ellas, se detallan los datos de las 21 zonas identificadas con degradación en el bosque manglar (ver anexo C, p.69).

Como resultado de la caracterización en el Área de Usos Múltiples Hawaii, se determinaron diferentes parámetros y aspectos ecológicos relacionados al ecosistema manglar (ver anexo C, p.69). Se desarrollan a continuación:

5.2.1 Población arbórea

Se identificaron cinco especies de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, dicha zona está establecida por humedales que presentan características estuarinas y lagunares, por lo tanto, el recurso forestal mayoritario es del ecosistema manglar como se mencionaba, a continuación, se presenta:

Tabla 9. Especies de mangle encontradas en el AUMH.

Familia	Especie	Nombre común
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle* L.	Mangle rojo, mangle vejuco
Rhizophoraceae	*Rhizophora racemosa* G.Mey.	Mangle rojo
Combretaceae	*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn	Mangle blanco
Acanthaceae	*Avicennia germinans* (L.) L.	Mangle negro
Combretaceae	*Conocarpus erectus* L.	Mangle botoncillo

Nota: Con base en Zacarías, Sánchez y Cifuentes, 2019. Datos obtenidos en verificaciones y visitas de campo, 2022.

Existe principalmente mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el AUMH, especie dominante dentro del área protegida principalmente establecida en las orillas de los cuerpos de agua, en este caso en el canal de Chiquimulilla. Por otra parte, el mangle rojo (*Rhizophora racemosa* G.Mey.) se encuentra en menor distribución ubicado en pocas áreas cerca del canal.

El mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn) presenta bosques puros y bosques mixtos asociados a mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) a lo largo de la extensión del AUMH.

En el caso del mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.) y del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.), la presencia y distribución de individuos es menor, encontrándose principalmente en la transición entre el bosque manglar y el bosque seco.

5.2.2 Hidroperiodo

Es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta en los procesos de restauración y rehabilitación del mangle, así como del monitoreo del mismo, del AUMH como de cualquier área que cuenta con este recurso forestal. De acuerdo al hidroperiodo,

se establecen las especies en un área determinada, tomando en cuenta la frecuencia y duración de la inundación y la altura de la lámina del agua. A continuación, se observa una tabla de los niveles aproximados de tolerancia de los niveles de inundación en las especies de mangle:

Tabla 10. Tolerancia de las especies de mangle a los niveles de inundación.

Profundidad (cm)	Rhizophora Spp.	L. racemosa	Avicennia spp.	C. erectus
0 – 10	X	X	X	X
10 – 20	X	X	X	
20 – 30	X	X		
30 – 40	x			

Fuente: INAB y CONAP, 2019.

En lo que se refiere al hidroperiodo en el AUMH, las zonas donde la causa de degradación es tala ilegal, inundación e incendio forestal dicho parámetro no se ve alterado, es decir, la altura del agua se mantiene al igual que la humedad, encontrando así el punto más alto en la zona 21 donde el nivel de inundación es de 76 cm encontrando principalmente mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) que tolera profundidades mayores a 40 cm.

Por otra parte, la zona 14 registra un nivel de inundación de 5 cm con distribución de mangle rojo *Rhizophora mangle* L.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) CFGaertn) y mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.), siendo este el punto más bajo de las zonas, obteniendo así valores aceptables y tolerados en las zonas caracterizadas, haciendo énfasis en el cuerpo de agua que inunda al bosque manglar (Canal de Chiquimulilla) con un caudal constante a lo largo del año.

En el caso de las zonas degradadas por cambio en el uso del suelo, el hidroperiodo si está alterado, porque el espejo de agua no se encuentra presente y el suelo no posee humedad. Se debe a la causa mencionada, principalmente por la agricultura y por la ganadería.

5.2.3 Temperatura

De acuerdo con Andrade (2019), el valor más alto de temperatura fue de 26.40°C y el valor mínimo fue de 25.60°C en el estudio realizado en los manglares del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. Por otro lado, los resultados obtenidos por López et al. (2016) en el parámetro de temperatura en los manglares de RNUM Monterrico fue 36.9°C el valor más alto y el valor mínimo fue de 28.3°C.

El valor de temperatura más alto en el AUMH fue de 30.9°C en la zona 15, mientras que el valor mínimo fue de 27.3°C en las zonas 6 y 9, y un valor promedio de 29.19°C.

Se encontraron valores homogéneos en las zonas identificadas en campo, es decir, la temperatura se mantiene a un valor constante.

5.2.4 pH

Como señala Vázquez (1999), citado por Andrade (2019), el pH puede variar desde 0 a 14, principalmente los manglares se encuentran entre 4.4 a 8.0, cercano a 7.0.

En las zonas identificadas en el AUMH, el valor máximo de pH se encuentra en las zonas 10 y 21 con 6.6 lo que representa un pH neutro; mientras que, en el resto de las zonas, el pH es ligeramente ácido obteniendo el valor mínimo de 6 en la zona 5, y un valor promedio de 6.3.

Entonces, los valores del pH se encuentran en el rango de tolerancia aceptado, permitiendo el asentamiento y desarrollo del bosque manglar.

5.2.5 Especies invasoras

Se identificaron las especies invasoras que proliferan dentro del bosque manglar del AUMH:

Tabla 11. Especies invasoras dentro del bosque manglar del AUMH.

Familia	Especie	Nombre común
Arecaceae	*Sabal mexicana*	Palma real
Arecaceae	*Sabal sp*	Palma
Typhaceae	*Typha sp*	Tul
Nymphaeaceae	*Nymphaea ampla*	Lirio de agua
Fabaceae	*Pithecolobium dulce*	Guachimol
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Matilisguate
Polygonaceae	*Coccoloba caracasana*	Papaturro
Bignoniaceae	*Crescentia alata*	Morro
Euphorbiaceae	*Hippomane mancinella*	Manzanillo
Poaceae	*Gramínea*	Zacate
Fabaceae	*Tamarindus indica*	Tamarindo

Nota: Datos obtenidos en verificaciones y visitas de campo, 2022.

Cabe señalar que las especies como la palma real (*Sabal mexicana*), la palma (*Sabal sp*), el tul (*Typha sp*) y el lirio de agua (*Nymphaea ampla*) están adaptadas al agua salobre y condiciones de vida similares al bosque manglar, mientras que las especies como el guachimol (*Pithecolobium dulce*), el matilisguate (*Tabebuia rosea*), el morro (*Crescentia alata*), el manzanillo (*Hippomane mancinella*) y las restantes se encuentran en el ecotono de la franja entre el ecosistema manglar y el bosque seco, siendo un problema de la ausencia, desaparición y desplazamiento del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.) y del mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.)

Como se mencionaba dichas especies están asociadas al manglar, pero son un problema ecológico porque crean una competencia interespecífica al disputar por la luz solar, los nutrientes y el espacio, lo que provoca la pérdida de los individuos de las especies de mangle dentro del área protegida. La presencia de especies invasoras afecta la regeneración natural del mangle porque no permite que haya un desarrollo adecuado de los propágulos dentro de algunas zonas identificadas del AUMH.

5.2.6 Regeneración natural

La regeneración natural en el Área de Usos Múltiples Hawaii es abundante, esto representa un indicador de estabilidad lo que favorece la resiliencia del ecosistema manglar. A partir de esto, se pueden restaurar las áreas degradadas de forma natural, añadiendo que en la época en la que se realizó la investigación, los propágulos de mangle eran abundantes también.

En las áreas identificadas en campo, potenciales y prioritarias a restaurar, la regeneración natural fue visible, lo cual favorece no solo al ecosistema mencionado, sino a la fauna que habita en el lugar, siendo ellos dispersores de semillas de mangle.

En la siguiente figura se resalta la fotografía superior izquierda en donde se puede observar regeneración natural tipo “B” de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) entre la aldea “El Cebollito” y la aldea “El Hawaii”, en la fotografía superior derecha se visualiza regeneración de mangle blanco *(L. racemosa)* en un área cerca de aldea “El Papaturro”, la fotografía inferior izquierda se muestran propágulos de mangle rojo (*R. mangle*) recolectados para procesos de reforestación, y en la fotografía inferior derecha se identifica regeneración natural de mangle rojo (*R. mangle*) cerca del embarcadero “El Salado”, Chiquimulilla.

Figura 18. Regeneración natural en el área protegida.

Fuente: Sis, A., 2022.

