

Estado Actual del Ecosistema de Manglar en Honduras

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

Autor

Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF)

Ministro de ICF

Luis Edgardo Soliz Lobo

Responsables del Inventario Nacional Forestal

Juan Carlos Padilla Mendoza (Jefe ICF-D MDF)

Betina Elizabeth Salgado Hernandez (Coordinadora INF)

Equipo GOAL Honduras

Sayri Molina

Daniela Torres

Mario Argeñal

Erik Casco

Alejandra Martínez

Revisión

Alma Vázquez-Lule (Consultor SilvaCarbon, USFS-IP)

Marcela Olguín (Consultor SilvaCarbon, USFS-IP)

Charles "Chip" T. Scott (Consultor USFS-IP)

Richard MacKenzie (USFS-IP)

Craig Wayson (USFS-IP)

Andrew Lister (USFS-NRS)

Equipo de Campo INF

Wilson Morales (ICF – R.F. Nor-Occidente)

Germán Rodríguez (ICF – R.F. Atlántida)

Lilibeth del Cid (ICF – R.F. Atlántida)

Ismael Flores (ICF – R.F. Atlántida)

Jorge Romero (ICF – La Mosquitia)

Celso Pavón (ICF – La Mosquitia)

Manuel de Jesus Torres (R.F. Comayagua)

Dilcia Hernández (ICF – R.F. Biosfera Río Plátano)

Oscar Miranda (ICF – R.F. Biosfera Río Plátano)

Melisa Juárez (ICF – R.F. Biosfera Río Plátano)

Yeare García (ICF – R.F. Biosfera Río Plátano)

Claudia Domínguez (ICF-NE de Olancho)

René Aguilera (ICF – Pacífico)

Olga Díaz (ICF – Pacífico)

Equipo de Apoyo

Juan Barahona (FAO/REDD+ Honduras)

Fernando Danilo Padilla (Consultor)

Manuel Enrique Erazo (Consultor)

Olga Pineda (Herbario – UNAH)

Federico Reconco (Herbario – UNAH)

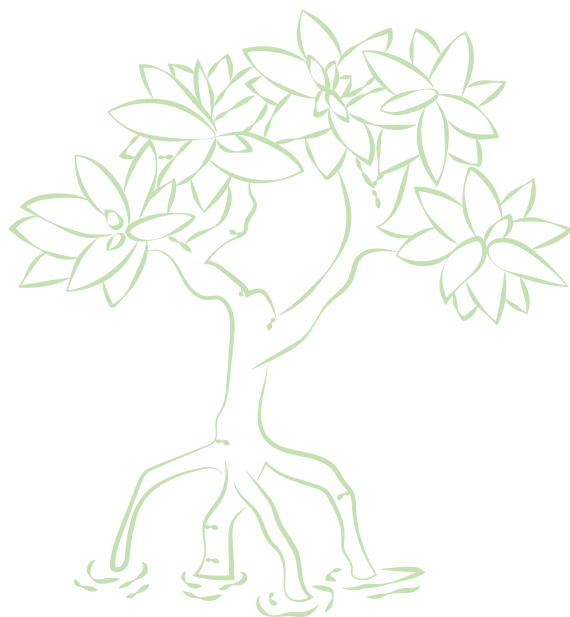
Elsa Sánchez (UMA – Trujillo)

Michelle Fernández (ZOLITUR)

Santos Arriola (UMA-Juan Francisco Bulnes)

Yanick Wood (UMA-Brus Laguna)

Jesús Alexis Rodríguez (CURLA-UNAH)



Estado Actual del Ecosistema de Manglar en Honduras

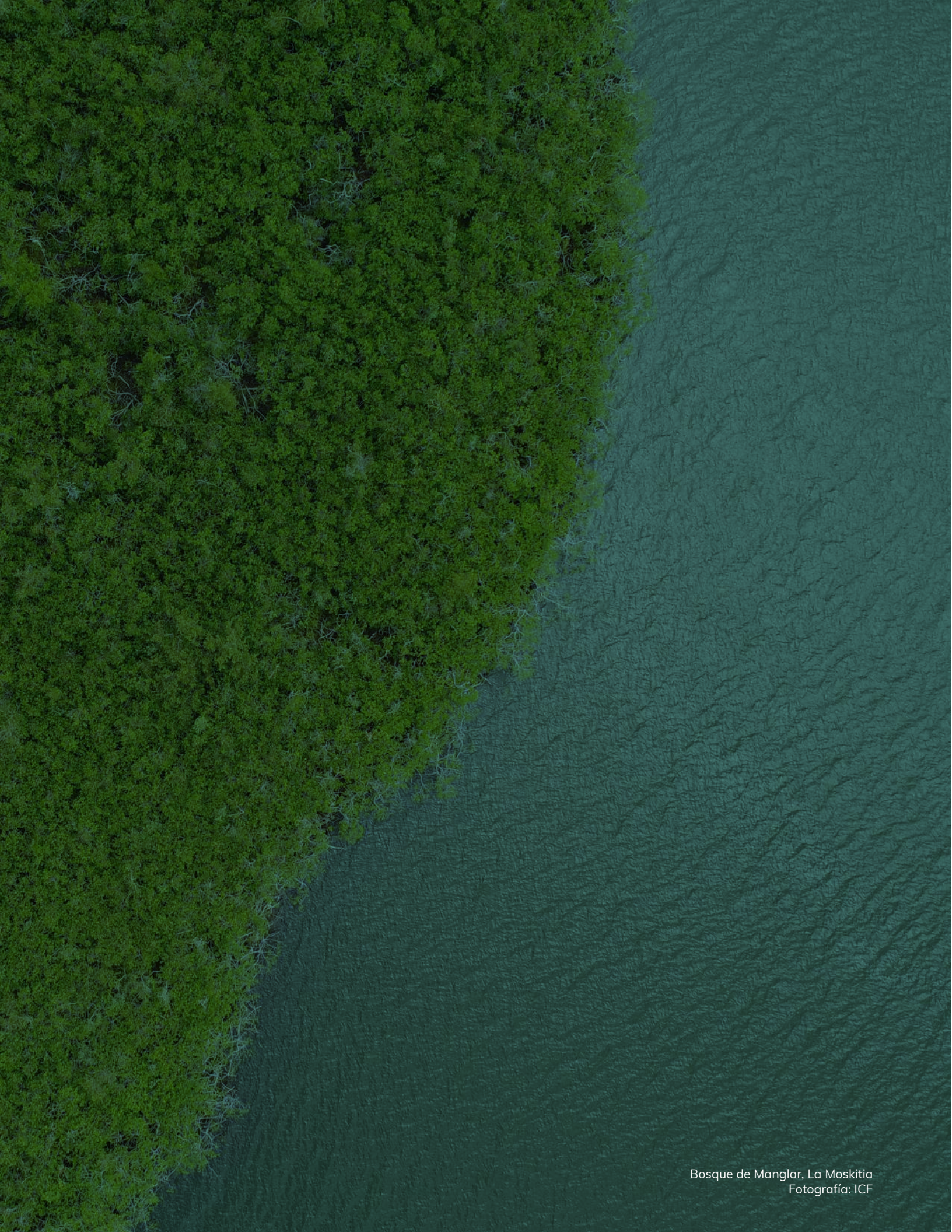
INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

CONTENIDO

PRESENTACIÓN ICF/GOAL	7
AGRADECIMIENTOS	8
MARCO INTRODUCTORIO	9
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	10
RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN	14
ECOSISTEMAS DE MANGLAR Y SU IMPORTANCIA	17
DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR	18
TIPOS ECOLÓGICOS DE MANGLARES	20
IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR	24
MANGLARES Y CARBONO AZUL	26
CONTEXTO NACIONAL	28
HUMEDALES DE HONDURAS	29
CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS COSTAS DE HONDURAS	31
DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR EN HONDURAS	34
ESPECIES DE MANGLE EN HONDURAS	39
COLECTA Y PROCESAMIENTO DE DATOS	51
COBERTURA DE MANGLAR Y ESTABLECIMIENTO DE UNIDADES DE MUESTREO	52
COLECTA DE DATOS DE CAMPO Y PROCESAMIENTO	54
ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO	63
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CARBONO	66

ANÁLISIS Y RESULTADOS	69
COBERTURA DE MANGLAR Y UNIDADES DE MUESTREO	70
DASOMETRÍA DE LOS MANGLARES	72
VOLUMEN DE MADERA	82
REGENERACIÓN	84
ESTADO FITOSANITARIO	86
ÍNDICES ECOLÓGICOS	88
ALMACENES Y DISTRIBUCIÓN DE CARBONO	92
ESTIMACIONES DE CARBONO A NIVEL NACIONAL	93
DISTRIBUCIÓN DE CARBONO EN LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR	98
DINÁMICA DEL CARBONO EN MANGLARES: EL CASO DE LA MOSQUITIA	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍAS	111





PRESENTACIÓN ICF/GOAL

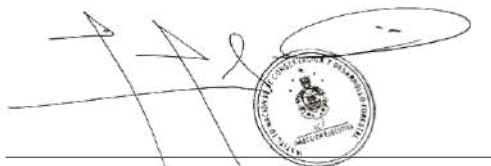
El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) en alianza y con el apoyo de la Asociación GOAL Internacional culminaron el proceso que constituyó la elaboración de la presente obra "Estado Actual del Ecosistema de Manglar en Honduras". Este libro es el resultado del esfuerzo y convenio entre el ICF a través del Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal (DMDF) y diferentes actores multisectoriales y multiniveles, que en su conjunto facilitaron el desarrollo de esta obra.

Este libro presenta la evaluación de las regiones costeras de Honduras con ecosistema de manglar, y se fundamenta en la medición de las variables, criterios e indicadores establecidos en el Inventario Nacional Forestal (INF) para la estimación de variables estructurales de los bosques del país.

Los resultados generados con datos colectados en el INF entre los años 2017 al 2022 han sido utilizados para representar la situación actual de los manglares del País, incluyendo su estructura forestal y el carbono almacenado en sus diferentes almacenes. Esta obra también será de utilidad para proveer información que demanden los sectores público, privado, académico, de investigación, cooperación internacional y de la población en general en temas relacionados al estado de los manglares en el país

Esta obra constituye un significativo aporte al sector forestal del País, de manera especial para los tomadores de decisiones en materia de políticas públicas orientadas al manejo sostenible y la conservación de los ecosistemas de manglar. También representa la línea base para el desarrollo de futuros estudios en estos ecosistemas.

El Gobierno de Honduras, a través del ICF, reafirma su compromiso de continuar generando estudios, información y conocimiento que permitan tomar medidas y acciones fundamentadas en procesos de carácter científico, para fomentar el manejo sostenible de los manglares del país, así como garantizar una producción continua de bienes y servicios ambientales que contribuyan al desarrollo territorial, inclusivo y ambiental del país.



Luis Edgardo Soliz Lobo
Ministro de ICF



Luigi Loddo
Director GOAL Honduras

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), reconoce la importante participación de diferentes actores en la elaboración de la presente obra, a los cuales les agradece profundamente:

A la Asociación GOAL Internacional a través del Proyecto Resiliencia de la Economía Azul y del Ecosistema Costero del Norte de Honduras (MiPesca), por proporcionar el financiamiento para completar los levantamientos de campo de las unidades de muestreo (UM) en los ecosistemas de manglar, incluyendo el desarrollo de la metodología de muestreo de suelo para cuantificar su contenido de carbono. Además, de su aporte en el proceso de redacción de la obra.

A la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), a través del “Proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida”, con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), por el financiamiento de los levantamientos de campo en los ecosistemas de manglar de la Región del Pacífico.

Al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a través del “Proyecto BID Manglares”, por el financiamiento de los levantamientos de campo en los ecosistemas de manglar de la Región La Mosquitia.

Al Servicio Forestal de Los Estados Unidos de América a través de la Unidad de Programas Internacionales (USFS-IP) y al Programa SilvaCarbon por el asesoramiento técnico en los procesos de capacitación para el desarrollo de las actividades de campo, procesamiento y análisis de datos e información.

A la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través del Proyecto REDD+ Honduras, por el apoyo técnico en los levantamientos de campo en las diferentes regiones de los ecosistemas de manglar del país.

A la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), a través del Herbario TEFH “Cyril Hardy Nelson Sutherland”, de la Escuela de Biología, por el apoyo técnico en el proceso de capacitación, recolección, identificación y almacenamiento de muestras botánicas.

A los demás actores que tuvieron una participación destacada en los diferentes levantamientos de campo; como son; la Comisión Administradora Zona Libre Turística de Islas de la Bahía (ZOLITUR), el Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca (CODDEFFAGOLF), el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), la Fuerza Naval de Honduras, la Municipalidad de Guanaja, Islas de la Bahía, la Municipalidad de Juan Francisco Bulnes, Gracias A Dios, la Municipalidad de Trujillo, Colón, los Concejos Territoriales Indígenas de La Mosquitia y los actores locales que participaron en el proceso.



Capítulo 1

MARCO INTRODUCTORIO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AFE-COHDEFOR:	Administración Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CBM:	Corredor Biológico Mesoamericano
CIPF:	Centro de Información y Patrimonio Forestal
CN:	Comunicaciones Nacionales
CO ₂ :	Dióxido de carbono
CODDEFFAGOLF:	Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca
CONABIO:	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CURLA:	Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico
DAP:	Diámetro a Altura del Pecho
DMDF:	Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal
EMSA:	Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental
ENF:	Evaluación Nacional Forestal de Honduras
ENFB:	Evaluación Nacional Forestal y Biodiversidad
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FORCUENCAS:	Proyecto Fortalecimiento de la Gestión Local de los Recursos Naturales en las Cuencas de los Ríos Patuca, Choluteca y Negro
FRA:	Evaluación de Recursos Forestales
GOAL:	Asociación GOAL Internacional
ha:	Hectáreas
IBA o BUR:	Informes Bienales de Actualización
ICF:	Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre
IDW:	Ponderación de Distancia Inversa
INF:	Inventario Nacional Forestal
INGEI:	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ITTO:	Organización Internacional de las Maderas Tropicales
kg:	Kilogramo
m ³ /ha:	Metros cúbicos por hectárea

MiAmbiente+:	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
MiPesca:	Proyecto Resiliencia de la Economía Azul y del Ecosistema Costero del Norte de Honduras
MOSEF:	Proyecto Modernización del Sector Forestal de Honduras
NDC:	Contribuciones Nacionales Determinadas
PAN:	Parcela Anidada
PNOT:	Plan Nacional de Ordenamiento Territorial
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRONAFOR:	Programa Nacional Forestal
REDD+:	Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques
SAG:	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SIG:	Sistemas de Información Geográfica
t/ha:	Toneladas métricas por hectárea
tC/ha:	Toneladas métricas de carbono por hectárea
tCO ₂ /ha:	Toneladas métricas de dióxido de carbono por hectárea
TNC:	The Nature Conservancy
UICN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UM:	Unidad de Muestreo
UNAH:	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
USAID:	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USDA/FS-IP:	Servicio Forestal de Los Estados Unidos – Programas Internacionales
ZOLITUR:	Comisión Administradora Zona Libre Turística de Islas de la Bahía

RESUMEN EJECUTIVO

Esta obra muestra la evaluación de los ecosistemas de manglar en Honduras y representa la línea base del estado actual de los manglares en el país. Con esta obra se atenderán las necesidades de información tanto en el ámbito nacional, como para el cumplimiento de compromisos internacionales. Estos resultados podrán ser utilizados para la toma de decisiones relacionadas a la conservación y manejo sostenible de los manglares del país.

Los ecosistemas de manglar del país proporcionan múltiples bienes y servicios ambientales a las poblaciones costeras que en ellas habitan. Por ejemplo, los manglares son una barrera contra mareas y huracanes, amortiguan la erosión costera y son la fuente principal para la generación de alimentos, obtención de recursos maderables y no maderables, actividades sociales, culturales y recreativas.

La evaluación de los manglares en Honduras se realizó en base a la metodología desarrollada por el Inventario Nacional Forestal de Honduras (INF), el cual refleja el estado actual de los ecosistemas forestales y de las áreas fuera de bosque del país, teniendo como base la información colectada en unidades de muestreo (UM) en campo. Esta información es utilizada para la generación de cálculos y análisis de variables orientadas a la Ordenación Forestal Sostenible.

Los resultados de esta obra fueron generados con datos de campo de 56 unidades de muestreo (UM) establecidas en los ecosistemas de manglar durante el tercer período de muestreo del INF. A continuación, se describen algunos de los resultados más importantes.

Se calcularon y analizaron criterios, indicadores y variables que contempla el INF, los cuales permitieron evaluar las condiciones actuales de los ecosistemas de manglar, así como generar la línea base para futuras remediciones y acciones de conservación. El área de estudio fue la cobertura total de los manglares en Honduras, la cual de acuerdo con cifras del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra (ICF, 2014) fue de 51,970.85 hectáreas (cerca del 1 % de la cobertura de bosque en el país).

Los manglares de Honduras se distribuyen en las cuatro regiones costeras del país: Islas de la Bahía, Atlántico, La Mosquitia y el Pacífico. La cobertura total de manglar en Honduras fue de 51,970.8 ha. Siendo la región del Pacífico la de mayor superficie (40,156.3 ha) y la de Islas de la Bahía la de menor (2,462.8 ha).

La altura promedio de los manglares a nivel nacional fue de 15.3 m, con diámetro a la altura del pecho promedio de 28.0 cm y un área basal promedio de 10.29 m²/ha. La especie *Rhizophora mangle* (mangle rojo) fue la de mayor distribución a nivel nacional,



seguida por *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo).

Los manglares mostraron condiciones óptimas y un buen estado fitosanitario en las cuatro regiones evaluadas. Los porcentajes de sanidad oscilaron desde 79.7% en Islas de la Bahía hasta 92.4% en el Pacífico.

En promedio, el 53% de los manglares de Honduras presentaron un grado de desarrollo maduro, el 13% medio y el 34% joven. Las tasas de regeneración en estos ecosistemas oscilaron entre 2,370 plántulas/ha en la región del Atlántico, hasta las cifras más altas que superaron las 7,000 plántulas/ha en la región del Pacífico.

La densidad de árboles a nivel de hectárea mostró diferencias en las regiones evaluadas, registrándose en promedio 404 árboles/ha en la región del Atlántico, 325 árboles/ha en Islas de la Bahía, 269 árboles/ha en la región del Pacífico y 133 árboles/ha en La Mosquitia. La mayoría de estos árboles fueron de la clase diamétrica de 10 cm a 20 cm.

A nivel nacional la especie con el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto, es decir de mayor importancia ecológica, fue *Rhizophora mangle* (mangle rojo), seguida de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo).

El volumen promedio a nivel de hectárea de los manglares fue diferente en las regiones evaluadas. Los valores de volumen maderable más altos se presentaron en la región del Atlántico (246.1 m³/ha), seguido de La Mosquitia con 165.2 m³/ha, después por la región del Pacífico con 96.3 m³/ha, y finalmente por Islas de la Bahía con 80.5 m³/ha.

Los ecosistemas de manglar representan soluciones basadas en la naturaleza para acciones de mitigación y adaptación frente al cambio climático global. Los manglares de Honduras en promedio almacenaron 346.7 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) en sus diferentes depósitos (aéreo, subterráneo, necromasa, hojarasca y suelo). El 80.3% del carbono almacenado se concentró en los suelos de estos ecosistemas.

Con las futuras remediciones en las unidades de muestreo establecidas en los manglares del país será posible evaluar la dinámica de cambios de las diferentes variables estimadas en los ecosistemas de manglar, y así obtener resultados que sigan contribuyendo al proceso de toma de decisiones informadas para un mejor manejo y conservación de estos ecosistemas en el país.



INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas costeros importantes a nivel mundial, ya que generan múltiples bienes y servicios ambientales aprovechados por las poblaciones humanas. Además, brindan numerosos impactos positivos en los procesos naturales del entorno y de otros ecosistemas, beneficiando de manera directa e indirecta a la flora y fauna terrestre y acuática.

Los manglares se desarrollan en la zona costera de países tropicales y subtropicales, en áreas donde se mezcla el agua de mar y el agua epicontinental de ríos, lagunas y subterránea. Las especies de flora y fauna que en ellos habitan presentan adaptaciones fisiológicas y estructurales especiales para desarrollarse en condiciones de salinidad, y en áreas constantemente inundadas y expuestas al efecto de mareas y vientos. Estas condiciones generan un frágil equilibrio que puede ser alterado por perturbaciones naturales o antropogénicas, como los huracanes y los cambios de uso de suelo.

Los ecosistemas de manglar cubren aproximadamente 135,882 km² distribuidos en más de 123 países (GMW, 2021; Bunting et al., 2018). Estos ecosistemas representan menos del 1% de los bosques tropicales del mundo, y menos del 0.4% de todos los bosques (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010). Según estudios de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO), los manglares a nivel mundial se encuentran amenazados, dado que se estima que su superficie ha disminuido alrededor del 20% desde 1980. Así, al menos un 25% de los manglares presentan un nivel de degradación entre moderado y severo, debido a un manejo deficiente de estos recursos y a una creciente demanda del uso de zonas costeras para el desarrollo urbano, la acuicultura y la agricultura (ITTO, 2017)(Goldberg et al., 2020).