5.2.7 Área afectada

Se determinó el área afectada de bosque manglar obteniendo un total de 2.2283 ha degradadas, representando el 0.1057% del total de la extensión del ecosistema manglar dentro del Área de Usos Múltiples Hawaii, dicha cantidad es de 2,108 ha.

De acuerdo a los datos de campo, la zona 21 es la que tiene mayor extensión de área degradada teniendo un total de 1.1307 ha, por otro lado, la zona 16 tiene la menor extensión con 0.010 ha.

5.3 Determinación del tipo de degradación de las zonas de bosque manglar en el Área de Usos Múltiples Hawaii

El tipo de degradación es importante para los procesos de restauración, la caracterización permitió identificar el estado en el que se encontraban las zonas, posteriormente se asignó una ponderación a cada una.

Utilizando los 8 indicadores (área basal, densidad, regeneración, estado sanitario y mortandad de los árboles, contaminación del área, hidroperiodo, salinidad intersticial y microtopografía) se realizó la determinación, se presenta en la tabla los resultados obtenidos:

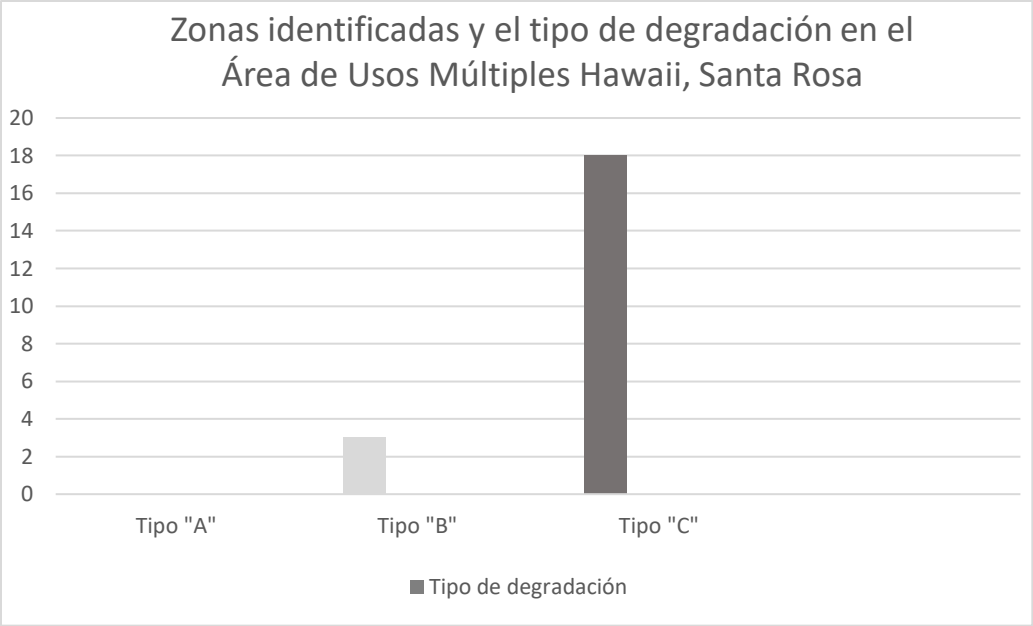
Tabla 12. Tipo de degradación de las zonas identificadas en el AUMH.

No. de zona	Tipo “A”	Tipo “B”	Tipo “C”
1			x
2		x	
3			x
4			x
5			x
6		x	
7			x
8			x
9			x
10			x
11		x	
12			x
13			x
14			x
15			x
16			x
17			x
18			x
19			x
20			x
21			x

Fuente: Sis, A., 2022.

De las 21 zonas identificadas y caracterizadas (ver anexo C, p.69), se determinaron que 18 zonas pertenecen al tipo de degradación “C” considerado como, bosque altamente degradado, y 3 zonas pertenecen al tipo de degradación “B” considerado como, bosque medianamente degradado, se puede observar en la figura:

Figura 19.



Fuente: Sis, A., 2022.

Las zonas evaluadas con degradación tipo “C” presentan principalmente la modificación en el hidroperiodo por el cambio en el uso del suelo, lo que provoca alteraciones en el espejo de agua; se presenta también la pérdida de cobertura forestal de las especies de mangle del AUMH añadiendo la inexistencia de regeneración natural, lo que provoca un desequilibrio en el ecosistema; las especies invasoras es otro factor que limita el crecimiento de los propágulos de dicho recurso forestal; se debe de tomar en cuenta las características del área basal y de la densidad. Por lo cual, realizar una auto recuperación es poco posible mayormente en las zonas con cambio en el uso del suelo, mientras que en aquellas que aún mantienen ciertos indicadores y características originales son mayormente sencillas para iniciar los procesos de restauración.

Las zonas evaluadas con degradación tipo “B” son las zonas que presentan parcialmente eliminada la cobertura forestal de mangle, el hidroperiodo no se ve afectado porque presenta altura del nivel de inundación, es decir, sigue en funcionamiento; también existen especies invasoras y existe regeneración natural a través de los propágulos.

5.4 Propuesta de acciones y prácticas de restauración de mangle para el Área de Usos Múltiples Hawaii

Para la elaboración de la propuesta de acciones y prácticas de restauración de mangle para el AUMH, se utilizaron los resultados obtenidos de la caracterización y de la determinación del tipo de degradación. Se incluyen los antecedentes, los datos generales y la propuesta técnica de restauración.

En este último apartado, se hace referencia de las zonas degradadas y las técnicas de restauración a utilizar, de acuerdo a una reestructuración de características similares y ciertos criterios genéricos aplicables para las mismas. La propuesta se incluye en los anexos (ver anexo D, pp.70-76).

VI. Conclusiones

- En las verificaciones y visitas de campo realizadas en el Área de Usos Múltiples Hawaii, se identificaron 21 zonas potenciales y prioritarias de restauración de mangle, las cuales se componen fundamentalmente por cuatro de las cinco especies que se desarrollan en el área protegida, son poblaciones de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn), mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.).

- La principal causa de degradación del mangle en el AUMH es la extracción y tala ilegal, provocando un manejo no sostenible del recurso forestal. En menor frecuencia se encontraron otras causas como el cambio en el uso del suelo (agricultura y ganadería), incendio forestal e inundación.

- En la caracterización realizada se recopilaron diferentes parámetros y aspectos ecológicos propios del ecosistema manglar (hidroperiodo, pH, temperatura, vegetación, densidad, especies invasoras, área basal, regeneración natural) encontrando que existe homogeneidad en cuanto a la estructura de las especies en el área protegida.

- La especie dominante en el AUMH es el mangle rojo (*R. mangle*), dicha adaptación se debe al origen ecológico por el cual ha ido evolucionando, posiblemente por las raíces zancudas con las que cuenta.

- Se determinaron 18 zonas de mangle que pertenecen a la categoría tipo “C” de degradación, es decir, bosque altamente degradado. Además, 3 zonas pertenecen a la categoría tipo “B”, considerada como bosque medianamente degradado. Los indicadores que permiten la evaluación de cada una de las zonas son la estructura del bosque, y los que están ligados a la funcionalidad del ecosistema, el medio que los rodea y los elementos que provocan alteraciones.

- La principal característica de las zonas con degradación tipo “C” es la modificación y alteración del hidroperiodo factor importante en la salud del ecosistema manglar, añadiendo la pérdida de la cobertura forestal, la inexistencia de regeneración natural y la presencia de especies invasoras que desplazan el bosque. Las zonas con degradación tipo “B” identificadas tienen la principal característica de contar con cierta inestabilidad en la cobertura forestal, el hidroperiodo no se encuentra alterado, existe regeneración natural, la microtopografía no está alterada (tiene relación directa con el hidroperiodo) y existen especies invasoras.

- En el AUMH, el bosque manglar se encuentra con un alto grado de regeneración natural, lo que indica que se mantienen los servicios ecosistémicos, pero eso deja por un lado los tensores a los que se ve afectado, principalmente por causas antropogénicas.

- Las acciones y prácticas de restauración para las zonas degradadas del Área de Usos Múltiples Hawaii, se propusieron de acuerdo a las características e indicadores que tienen en común. Se realizó la propuesta técnica, siendo la primera práctica el manejo de regeneración natural para 6 zonas, la segunda acción la completación en claros para 8 zonas, la tercera los tubos de Riley para 2 zonas y la última la rehabilitación hidrológica en 5 zonas, realizadas en mayoría por mangle rojo (*R. mangle*), seguidamente de mangle blanco (*L. racemosa*).

VII. Recomendaciones

- Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), como institución responsable de las áreas protegidas, que realice monitoreos constantes en el bosque manglar del Área de Usos Múltiples Hawaii para evitar la extracción y la tala ilegal de mangle.

- Realizar esfuerzos de educación ambiental enfocada en el ecosistema manglar con la población de las comunidades y con los visitantes que llegan al AUMH.

- Llevar a cabo monitoreo y mantenimiento de las parcelas permanentes de muestreo en el ecosistema manglar del AUMH, ya que proporcionan información importante para investigaciones y para conocer la dinámica de este ecosistema.

- Realizar estudios e investigaciones relacionadas a los factores físico-químicos del suelo y del recurso agua en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa.

- Ejecutar acciones y actividades de restauración donde sea esencial dentro del Área de Usos Múltiples Hawaii para seguir con el proceso de desarrollo de las diferentes especies de mangle.

- Involucrar a las personas de las comunidades en la toma de decisiones y planteamientos de proyectos para una correcta ejecución y perpetuación.

- Realizar los procesos de restauración con especies nativas que originalmente se encuentren en el bosque manglar del AUMH.

- Al tener el Área de Usos Múltiples Hawaii un grado alto de regeneración natural, se debe invertir en su protección y control.

VIII. Referencias bibliográficas

Andrade, R. (Agosto de 2019). *Estructura y composición florística (de los manglares) del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.* https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1971/1/ANDRADE%20CHICA%20ANDR%C3%89S%20.pdf

ARCAS. (2008). *Estudio Técnico Área de Usos Múltiples Hawaii* , 2. https://arcasguatemala.org/wp-content/uploads/Arcas_pub_Estudio2001.pdf

ARCAS. (Enero de 2011). *Diagnóstico del Estado Actual del Recurso Manglar y Consumo Familiar de Mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala.* https://arcasguatemala.org/wp-content/uploads/Arcas_pub_DiagnosticoManglar2011.pdf

ARCAS y CONAP. (Agosto de 2010). *Plan Maestro del Área de Usos Múltiples Hawaii 2010 - 2015*. https://www.arcasguatemala.org/wp-content/uploads/Arcas_pub_PlanHawaii2010.pdf

CORESCAM. (2022). *¿Qué son los manglares?* https://corescam.org/ecosistemas/manglares/

FUNDACIÓN AQUAE. (14 de Julio de 2022). *¿Qué es un manglar y para qué sirve?* https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manglares-que-son-tipos importancia/

INAB. (2020). *Manual de criterios y parámetros PROBOSQUE* (Vol. I). https://www.inab.gob.gt/images/centro_descargas/formatos_probosque/manual_criterios_parametros_probosque/Tomo%20I%20Manual%20de%20Criterios%20y%20Par%C3%A1metros%20PROBOSQUE.pdf

INAB y CONAP. (Mayo de 2019). *Manual de Lineamientos Técnicos para el Aprovechamiento Sostenible del Recurso Forestal del Ecosistema Manglar de Guatemala.*

Instituto Nacional de Bosques. (2017). *Conceptos Generales de Restauración del Paisaje Forestal: guía para su implementación en Guatemala.*

Instituto Nacional de Bosques, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático y Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2016). *Metodología para el establecimiento y*

mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar. https://www.sica.int/documentos/metodologia-para-el-establecimiento-y-mantenimiento-de-parcelas-permanentes-de-medicion- forestal-ppm

Ley que declara Área Protegida el Área de Usos Múltiples Hawaii [Decreto Número 16- 2016]. (8 de Marzo de 2016). Congreso de la República de Guatemala. http://ww2.oj.gob.gt/es/QueEsOJ/EstructuraOJ/UnidadesAdministrativas/CentroAnalisisDocumentacionJudicial/cds/CDs%20de%20leyes/2016/pdfs/decretos/D16- 2016.pdf

López, J., Morales, A., Soberanis, H., y Ramírez, M. (Noviembre de 2016). *Restauración ecológica participativa del ecosistema de manglar en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.* https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/cultura/INF-2016- 35.pdf

Mejía, L., Molina, M., Sanjuan, A., Grijalba, M., y Niño, L. (2014). *Bosque de manglar, un lugar que debemos cuidar*. https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/12/bosque-de-manglar-un-ecosistema-que-debemos- cuidar.pdf

Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (Mayo de 2015). *Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal: mecanismo para el Desarrollo Rural Sostenible de Guatemala.*

PNUD y MiAMBIENTE. (2017). *Guía de Buenas Prácticas para la Restauración de Áreas degradadas de Manglar.* Ciudad del Saber. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD: https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097F853803CC619/attachments/205221/Gu%C3%ADa%20restauraci%C3%B3n%20%C3%A1rea%20del%20manglar.pdf

Sánchez, J. (3 de Junio de 2019). *Qué es un manglar y sus características*. https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-manglar-y-sus-caracteristicas-1682.html

Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J., Cisneros-de la Cruz, D., y Román-Cuesta, R. (2020). *Guía para la restauración ecológica de manglares: lecciones aprendidas.* Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC: https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/2020-Guia-SWAMP.pdf

Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J., Cisneros-de la Cruz, D., Arceo-Carranza, D., Canul-Cabrera, A., Robles-Toral, P., Pérez-Martínez, O., Sierra-Oramas, D., Zenteno, K., Us-Balam, H., Pech-Poot, E., Chiappa-Carrara, X. y Comín, F. (2021). *Manual para la restauración ecológica de manglares del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe.* Proyecto Manejo integrado de la cuenca al arrecife de la ecorregión del Arrecife Mesoamericano - MAR2R, UNEP-Convención de Cartagena, Mesoamerican Reef Fund.: https://marfund.org/es/wp-content/uploads/2021/12/Manual-Restauracion-de-Manglar.pdf

Uribe, J., y Urrego, L. (23 de Julio de 2009). *Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. Aproximación al caso colombiano.* https://www.redalyc.org/pdf/1694/169414455005.pdf

Zacarías, C., Sánchez, M., y Cifuentes, J. (Junio de 2019). *Especies arbóreas en el ecosistema manglar de Guatemala.* https://www.inab.gob.gt/images/publicaciones/especies-arboreas-en-el-ecosistema-manglar-de-guatemala.pdf

Zaragoza, Á., Lara, A., López, J., Ibarra, A., Rivera, M., y Hernández, M. (s.f.). *Restauración de manglares: ¡a combinar ecología con ingeniería ambiental!* https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1191-restauracion-de-manglares-a-combinar-ecologia-con-ingenieria-ambiental

Vo. Bo._____

Licda. Ana Teresa Cap Yes
Bibliotecaria CUNSUROC

IX. Anexos

Anexo A. Boletas de campo utilizadas para la recolección de datos.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Ejercicio Profesional Supervisado

BOLETA DE CAMPO DE EVALUACIÓN DE SITIOS DEGRADADOS EN EL ECOSISTEMA MANGLAR

Nombre del responsable: _____ Fecha de colecta de datos: _____

Sitio de estudio: _____ Equipo de trabajo: _____

Identificación de sitios degradados					Diagnóstico del sitio					
No.	Presenta algún tipo de degradación	Causa de la degradación	GTM X	GTM Y	Tipo de vegetación existente	Profundidad máxima del agua	Tipo de inundación	Fuente de inundación	pH	Temperatura

Continuación del anexo A.

VALORES DE BOLETA DE CAMPO DE EVALUACIÓN DE SITIOS DEGRADADOS EN EL ECOSISTEMA MANGLAR

Presenta algún tipo de degradación:

Sí.

No.

Causa de la degradación:

1 = Tala ilegal.

2 = Incendios forestales.

3 = Plagas y enfermedades.

4 = Contaminación por residuos sólidos y líquidos.

5 = Fenómenos naturales (vientos, rayos).

6 = Cambio de uso del suelo.

7 = Rellenos (basura, sedimentos).

8 = Otro (especificar).

Tipo de vegetación existente:

MR = Mangle rojo.

MN = Mangle negro.

MB = Mangle blanco.

MBT = Mangle botoncillo.

BM = Bosque mixto.

HL = Helechos.

OT = Otros.

Tipo de inundación:

I = Solo en invierno.

T = Todo el tiempo.

Fuente de inundación:

R = Río.

C = Canal.

M= Mar.

L = Laguna costera.

Profundidad máxima del agua:

0 – 10 centímetros.

10 – 20 centímetros.

20 – 30 centímetros.

30 – 40 centímetros.

40 – 50 centímetros.

50 – 60 centímetros.

60 – 70 centímetros.

70 – 80 centímetros.

80 – 90 centímetros.