Los ecosistemas de manglar son catalogados como recursos ecológicos y económicos invaluable que ofrecen protección contra la erosión de las costas. También son sitios de acumulación de nutrientes, carbono y contaminantes, y son fuente de materiales para la construcción (uso maderable). Los manglares son uno de los ecosistemas más productivos del planeta por la gran cantidad de CO₂ que capturan de la atmósfera y fijan en biomasa, el carbono orgánico autóctono (producido en el manglar) y alóctono (importado de otros ecosistemas) que almacenan en sus suelos, y el carbono que exportan hacia las zonas estuarinas y marinas aledañas (Sánchez-Páez, 2004).

Un mayor entendimiento de la dinámica natural y la influencia antropogénica en los ecosistemas de manglar requiere de información precisa, actualizada y de carácter científico, respaldada por la colecta de datos, procesamiento,



análisis y reporte sobre el estado actual de estos ecosistemas. Esta información es fundamental para diseñar estrategias y tomar decisiones sobre el manejo, conservación y aprovechamiento de los manglares.

No obstante, la investigación en ecosistemas de manglar es escasa en la mayor parte de los países, y Honduras no es la excepción. En Honduras se cuenta con poca información documentada a nivel nacional sobre el estado actual de los manglares, ya que los estudios han sido aislados o enfocados a áreas o regiones específicas. Varios de estos estudios han sido desarrollados por proyectos de corto plazo y por instituciones educativas.

Existen varias metodologías para el estudio de las variables estructurales de los ecosistemas de manglar (ej. alturas, diámetros, áreas basales, biomasa). Estas variables pueden ser evaluadas mediante métodos directos en campo o de manera indirecta a través del análisis de imágenes o productos satelitales. El mejor de los escenarios es una combinación de ambas metodologías.

Honduras cuenta con el Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras 2014, elaborado mediante el uso de imágenes satelitales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados de este producto muestran una superficie de la cobertura forestal de 5,384,424.88 ha, representando un 48% de la superficie total de país. De la totalidad de cobertura forestal, los ecosistemas de manglar cubren 51,970.84 ha, representado el 1.0% de la cobertura forestal de Honduras (ICF, 2014).

Honduras también cuenta con el Inventario Nacional Forestal (INF), diseñado y establecido para evaluar el estado de los recursos forestales y áreas fuera de bosque, mediante la medición de variables asociadas a criterios e indicadores orientados a la ordenación forestal sostenible (FAO, ICF, 2017).

En esta obra se muestran los resultados de la colecta de datos de campo en los ecosistemas de manglar de Honduras durante el tercer ciclo de medición del INF en el país. Estos datos fueron colectados durante 2017 a 2022, en 56 unidades de muestreo (UM) distribuidas aleatoriamente en los manglares del país. Brevemente, durante el primer y segundo ciclo de muestreo del INF en Honduras (2005-2016) se identificó que la cobertura de manglar no estaba adecuadamente representada en las colectas de campo. Así durante el tercer ciclo de muestreo (2017 a 2022) se evaluó las primeras dos UM de los ciclos anteriores, más 54 UM recientemente establecidas.

Con los productos derivados de esta obra se genera una perspectiva actualizada de los ecosistemas de manglar y una línea base para su monitoreo. También se da a conocer su dinámica ecológica y su importancia para las poblaciones que en ellos habitan.



Además, se atienden las demandas y necesidades de información nacional y se apoya al cumplimiento de los compromisos internacionales del país en materia de conservación y cambio climático (ej., Reporte del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)).

La oportunidad de generar resultados a nivel nacional para los ecosistemas de manglar en Honduras representa un avance importante para el país, considerando que solo existen reportes a escalas locales y en ocasiones las estadísticas nacionales han sido tomadas de fuentes regionales a nivel Centroamérica.

La meta de este esfuerzo es contar con una herramienta que permita la difusión del conocimiento actual de los ecosistemas de manglar en el país y sea el documento oficial que reporte la distribución, características forestales y el carbono almacenado en estos ecosistemas. Asimismo, contar con un instrumento técnico de apoyo para la toma de decisiones informadas relacionadas a la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas de manglar en Honduras





Capítulo 2

ECOSISTEMAS DE MANGLAR Y SU IMPORTANCIA

DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

TIPOS ECOLÓGICOS DE MANGLARES

IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

MANGLARES Y CARBONO AZUL

Regeneración de mangle en Cayos Cochinos
Fotografía: D. Torrez / Proyecto MiPesca GOAL

DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), define que los manglares se distribuyen en dos zonas geográficas: a) la subregión del “Indo Oeste Pacífico” (Indo West Pacific, en inglés) y b) la subregión “Atlántico Este Pacífico” (Atlantic East Pacific, en inglés). La subregión “Indo Oeste Pacífico” es el centro de origen y distribución de los manglares del mundo y cuenta con la mayor diversidad de especies. Como puede observarse en la Ilustración 2.1, esta región se extiende desde el Este de África, las costas del Océano Índico, la región de Indo-Malasia (complejo de islas de Indonesia, Malasia y países vecinos), hasta la región Australasia (zona costera de Oceanía y Asia). La subregión “Atlántico Este Pacífico” se extiende desde el Oeste de África, costas del Océano Atlántico en el Este de América hasta el Oeste de América en el Océano Pacífico.

En esta área se presentan las condiciones óptimas para el desarrollo de los manglares, como corrientes oceánicas, mareas, nutrientes, temperatura del agua y del aire, entre otros factores

El hábitat idóneo de los manglares se ubica en la franja central de nuestro planeta conocida como el Ecuador. Cerca del 75% de los manglares del mundo se encuentra en 15 países: Indonesia, Brasil, Malasia, Papúa Nueva Guinea, Australia, México, Nigeria, Myanmar, Venezuela, Filipinas, Tailandia, Bangladesh, Colombia, Cuba y Estados Unidos, y solo cerca del 7% se encuentra protegido dentro de la red de áreas protegidas existentes (Giri et al., 2010). Así, estos ecosistemas tienen una mayor distribución en Asia (42%), seguido de África (20%), América del Norte y América Central (15%), Oceanía (12%) y América del Sur (11%). Los límites latitudinales de distribución de los manglares van desde los 31°22' N en Japón y 32°20' N en Bermuda, hasta los 38°45'S en Australia, 38°59' S en Nueva Zelanda y 32°59' S en la costa Este de Sudáfrica, con una mayor distribución entre las latitudes 5°N a 5°S (Giri, y otros, 2010).

En el mundo existen alrededor de 70 especies de mangle, distribuidas en 30 géneros y 17 familias (Polidoro et al., 2010). La distribución de las especies de mangle está condicionada por una serie de factores ambientales y físicos, como las corrientes oceánicas, la temperatura del agua de mar, las barreras de escala continental de África y la vasta extensión del Océano Pacífico Oriental. En consecuencia, solo los géneros de *Avicennia*, *Acrostichum* y *Rhizophora* se encuentran comúnmente distribuidas en todo el mundo (PNUMA-WCMC, 2014).



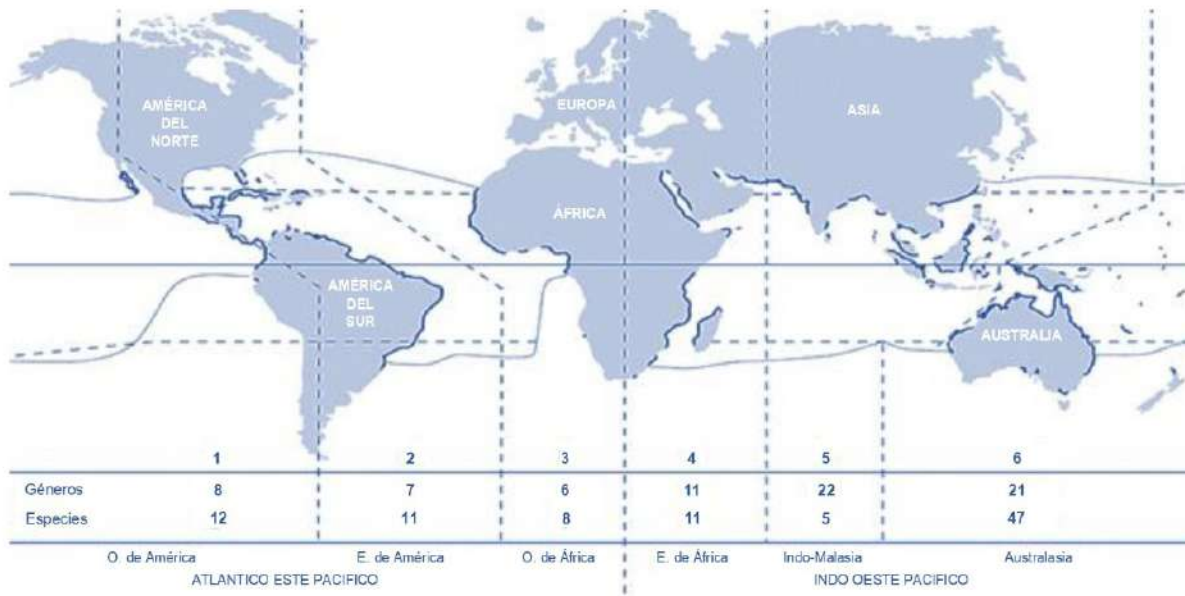
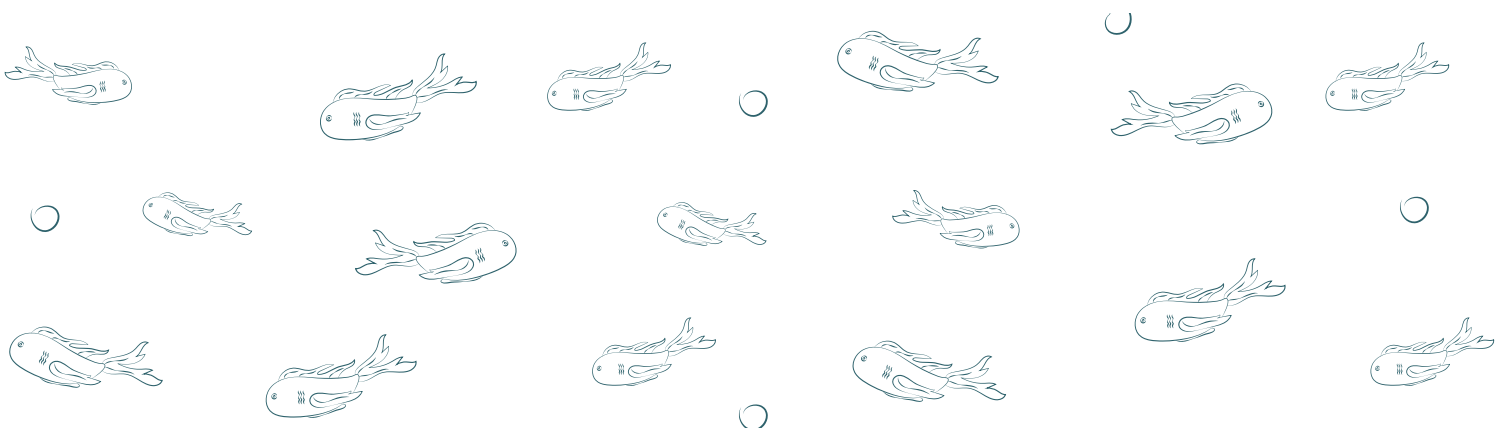


Ilustración 1. Subregiones geográficas de los manglares a nivel mundial
Fuente: Manglares (Alongi D.M., 2016)



TIPOS ECOLÓGICOS DE MANGLARES

Los manglares pueden diferenciarse en tipos ecológicos de acuerdo con las características geomorfológicas donde se distribuyen (p. ej. deltas, lagunas o estuarios), la microtopografía (i. e. cambios en la elevación del terreno), el intercambio mareal y los aportes superficiales y subterráneos de agua epicontinental (Twilley et al., 1999). En los diferentes tipos ecológicos de manglar es posible observar variaciones en el desarrollo estructural de las especies, como lo es en sus alturas, densidades y especies dominantes (Maya Duque, Lago Cruz, & Barquero, 2008). Los tipos ecológicos de manglar son: ribereño, de borde, de barra, de cuenca, de islote y enano.



Ilustración 2.2. Manglares ribereños del Río San Juan, Refugio de Vida Silvestre Cuero y Salado, Departamento de Atlántida, Honduras. Foto: Equipo del INF.

Manglares ribereños

Se encuentran a lo largo del cauce de los ríos, en áreas con mayor exposición al intercambio mareal y el aporte de agua epicontinental. Así, cuando la marea baja los nutrientes se sedimentan en las raíces y éstos son utilizados por los manglares. En Honduras usualmente estos manglares alcanzan alturas de más de 30 m, en respuesta a la cantidad de nutrientes disponibles para su desarrollo.

Para el caso de Honduras, *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo) es la especie que se presenta en este tipo ecológico de manglar. *Avicennia germinans*, *A. bicolor* (Mangle Negro) y *Laguncularia racemosa* (Mangle Blanco) se presentan usualmente al interior de este tipo ecológico, en zonas de microtopografía más elevada

(Venemedia Comunicaciones, 2015). En la Ilustración 2.2 se presenta un ejemplo de manglares ribereños en Honduras, estos manglares se desarrollan a las orillas del río San Juan, en el departamento de Atlántida.

Manglares de borde

Los manglares de borde se ubican en bahías y lagunas con arrecifes protegidos por barreras. Los árboles de manglar no superan los 20 m de altura, y en Honduras tienen un alto riesgo de contaminación por derrames de petróleo, debido a su conexión con el mar (Venemedia Comunicaciones, 2015). En estos manglares domina el *R. mangle*, que ocupa la franja expuesta a las mareas y se desarrolla sobre sustratos inestables, mientras que la plataforma estable está ocupada por bosques mixtos de *A. germinans* o *A. bicolor*, así como *L. racemosa* (Prahl, 1990). En la Ilustración 2.3 se muestra un ejemplo de este tipo ecológico de manglar en El Guapinol, Marcovia, Departamento de Choluteca.

Manglares de barra

La principal característica de estos manglares es que están protegidos por una barra arenosa que al encontrarse entre el manglar se convierte en una cuenca de sedimentos. Al subir la marea, se depositan los nutrientes del agua de mar, y al bajar son transportados al ecosistema. En estos manglares se observa *R. mangle*, *A. germinans* y *A. bicolor*. La barra está generalmente paralela a la costa, lo que permite la formación gradual de playones fangosos, relativamente protegidos del oleaje en zonas someras de la laguna. Esto favorece el alcance y desplazamiento de hipocótilos y plántulas de manglar, especialmente los de *R. mangle* (Venemedia Comunicaciones, 2015). En la Ilustración 2.4 se presenta el manglar de barra en Punta Ratón, Marcovia, Departamento de Choluteca.



Ilustración 2.3. Manglar de borde en El Guapinol, Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras. Foto: Equipo del INF.



Ilustración 2.4. Manglar de barra en Punta Ratón, Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras. Foto: Equipo del INF.



Ilustración 2.5. Manglar de cuenca en West End, Utila, Departamento de Islas de la Bahía, Honduras. Foto: Equipo del INF.

Manglar de cuenca

El manglar de cuenca se establece en las partes interiores del ecosistema, usualmente detrás de los manglares ribereños o de borde. Se desarrollan en zonas donde el intercambio mareal es menor y la renovación del agua es mucho más lenta, de manera que el oxígeno es limitado. Estas áreas se caracterizan por altas concentraciones de salinidad (>30 ppm). Aquí predominan *A. germinans* y *A. bicolor*, provistos de neumatóforos (i.e, raíces con geotropismo negativo) que les permiten un mayor intercambio de oxígeno con la atmósfera. También se encuentra *L. racemosa*, principalmente en zonas con mayor aporte de epicontinental. También en algunos lugares se puede establecer *R. mangle* (Amador Lorenzo, 2010) En la Ilustración 2.5) se muestra una fotografía área de un manglar de tipo cuenca en West End, Utila, Departamento de Islas de la Bahía.



Ilustración 2.6. Manglar de Islote en La Brea, Nacaome, Departamento de Valle, Honduras. Foto: Equipo del INF.

Manglar de islote

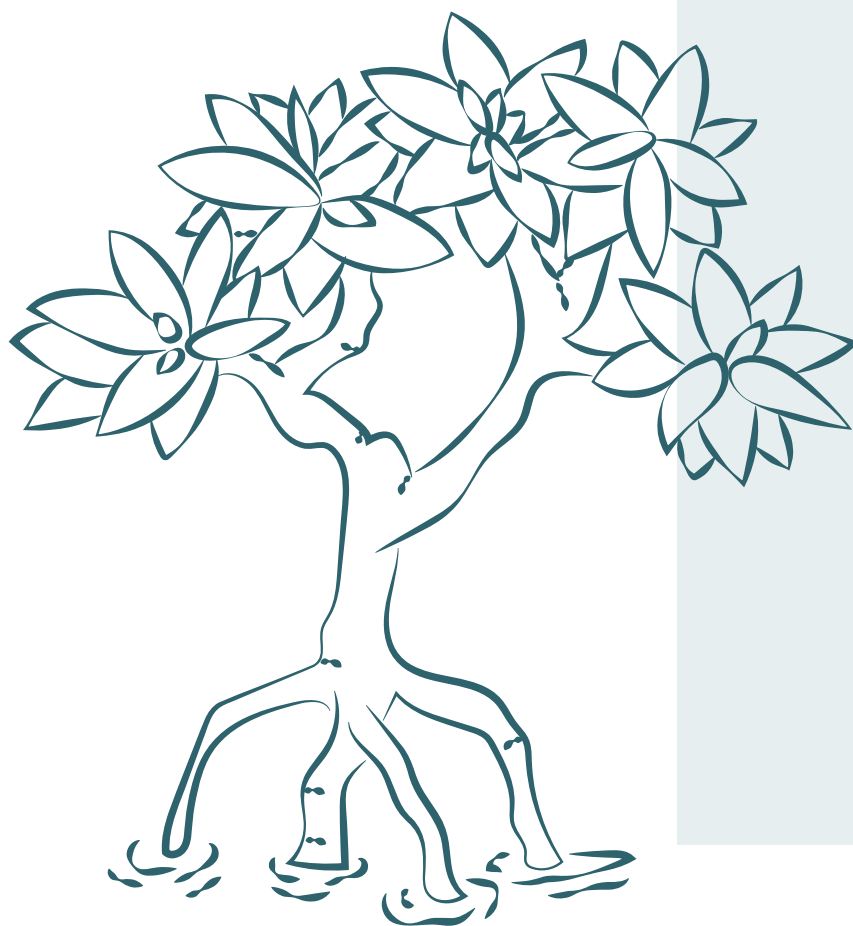
Los manglares de islote se caracterizan por estar en constante exposición al intercambio mareal, por encontrarse en suelos más fangosos que otros tipos ecológicos, y por la presencia de *R. mangle*, en donde las alturas de los árboles no son mayores a 10 m (Venemedia Comunicaciones, 2015). Generalmente estos manglares se desarrollan de manera aislada a la línea de costa, en la Ilustración 2.6 se presenta un ejemplo de este tipo de manglar en La Brea, Nacaome, Departamento de Valle.

Manglares Enanos

Los manglares enanos se desarrollan sobre sustratos de roca caliza o de origen coralino, en áreas con poco aporte de nutrientes o regiones expuestas a condiciones ambientales como bajas temperaturas, altas salinidades o vientos muy fuertes. Estos manglares en Honduras no sobrepasan los 4 metros de altura, y presentan un desarrollo diferente al resto de los otros tipos ecológicos de manglar, ya que los árboles están ramificados en varias direcciones en sentido horizontal a la superficie (Prahl, 1990). Un ejemplo de estos manglares se muestra en la Ilustración 2.7 en la Isla de Utila en el departamento de Islas de la Bahía.



Ilustración 2.7. Manglar enano en La Laguna, Utila, Departamento de Islas de la Bahía, Honduras. Foto: Equipo del INF.



IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Los manglares constituyen uno de los hábitats más productivos y valiosos del mundo. Estos ecosistemas son vitales para las comunidades costeras que en ellos habitan y para las que se desarrollan en las partes altas, ya que brindan una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos (Ilustración 2.8) entre los que destacan (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006):

- Regulación hídrica (recarga de acuíferos y filtro de agua).
- Protección contra tormentas y otros eventos meteorológicos.
- Mitigación al incremento del nivel del mar.
- Estabilización de la línea de costa y control de erosión costera.
- Retención, asimilación y transformación de nutrientes.
- Retención de sedimentos, carbono y contaminantes.
- Estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente precipitación y temperatura.
- Hábitat para una gran diversidad de especies de peces, crustáceos, moluscos, mamíferos, reptiles, anfibios y aves, algunos de ellos de importancia comercial o en peligro de extinción.

También los manglares tienen un valor social y económico relacionado a (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006):

- Abastecimiento de agua para las comunidades (cantidad y calidad).
- Mantenimiento de las pesquerías. Por ejemplo, alrededor del 75% de especies de pesca comercial pasan parte de su ciclo de vida en los manglares o dependen de ellos para su alimentación (PNUMA, 2019).
- Recursos maderables y no maderables, tales como recursos para la construcción, leña, carbón, forraje, miel y plantas medicinales.
- Recursos energéticos, como turba y materia vegetal.
- Recursos de vida silvestre.
- Transporte.
- Áreas de recreación y turismo



Más de 100 millones de personas en las zonas tropicales y subtropicales del mundo viven aledañas a ecosistemas de manglar, de éstas, cerca de 30 millones son de América Latina y el Caribe. Para estas poblaciones humanas los manglares constituyen el principal medio para la obtención de alimentos, recursos e ingresos económicos y materiales. Así mismo, el resto de la población también se beneficia de los diferentes bienes y servicios ecosistémicos de los manglares (Banco Mundial, 2019). Por ejemplo, sin la presencia de manglares en el mundo, cerca de 18 millones de personas podrían sufrir impactos por inundación. Dichos impactos causarían daños a la propiedad de alrededor de \$82,000 millones de dólares. En la Ilustración 2.8 se muestran algunos de los servicios ecosistémicos que los manglares brindan a la población en general.

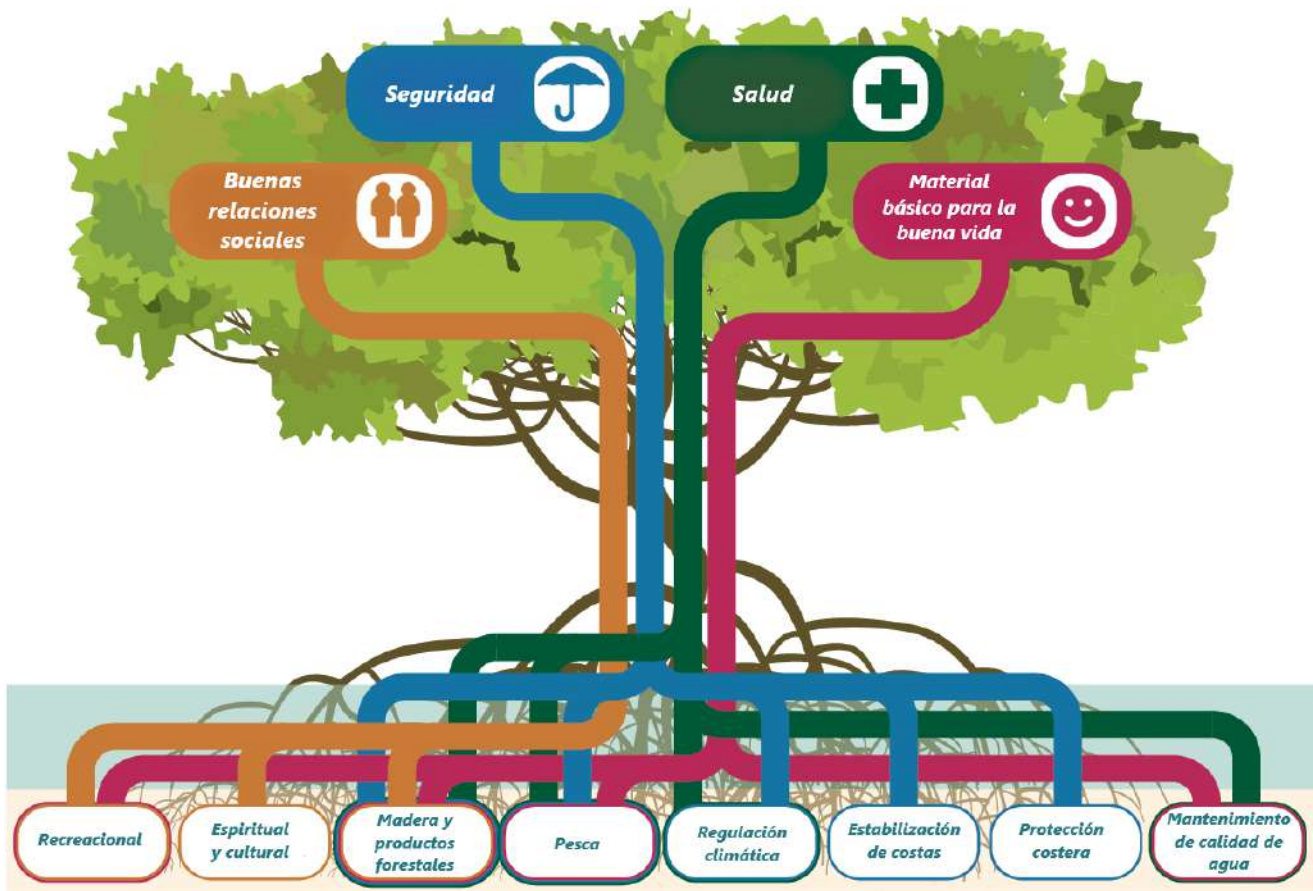


Ilustración 2.8. Servicios ecosistémicos de los manglares. Aquellos resaltados en color café resaltan los relacionados a las buenas relaciones sociales, los de color azul a los de seguridad, los de color verde a los de salud, y los de color rojo a los de uso material.

Tomado y adaptado de (PNUMA-WCMC, 2014)

MANGLARES Y CARBONO AZUL

Los manglares son uno de los ecosistemas más productivos del planeta con la capacidad de secuestrar y almacenar grandes cantidades de carbono en sus sedimentos y vegetación. En este sentido, los ecosistemas de manglar son considerados soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación y adaptación al cambio climático global.

Los manglares capturan y almacenan grandes cantidades de carbono. Siendo sus principales reservorios el suelo, madera muerta, hojarasca, tocones y árboles en pie. A este carbono se le denomina “Carbono azul” (ITTO, 2017). El carbono azul capturado por la vegetación se almacena en los manglares por períodos relativamente cortos, desde un par de años hasta decenas. Sin embargo, el carbono almacenado en los suelos de los manglares puede permanecer desde decenas hasta miles de años, debido principalmente a la lenta descomposición de la materia orgánica por la constante saturación de los suelos y los bajos niveles de oxígeno (Duarte, Middelburg, & Caraco, 2005), (Chmura, Anisfeld, Cahoon, & Lynch, 2003).

Así, el carbono almacenado en los manglares puede ser de origen autóctono, es decir producido in situ (vía fotosíntesis), o alóctono, es decir importado de otros ecosistemas por el intercambio mareal y del agua epicontinental. Una parte importante del carbono en los manglares es retenido en los suelos, debido a una lenta descomposición de la materia orgánica, otra parte es exportado a ecosistemas aledaños y la plataforma costera, y otra retorna hacia la atmósfera vía la respiración de la vegetación y actividad microbiana en el agua y sedimentos. En la Ilustración 2.9 se muestra un esquema de como el carbono en los manglares se almacena y se exporta.

Las cifras globales manejadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), describen valores aproximados de 386 toneladas¹ de carbono azul por hectárea (t/ha) como promedio mundial, con un rango que oscila entre las 55 t/ha – 1,376 t/ha. De esta manera, los manglares son capaces de absorber y almacenar entre 5 y 10 veces más carbono que los ecosistemas terrestres (PNUMA, 2019).

Los procesos de degradación y cambio de uso de suelo en los manglares son un factor de riesgo para la pérdida y emisión de carbono hacia la atmósfera. En este sentido es necesario identificar la variación espacial de los diversos almacenes de carbono en los manglares a diferentes escalas: locales, regionales y nacionales, con la finalidad de generar estrategias específicas de conservación, manejo y restauración.

¹ Tonelada métrica equivalente a 1000 kilogramos (kg)



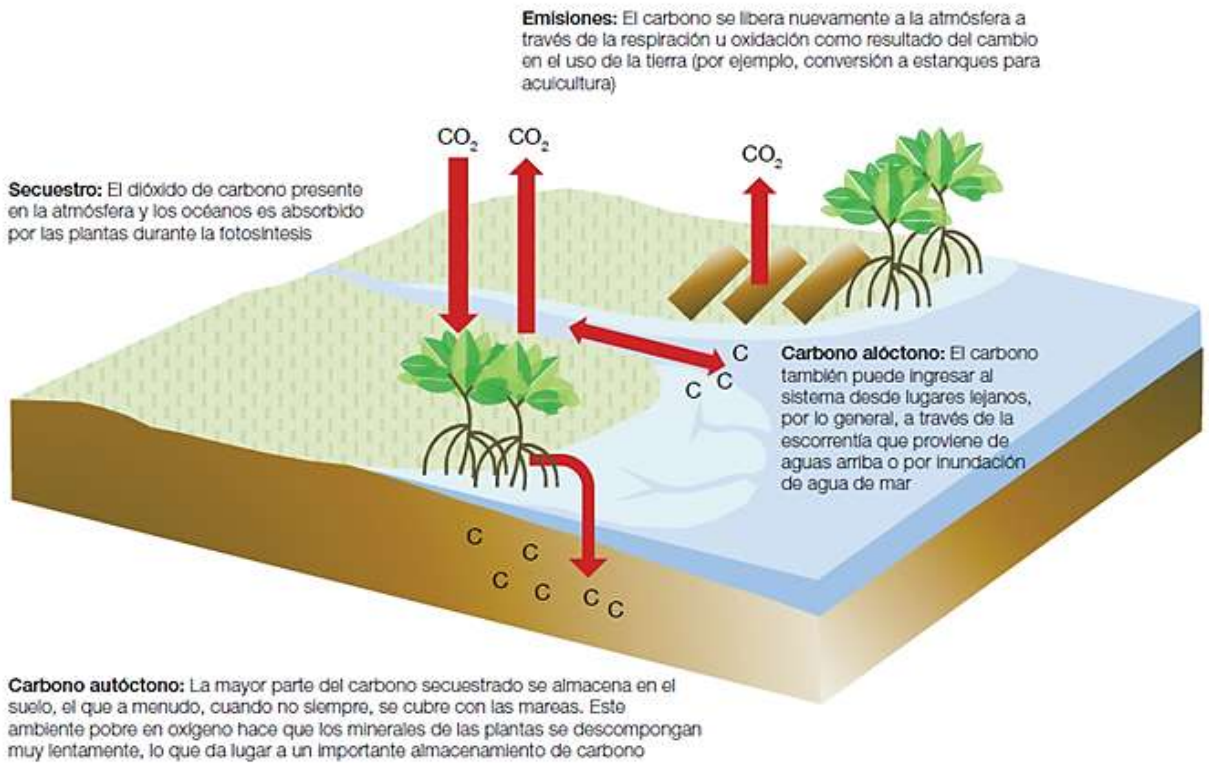
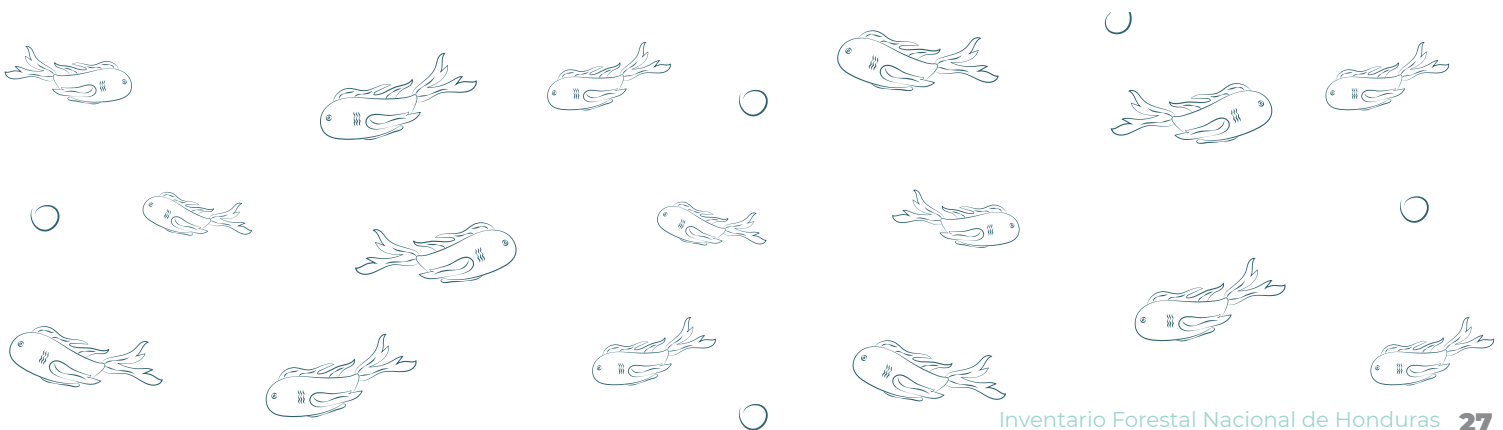


Ilustración 2.9. Dinámica del carbono en los ecosistemas de manglar. Las flechas hacia abajo indican el carbono que es capturado vía fotosíntesis por la vegetación. Las flechas hacia arriba indican el carbono que es emitido en forma de CO₂ hacia la atmósfera como parte de la respiración del ecosistema. La flecha hacia los suelos indica el carbono que es almacenado en este reservorio, mientras que la flecha horizontal representa la exportación de carbono hacia el ecosistema y del ecosistema a otras áreas aledañas por el movimiento de la marea. Ilustración tomada de: Carbono Azul (UI, COI-UNESCO, & UICN, 2014)





Capítulo 3

CONTEXTO NACIONAL

HUMEDALES DE HONDURAS

*CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS
COSTAS DE HONDURAS*

*DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE
MANGLAR EN HONDURAS*

ESPECIES DE MANGLARES EN HONDURAS

HUMEDALES DE HONDURAS

Se estima que en Honduras hay un total de 1.2 millones de hectáreas de humedales, los cuales representan el 10.5% del territorio nacional. Un 69% de estos humedales están distribuidos en La Mosquitia, departamento de Gracias a Dios; un 15% en la costa norte, entre los departamentos de Atlántida, Cortés y Colón; un 3% en el departamento de Islas de la Bahía, un 4% en tierras interiores y un 9 % en el Golfo de Fonseca, en los departamentos de Choluteca y Valle.

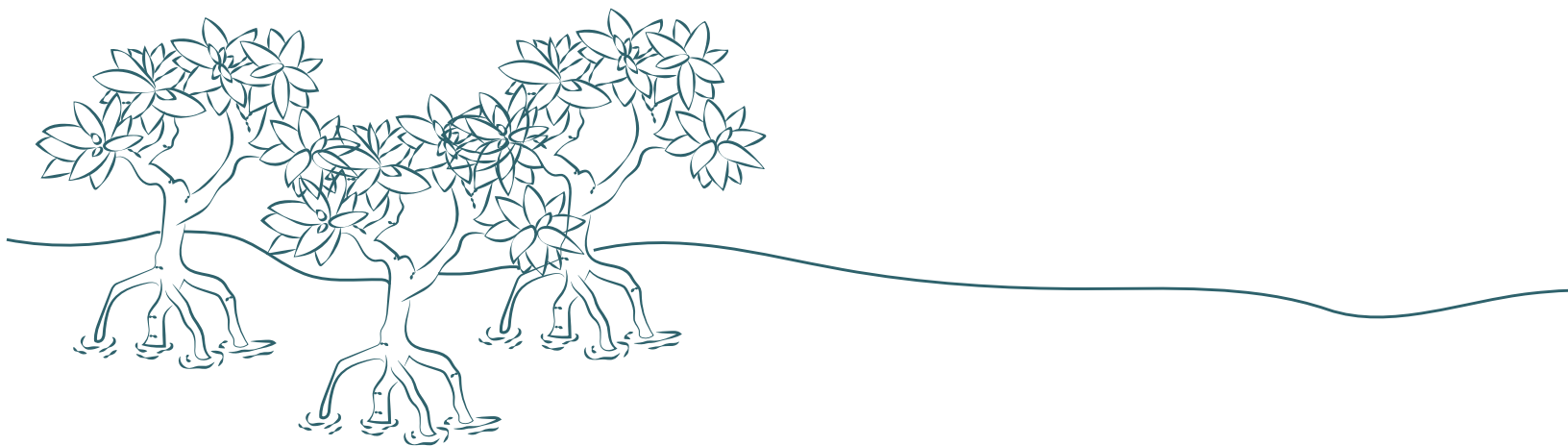
Según la definición de humedales de la Convención Internacional Ramsar, en Honduras existe el 85% de las tipologías definidas (Carrasco & Flores, 2009). Estos humedales abarcan extensas zonas del país y varios de ellos han sido declarados Humedales de Importancia Internacional Ramsar. Dichos humedales son:

- No. 619: Refugio de Vida Silvestre Barras de Cuero y Salado.
- No. 722: Parque Nacional Blanca Jeannette Kawas Fernández.
- No. 812: Parque Nacional Punta Izopo.
- No. 1000: Sistema de Humedal de la Zona Sur.
- No. 1467: Subcuenca del Lago de Yojoa.
- No. 1254: Laguna de Bacalar.
- No. 2133: Sistema de Humedal de Cuyamel-Omoa.
- No. 2134: Sistema de Humedal de Isla de Utila.
- No. 2189: Sistema de Humedal de Laguna de Zambuco.
- No. 2334: Sistema de Humedal de Santa Elena
- No. 2418: Sistema de Humedal Laguna de Alvarado (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2020),(Mi Ambiente + 17).



Los humedales de Honduras también forman parte del Corredor Biológico Mesoamericano, que corresponde al territorio conformado por áreas, paisajes y zonas de conectividad terrestre, costera y marina, con alto valor de diversidad geográfica, climática, biológica y cultural, así como de provisión de servicios ecosistémicos. Este corredor tiene una extensión aproximada de 769,000 km² y se extiende desde el Sur de México hasta Panamá (CONABIO, 2013).

El 24% de los humedales de Honduras actualmente se encuentran declaradas áreas protegidas (297,433.70 ha). Sin embargo, aún es necesario ampliar estas categorías de protección para los humedales del país. Los humedales más extensos, diversos y mejor conservados de Honduras se encuentran en el gran Sistema de Humedales de La Mosquitia, mientras que el resto de los humedales usualmente se encuentran fragmentados y rodeados de hábitats transformados (Carrasco & Flores, 2009).



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS COSTAS DE HONDURAS

Los manglares de Honduras se distribuyen en las costas del Océano Atlántico y del Océano Pacífico. Cada uno de estos litorales presenta características ambientales que favorecen el desarrollo de los ecosistemas de manglar. A continuación, se presentan algunas de estas características para ambos litorales.

Litorales

El país cuenta con aproximadamente 1,189 km de longitud de frente litoral (1,083 km de playas), distribuidos de la siguiente forma:

- 682 km de litoral en el Atlántico continental,
- 220 km de litoral en el Caribe insular (8 islas y 25 cayos, de éstos 206 km en las Islas de la Bahía y Cayos Cochinos, y 14 km en Islas del Cisne),
- 212 km de litoral continental en el Pacífico (160 km de playa), y
- 75 km entre las 4 islas del Golfo de Fonseca.

Las planicies costeras del Atlántico representan el 16% de territorio nacional, mientras que las del Pacífico el 2% (SERNA, 2001).

Hidrodinámica

La hidrodinámica de las costas de Honduras es diferente en cada litoral. En el litoral del Atlántico, la hidrodinámica está influenciada por sistemas fluviales y por micro-mareas semidiurnas menores a 1 m, es decir, dos mareas altas y dos mareas bajas en un período de 24 horas. En el litoral del Pacífico, los manglares son influenciados por meso-mareas, las cuales presentan una altura promedio de 2.3 m (Carrasco & Caviedes, 2014), así como por mareas semidiurnas (Lizano, 2006).

Precipitación

La precipitación promedio en los litorales de Honduras es variable a lo largo del año. Para el litoral del Pacífico la precipitación promedio es de 1,944 mm/año, y para el litoral del Atlántico de 2,411 mm/año. En la Tabla 3.1 se muestran estas diferencias de manera trimestral para cada litoral. Aquí es posible observar que para ambos litorales los trimestres de Junio a Noviembre

son los que presentan una mayor precipitación, mientras que los meses de Diciembre a Mayo son los de menor. Cabe mencionar que la precipitación media trimestral en el Pacífico de Diciembre a Febrero es 79% menor que en la región del Atlántico durante los mismos meses. En el Grafico 3.1 se presentan los promedios de precipitación considerando los valores medios trimestrales y anuales por litoral. En este gráfico se mantiene la misma tendencia que en los datos mostrados en la Tabla 3.1. (MiAmbiente+/CIAT, 2017).