90 – 100 centímetros.

100 – 110 centímetros.

110 – 120 centímetros.

120 – 130 centímetros.

130 – 140 centímetros.

140 – 150 centímetros.

150 – 160 centímetros.

160 – 170 centímetros.

170 – 180 centímetros.

180 – 190 centímetros.

Continuación del anexo A.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Ejercicio Profesional Supervisado

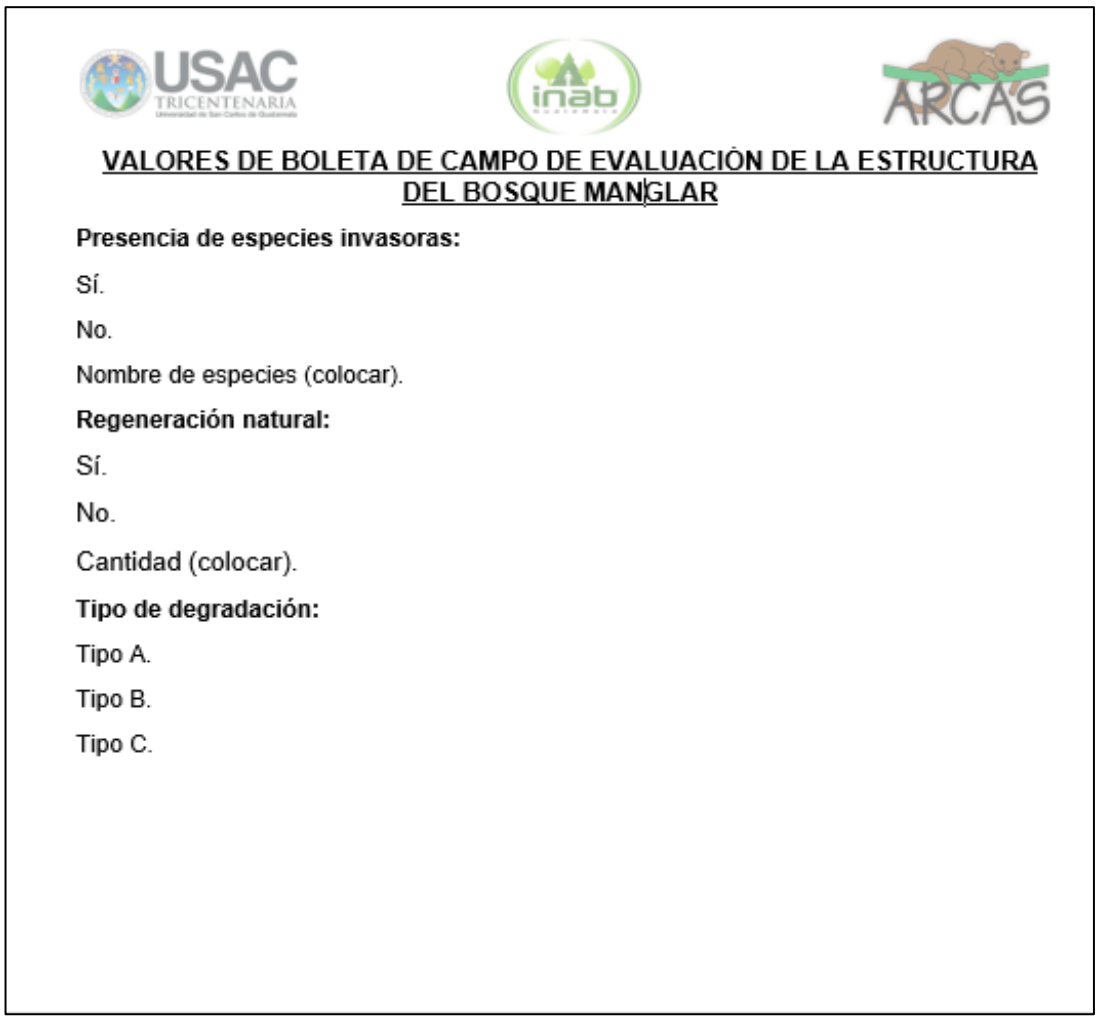
BOLETA DE CAMPO DE EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE MANGLAR

Nombre del responsable: _____ **Fecha de colecta de datos:** _____

Sitio de estudio: _____ **Equipo de trabajo:** _____

No.	GTM X	GTM Y	Densidad de árboles	Presencia de especies invasoras	Regeneración natural	Área afectada	Tipo de degradación

Continuación del anexo A.



VALORES DE BOLETA DE CAMPO DE EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE MANGLAR

Presencia de especies invasoras:

Sí.

No.

Nombre de especies (colocar).

Regeneración natural:

Sí.

No.

Cantidad (colocar).

Tipo de degradación:

Tipo A.

Tipo B.

Tipo C.

Continuación del anexo A.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Ejercicio Profesional Supervisado

BOLETA DE CAMPO DE DATOS DASOMÉTRICOS

Nombre del responsable: _____

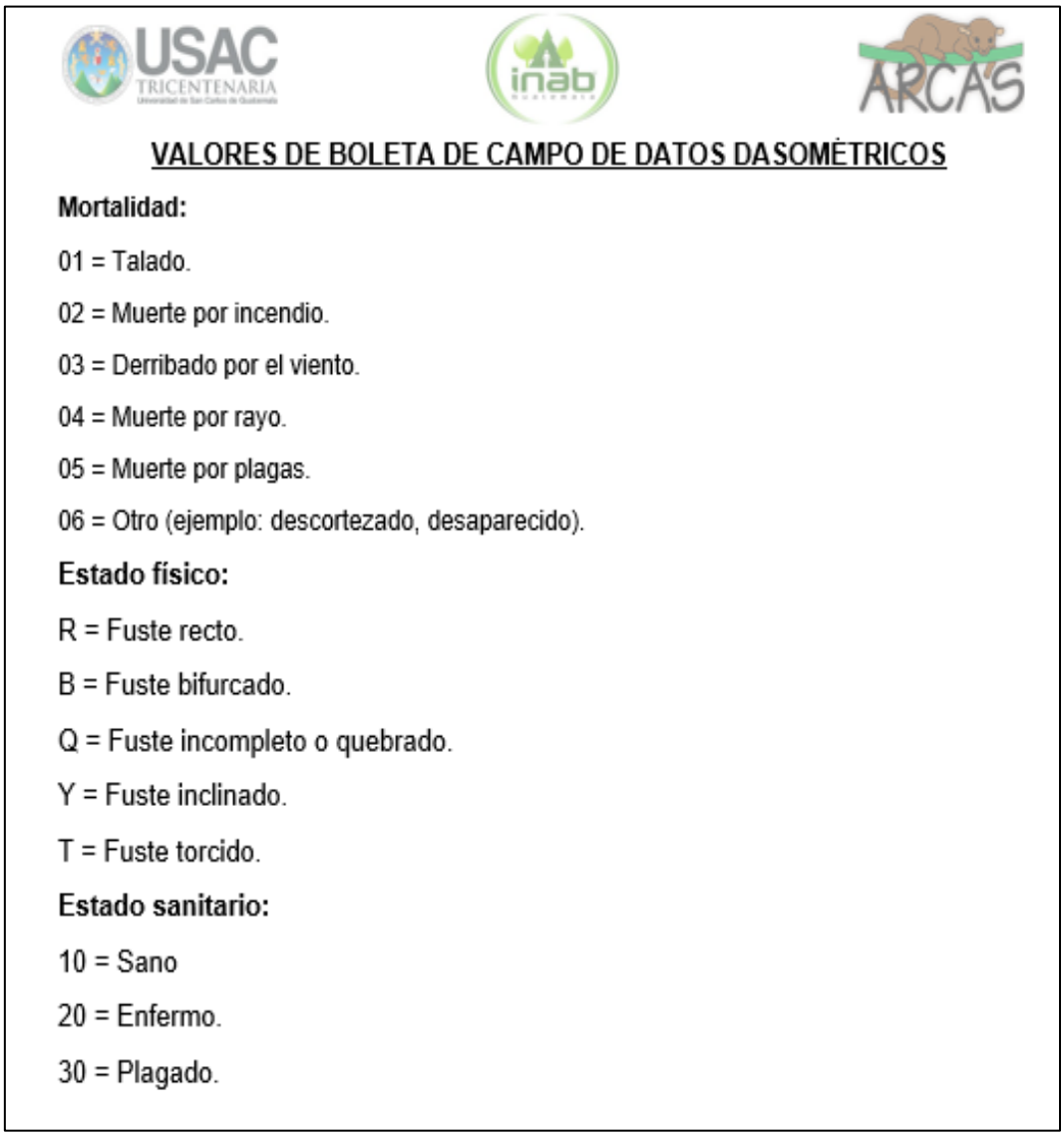
Fecha de colecta de datos: _____|___

Sitio de estudio: _____

Equipo de trabajo: _____

No.	Especie (nombre común)	DAP (cm)	Altura (m)		Estado físico	Estado Sanitario	Mortalidad	Coordenadas	
			Total	Raíces				X	Y

Continuación del anexo A.