Tabla 3.1. Precipitación media trimestral y anual en los litorales de Honduras

 Región	Precipitación media trimestral (mm)				Precipitación media anual (mm/año)
	Dic-Ene-Feb	Mar-Abr-May	Jun-Jul-Ago	Sep-Oct-Nov	Año
Atlántico	563	282	636	930	2,411
Pacífico	14	352	765	813	1,944

Fuente: Datos de Plataforma Agua de Honduras (MiAmbiente+/CIAT, 2017)

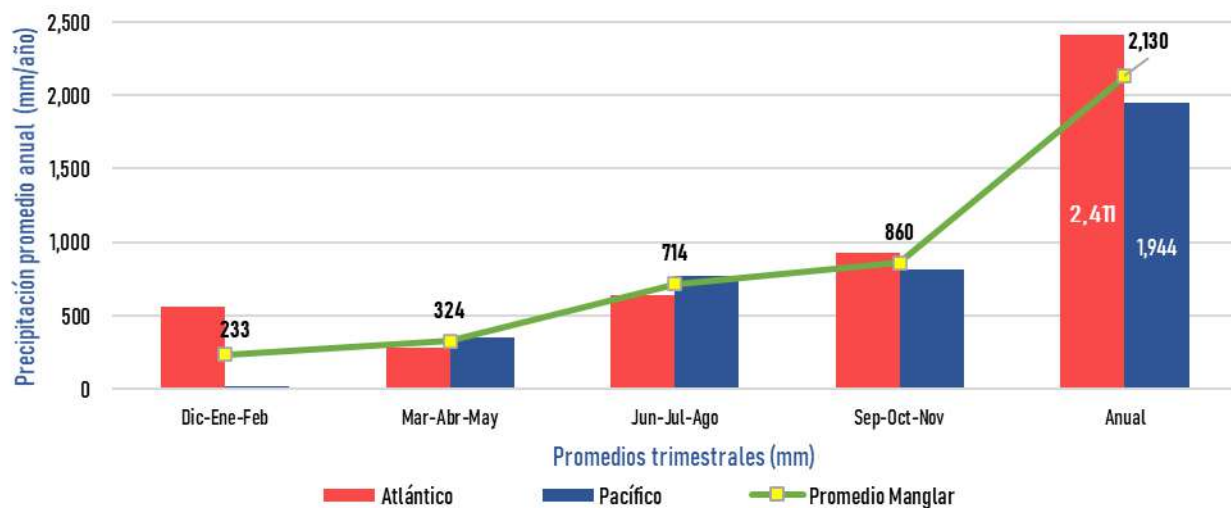


Gráfico 3.1. Distribución de la precipitación media trimestral y anual en los litorales de Honduras
Fuente: Datos de Plataforma Agua de Honduras (MiAmbiente+/CIAT, 2017)

Temperatura

La temperatura promedio anual para el litoral del Pacífico es de 28.6 °C, y para el del Atlántico de 26.2 °C. Como se muestra en la Tabla 3.2, a nivel trimestral para el litoral del Pacífico, los meses de Marzo a Mayo son los más calurosos, mientras que en el litoral del Atlántico lo son los meses de Junio a Agosto. En el Gráfico 3.2 se presentan los valores promedio de temperatura considerando los valores medios trimestrales y anuales por litoral. En dicho gráfico se observa en general que el litoral del Pacífico registra las temperaturas medias trimestrales y anuales más altas (Tabla 3.2; Gráfico 3.2).

Tabla 3.2. Temperatura media trimestral y anual en los litorales de Honduras

Región	Temperatura media trimestral (°C)				Temperatura media anual (°C)
	Dic-Ene-Feb	Mar-Abr-May	Jun-Jul-Ago	Sep-Oct-Nov	Año
Atlántico	24.4	26.5	27.4	26.4	26.2
Pacífico	28.1	29.8	28.8	27.8	28.6

Fuente: Datos de Plataforma Agua de Honduras (MiAmbiente+/CIAT, 2017)

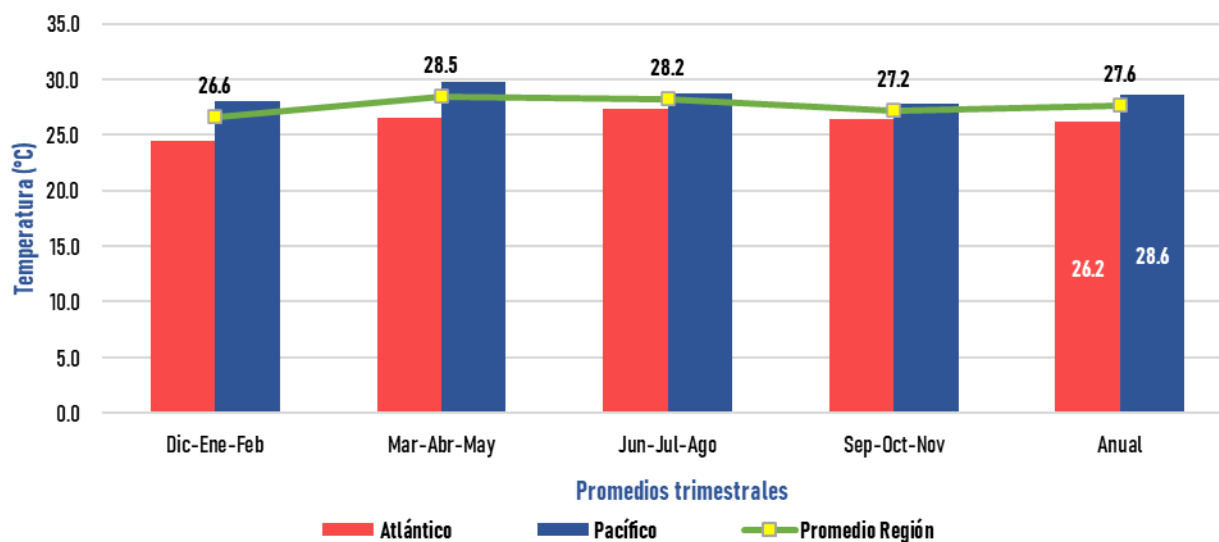


Gráfico 3.2. Distribución de la temperatura media trimestral y anual en los litorales de Honduras
Fuente: Datos de Plataforma Agua de Honduras (MiAmbiente+/CIAT, 2017)

DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR EN HONDURAS

De acuerdo con datos de la FAO las regiones de América del Norte, Central y el Caribe han sufrido una pérdida del 23% del área de manglar desde 1980 al 2005, lo cual equivale alrededor de 700,000 ha. Datos históricos muestran que Honduras presenta una tendencia negativa de pérdida de manglar, ya que en 1980 el país contaba con cerca de 152,500 ha, mientras que para el año 2005 la cobertura de manglar se había reducido cerca de un 60% (67,200 ha) (FAO, 2007). Las principales causas de pérdida de manglar en el país han sido el desarrollo de granjas camaronícolas y de sal, el pastoreo de ganado, el desarrollo urbano y turístico, y eventos climáticos extremos (FAO, 2007) (Goldberg, 2020). En Honduras aún no se cuenta con elementos de legislación adecuada para la conservación de los manglares, sin embargo, se realizan esfuerzos para la rehabilitación de áreas degradadas, así como involucrar a las comunidades en procesos de monitoreo y conservación (FAO, 2007) (Spalding et al., 2021).

De acuerdo al Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras para el año 2014 (ICF, 2021), los ecosistemas de manglar cubrían 51,970.80 ha y representaban el 1% de la superficie de bosque del país. En este mismo año la extensión de los manglares del litoral del Pacífico (departamentos de Choluteca y Valle) era de 40,156.30 ha y representaba el 77% de la cobertura de este ecosistema, mientras que la extensión de manglares en el Atlántico (departamentos de Cortés, Atlántida, Colón, Islas de la Bahía y Gracias a Dios) era de 11,814.50 ha y representaba el 23% de los manglares del país. Esta información se detalla en la Tabla 3.3.

Es importante mencionar que actualmente se cuenta con la versión actualizada del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras para el año 2018, el cual reporta una cobertura de manglar de 50,279.3 ha (Ilustración 3.1.), es decir 3% menos que la cobertura de manglar en el 2014 (ICF, 2021). En este subapartado se reporta la distribución de manglares en Honduras considerando los mapas del 2014 y 2018, sin embargo, para el resto de la obra solo se utilizan las superficies del mapa del 2014, ya que fue el recurso empleado para establecer los sitios de muestreo en manglares para el inventario forestal del país.



Como se puede observar en la Tabla 3.3, la cobertura de manglar en Honduras se encuentra en los siete departamentos costeros del país. Así, el litoral del Pacífico presenta grandes extensiones continuas de manglar, en contraste con el litoral del Atlántico que presenta extensiones aisladas ubicadas en franjas sobre los bordes de los cuerpos de agua. Además, en el litoral del Atlántico los manglares se encuentran asociados con otros tipos de uso de suelo y vegetación (ICF, 2021).

La mayor parte de los departamentos en Honduras no presentaron cambios en la cobertura de manglar mayores al 1% en el período del 2014 al 2018. Como se observa en la Tabla 3.3, el departamento que presentó la mayor pérdida fue el de Valle (pérdida de ~3%; Tabla 3.3.). Los departamentos del Valle y Choluteca cuentan con el mayor porcentaje de manglares en el país y es donde se localiza el Golfo de Fonseca, una de las áreas de manglar más extensas y representativas del litoral del Pacífico Centroamericano. Por otra parte, en la Tabla 3.3, también se puede observar que el departamento que presentó la mayor ganancia de manglar de 2014 a 2018 fue el de Gracias a Dios (~3%), esta ganancia posiblemente fue consecuencia de que los manglares de esta área son de difícil acceso y su uso es reducido.

En los siguientes subapartados las cifras que se muestran por departamento y municipio corresponden a la superficie de los manglares de Honduras reportada para el año 2014.

Tabla 3.3 Superficie del ecosistema de manglar de Honduras en el 2014 y 2018

Litoral	Departamento	Superficie (ha) y (%) 2014	Superficie (ha) y (%) 2018
Atlántico	Atlántida	2,012.60 3.9%	2,147.61 4.3%
	Colón	3,212.70 6.2%	3,216.71 6.4%
	Cortés	98.6 0.2%	291.53 0.6%
	Gracias a Dios	4,027.80 7.8%	5,490.89 10.9%
	Islas de la Bahía	2,462.80 4.7%	2,123.52 4.2%
Pacífico	Choluteca	18,139.80 34.9%	17,194.33 34.2%
	Valle	22,016.50 42.4%	19,814.68 39.4%
	TOTAL	51,970.80 100.0%	50,279.27 100.0%



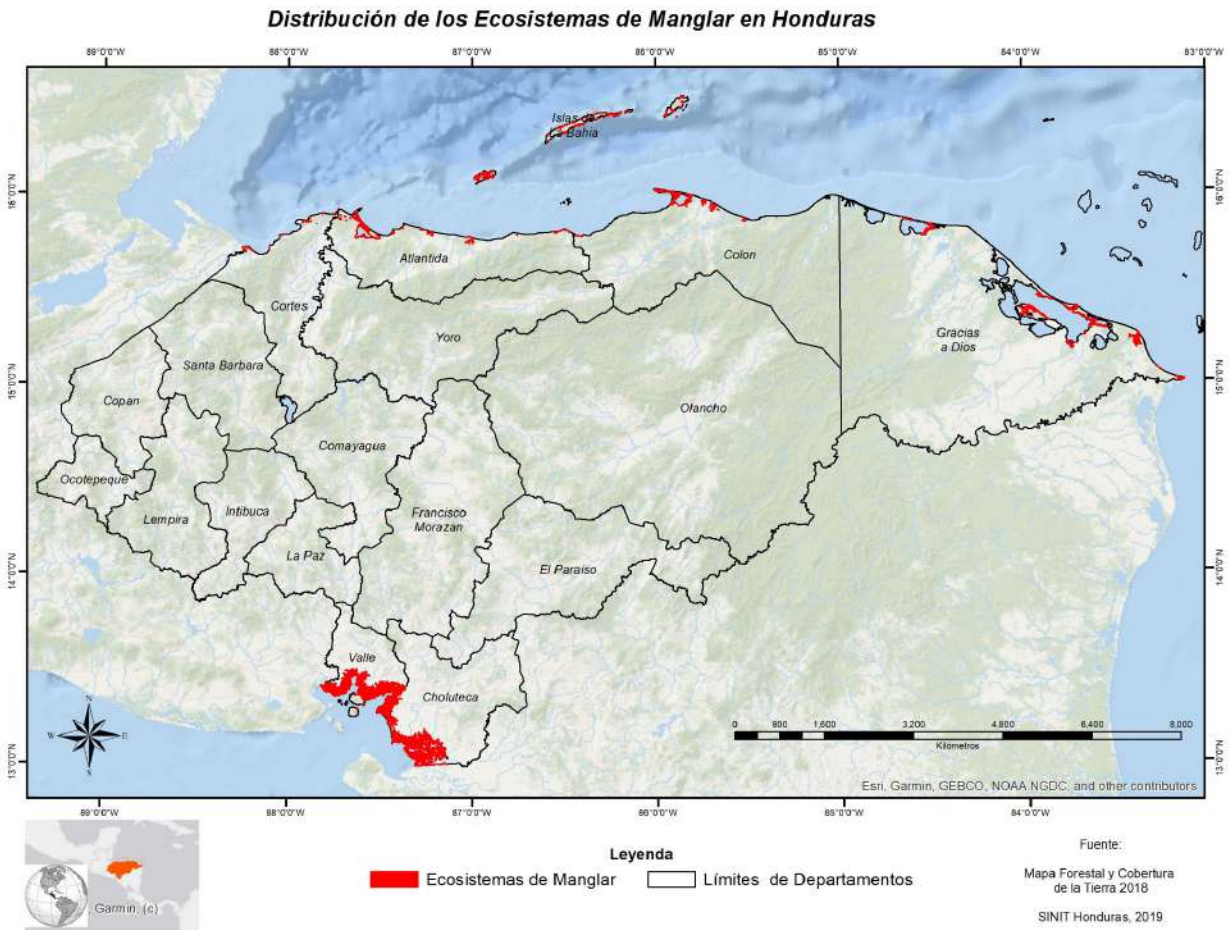


Ilustración 3.1. Distribución de los ecosistemas de manglar en Honduras en el año 2018

Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2018 (ICF, 2021)

Superficie de manglares en el litoral del Pacífico de Honduras

En el litoral del Pacífico todos los municipios costeros presentan ecosistemas de manglar. En la Tabla 3.4 se puede observar que el departamento de Choluteca cuenta con tres municipios (Choluteca, Marcovia y Namasigüe), que en conjunto presentan cerca del 45% de la cobertura de manglar en el Pacífico hondureño, mientras que el porcentaje restante de manglares se encuentra en el departamento de Valle y sus municipios (Alianza, Amapala, Goascorán, Nacaome y San Lorenzo).

A nivel municipal, en el Gráfico 3.3 se puede observar que los municipios con menor cobertura de manglar en el litoral del Pacífico son Namasigüe y Goascorán (<0.5%), mientras que los municipios de Choluteca, Alianza y Marcovia cada uno cuenta con más del 20% de los manglares del litoral Pacífico de Honduras. La mayoría de esta cobertura de manglar pocas veces se encuentran asociada con otras especies terrestres o de otros humedales.

Tabla 3.4. Superficie de ecosistemas de manglar por municipio en el litoral del Pacífico. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)

Litoral del Pacífico	Departamento	Municipio	Superficie (ha)	Superficie (%)
	Choluteca	Choluteca	8,990.10	22.4%
		Marcovia	9,096.20	22.7%
		Namasigüe	53.5	<0.5%
	Valle	Alianza	9,023.30	22.5%
		Amapala	1,522.20	3.8%
		Goascorán	68.2	<0.5%
		Nacaome	6,417.60	16.0%
		San Lorenzo	4,985.30	12.4%
	TOTAL		40,156.40	100%

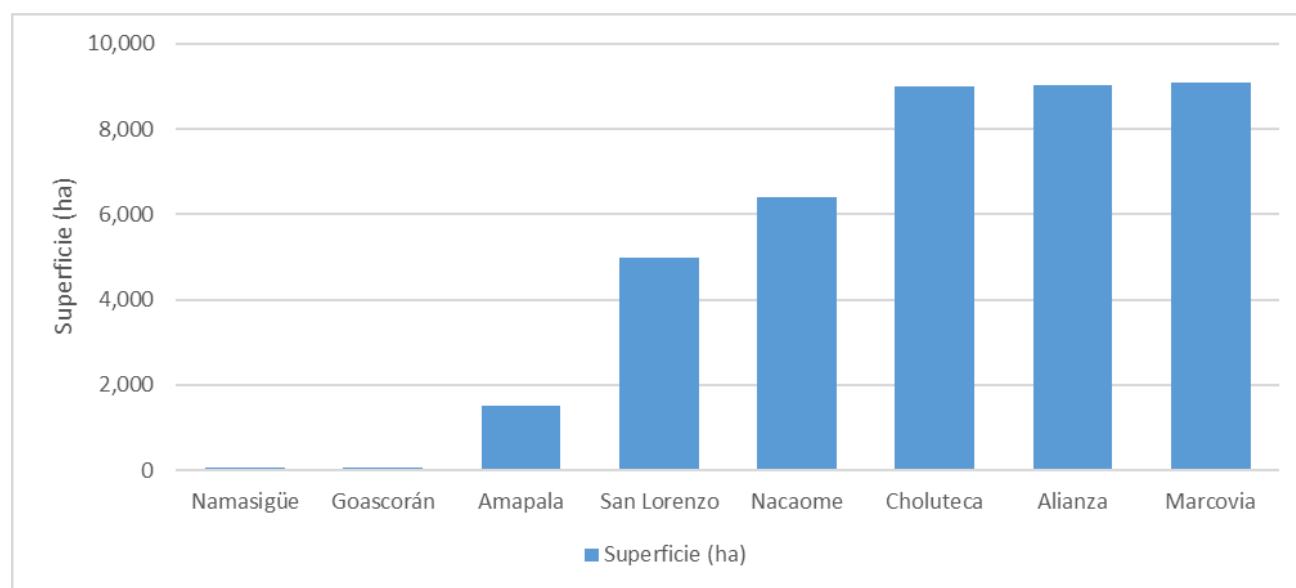


Gráfico 3.3. Superficie de ecosistemas de manglar a nivel municipal en el litoral del Pacífico en el año 2014. Las barras muestran la cobertura de manglar en ha y los números en porcentaje reflejan la contribución total. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)

Superficie de manglares en el litoral del Atlántico

El litoral del Atlántico presenta el 23% de los ecosistemas de manglar del país en los cinco departamentos costeros que lo conforman. En la Tabla 3.5 se puede observar que la mayoría de los municipios que se ubican en el litoral del Atlántico, cuentan con menos del 15% de la cobertura de manglar total para este litoral en el país, mientras que solo dos municipios, Trujillo en el departamento de Colón y Puerto Lempira en el departamento de Gracias a Dios, albergan alrededor del 50% de los manglares en el litoral del Atlántico. En esta región los manglares se caracterizan por desarrollarse en asociación con el bosque latifoliado húmedo, en franjas poco extensas sin adentrarse en las zonas elevadas. Como puede observarse en el Gráfico 3.4, el 73% de los municipios del litoral de Atlántico presentan menos del 7% de la cobertura de manglar para este litoral, incluso hay municipios en que las coberturas son menores al 1% (<10 ha). Cabe resaltar que aunque la cobertura de manglar en estos municipios sea mínima, estos ecosistemas brindan importantes servicios ambientales para las comunidades aledañas.

Tabla 3.5. Superficie de ecosistemas de manglar por municipio en el litoral del Atlántico. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)

	Departamento	Municipio	Superficie (ha)	Superficie (%)
Litoral del Atlántico	Atlántida	Esparta	97.1	0.8%
		Jutiapa	350	3.0%
		Tela	1,565.50	13.3%
	Colón	Balfate	91.9	0.8%
		Santa Rosa de Aguán	60.1	0.5%
		Trujillo	3,060.80	25.9%
	Cortés	Omoa	6	0.1%
		Puerto Cortés	92.6	0.8%
	Gracias a Dios	Brus Laguna	284.1	2.4%
		Puerto Lempira	2,967.50	25.1%
		Ramón Villeda Morales	776.1	6.6%
	Islas de la Bahía	Guanaja	300.9	2.5%
		José Santos Guardiola	470.4	4.0%
		Roatán	137.6	1.2%
		Utila	1,553.90	13.2%
	TOTAL		11,814.50	100%

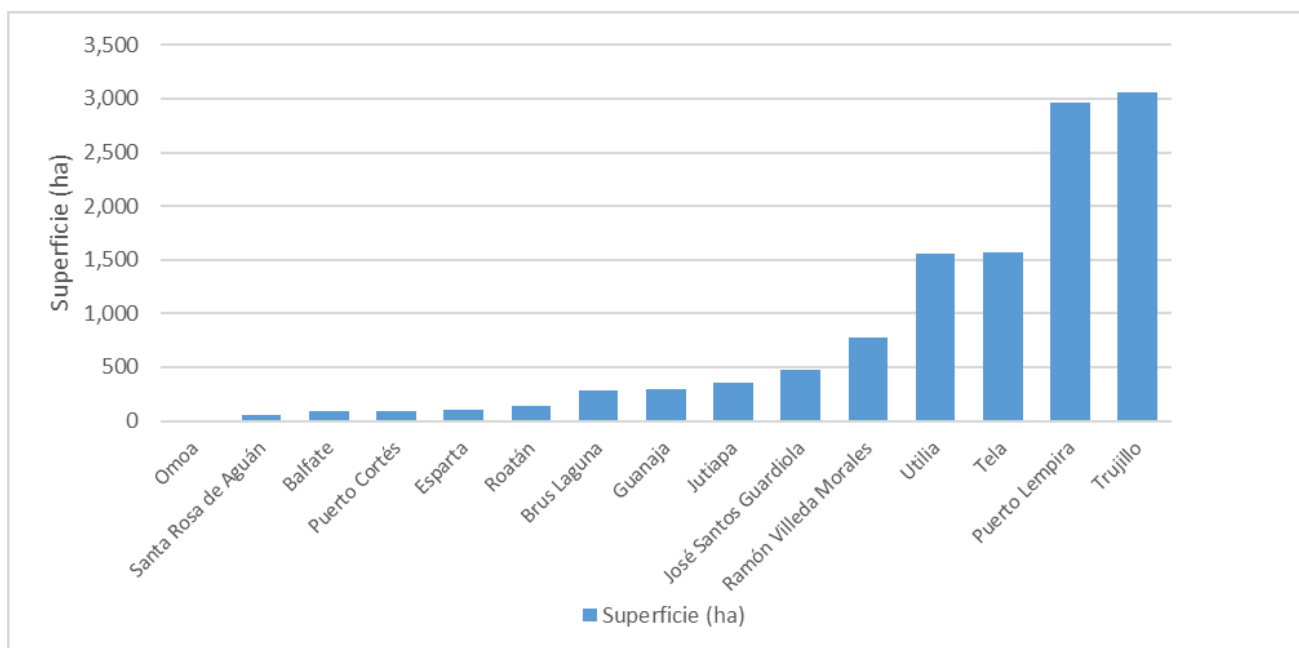


Gráfico 3.4. Superficie de ecosistemas de manglar a nivel municipal en el litoral del Atlántico. Las barras muestran la cobertura de manglar en ha y los números en porcentaje reflejan la contribución total Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)

ESPECIES DE MANGLE EN HONDURAS

Los ecosistemas de manglar pueden presentar una o más especies de mangle. Los litorales de Honduras cuentan con seis especies arbóreas: *Rhizophora mangle* (i. e., Mangle Rojo), *Laguncularia racemosa* (i. e. Mangle Blanco), *Avicennia germinans* y *A. bicolor* (i. e. Mangle Negro), *Conocarpus erectus* (i. e. Mangle Botoncillo), y *Pelliciera rhizophorae*, conocido como Mangle Piñuelo o Laulu en la lengua miskitu. Esta última especie se ha identificado y registrado en una zona específica de La Mosquitia hondureña, por el Departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). El género *Pelliciera* se distribuye desde Honduras hasta Ecuador (Nelson & Pérez, 2018). Un ejemplo de la distribución sobre la línea de costa de estas especies se muestra en la Ilustración 3.2.

En ambos litorales de Honduras se presentan rodales de árboles de mangle en óptimas condiciones (p. ej. sanidad, calidad de fuste, etc.) y buen estado de desarrollo, alcanzando alturas de 25 a 30 m. Así mismo se localizan zonas con manglares de tamaños reducidos, llamados comúnmente “mangle enano, chaparro o bajillales”, que se caracterizan por árboles que no superan los 5 m de altura.

Los manglares enanos se desarrollan en áreas expuestas a altas salinidades, temperaturas bajas o vientos muy fuertes, así como en sedimentos con poca disponibilidad de nutrientes (Lovelock et al. 2004).

En Honduras, los manglares que se desarrollan en áreas de transición pueden estar con especies arbóreas del bosque latifoliado húmedo, especialmente en el litoral del Atlántico, donde se ha identificado asociaciones con *Paquiria aquatica* (i. e. Zapotón), *Virola koschnyi* (i. e. Sangre Real), *Grias cauliflora*, *Calophyllum brasiliense* (i. e. Santa María), *Myrcia splendens*, *Helicarpus* sp, *Chrysobalanus icaco* (i. e. Icacó), *Terminalia catappa* y *Pterocarpus officinalis* (i. e. Sangre).

En el caso de los manglares del Pacífico, se encuentran rodales homogéneos de Mangle Rojo, Mangle Blanco y Mangle Negro, con muy poca o casi nula presencia de otras especies. Además, las superficies de manglar son extensas, donde solamente se ven interrumpidas por cuerpos de agua, cambios de uso de suelo y la proximidad a tierras altas.

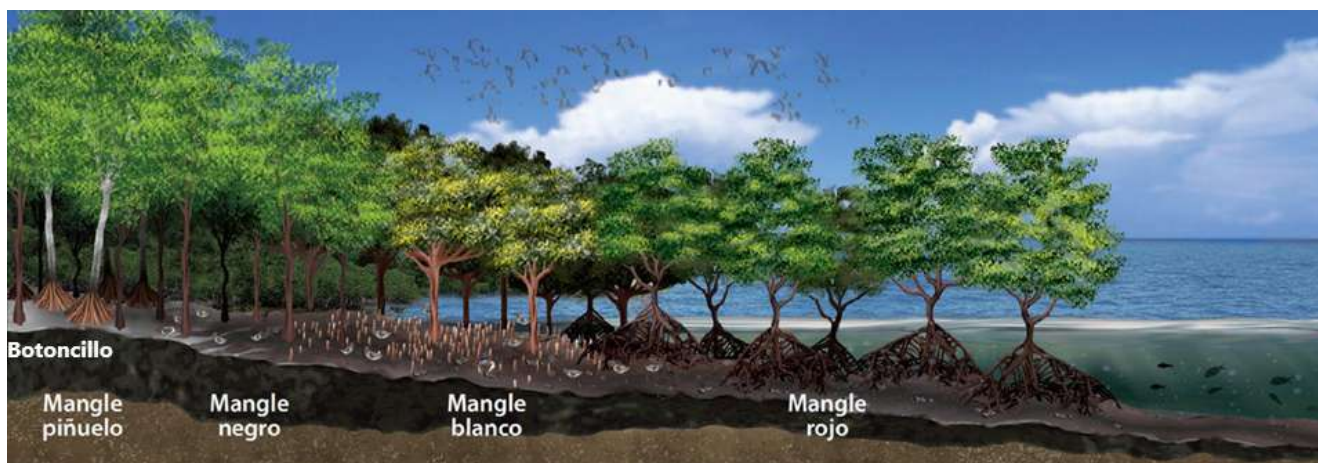
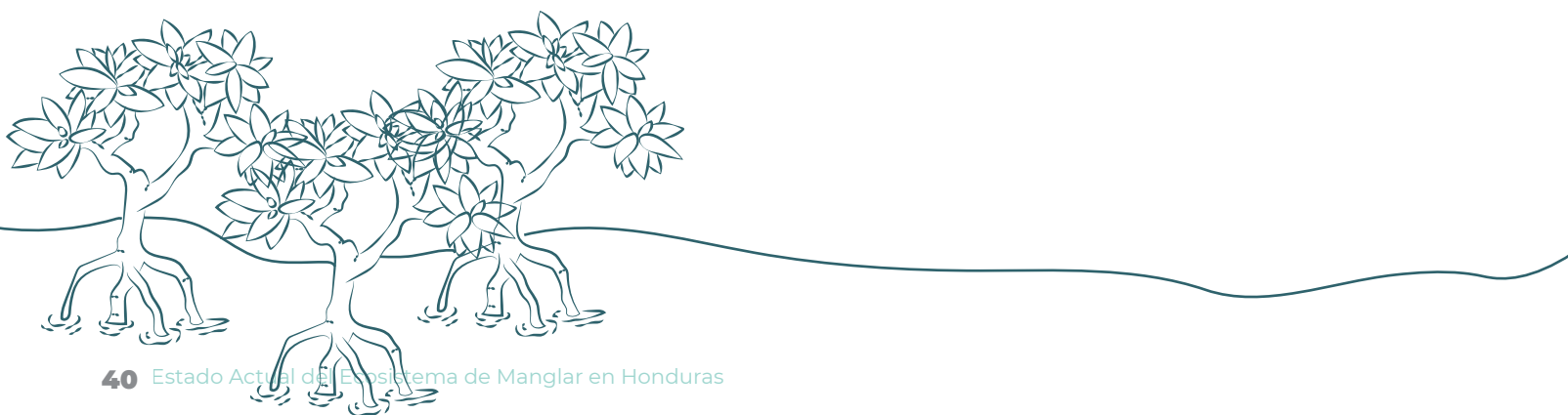


Ilustración 3.2. Especies de mangle en los litorales de Honduras. Ejemplo de la distribución de especies sobre la línea de costa
Fuente: (MiAMBIENTE, ARAP, PNUD, CI, & Wetlands, 2018)



Rhizophora mangle (Mangle Rojo)

R. mangle pertenece a la familia Rhizophoraceae, la cual cuenta con alrededor de 120 especies distribuidas en 16 géneros, siendo *Rhizophora* el más conocido. Este género se caracteriza por dominar las partes más anegadas de los ecosistemas de manglar. Esta especie tiene múltiples usos, desde maderable, medicinal, curtiente, para construcción y melífero (CONABIO, 2008). En la Ilustración 3.3 se muestra una fotografía de un bosque de manglar dominado por *R. mangle* en el municipio de Marcovia, departamento de Choluteca.

R. mangle es un árbol de entre 2 a 25 m de altura, que en algunos casos alcanza los 35 m o más. Se caracteriza por sus raíces aéreas en forma de zancos, con pequeños poros llamados lenticelas. (CONABIO, 2013).

Esta especie presenta una corteza de color olivo pálido con manchas grises, pero si se raspa adquiere un color rojo. La corteza es amarga, dura, de textura lisa a rugosa y apariencia fibrosa que se desprende fácilmente en escamas. Presenta frutos de tipo baya de color pardo, coriácea, duros, piriformes, farinosos, de 2 a 3 cm de largo por 1.5 cm de ancho en la base y con cáliz persistente (CONABIO-CONANP, 2009).

El fruto es ovoide de color café oscuro con una sola semilla que germina dentro del fruto, cuando aún está unido al árbol nodriza, y donde el tallo embrionario (hipocótilo) comienza a crecer. Es frecuente ver los hipocótilos anclados y colgando de los árboles de manglar. Los hipocótilos se desprenden una vez que alcanzan unos 20-40 cm de largo (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016). Un ejemplo de la floración y frutos de esta especie se muestra en las Ilustraciones 3.4 y 3.5.



Ilustración 3.3. Bosque de *R. mangle* (i. e. Mangle Rojo)
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca



Ilustración 3.4. Flores y frutos de *R. mangle* (i. e. Mangle Rojo)
Foto tomada de: Wikimedia Commons (Thomas, 2009)



Ilustración 3.5. Hojas y fruto de *R. mangle* (i. e. Mangle Rojo)
Foto tomada de: (Hong, 2013)

Las flores son pequeñas, de 2.5 cm de diámetro, con cuatro sépalos lanceados, gruesos y coriáceos, también cuatro pétalos blancos amarillentos. Las hojas son simples, opuestas, pecioladas, redondeadas, elípticas a oblongas, éstas se aglomeran en las puntas de las ramas, su color es verde oscuro en el haz y amarillentas en el envés (CONABIO, 2008).

En Honduras, *R. mangle* es la especie de manglar más abundante, encontrándose en los siete departamentos costeros, y ubicándose en la línea o borde de los cuerpos de agua. Esta especie se presenta en diferentes condiciones y grados de desarrollo, sus rodales más vigorosos y con mayor desarrollo se encuentran en la comunidad costera de Saraguayna, del municipio de Puerto Cortés, litoral del Atlántico. Un resumen de las características de *R. mangle* se presenta en la Tabla 3.6.



Ilustración 3.6. Bosque de *L. racemosa* (i. e. Mangle Blanco)
Foto: Equipo INF, Tornabé, Tela, Atlántida

Laguncularia racemosa (Mangle Blanco)

L. racemosa (Mangle Blanco) es una especie de la familia Combretacea. que puede alcanzar hasta 20 m de altura, y su corteza es fisurada o agrietada de color café oscuro. Su sistema de raíces es poco profundo, algunas veces sobresalen del suelo y se ubican cerca del tronco. Cuando se forman raíces, éstas pueden ser de gran tamaño, extendidas y horizontales, y a partir de ellas se desarrolla un subsistema en forma de clavija arriba y debajo de la superficie, llamados neumatóforos. Estas raíces tienen forma de maza, y en sus cabezas terminales tienen un tejido especial para la ventilación (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016). Esta especie usualmente crece en las orillas de las lagunas salobres o en desembocaduras de ríos con influencia de la marea (CONABIO, 2008). Un ejemplo de un bosque de *L. racemosa* en el municipio de Tela del departamento de Atlántida se muestra en la Ilustración 3.6.

L. racemosa presenta flores pequeñas blancas y aromáticas en espiga en la punta de las ramas (ver un ejemplo de esta inflorescencia en la Ilustración 3.7). Las partes externas de la flor se fusionan formando un tubo con cinco lóbulos de 2 a 3 mm. Las flores presentan cinco pétalos pequeños, blancos, redondeados, de 1 mm de largo. Las flores masculinas y las femeninas se desarrollan en diferentes individuos (dioica), (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016).

Sus frutos son sedosos y carnosos, tienen forma de botella aplanada, miden entre 1 a 2.5 cm de largo y tienen varios surcos longitudinales, un ejemplo de éstos se muestra en la Ilustración 3.8. La semilla generalmente empieza a germinar dentro del fruto cuando este se encuentra adherido al árbol (Mejía Quiñones, Molina, San Juan Muñoz, Grijalba Bendeck, & Niño Martínez, 2014).

Las hojas son opuestas, elípticas y redondeadas tanto en la base como en el ápice, llegan a medir desde 4 a 10 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho; la parte superior de la hoja, el haz, es verde oscuro brillante y la parte inferior, el envés, es verde amarillento. La base de las hojas, llamada pecíolo mide de 4 a 15 mm y posee un par de glándulas cerca de la base de la lámina, las cuales ayudan a expulsar el exceso de sal (CONABIO-CONANP, 2009).

En Honduras, el Mangle Blanco se localiza en ambos litorales. Los rodales con mayor desarrollo y en mejores condiciones de sanidad y calidad de fuste, se encuentran en el litoral del Atlántico, en la Aldea de Tornabé, Municipio de Tela; en Lis Lis, Balfate en el Departamento de Colón; en los Cayos Cochinos; en el Municipio de Roatán y en la comunidad de Cauquira, Municipio de Puerto Lempira. Un resumen de las características de *L. racemosa* se presenta en la Tabla 3.6.



Ilustración 3.7. Inflorescencias de *L. racemosa* (i. e. Mangle Blanco)
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca



Ilustración 3.8. Frutos y hojas de *L. racemosa* (i. e. Mangle Blanco)
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca



Ilustración 3.9. Bosque de *A. germinans* (i. e. Mangle Negro)
Foto: Equipo INF, La Brea, Nacaome, Valle



Ilustración 3.10. Hojas y frutos de *A. germinans* (i. e. Mangle Negro)
Foto: Equipo INF, San Lorenzo, Valle



Ilustración 3.11. Hojas y flores de *A. germinans* (i. e. Mangle Negro)
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca

Avicennia germinans (Mangle Negro)

A. germinans es una especie arbórea de la familia Acanthaceae, que puede llegar a alcanzar una altura entre 10 y 20 m, en condiciones de crecimiento óptimo hasta 30 m. Tiene una corteza externa negra, con fisuras que forman pequeñas placas rectangulares (CONABIO-CONANP, 2009). Esta especie rebrota bien al ser cortada. En la Ilustración 3.9 se muestra un bosque de *A. germinans* en el municipio de Nacaome del departamento de Valle. Alrededor de los árboles de esta especie se forman una gran cantidad de raíces que emergen en pequeños tubos erectos, alargados, llamados neumatóforos. Los neumatóforos son fundamentales para que el árbol pueda obtener oxígeno cuando incrementa el nivel de marea (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016).

Las hojas son opuestas, coriáceas y persistentes, de color verde amarillento, a menudo con vellos y cristales de sal en la parte posterior, también presenta glándulas de secreción salina, ubicadas en la epidermis superior e inferior de la hoja. Estas son las encargadas de liberar importantes cantidades de sal (Núñez Ravelo & Ugas Pérez, 2018). Dichas hojas miden entre 8 y 15 cm de largo, y 2 a 4 cm de ancho. Son hojas lanceoladas, con la punta o ápice no muy agudo, bordes lisos y base aguda. El pecíolo o tallito que sostiene la hoja es corto y ligeramente acanalado por arriba (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016). En las Ilustraciones 3.10 y 3.11 se muestra hojas y frutos de *A. germinans*.

A. germinans presenta inflorescencia en pedúnculos terminales y dicotomearios, ternados y multiflorales; las flores son pequeñas de corola casi coriácea, de color blanco, mientras que el fruto es ovalado, achatado y vellosa. Las semillas germinan frecuentemente dentro del fruto, cuando éste aún se encuentra adherido al árbol.

Además, las semillas son recalcitrantes, por ello no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a bajas temperaturas, ya que pierden su viabilidad rápidamente, razón por la cual deben ser sembradas inmediatamente en caso de manejo (Núñez Ravelo & Ugas Pérez, 2018).

En Honduras esta especie puede encontrarse en el litoral del Atlántico y del Pacífico. Los rodales con mayor desarrollo se encuentran en la comunidad de Chachaguala, Omoa y Cortés en el Atlántico. Un resumen de las características de *A. germinans* se presenta en la Tabla 3.6.

Avicennia bicolor (Mangle negro)

Avicennia bicolor es una especie de manglar perteneciente a la familia Acanthaceae, encontrándose solamente en el litoral del Pacífico. Mide de 5 a 20 m de alto y presenta neumatóforos alrededor de la base. (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María, 2016). Esta especie habita desde el sur de México hasta Colombia. Se encuentra en el Golfo de Fonseca el cual se extiende en los países de El Salvador, Honduras y Nicaragua). *A. bicolor* se desarrolla a la orilla de esteros, en suelos estables y elevados. Su corteza es blanquecina o café-grisáceo claro y lisa (en contraste con la café-grisáceo oscura y en placas de *A. germinans*) (CATIE, 2003). En la Ilustración 3.12 se muestra un árbol de *A. germinans* y a lado uno de *A. bicolor* en un bosque de manglar en el municipio de Alianza en el departamento de Valle.

Esta especie presenta hojas simples y opuestas, de 8 a 12 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, ovaladas, ovado-oblongas, con un fuerte contraste de colores entre el haz y envés, siendo el haz mucho más oscuro. EL haz no presenta vellosidades, característica con la cual se puede diferenciar de *A. germinans*, ya que ésta última tiene cristales en el haz y el envés.



Ilustración 3.12. *A. germinans* (gris oscuro) y *A. bicolor* (gris claro)
Foto: Equipo INF, El Cubulero, Alianza, Valle



Ilustración 3.13. Hojas de *A. bicolor* (i. e. Mangle Negro)
Foto: Equipo INF, El Cubulero, Alianza, Valle



Ilustración 23. Hojas y flores de *Avicennia bicolor*
Foto: (Pérez, 2014)

El envés es ligeramente vellosa y generalmente está cubierto por cristales de sal. En la Ilustración 3.13 se muestra un ejemplo de hojas de *A. bicolor*. La madera de esta especie es empleada para la construcción de muebles, soleras, horcones, postes de cercas y leña para carbón (CATIE, 2003).

A. bicolor presenta inflorescencia sin vellosidad en forma de panícula de espigas 2 a 3 compuestas, de 10 cm de largo y de 10 a 20 cm de ancho. Sus flores casi siempre en pares bien separados en el raquis y de bráctea floral oblonga. El fruto es una cápsula redondeada y lisa de 1 a 2 cm de largo (CONABIO-CONANP, 2009). Un ejemplo de esta inflorescencia se muestra en la Ilustración 3.14.

En Honduras, esta especie solo se ha registrado en el Golfo de Fonseca, en las comunidades costeras de Choluteca y Valle, ubicándose en áreas de mayor elevación y asociada con *A. germinans*. En ocasiones se presenta en forma de mangle enano con crecimiento y tallas reducidas. Un resumen de las características de *A. bicolor* se presenta en la Tabla 3.6.

Conocarpus erectus (Mangle Botoncillo)

C. erectus es una especie de la familia Combretaceae que crece en las costas de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, incluyendo el Caribe y Centroamérica. La especie se distribuye desde México hasta Brasil en la Costa Atlántica, y de México a Ecuador en la Costa del Pacífico. El Mangle Botoncillo es un árbol o arbusto con alturas de entre 5 a 7 m, de corteza fisurada, gruesa y amplias placas delgadas, con una coloración en escala de color gris a castaño (CONABIO-CONANP, 2009). Es la especie de manglar que se desarrolla en áreas más elevadas, en las partes más altas y arenosas. A veces también se localiza en las playas (Moreno-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María,



Ilustración 3.15. Árboles de *C. erectus* (i. e. Mangle Botoncillo)
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca

2016). Por su ubicación en zonas más elevadas, en Honduras es la especie que más se ha cortado para extender los terrenos ganaderos. En la Ilustración 3.15 se muestra un árbol de *C. erectus* en el municipio de Marcovia en el departamento de Choluteca.

C. erectus es un arbusto endémico de América, suele tener múltiples troncos tortuosos, con corteza estriada de color gris oscuro. Puede encontrarse con dos variantes distinguibles entre sí por sus hojas con presencia o no de una cubierta de tricomas (vellocidades). Este género también presenta glándulas secretoras de sal en ambas epidermis (Núñez Ravelo & Ugas Pérez, 2018).

Las hojas son alternas, simples y oblongas, de 2 a 7 cm de longitud (raramente de 10 cm de largo) y de 1 a 3 cm de ancho, con una disminución en la punta; son de color verde oscuro y brillante en el haz, y de tono pálido, con pelos finos y sedosos por el envés; la base de cada hoja tiene dos glándulas (CONABIO, 2009).

La especie presenta inflorescencias que se convierten en fruta agregada, redonda y de color castaño. Los frutos tienen forma de glóbulo y contienen una gran cantidad de semillas. Son árboles dioicos, es decir que las flores femeninas y masculinas están en árboles distintos (CONABIO, 2009). En las Ilustraciones 3.16 y 3.17 se muestran ejemplos de inflorescencias, hojas y frutos en *C. erectus*.