VALORES DE BOLETA DE CAMPO DE DATOS DASOMÈTRICOS

Mortalidad:

01 = Talado.

02 = Muerte por incendio.

03 = Derribado por el viento.

04 = Muerte por rayo.

05 = Muerte por plagas.

06 = Otro (ejemplo: descortezado, desaparecido).

Estado físico:

R = Fuste recto.

B = Fuste bifurcado.

Q = Fuste incompleto o quebrado.

Y = Fuste inclinado.

T = Fuste torcido.

Estado sanitario:

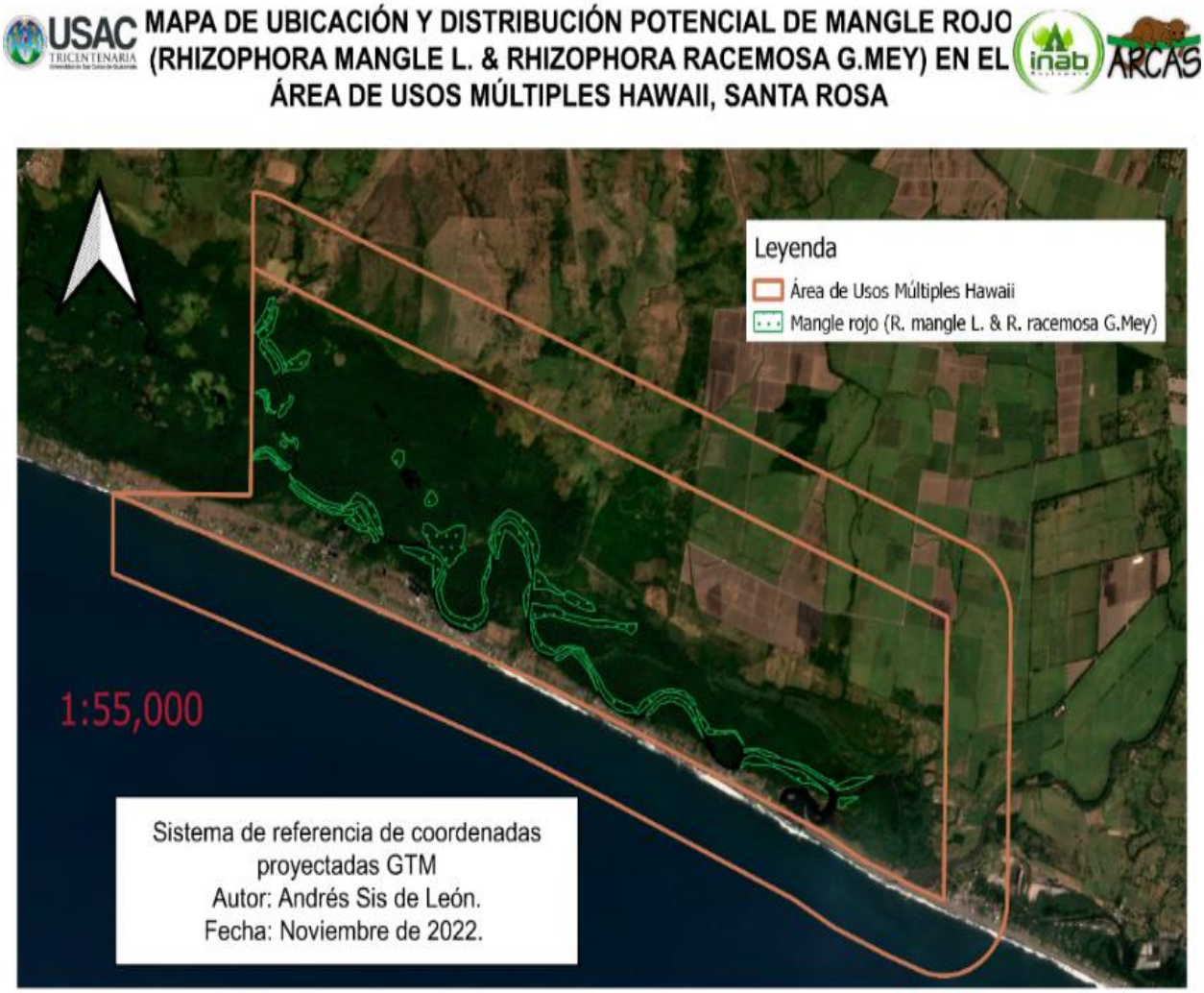
10 = Sano

20 = Enfermo.

30 = Plagado.

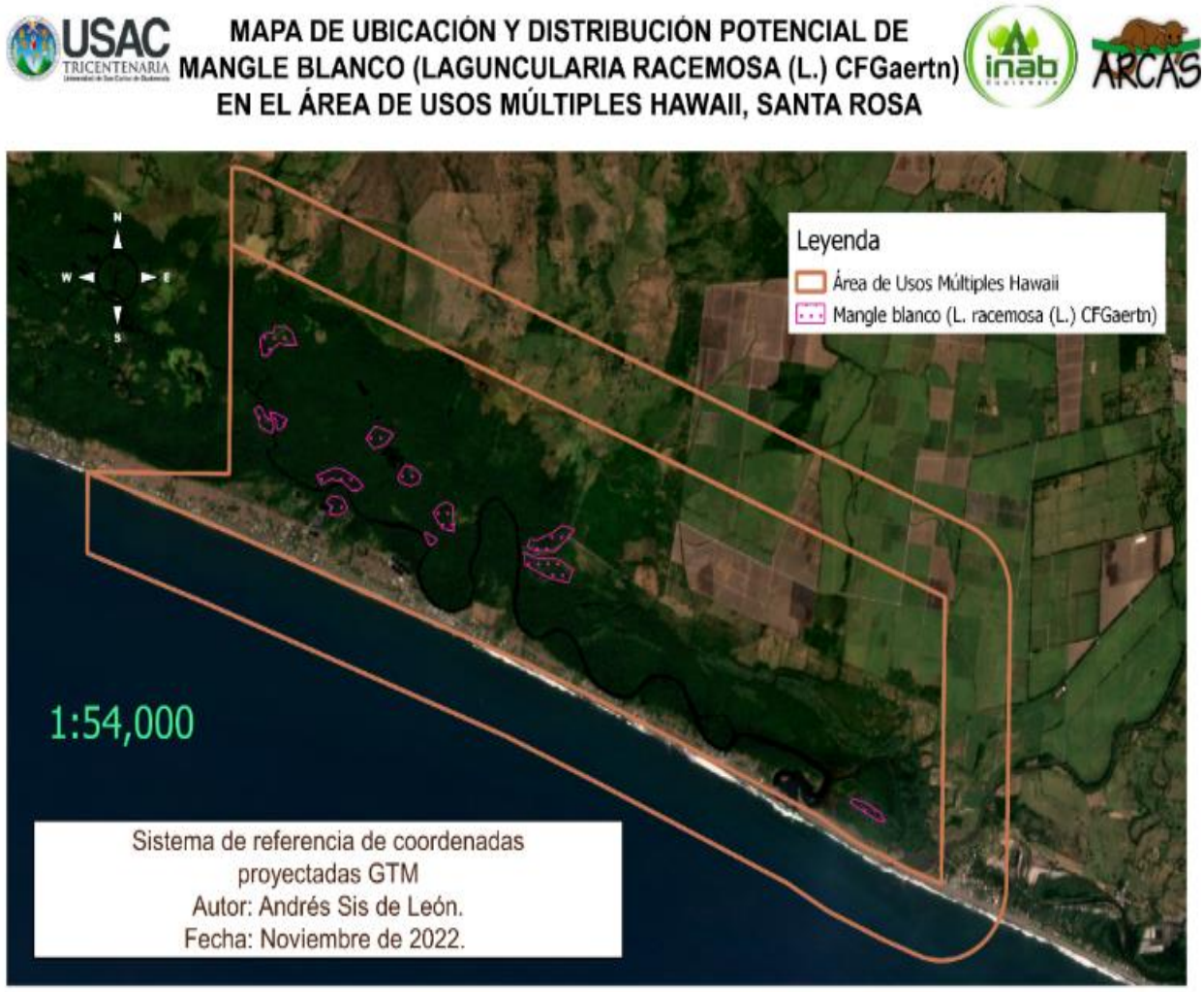
Anexo B. Mapas de ubicación y distribución potencial de las especies de mangle en el AUMH.