Las flores están agrupadas sobre estructuras en forma de cabezas redondeadas al final de las ramas y son olorosas. Se producen muchas semillas que se llaman nuececillas y son aladas, ya que tienen forma de escamas. Las flores son muy pequeñas y miden 1 a 3 mm de largo. Florecen casi todo el año, aunque durante las lluvias es más aparente (Moreno-Casasola, Patricia; Infante



Ilustración 3.16. Inflorescencias de *C. erectus* (i. e. Mangle Botoncillo)
Foto tomada de: (Duggan, 2016)



Ilustración 26. Hojas y frutos *Conocarpus erectus*
Foto: Equipo INF, Punta Ratón, Marcovia, Choluteca

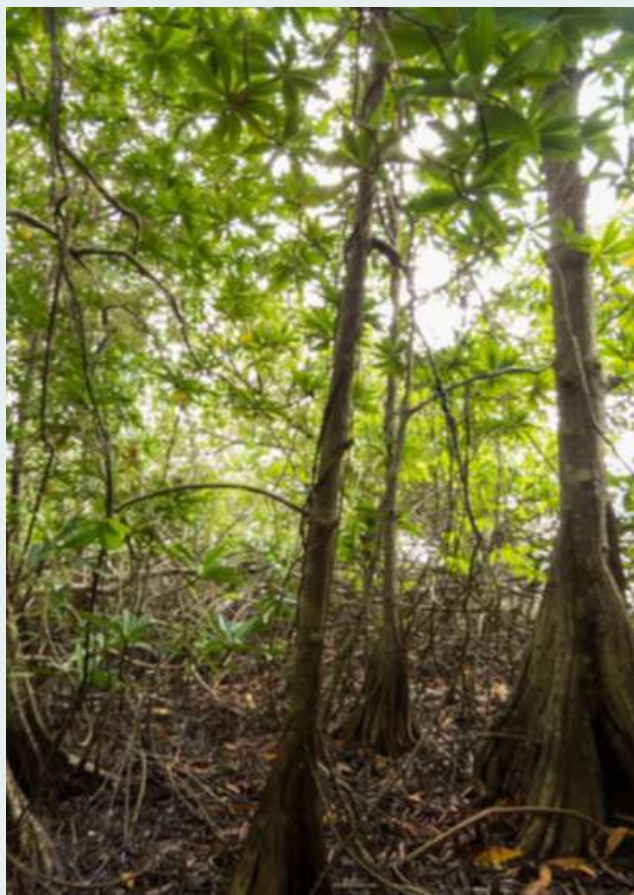


Ilustración 3.18. Árboles de *P. rhizophorae* (i. e. Mangle Piñuelo o Laulu)
Foto tomada de: (Nelson & Pérez, 2018)



Ilustración 3.19. Hojas de *P. rhizophorae* (i. e. Mangle Piñuelo o Laulu)
Foto tomada de: (Nelson & Pérez, 2018)

Mata, Dulce María, 2016). Un resumen de las características de *C. erectus* se presenta en la Tabla 3.6.

Pelliciera rhizophorae (Mangle Piñuelo o Laulu)

Esta especie de mangle pertenece a la familia Tetrameristaceae, y hasta hace un tiempo se desconocía de su existencia en el territorio hondureño. Según diversos estudios solamente se había localizado desde Nicaragua hasta Ecuador en el litoral del Atlántico, sin embargo, una investigación realizada en el año 2017 evidenció la presencia de esta especie en Honduras (Nelson & Pérez, 2018),

La población de Mangle Piñuelo o Laulu (en la lengua Miskitu), es muy reducida y cubre apenas un área de 0.03 ha, con una población estimada de 900 individuos. Fue localizada en Katski Almuk, barra de la laguna de Caratasca, 15°21'36" N 083°44'22" W. en el Departamento de Gracias a Dios (La Mosquitia) (Nelson & Pérez, 2018). Un ejemplo de esta especie se muestra en la Ilustración 3.18.

La altura de los árboles encontrados fue de 15 m, con una densidad de 3.5 plántulas/m². Las flores son de color blanco y los frutos tienen forma de nabo con ranuras longitudinales (Ilustración 3.19) (Nelson & Pérez, 2018).

Se reconoce fácilmente cuando baja la marea por sus gambas (i. e. raíces triangulares que se originan en la base de algunos árboles), y que son de hasta 60 cm de altura en forma de cohete. Sus hojas son de 5.5 a 18.5 cm de largo por 1.6 a 5 cm de ancho, sésiles, de ovado-elípticas a obovado-elípticas, glabras, coriáceas, a menudo glandular-aserradas a lo largo del lado más ancho de la lámina en hojas jóvenes. Ápice de agudo a obtuso. Margen entero a lo largo del lado más

estrecho de la lámina, venación poco visible excepto el nervio central que es prominente por el envés (Jiménez & Murillo, 2011) .

Sus flores son blancas, en algunos casos rosadas pálidas, sésiles, envueltas por 2 brácteas, de 7 por 2 cm. Sépalos de oblongo-elípticos a obovados, cóncavos, glandular y punteados en el centro. Pétalos usualmente blancos, ocasionalmente rosados y ovados. Estambres con los filamentos hasta de 3.5 cm (Jiménez & Murillo, 2011). Un ejemplo de esta inflorescencia puede observarse en la Ilustración 3.20.

La especie presenta frutos leñosos, en forma de cabeza, irregularmente surcados, con el ápice acuminado o picudo, de 7 a 10 cm (incluido el ápice), por 6 a 8 cm de ancho y 2 a 3 cm de grueso, pardos verduzcos cuando están jóvenes, se tornan pardo rojizo cuando están viejos. Semillas con el cotiledón de aproximadamente 8 cm (Jiménez & Murillo, 2011).

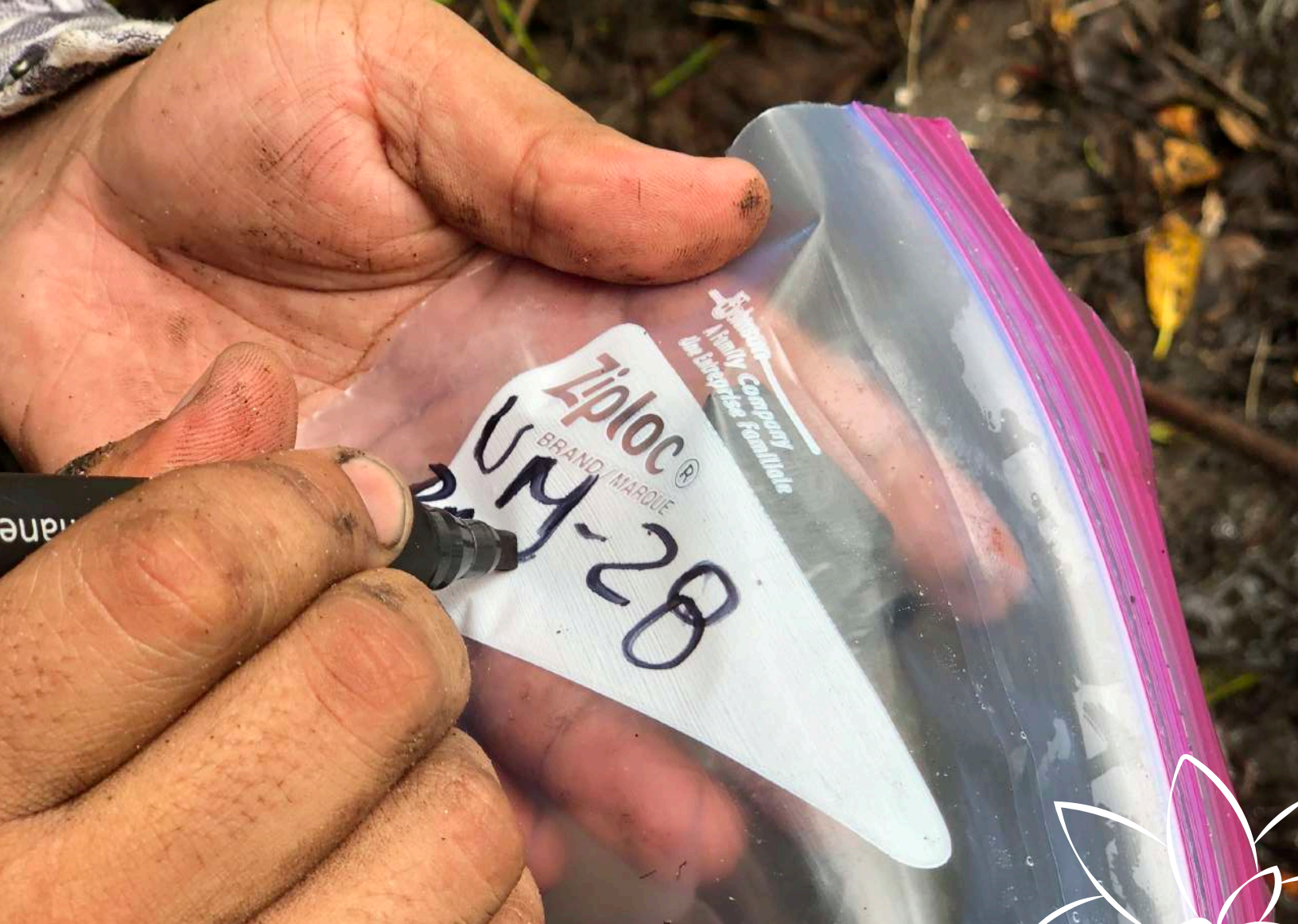
A manera de resumen en la Tabla 3.6 se muestra una comparación de las diferentes especies de manglar que se presentan en los litorales de Honduras. Como se puede observar existen diferencias en como las especies de mangle se distribuyen en la línea de costa, estas diferencias están relacionadas con las adaptaciones fisiológicas que cada especie de mangle tiene (i.e., tipos de raíces, floraciones, frutos, etc.) para establecerse y crecer en el ecosistema.



Ilustración 29. Hojas y flores de *Pelliciera rhizophorae*
Foto; (Nelson & Pérez, 2018)

Tabla 3.6. Principales características de las especies de mangle en los litorales de Honduras. Fuente: (MAP & CORALINA, 2001)

Tipo	<i>R. mangle</i> (Mangle rojo)	<i>A. germinans/A. bicolor</i> (Mangle Negro)	<i>L. racemosa</i> (Mangle Blanco)	<i>C. erectus</i> (Mangle Botoncillo)	<i>P. rhizophorae</i> (Mangle Piñuelo o Lau lu)
Distribución en la línea de costa	Bordes costeros, ríos, lagunas, con mayor exposición al intercambio mareal	Usualmente en áreas más elevadas, detrás del Mangle Rojo, en áreas con menor exposición al intercambio mareal	Usualmente en áreas más elevadas, detrás o en combinación con el Mangle Negro, en áreas con menor exposición al intercambio mareal	Cerca del mar en áreas de piedras, playas y bermas	Usualmente en áreas más elevadas, detrás del Mangle Negro y Mangle Rojo
Raíces	Zancos gruesos o raíces de apoyo, con presencia de raíces aéreas delgadas	Rodeado de raíces de tipo neumatóforos (raíces que sobresalen de la superficie y que facilitan el intercambio de gases)	Raíces gruesas y protuberantes, no tiene raíces de apoyo y en algunos casos puede desarrollar neumatóforos	No tiene raíces de apoyo, ni aéreas	Raíces de apoyo en forma de cohete, usualmente de talla menor que las del Mangle Rojo
Aspecto de Hojas	Grandes, redondeadas y opuestas	Largas y delgadas, con cristales de sal en la parte posterior y opuestas	Redondeadas, a veces con ramas rosáceas y opuestas, con presencia de glándulas en la base	Largas, delgadas y alternas, con presencia de glándulas en la base	Agrupadas al final de las ramas, opuestas con glándulas en los bordes
Flores	Amarillo cremoso, con cuatro pétalos puntiagudos	Blancas, con cinco pétalos	Blancas y muy pequeñas	Muy pequeñas, en racimos	Grandes blancas, sésiles y solitarias, tienen cinco sépalos
Frutos	Plántulas en forma de torpedo, usualmente ancladas al árbol nodriza	De una pulgada de largo y aplanados	Verdes y nervudos, en racimos	En racimos, con semillas redondas	Con pericarpio, color marrón rojizo y un espolón terminal



Capítulo 4

COLECTA Y PROCESAMIENTO DE DATOS

COBERTURA DE MANGLAR Y ESTABLECIMIENTO DE UNIDADES DE MUESTREO

COLECTA DE DATOS DE CAMPO Y PROCESAMIENTO

DASOMÉTRIA E ÍNDICES ECOLÓGICOS

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CARBONO



COBERTURA DE MANGLAR Y ESTABLECIMIENTO DE UNIDADES DE MUESTREO

Los datos de cobertura que se presentan en esta obra se tomaron de los resultados oficiales del Mapa Forestal y Uso de la Tierra escala 1:25,000 (ICF, 2014). Este mapa fue generado con imágenes del sensor RapidEye, con una resolución espacial de 5 m. El producto cartográfico generado contiene 26 categorías donde se distinguen tipologías de bosque, como: latifoliado (húmedo y deciduo), conífera (denso y ralo), manglar (alto y bajo), tique y mixto.

También se identifican vegetación en recuperación después de alguna intervención humana (vegetación secundaria: húmeda y decidua), zonas urbanas (continuas y discontinuas), cuerpos de agua (artificiales, lagos y lagunas naturales y otras superficies) y agricultura tecnificada (ICF, 2014). Esta metodología utilizó como referencia el sistema internacional de Corine Land Cover, desarrollada en el programa CORINE (Coordination of Information on the Environment). Dicho sistema fue adaptado a Honduras, y se utilizó para describir, caracterizar y clasificar la cobertura de la superficie terrestre con base en categorías jerárquicas definidas y las condiciones locales del territorio nacional (ICF, 2014).

Los resultados de este producto son descritos de manera general para la cobertura de manglar y para las cuatro regiones costeras donde se desarrolla esta cobertura. La información también fue utilizada para la distribución aleatoria de las unidades de muestreo (UM) correspondientes al ecosistema de manglar del Inventario Nacional Forestal (INF) de Honduras (ICF, 2017).

Brevemente, el INF es un instrumento de evaluación de políticas públicas enfocadas al manejo y conservación del sector forestal en el país, y está orientado al servicio de tomadores de decisiones, como planificadores, gerentes, legisladores, directores de proyectos, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así como municipalidades y dirigentes locales (ICF, 2017).

La distribución de las UM estuvo basada en la separación del territorio en más de 6,000 polígonos, donde cada polígono representó cerca del 0.015% del país. En cada uno de estos polígonos, aleatoriamente se identificó un punto en el espacio donde se estableció una UM. Para el caso del manglar, durante el primer ciclo de muestreo en el 2005 se estableció una UM; para el segundo ciclo de medición (2015), la UM del primer ciclo fue reevaluada y se estableció una segunda UM. En el tercer ciclo de medición (2017) se volvieron a evaluar las dos primeras UM y se agregaron 54 UM más a nivel nacional.



Los resultados que esta obra muestra corresponden a las 56 UM evaluadas durante el tercer ciclo de medición del INF.

Con la intensificación de la muestra en los manglares de Honduras se buscó representar la variabilidad de cerca del 0.022% de esta cobertura. Así, en cada UM se realizó la colecta cuantitativa y cualitativa del estado de los ecosistemas de manglar en el país. Las 56 UM fueron establecidas en las cuatro regiones del país (i. e. Islas de la Bahía, Atlántico, La Mosquitia y el Pacífico) y sus siete departamentos (i. e. Islas de la Bahía, Cortés, Atlántida, Colón, Gracias a Dios, Choluteca y Valle).

Con la finalidad de validar la presencia de manglar en las UM e identificar la posible asociación de especies de mangle con otros tipos de vegetación, en cada una de las UM se colectó información de la cobertura de la tierra en 15 puntos distribuidos aleatoriamente. Con esta información y en el marco del INF, la cobertura de manglar se agrupó de acuerdo con:

- Nivel 1 (Bosque u otras coberturas): Bosque
- Nivel 2 (Tipo de bosque): Manglar
- Nivel 3: (Estado de sucesión):
 - » Maduro (BOGMa; Bosque de Manglar Maduro). Bosque con árboles que presentan las tasas máximas de crecimiento.
 - » Medio (BOGMe; Bosque de Manglar Medio). Bosque con árboles de alturas mayores a 5 m y que aún no han llegado a su estado de madurez
 - » Joven (BOGJo; Bosque de Manglar Joven). Bosque con árboles de alturas menores a 5 m.

Estas categorías fueron usadas para describir el grado de desarrollo de los manglares de Honduras a nivel regional y departamental.



COLECTA DE DATOS DE CAMPO Y PROCESAMIENTO

Diseño de Unidades de Muestreo

Las UM se diseñaron de acuerdo a la metodología del INF. Como se observa en la Ilustración 4.1, cada UM se formó por 3 parcelas circulares de estructura anidada, orientadas de sur a norte y separadas por una distancia de 50 m entre los centros de cada parcela.

Cada parcela se separó en 3 subparcelas circulares denominadas parcelas anidadas (PAN), con dimensiones y variables a medir específicas. La PAN1 fue de 15 m de radio, la PAN2 de 6 m de radio y la PAN3 de 3 m radio. Este diseño se muestra en la Ilustración 4.1.

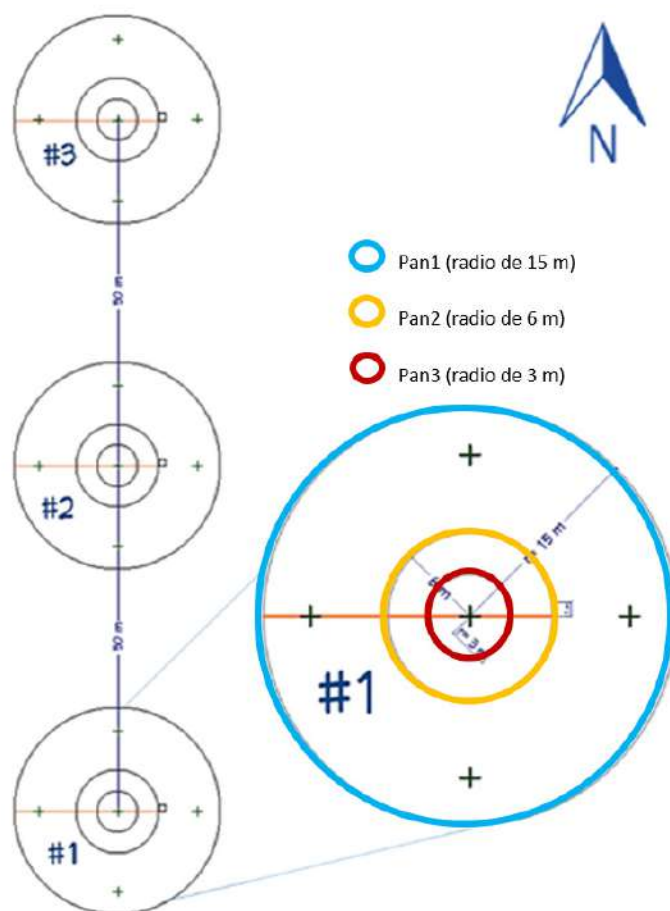


Ilustración 4.1: Diseño de las UM en los ecosistemas de manglar por parte del Inventario Nacional Forestal (INF). En los manglares se establecieron 56 UM de este tipo. Las características de las UM y subparcelas son detalladas en las Tablas 4.1 y 4.2.

Colecta de datos de campo

La metodología de muestreo del INF contempló la colecta de diferentes variables para estimar la condición de los manglares del país. Los formatos para la colecta de datos fueron estandarizados, de manera que la información fuera comparable entre las UM y las diferentes coberturas de bosque. Los elementos que se colectaron en cada UM se enlistan en la Tabla 4.1. Cabe mencionar que también se realizó la colecta de muestras botánicas de las especies arbóreas de mangle. Las muestras fueron identificadas, colectadas, secadas, almacenadas y montadas por expertos del Herbario del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Honduras, UNAH "Cyril Hardy Nelson Sutherland TEF".

Tabla 4.1. Categorías de información cuantitativas y cualitativas colectadas en las UM del Inventario Nacional Forestal (ICF, 2017)

Elementos	Variables
Información general de la UM	Ubicación, cuadrilla de campo y descripción de acceso.
Aspectos socioeconómicos del poblado	Nombre, grupo étnico, población, actividades productivas, dinámica poblacional, historial y servicios disponibles.
Datos de las parcelas	Fechas, tiempos, coordenadas, croquis, relación con UM anteriores y puntos de referencia.
Clase de uso de la tierra (CUT)	Tipo de cobertura, origen del bosque, tenencia, presencia de incendios y plagas forestales.
Datos relevantes	Cobertura de copas, cobertura arbustiva, perturbaciones antropogénicas, perturbaciones naturales, relación con áreas protegidas, relación con microcuenca, relación con planes de manejo forestal y designación de uso.
Arboles (PAN1 y PAN2)	Nombre común y científico, colecta de muestra botánica, azimut (desde el centro de parcela), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura al DAP, altura total del árbol, altura de fuste o quebradura, distancia (desde el centro de parcela), calidad de fuste, condición fitosanitaria, estatus del árbol y número de tallos.
Tocones (PAN2)	Nombre común, nombre científico, azimut, distancia, diámetro a la base, diámetro superior, altura de tocón, años del tocón, condición.
Datos de suelo	Pendiente, exposición, profundidad, materia orgánica, fisiografía, textura y drenaje.
Regeneración (PAN3)	Nombre común y científico, número de individuos.
Madera muerta caída (transecto)	Diámetro, distancia, estado de descomposición y pendiente del transecto.
Hojarasca	Peso húmedo, grado de humedad y estado de descomposición.

En la Tabla 4.2 se enlistan las variables registradas en cada UM, considerando el tipo de subparcela, así como la cantidad y el área en m² que pudiera representar la variable. En la Ilustración 4.2 se esquematizan estas variables.

Tabla 4.2. Variables medidas en las parcelas de las UM. Estas variables se representan de manera gráfica en la Ilustración 4.2. (ICF, 2017)

Registro de Variables	Forma y Tamaño de Subparcela	Cantidad	Área UM (m ²)
PAN1: Árboles con DAP \geq 20 cm	Circular de 15 m de radio	3 por UM	2,120.58
PAN2: Árboles con DAP \geq 10 cm y DAP $<$ 20 cm y tocones con diámetro \geq 10 cm en la base.	Circular de 6 m de radio	3 por UM	339.29
PAN3: Regeneración, árboles con DAP $<$ 10 cm y altura \geq 1.3 m.	Circular de 3 m de radio	3 por UM	84.82
Uso o cobertura del suelo	Cinco puntos dentro del PAN1, uno en el centro y los cuatro restantes a 11.6 metros del punto central en dirección a los cuatro puntos cardinales (N, E, S y O)	15 por UM	Cada punto representa 141.37 m ²
Hojarasca	Parcelas cuadradas de 1 m ²	3 por UM	3
Carbono orgánico y densidad aparente en suelo	Centro de subparcela cuadrada de 1 m ² donde se tomó la muestra de hojarasca. La muestra es de 1 m de profundidad.	4 (carbono) y 1 (densidad aparente) por UM	
Madera muerta caída \geq 10 cm de diámetro	Transectos de 21 metros en dirección E-O. El transecto inicia a 6 metros del punto central de la PAN1 con azimut de 90 grados y pasando por el centro de la PAN1.	3 por UM	
Madera muerta caída \leq 10 cm de diámetro y \geq 5 cm de diámetro.	Primeros 6 metros del transecto de 21 metros de la PAN1 en dirección al centro de la parcela.	3 por UM	
Fuego y plaga	Estimación del porcentaje de la parcela que está afectada		

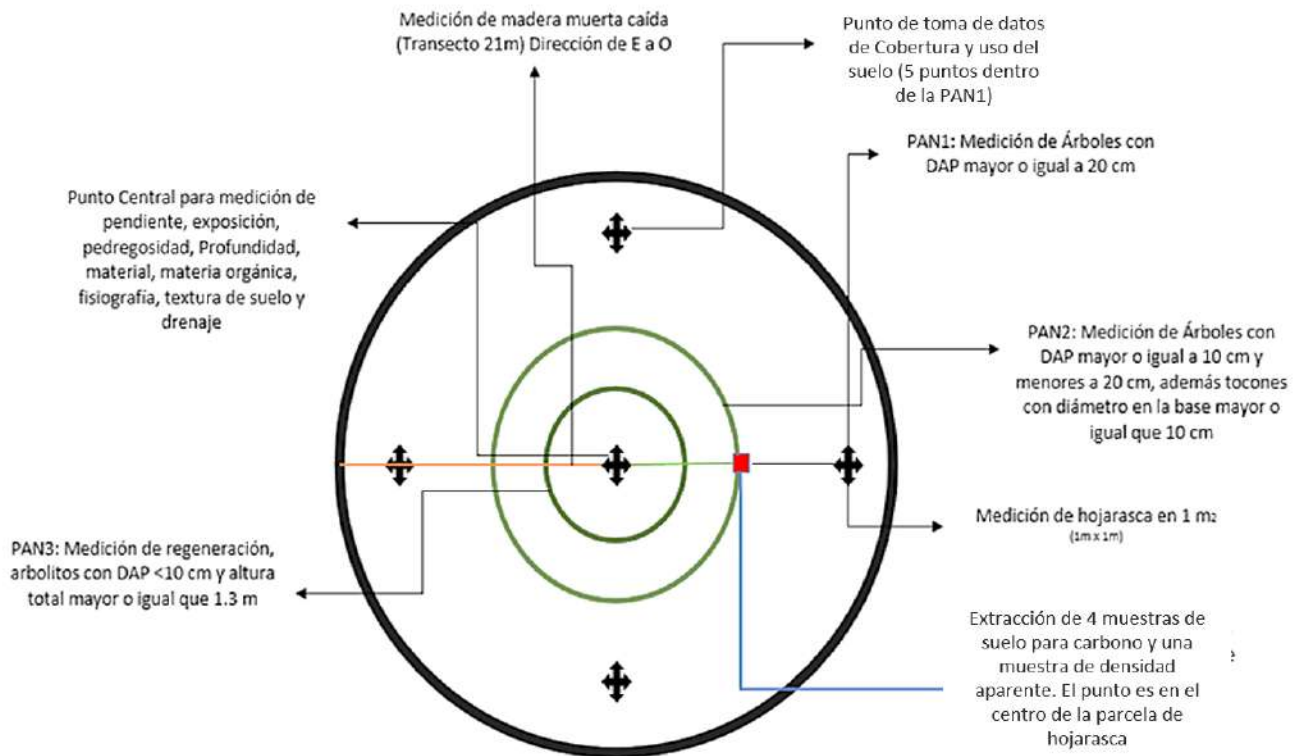


Ilustración 4.2. Diseño de las parcelas que conforman las UM y sus elementos por medir. Todos estos elementos fueron considerados para el muestreo en manglares.

Uso de dispositivos móviles para colecta de datos

La colecta de información en campo se realizó con dispositivos móviles (tabletas/celulares) mediante el software Silva Metricus¹ (Visual FoxPro, versión Android, 2017). En este software se adaptaron formatos (plantillas) diseñados en el manual de campo del INF a digital. Silva Metricus ha sido desarrollado para la colecta (versión móvil) y estimación (versión escritorio) de datos de inventarios forestales, y es utilizado desde el año 2017 por técnicos del INF de las Oficinas Regionales. Con el uso de Silva Metricus se evita la transcripción de información, además permite el almacenamiento de fotografías de las UM y de las variables medidas, todas ellas asignadas a una ubicación espacial. También es posible detallar el acceso a las UM, facilitando los futuros procesos de control de calidad y remediación. En la Ilustración 4.3 se muestra un ejemplo de una fotografía adquirida con el software Silva Metricus, así como una lista de los registros considerados en una UM.

¹ Disponible en: <http://silvahn.com/>

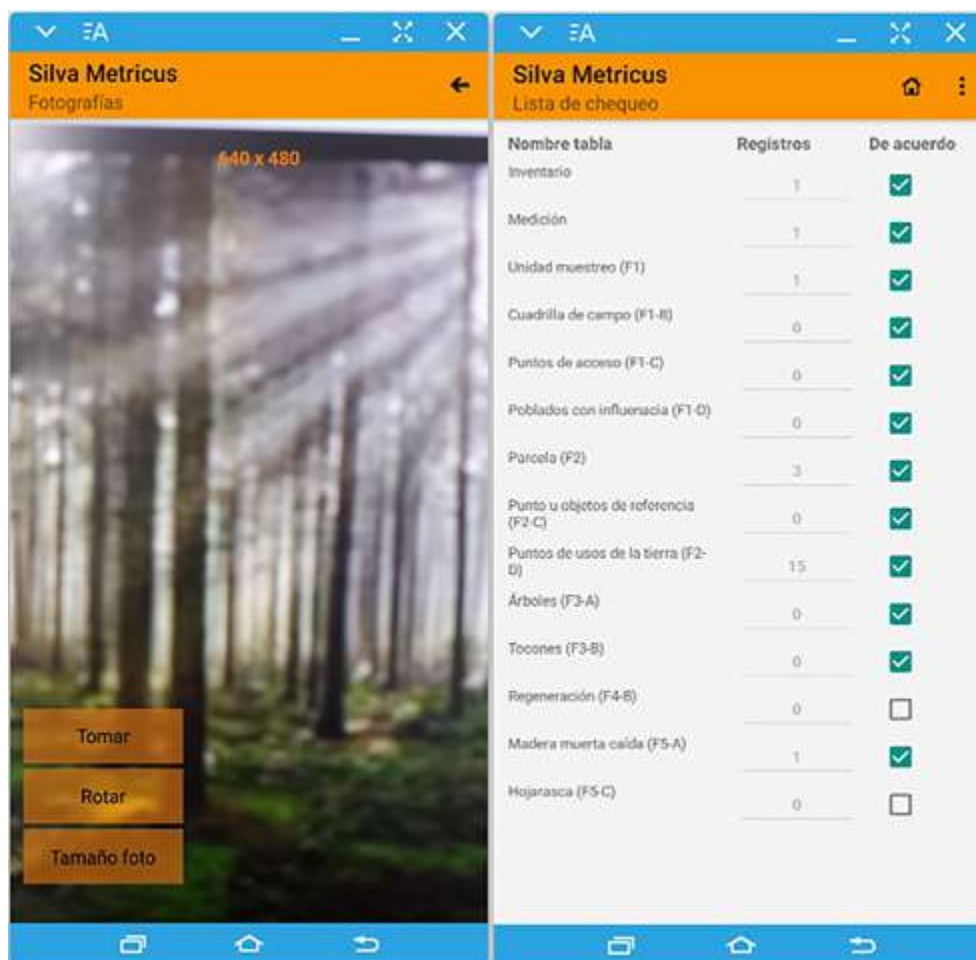


Ilustración 4.3. Interfaz del software Silva Metricus utilizado para colecta de datos en campo por parte del INF Fuente: (Calderón & Scott, 2017)

Materiales y equipo

Para la colecta de datos de campo se utilizaron diferentes equipos y materiales, que permitieron la medición y colecta de información de todas las variables. Estos materiales y equipos fueron:

- Tablet/Celular
- GPS (geoposicionador) con la mayor precisión posible
- Brújulas
- Cinta métrica (50 m)
- Cinta diamétrica (10m)
- Clinómetro
- Cámara fotográfica digital

- Reloj
- Machete y lima
- Piocha
- Jalones con medida conocida
- Cinta vinílica fluorescente
- Bolsas plásticas para colectas de herbario
- Libreta de campo
- Tablero para portar formularios
- Balanza para pesar hojarasca
- Lápices de carbón y de tinta
- Botiquín de primeros auxilios
- Bolsas plásticas para los instrumentos de medición y formularios
- Baterías alcalinas para GPS
- Binoculares (deseable)
- Mapas con la ubicación de las UM y parcelas
- Manual de campo
- Formularios de campo digitales e impresos en caso de falla de tableta o celular
- Marcas permanentes (tubos galvanizados de 1/2" y 50 cm de largo para marcaje de parcelas)
- Base de datos para ingreso de información
- Nota de identificación de las cuadrillas de campo



Procesamiento de datos

Una vez finalizada la colecta de campo, todos los datos fueron sometidos a una serie de revisiones y control de calidad. Una de las etapas del control de calidad fue la integración de todas las bases de datos que contenían la información de las UM. Este proceso se realizó con la finalidad de generar un archivo unificado con las UM establecidas en los manglares del país. En esta etapa se realizó una revisión exhaustiva de las bases de datos a fin de identificar y corregir inconsistencias o vacíos en los valores registrados; este proceso se realizó en la versión de escritorio del software Silva Metricus², y de manera conjunta con los grupos de trabajo para contar con las aclaraciones respectivas en caso de ser necesarias.

En la versión de escritorio del software Silva Metricus³ también se realizaron los cálculos de los estratos de manglar evaluados. Estos cálculos consistieron en determinar las proporciones de área por tipo de bosque, volumen, estado fitosanitario, distribución de diámetros, perturbaciones (naturales y antropogénicas), frecuencia de especies, entre otros. En esta obra, todas las variables son reportadas en unidades de la variable por hectárea, por región y por departamento. Algunas de ellas también se detallan por especie de mangle. Los resultados de este análisis se presentan en el Capítulo 5.

Volumen de madera, regeneración y estado fitosanitario

La estimación del volumen de madera se realizó por especie de mangle por región del país y para cada uno de sus departamentos. La metodología del INF incluyó la colecta de información dentro de las áreas protegidas (AP) del país, reportando el porcentaje de volumen de madera por tipo de zona. Por ejemplo, Zonas Núcleo, determinadas para uso restringido y sirven para proteger, conservar o mantener a perpetuidad los hábitat y especies críticas; y Zonas de Amortiguamiento, que son áreas perimetrales contiguas a las zonas núcleo donde se puede realizar prácticas de uso múltiple como turismo y pesca artesanal regulada. Toda esta información es reportada en m³/ha.

En esta obra se reporta la regeneración de las especies de mangle por región y departamento, considerando la frecuencia de plántulas por hectárea. La evaluación de la regeneración (i.e. natural o plantada) incluyó la identificación de las especies y su respectiva frecuencia, a fin de determinar la dinámica del ecosistema en etapas iniciales (e.g., analizar las variables que condicionan el establecimiento de las especies).

² Disponible en: <http://silvahn.com/>

³ Disponible en: <http://silvahn.com/>



Estos datos son insumos que pueden servir en la toma de decisiones referentes al manejo de regeneración o restauración de áreas, tomando en consideración los valores promedios por hectárea.

Respecto al estado fitosanitario, éste se reporta en porcentaje por región, considerando si los mangles se encuentran sanos o presentan afectaciones por plagas de insectos, hongos, fuego, entre otros. También se presenta el número de árboles y su porcentaje de afectación (leve, severo o muerto). Los resultados de este apartado se presentan en el Capítulo 5 de resultados.

Estimación de índices ecológicos

El objetivo de los índices ecológicos es determinar la riqueza y diversidad de especies arbóreas en los manglares de Honduras. Estos cálculos se realizaron a nivel de UM y se promediaron los valores para cada región. Estos índices se encuentran disponibles para su uso y estimación en el software Silva Metricus.

Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (IVI) muestra la importancia ecológica de las especies dentro del ecosistema, y se determinó considerando la suma relativa de densidad, frecuencia y dominancia de cada especie:

$$IVI = Fr + DEr + DOr$$

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia de las especies

Fr = Frecuencia relativa en porcentaje

DEr = Densidad relativa en porcentaje

DOr = Dominancia relativa en porcentaje

Índice de riqueza específica de Margalef

El índice de Margalef estima riqueza de especies, usando el número de especies presentes en la comunidad (S) de manera independiente al tamaño de la muestra, basándose en la relación entre S y el número total de individuos observados (N).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

DMg = Índice de Riqueza Específica de Margalef

S = número de especies

N = número total de individuos

Según Moreno (2001), la riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de éstas.

Índice de abundancia proporcional de Simpson

El Índice de abundancia proporcional de Simpson muestra la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una muestra sean de la misma especie. El índice de Simpson toma en cuenta la importancia de las especies más dominantes.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

A medida que λ aumenta, la diversidad disminuye. λ toma valores entre cero y uno, y se acerca a uno en el límite de un monocultivo.

Índice de abundancia proporcional de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Weiner es una estimación balanceada de la diversidad, es decir, mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una muestra. Los valores típicos son generalmente entre 1.5 y 3.5 en la mayoría de los estudios ecológicos, el índice rara vez es mayor a 4.

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

Dónde:

H' = Índice de Abundancia Proporcional de Shannon-Wiener

p_i = frecuencias relativas de cada especie.



ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO

Para las estimaciones de biomasa viva, biomasa muerta y carbono en suelo, se utilizaron las variables evaluadas con el INF, según los tipos de depósitos que se muestran en la Tabla 4.3. La estimación de biomasa viva se realizó con las ecuaciones alométricas que se presentan en la Tabla 4.4, donde se detallan los factores de conversión de cada una de ellas, así como las variables dasométricas empleadas para aplicar las ecuaciones. Desde el punto de vista forestal, la alometría permite estimar variables como la biomasa, el volumen, el diámetro basal, etc. de un árbol, en función de otra variable medida (por ejemplo, su diámetro). Así, una ecuación alométrica formaliza cuantitativamente dicha relación, que puede o no ser lineal (Picard, Saint-André, & Henry, 2012). Con esta información se generaron sumatorias y promedios para reportar tipos de biomasa por región y departamento.

Tabla 4.3. Depósitos de carbono estimados con las variables colectadas en las UM a través del INF. Fuente: (ICF, 2017) y (FAO, 2020)

Depósito de Carbono	VARIABLES	Descripción
Biomasa aérea	Árboles	Vegetación arbórea viva en sus diferentes estados de desarrollo $DAP \geq 10$ cm.
Biomasa subterránea	Raíces	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro, se excluyen porque no se les puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.
Madera muerta	Árboles muertos	Árboles muertos en pie con $DAP \geq 10$ cm y con altura superior a los 3 m
	Madera muerta caída	Incluye toda la biomasa leñosa no viva que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera sobre la superficie y raíces muertas. Para Honduras se sugieren diámetros ≥ 5 cm
	Tocones	Parte del tronco de un árbol que permanece unida a las raíces después de un aprovechamiento o extracción ($DAP \geq 10$ cm). En caso de que sea un tronco quebrado por viento se considerara tocón si es menor a 3 m de altura desde el suelo.
Hojarasca	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. e. 5 cm), en diversos estados de descomposición por encima del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se define habitualmente en las tipologías de suelos.

Suelo	Muestras (carbono)	Carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluyendo turba). Muestras tomadas hasta a una profundidad de 1 m.
-------	--------------------	--

Tabla 4.4. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de biomásas y volumen a partir de los datos colectados y procesados de las UM

APLICACIÓN	ECUACIÓN O FACTOR	REFERENCIA
Biomasa aérea	(2) $ba = (0.0673 * (P * dap^2 * H)^{0.976}) / 1000$	Chave et al., 2014 (latifoliados)
Biomasa subterránea	$b \quad v_{toc} = \frac{[(d_1/100)^2 + (d_2/100)^2]}{2} * \frac{\pi}{4} * h$	Cairns, Brown, Helmer, & Baumgardner, 1997
Volumen de tocones		Smalian citado por Ferreira, 2005
Volumen madera muerta caída	$V = 1.2337 / L * D^2$	(Calderón & Scott, 2017)
Biomasa de hojarasca	$B = PS / 1000000 * 10000 / (0.33 * 3)$	(Calderón & Scott, 2017)

Nota: Biomasa aérea (ba= biomasa aérea. P= densidad. dap= diámetro a la altura del pecho. H= altura total); Biomasa subterránea (bs= biomasa subterránea; ba= área basal); Volumen de tocones (vtoc= volumen de tocón. d1= diámetro en la base. d2= diámetro en la punta. h= altura del tocón); Volumen madera muerta caída (V= volumen. L=longitud del transecto. D= diámetro de la pieza de madera muerta); Biomasa de hojarasca (B= biomasa de hojarasca. PS=peso seco).

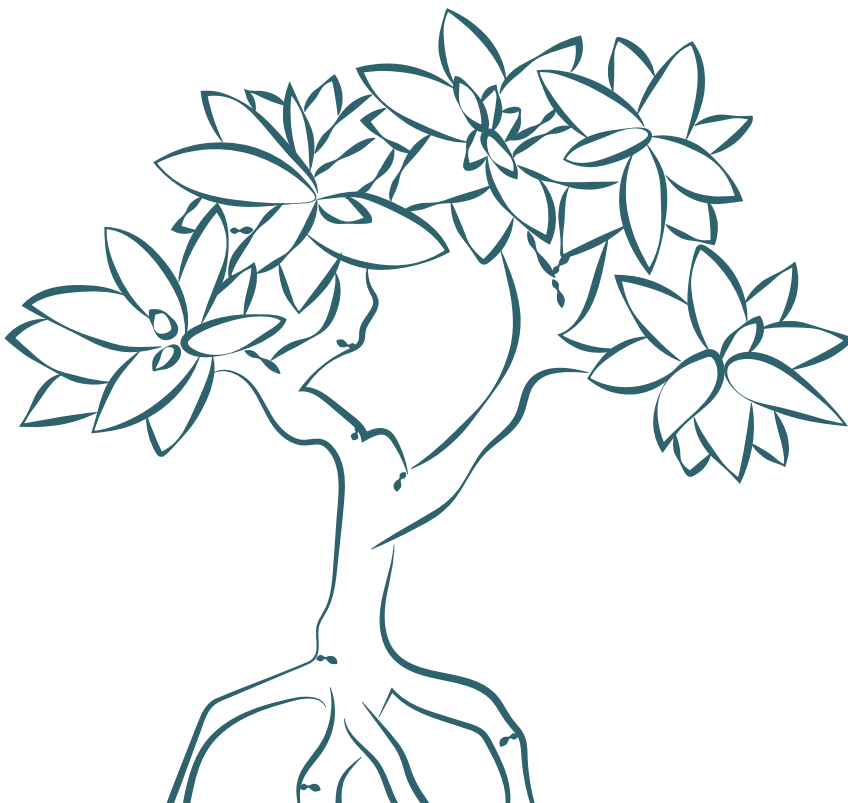
La estimación de los diferentes depósitos de carbono en los manglares fue variable. Para el depósito de madera muerta caída, los factores de conversión de biomasa a carbono fueron de 0.5, 0.4 y 0.3, dependiendo del estado de descomposición de la madera: sólido, intermedio y descompuesto, respectivamente. Para el depósito de tocones los factores de conversión de biomasa a carbono también variaron de 0.5, 0.4 y 0.3, dependiendo de si el tocón no presentaba ningún grado de descomposición, si el grado de descomposición era menor a un año o si el grado de descomposición era mayor a un año. Por otra parte, el contenido de carbono en hojarasca y suelos fue estimado con análisis de laboratorio.