Figura 20.



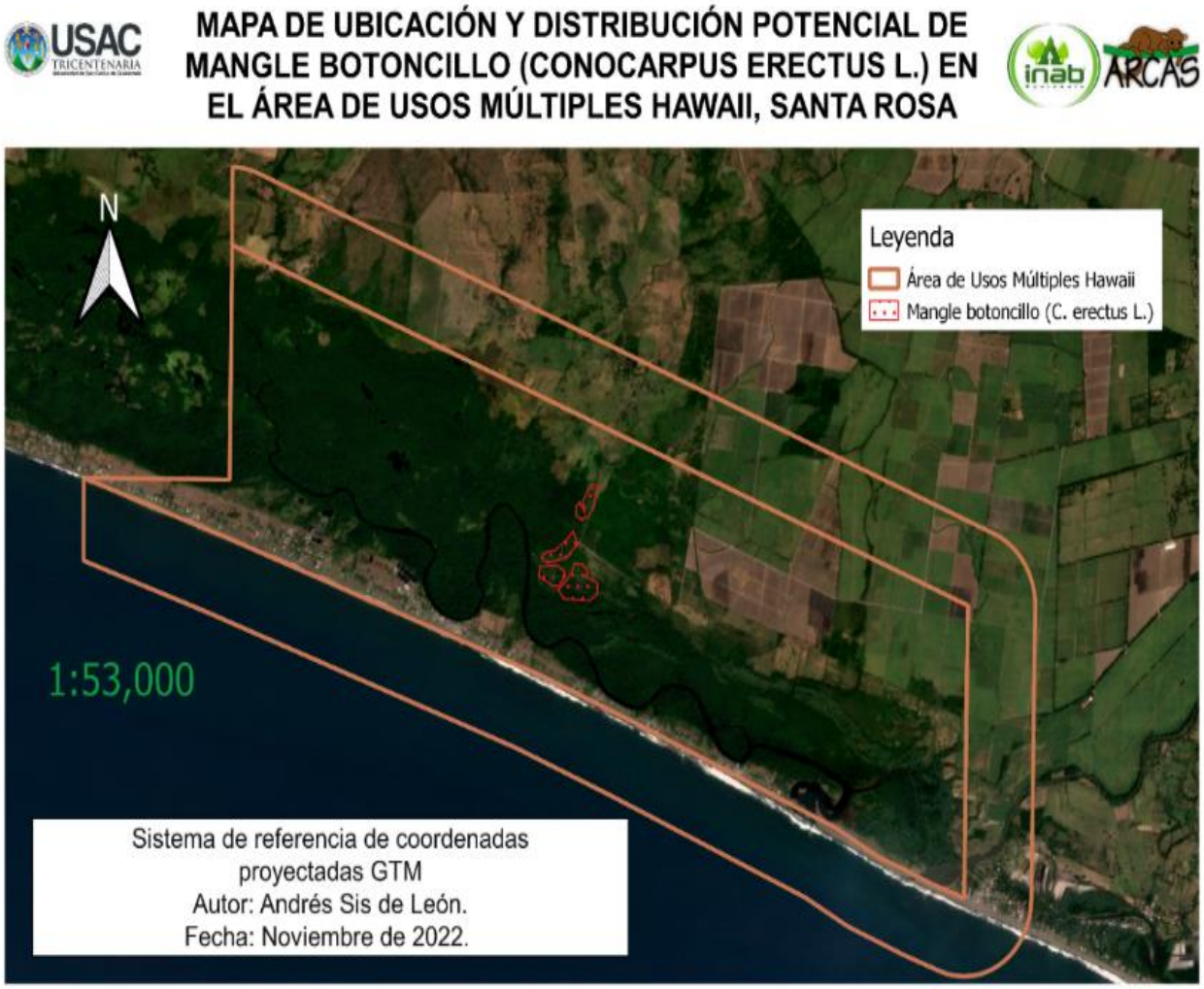
Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Figura 21.



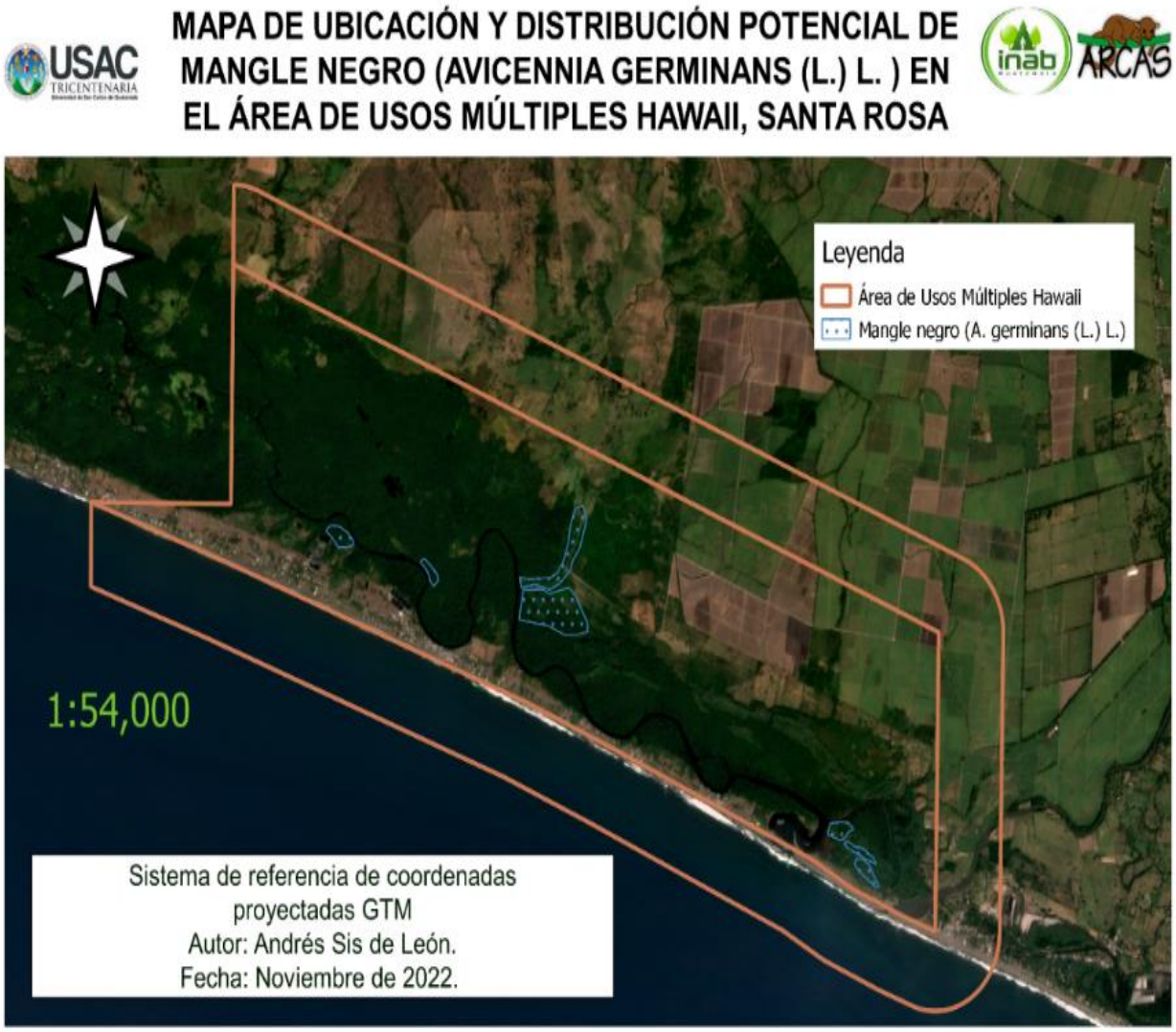
Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Figura 22.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Figura 23.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022.

Anexo C. Datos de la caracterización realizada de las zonas degradadas del AUMH.

Tabla 13. Datos de campo recopilados en el AUMH.