Debido a la relevancia del carbono almacenado en los suelos de los ecosistemas de manglar, el muestreo consistió en la extracción de núcleos de suelo en el centro de la subparcela. Las muestras fueron adquiridas a una profundidad de 100 cm (1 m), y tomando cuatro submuestras a distintas profundidades para cuantificar los porcentajes de carbono. También se colectó una muestra para determinar la densidad aparente. Con estos datos se obtuvieron valores de

volumen (cm³) y de masa (g), que fueron usados para estimar los contenidos de carbono a nivel de hectárea almacenados en este depósito.

Para determinar carbono orgánico y densidad aparente se tomaron cuatro muestras con un nucleador a las siguientes profundidades (Ilustración 4.4):Primera muestra: 0 a 15cm,Segunda muestra: 15 a 30cm,Tercera muestra: 30 a 50cm Cuarta muestra: 50 a 100cm

Las muestras fueron almacenadas por 3 días y transportadas a una temperatura de 10°C. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos del Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras para su análisis. Los análisis incluyeron el tamizado y secado de las muestras (temperatura promedio de secado 40° C) y su peso húmedo, peso seco y la densidad aparente. La determinación de los porcentajes de carbono se realizó en el Laboratorio WHAL de la Standard Fruit de Honduras S.A. Estos



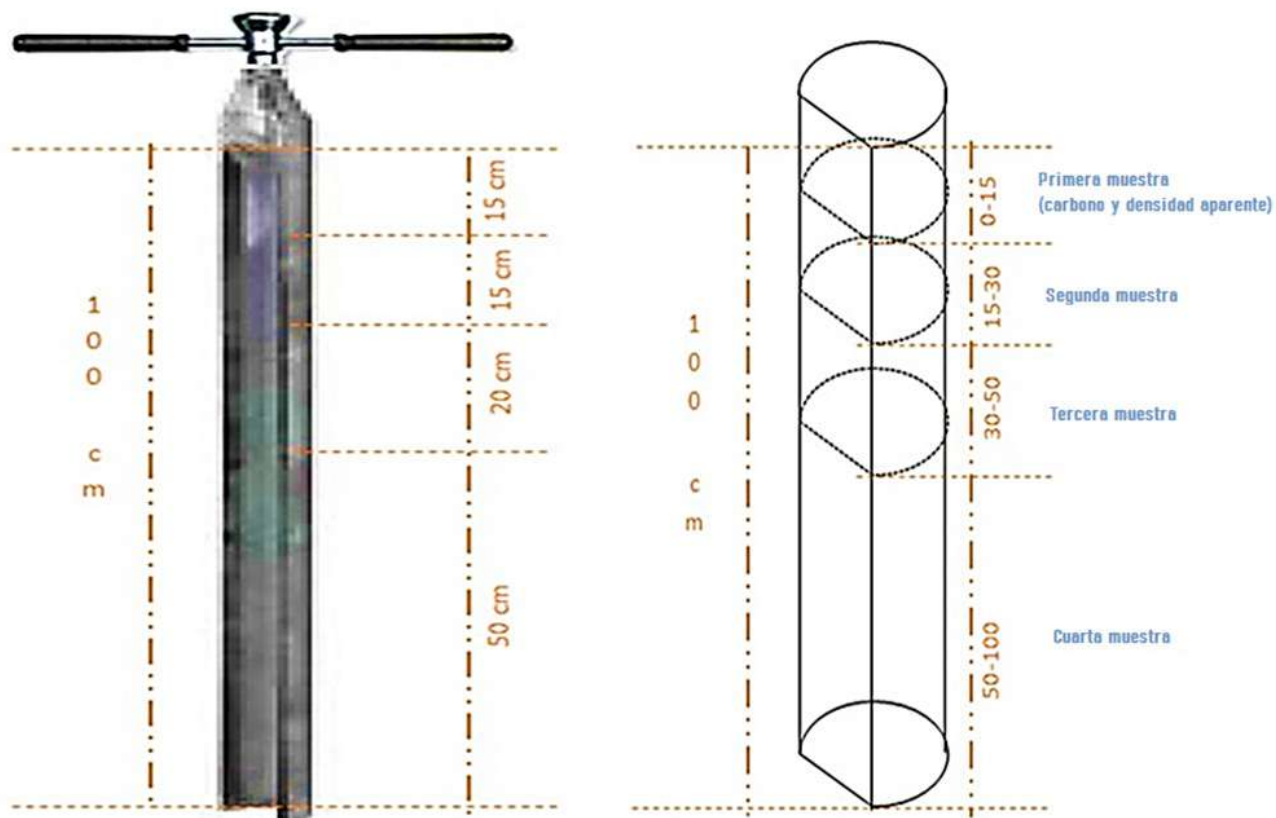


Ilustración 4.4 Nucleador. Instrumento para la extracción de núcleos de suelo para muestras de carbono y densidad aparente. En la ilustración también se observa las diferentes profundidades en las cuales se colectaron muestras de carbono en los suelos de manglar. La muestra para densidad aparente solo se colectó en la primera profundidad, es decir de 0 a 15 cm.

resultados son descritos en el Capítulo 6 por región y departamento.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CARBONO

Para la estimación de los contenidos de carbono almacenados en los ecosistemas de manglar se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitieron la asociación de información colectada en campo y la información espacial de la cobertura del manglar.

La información sobre distribución espacial del contenido de carbono se basó en la información de campo, así como en sus respectivos valores de carbono, es decir la sumatoria de sus depósitos (aéreo, subterráneo, madera muerta, hojarasca y suelo). Como referente espacial se utilizaron archivos en formato ráster con información de la cobertura de manglar a nivel nacional. Estos

productos ráster fueron obtenidos del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2014).

Para la representación espacial del contenido de carbono en los ecosistemas de manglar de Honduras, se utilizó el software comercial ArcGIS (Esri., Redlands, CA.), específicamente la herramienta de Interpolación Ponderación de Distancia Inversa (IDW, por sus siglas en inglés). Esta herramienta utiliza un método de interpolación que estima los valores de los píxeles mediante el cálculo de los valores promedio de los puntos derivados de una muestra de campo, y que son utilizados como base para darle un valor al píxel más cercano. Así, cuanto más cerca está un punto del centro del píxel que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de estimación de la variable (ESRI, 2016). En la Tabla 4.5 se describen los parámetros considerados para generar las interpolaciones. Los productos principales de este proceso fueron archivos raster con estimaciones de los depósitos de carbono en los ecosistemas de manglar de Honduras.

Tabla 4.5. Parámetros y descripción del procedimiento de interpolación Ponderación de Distancia Inversa (IDW). Fuente: (ESRI, 2016)

Nombre del parámetro	Explicación	Tipo de datos
In_Point_Features	Entidades de puntos de entrada que contienen los valores "z" (es decir valores promedios de todos los depósitos de carbono) necesarios para interpolarse en un formato ráster que representara la superficie de los ecosistemas de manglar. Uso del archivo en formato vector de tipo puntos, el cual contenía las coordenadas centrales de cada parcela de las UM.	Vector
Z_Field	Campo que contiene un valor o magnitud para cada punto. Los valores de "z" consistieron en los valores promedios de todos los depósitos de carbono (aéreo, subterráneo, necromasa, hojarasca y suelo), expresados en toneladas por hectárea	Vector
Cell_Size (Opcional)	El tamaño de celda con el que se creó el ráster de salida (producto). Este fue el valor del entorno y se estableció de 5 metros, tomando en cuenta el valor de los píxeles de los archivos ráster utilizados para generar la interpolación (originalmente son de 5 X 5 metros).	Ráster
Power	Exponente de distancia. Este factor controló la significancia de los puntos circundantes sobre el valor de la celda interpolada. Una potencia mayor tiene como resultado una influencia menor en los puntos más alejados. Puede ser cualquier número real mayor a 0, pero los resultados más razonables se obtuvieron con valores de 0,5 a 3. El valor predeterminado fue 2.	Números fraccionarios

Search_Radius
(Opcional)

La clase "Radius" (radio) define el número de puntos de entrada que se utilizaron para interpolar el valor para cada celda en el ráster de salida (producto). Se basó en el número de puntos y la distancia máxima de búsqueda. Estos valores pueden ser predeterminados o definidos por el usuario. Para esta obra se utilizó el valor predeterminado.

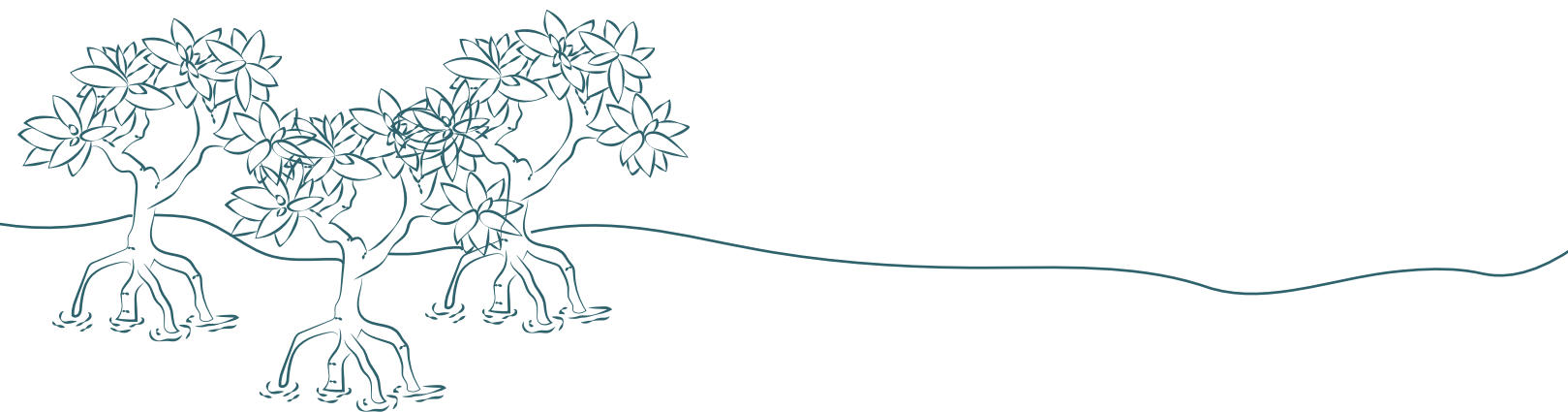
Radius
(radio)

In_Barrier_
Polyline_
Features
(Opcional)

Entidades de tipo vector polilínea que se utilizaron como corte o límite en la búsqueda de puntos de muestra de entrada.

Vector

Finalmente se realizó la comparación de medias entre la información colectada en campo y valores de una muestra aleatoria de píxeles generados con el proceso de interpolación, con la finalidad de determinar el nivel de precisión del proceso de interpolación. El número de puntos de la muestra se definió de acuerdo con la cantidad de parcelas y estratos de manglar evaluados (es decir, maduro, medio y joven). Se usaron un total de 154 puntos de muestreo dentro de los límites del ráster resultante. Estos puntos correspondieron a la coordenada central de cada una de las parcelas en las UM. Los puntos fueron identificados con la herramienta "Create Random Raster" (creación aleatoria de ráster) en el software ArcGIS. Esta función generó un archivo vector de tipo punto con la cantidad de muestras definidas, distribuidas de manera aleatoria y dentro de los límites de la cobertura de manglar. Posteriormente se utilizó la herramienta "Extract Values to Points" (extracción de valores a puntos) para extraer los valores por depósito y compararlos con la información colectada en campo. Estos resultados son mostrados de manera detallada por región en el Capítulo 6.





Capítulo 5

ANÁLISIS Y RESULTADOS

COBERTURA DE MANGLAR EN LAS UNIDADES DE MUESTREO

DASOMETRÍA DE LOS MANGLARES

VOLUMEN DE MADERA

REGENERACIÓN

ESTADO FITOSANITARIO

ÍNDICES ECOLÓGICOS

COBERTURA DE MANGLAR Y UNIDADES DE MUESTREO

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de datos colectados en las unidades de muestreo (UM) del Inventario Nacional Forestal de Honduras, con el fin de caracterizar a los ecosistemas de manglar en función de su dasometría, regeneración, estado fitosanitario e índices ecológicos para las diferentes regiones del país.

En la Tabla 5.1, se muestra la superficie estimada con el mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2014), así como el número de UM establecidas aleatoriamente para cada una de las regiones, durante el tercer ciclo de muestreo del INF. Del total de superficie nacional estimada para este ecosistema, el 77% corresponde a los manglares de la región del Pacífico, mientras las Islas de la Bahía la que presenta la menor cobertura (<5%).

Tabla 5.1. Distribución de las UM del 3er ciclo del INF en los manglares de Honduras, conforme al área calculada del mapa forestal y cobertura de tierra 2014 (ICF 2014) para cada región.

Nombre de la Región	Área (ha)	Unidades de Muestreo
Islas de la Bahía	2,462.8	14
Atlántico	5,323.9	19
La Mosquitia	4,027.8	12
Pacífico	40,156.3	11
Total	51,970.8	56

CLASES DE USO DEL SUELO

Las 56 UM presentaron cobertura de manglar parcial o total. En algunos puntos de observación las UM presentaron coberturas diferentes a las de manglar, debido a que existen zonas de transición de tipos de bosques, y también zonas que presentan asociaciones entre las especies de mangle y especies del bosque inundable y bosque latifoliado húmedo. También se identificaron diferentes tipos de perturbaciones que en ocasiones limitaban la continuidad de las coberturas forestales.

Entre las coberturas encontradas dentro de las UM de manglar, pero asociadas a otros tipos de vegetación, en la región del Atlántico se encontraron 5 UM con bosque Latifoliado y 2 UM con Bosque Mixto; también en la región de La Mosquitia, se encontró 1 UM asociada a Bosque de Conífera.

Según el análisis de cobertura de la tierra basado en los datos de campo, se concluyó que de las 51,970.8 ha que se consideraron como manglar en el mapa de cobertura del 2014, un 97% de esta cobertura lo fue, mientras que el porcentaje restante presentó otras coberturas asociadas, desde estratos de bosque y áreas fuera de bosque, hasta zonas donde no fue posible el acceso para realizar las evaluaciones.

Dado el nivel de coincidencia entre la cobertura del suelo descrita en la información cartográfica oficial del país y los datos colectados en campo, en esta obra se utiliza la cifra oficial de 51,970.8 ha de manglar como la línea base de cobertura.

Grado de desarrollo de los manglares a nivel regional

A partir de las variables evaluadas con la metodología del INF, se determinó el grado de desarrollo de estos ecosistemas en el país en categorías de manglar joven, medio y maduro. Esta información se muestra en la Tabla 5.2 donde puede observarse que, a nivel nacional, el 66% de la cobertura de manglar presenta un grado de desarrollo de medio a maduro.

En casi todas las regiones, la cobertura de manglar maduro fue la que presentó una mayor extensión. Sólo en la región de Islas de la Bahía, la cobertura de manglar joven fue la más extensa (>80%), posiblemente porque se encuentran en proceso de recuperación, como resultado del impacto del huracán Mitch en 1998.

Tabla 5.2. Cobertura de manglar por estado de desarrollo del manglar por región en Honduras

Estado de desarrollo	Cobertura de Manglar (ha)				
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico	Nacional
Manglar maduro	275.1 (11%)	2,101.0 (40%)	1,951.9 (48%)	23,022.9 (57%)	27,558.8 (53%)
Manglar medio	157.2 (6%)	1,978.6 (37%)	929.5 (23%)	4,015.6 (10%)	6,908.1 (13%)
Manglar joven	2,030.5 (83%)	1,244.3 (23%)	1,146.4 (29%)	13,117.7 (33%)	17,503.9 (34%)
Total	2,462.8 (100%)	5,323.9 (100%)	4,027.8 (100%)	40,156.3 (100%)	51,970.8 (100%)

Nota: Debajo de los valores en hectárea se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región.

Grado de desarrollo de los manglares a nivel departamental

A nivel departamental la cobertura de manglar muestra diferentes estados de desarrollo. En la Tabla 5.3 se observa que en cuatro departamentos (Atlántida, Cortés, Gracias a Dios, Choluteca y Valle) el mayor porcentaje de los manglares (>41%) se encontró en estado de desarrollo maduro. Cabe resaltar que el departamento de Colón presentó una dominancia de manglar medio (83%) sin ningún porcentaje de manglar en la categoría de maduro.

Tabla 5.3. Cobertura de manglar por estado de desarrollo del manglar por departamento

Estados de Desarrollo	Cobertura de Manglar (ha)						
	Islas de la Bahía	Atlántida	Colón	Cortés	Gracias a Dios	Choluteca	Valle
Manglar maduro	275.1 (11%)	832.8 (41%)	-	74.4 (75%)	1,927.6 (48%)	7,860.6 (43%)	12,580.9 (57%)
Manglar medio	157.2 (6%)	485.8 (24%)	2,668.2 (83%)	22.5 (23%)	863.1 (21%)	1,511.7 (8%)	2,096.8 (10%)
Manglar joven	2,030.5 (83%)	694.0 (35%)	544.5 (17%)	1.7 (2%)	1,237.1 (31%)	8,767.6 (49%)	7,338.8 (33%)
Total	2,462.8 (100%)	2,012.6 (100%)	3,212.7 (100%)	98.6 (100%)	4,027.8 (100%)	18,139.9 (100%)	22,016.5 (100%)

Nota: Debajo de los valores en hectárea se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por departamento.

DASOMETRÍA DE LOS MANGLARES

La colecta de datos de campo para la realización de esta obra fue del año 2017 a 2022, como parte del levantamiento de datos del tercer ciclo del INF. Durante este período se evaluaron las cuatro regiones de Honduras para obtener información representativa que permitiera generar análisis a nivel regional y nacional. Se realizaron aproximadamente 11 visitas de campo a los ecosistemas de manglar del país, durante estas visitas se involucró diferentes organizaciones, proyectos, actores locales y colaboradores internacionales.

Las actividades incluyeron la socialización de los productos y actividades del INF con diversos grupos locales. Estos grupos fueron un componente fundamental para el éxito de la colecta de datos en campo, ya que con sus conocimientos y experiencias facilitaron las jornadas de trabajo, así como el acceso, ubicación y levantamiento de las UM. Además, estos grupos serán de apoyo para futuras mediciones. En las Ilustraciones 5.1 a 5.4 se muestran algunas de las actividades realizadas en las comunidades, así como la colecta de variables en campo.



Ilustración 5.1. Socialización en comunidad de Batalla, San Francisco Bulnes, Gracias a Dios, Honduras



Ilustración 5.2. Levantamiento de campo en la comunidad El Cubulero, Alianza, Valle, Honduras



Ilustración 5.3. Mediciones en manglares de Roatán, Islas de la Bahía, Honduras



Ilustración 5.4. Colecta de datos en comunidad de Saraguayana, Puerto Cortés, Cortés, Honduras

El análisis de datos colectados en campo permitió la generación de información dasométrica de los manglares de Honduras. Esta información se puede observar en la Tabla 5.4, donde se muestra que a nivel nacional el DAP promedio de los árboles de manglar fue de 28 cm, con rangos entre 10 a 280 cm, siendo la región de La Mosquitia la que presentó los árboles de manglar con mayor DAP.

La altura promedio de los árboles de mangle en Honduras fue de 15.3 m, con rangos que oscilaron entre los 3 a 38 m, siendo la región del Atlántico la que presentó los manglares más altos. A nivel nacional el área basal promedio fue de 10.29 m²/ha (Tabla 5.4). Dichos valores respecto a los promedios regionales reportados por Rovai et al., 2021 para los manglares de América Latina resultan un 63% mayor en DAP (el continente Americano = 10.31 cm), un 50% mayor en altura (continente Americano = 7.84 m) y un 50% menor en área basal (continente Americano= 19.37 m²/ha).

Existen diferentes características y procesos naturales que condicionan el desarrollo de los manglares, siendo el tipo de suelo una de las principales. En este sentido, históricamente se ha registrado mejores condiciones en los suelos de las regiones del Atlántico y La Mosquitia, debido a un mayor intercambio de agua dulce y nutrientes provenientes de la cuenca alta.

Tabla 5.4. Dasometría de los ecosistemas de manglar por región en Honduras

Variables dasométricas	Regiones				
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico	Nacional
DAP Promedio (cm)	16.5	29.6	30.7	17.9	28.0
DAP Rango (cm)	10.0 - 53.4	10.0 - 147.0	10.0 - 280.0	10.0 - 53.0	10.0 - 280.0
Altura Promedio (m)	9.7	16.2	16.2	15.2	15.3
Altura Rango (m)	3.5 - 21.5	3.0 - 38.0	4.2 - 32.0	4.5 - 23.3	3.0 - 38