No.	Coordenadas GTM		Presenta degradación	Causa de la degradación	Profundidad del agua (cm)	Inundación	Fuente de inundación	Vegetación existente	pH	Temperatura (°C)	Densidad de árboles	Presencia de especies invasoras	Regeneración natural	Área afectada
1	13°50.571	-90°21.040	Si	Cambio en el uso del suelo	N/A	N/A	N/A	Mangle botoncillo, mangle blanco	N/A	N/A	N/A	Palma, palma real	N/E	0.024 ha
2	13°50.492	-90°20.881	Si	Inundación	5	Invierno	Canal	Mangle botoncillo, mangle blanco, mangle negro	6.5	28.4	13 árboles	Palma real, manzanillo	Existe, 40 plántulas	0.04 ha
3	13°50.398	-90°20.723	Si	Cambio en el uso del suelo	N/A	N/A	N/A	Mangle negro, mangle blanco	N/A	N/A	N/A	Zacate	N/E	0.04 ha
4	13°52.315	-90°23.640	Si	Incendio forestal	25	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco	6.4	28	N/A	Zacate, tul	Existe, 388 plántulas	0.27 ha
5	13°52.207	-90°23.679	Si	Tala ilegal	10	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco, mangle negro	6	28.6	14 árboles	Zacate	Existe, 109 plántulas	0.0748 ha
6	13°52.215	-90°23.647	Si	Tala ilegal	26	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle negro	6.4	27.3	6 árboles	N/E	Existe, 8 plántulas	0.025
7	13°52.465	-90°24.337	Sí	Cambio en el uso del suelo	N/A	N/A	N/A	Mangle blanco	N/A	N/A	N/A	Zacate, palma real	Existe, 250 plántulas	0.035 ha
8	13°52.360	-90°24.524	Si	Cambio en el uso del suelo	N/A	N/A	N/A	Mangle blanco, mangle negro	N/A	N/A	N/A	N/E	N/E	0.1112 ha
9	13°52.361	-90°24.506	Si	Tala ilegal	73	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco, mangle negro	6.3	27.3	N/A	Palma real, zacate	N/E	0.0624 ha
10	13°52.805	-90°24.653	Sí	Tala ilegal	20	Invierno	Canal	Mangle blanco, mangle rojo	6.6	29.6	13 árboles	N/E	N/E	0.0196 ha
11	13°52.816	-90°24.641	Si	Tala ilegal	12	Invierno	Canal	Mangle blanco, mangle rojo	6.4	29.1	22 árboles	N/E	N/E	0.0075 ha
12	13°52.561	-90°25.210	Sí	Cambio en el uso del suelo	N/A	N/A	N/A	Mangle rojo, mangle negro	N/A	N/A	N/A	Zacate	N/E	0.15 ha
13	13°52.635	-90°25.344	Si	Tala ilegal	12	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco, mangle negro	6.4	29.1	12 árboles	N/E	Existe, 79 plántulas	0.0362 ha
14	13°52.609	-90°25.315	Si	Tala ilegal	3	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco, mangle negro	6.2	28.7	9 árboles	Guachimol	Existe, 102 plántulas	0.055 ha
15	13°52.755	-90°25.184	Si	Tala ilegal	25	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco	6.2	30.9	16 árboles	N/E	Existe, 35 plántulas	0.0497 ha
16	13°52.831	-90°25.303	Si	Tala ilegal	20	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco	6.4	30.1	8 árboles	N/E	Existe, 56 plántulas	0.01 ha
17	13°53.185	-90°25.920	Si	Tala ilegal	20	Invierno	Canal	Mangle blanco	6.3	29.8	28 árboles	Zacate, lirio de agua	N/E	0.023 ha
18	13°53.180	-90°25.902	Si	Tala ilegal	25	Invierno	Canal	Mangle blanco	6.5	30	24 árboles	N/E	N/E	0.025 ha
19	13°53.221	-90°25.830	Si	Tala ilegal	15	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco	6.3	30.8	9 árboles	N/E	N/E	0.014 ha
20	13°53.190	-90°25.818	Si	Tala ilegal	35	Invierno	Canal	Mangle rojo, mangle blanco	6.4	30	17 árboles	N/E	Existe, 3 plántulas	0.0252 ha
21	13°53.829	-90°25.768	Si	Incendio forestal	76	Invierno	Canal	Mangle blanco, mangle rojo	6.6	29.4	N/A	N/E	Existe, 400 plántulas	1.1307 ha

Nota: N/A: No Aplica, N/E: No Existe. Datos obtenidos en verificaciones y visitas de campo, 2022.

Anexo D. Propuesta de restauración para el AUMH.

Propuesta de restauración del ecosistema manglar

I. Antecedentes

De acuerdo con la Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala (2015), Guatemala tiene un área potencial a restaurar de mangle de 10,132 hectáreas.

Uno de los objetivos generales del AUMH es aprovechar sostenibleme nte los bienes naturales y arqueológicos, con el apoyo y participación de la sociedad (ARCAS y CONAP, 2019).

En esta área habitan 5 de las 6 especies de mangle reportadas por Zacarías, Sánchez y Cifuentes en 2019, siendo la especie más abundante el mangle rojo (*R. mangle*) encontrándose en la lista Roja de Especies de Flora del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

II. Datos generales

a) Nombre del lugar

Área de Usos Múltiples Hawaii.

b) Ubicación política

Chiquimulilla, Santa Rosa.

c) Área total a restaurar

2.2283 Ha.

d) Especies forestales de manglar presentes

Mangle rojo (*Rhizophora mangle* L., *Rhizophora racemosa* G.Mey.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn), mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) L.) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.).

III. Propuesta técnica de restauración

a) Coordinación interinstitucional

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y la Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS), administrador y coadministrador del AUMH, con las entidades gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales, entidades privadas y habitantes de las comunidades coordinaran las acciones de campo para realizar:

- Recuperación del manglar.
- Monitoreo del sitio intervenido.
- Evaluación y sistematización del proceso.

Las entidades que se suman a los procesos de restauración en el AUMH son:

- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).
- Gobernación departamental de Santa Rosa.
- Municipalidad de Chiquimulilla, Santa Rosa.
- Sector privado (hoteles).
- Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).
- Asociaciones de Pescadores del Pacífico.
- Asociación Rescate y Conservación de Vida Silvestre (ARCAS).
- Comunidades del AUMH: El Cebollito, El Hawaii, Las Mañanitas, El Rosario y El Dormido.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB).
- Semillas del Océano.

b) Propuesta de restauración del manglar

Los manglares son dinámicos y cambiantes de un lugar a otro en escasos metros, por las condiciones y relaciones de vegetación, hidroperiodo, micro relieve de los suelos principalmente. Se proponen las acciones y prácticas de restauración tomando en cuenta las características, indicadores y ciertos criterios genéricos adaptables a las zonas identificadas, por lo cual se hizo una

reestructuración para agrupar las zonas similares en el AUMH y se presenta a continuación:

- **Sitios tipo “A”**

  La degradación es a consecuencia de tala de árboles, sin modificación del hidroperiodo y del relieve del suelo, y con presencia de árboles padres; las zonas afectadas son la 5, 6, 13, 14, 15, 16, las cuales cuentan con árboles adultos en el perímetro o a lo interno del sitio perturbado, se considera:

  - **Manejo de regeneración natural**

    Propiciar que la nueva descendencia de los árboles existentes localmente, puedan repoblar el área afectada naturalmente sin mayor intervención, como si este fuera un proceso de sucesión ecológica. Es importante considerar que no existan barreras que limiten la dispersión de los propágulos o semillas. Utilizar la especie nativa, en este caso mangle rojo (*R. mangle*).

Figura 24.

MAPA DE ZONAS DEGRADADAS A RESTAURAR POR MEDIO DE REGENERACIÓN NATURAL EN EL ÁREA DE USOS MÚLTIPLES HAWAII, SANTA ROSA

Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022. Datos obtenidos de verificaciones y visitas de campo, 2022.

Para las zonas 2, 9, 10, 11, 17, 18, 19 y 20 se propone lo siguiente:

- **Completación en claros**

  La degradación se ha realizado en pequeños parches y no cuenta con regeneración natural, se propone establecer propágulos de 5 a 15 plantas por metro cuadrado (formando núcleos), de forma aleatoria y con una densidad mínima de 2000 plantas por hectárea. Utilizar especialmente mangle rojo (*R. mangle*) y mangle blanco *(L. racemosa*).

  Para las técnicas mencionadas es importante resaltar lo siguiente:

  - ✓ Evitar utilizar especies que faciliten el desplazamiento de las especies afectadas inicialmente.
  - ✓ Ninguna de estas técnicas necesita de estructuras para el establecimiento de los propágulos o semillas.

Figura 25.

MAPA DE ZONAS DEGRADADAS A RESTAURAR POR MEDIO DE COMPLETACIÓN EN CLAROS EN EL ÁREA DE USOS MÚLTIPLES HAWAII, SANTA ROSA

Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022. Datos obtenidos de verificaciones y visitas de campo, 2022.

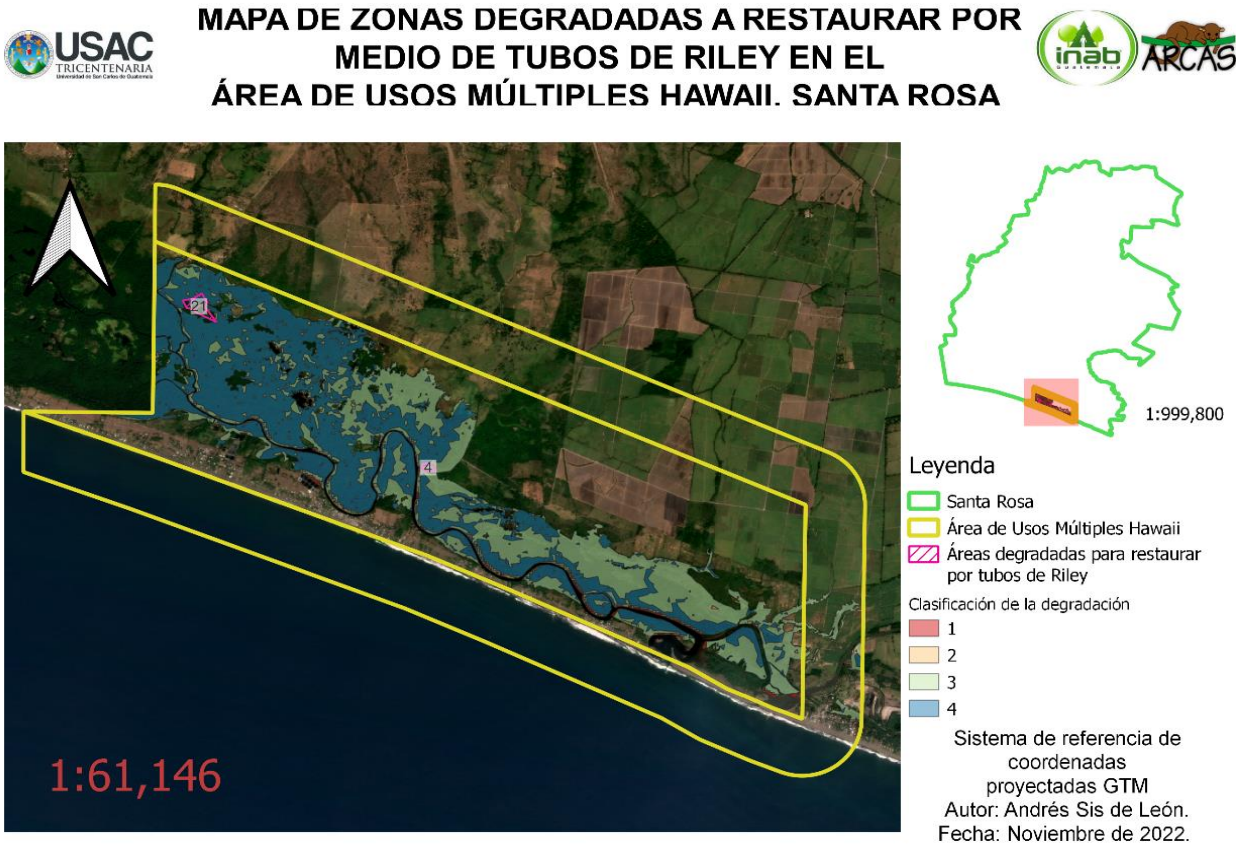
- **Sitios tipo “B”**

  Las zonas 4 y 21, presentan un hidroperiodo con una lámina de agua demasiado alta, se propone utilizar la siguiente práctica:

  - **Tubos de Riley**

    Se establecen trozos de bambú de 5 pulgadas de diámetro con ranuras de drenaje perforadas internamente y un corte bisel en el externo del tubo, de acuerdo al nivel máximo de la inundación este debe de salir 10 cm más permitiendo así no estar al mismo nivel. Se rellena con lodo sin dejar espacios vacíos y se colocan en grupos de 5 con una distancia mínima de 5 m. Utilizar para esta técnica mangle rojo (*R. mangle*).

Figura 26.



Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022. Datos obtenidos de verificaciones y visitas de campo, 2022.

- **Sitios tipo “C”**

  En las zonas 1, 3, 7, 8 y 12, el hidroperiodo y la microtopografía fueron alterados, las técnicas de restauración a realizar son:

  - **Restauración hídrica**

    Se establece un análisis de microtopografía para realizar un análisis altitudinal en centímetros para la apertura de canales, como si fuera un esqueleto de pescado e introducir el agua por gravedad al sitio afectado, y propiciar la regeneración natural o establecimiento de reforestaciones a través de núcleos.

    Si el costo de operación para esta actividad descrita en el párrafo anterior, supera los recursos disponibles, la técnica de restauración debe de considerar especies que se adapten a esas modificaciones biofísicas realizadas y cambiar de especies, por ejemplo: si el área inicial contaba con mangle rojo y luego es rellenada con arena que no es factible extraer se podrá realizar la recuperación del sitio con mangle botoncillo (rehabilitación).

Figura 27.

MAPA DE ZONAS DEGRADADAS A RESTAURAR POR MEDIO DE RESTAURACIÓN HÍDRICA EN EL ÁREA DE USOS MÚLTIPLES HAWAII, SANTA ROSA

Nota: Elaboración con base en la información obtenida de INAB y MAGA, 2006; 2022. Datos obtenidos de verificaciones y visitas de campo, 2022.

c) Monitoreo y evaluación

Se establecerán parcelas temporales forestales de 100 metros cuadrados (m^2) para que se pueda evaluar el comportamiento de las plantas establecidas, recopilando los datos dasométricos y de sanidad vegetal.

Se recomienda evaluar el desarrollo de las zonas en restauración, al menos 5 años consecutivos. Esto se puede realizar con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y con apoyo del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Para fortalecer el alcance de los resultados, se puede monitorear las acciones realizadas en campo a través de sensores remotos enfocados en el ámbito geoespacial.

Anexo E. Fotografías que evidencian el desarrollo de la investigación.

Figura 28. Zonas degradadas en el AUMH.

Fuente: Sis, A., 2022.

Figura 29. Zonas degradadas por diferentes causas en el AUMH.

Fuente: Sis, A., 2022.

Figura 30. Trabajo de campo en el AUMH para la investigación.

Fuente: Sis, A., 2022.

Mazatenango Suchitepéquez, 18 de octubre de 2023

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de la investigación inferencial titulado: **"Evaluación de zonas prioritarios de restauración de mangle en el Área de usos múltiples Hawaii, Santa Rosa"**, presentado por la estudiante **Andrés Santiago Sis de León** con carné número **201845101**, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de ingeniería en Gestión ambiental Local -EPSIGAL-.

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

Sin otro particular,

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MA. Heydi Angelina Vela Armas
Supervisor EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mazatenango Suchitepéquez, 31 de octubre de 2023

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: **"EVALUACIÓN DE ZONAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN DE MANGLE EN EL ÁREA DE USOS MÚLTIPLES HAWAII, SANTA ROSA"**, presentado por el estudiante **Andrés Santiago Sis de León**, quien se identifica con número de carné **201845101, y** Código Único de identificación **3138959020901.**

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignado y después de verificar la incorporación de las observaciones a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Celso González Morales
Revisor de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL CUNSUROC USAC

31/OCT/2023

Mazatenango 09 de febrero, 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado **"Evaluación de zonas prioritarias de restauración de mangle en el Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa"**, del estudiante **Andrés Santiago Sis de León** carné número **201845101,** de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

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

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

Sin otro particular.

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

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

CUNSUROC/USAC-I-028-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, el cuatro de abril de dos mil veinticuatro----------

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **"EVALUACIÓN DE ZONAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN DE MANGLE EN EL ÁREA DE USOS MÚLTIPLES HAWAII, SANTA ROSA"** del estudiante: **Andrés Santiago Sis De León** carné **201845101. CUI: 3138 95902 0901** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris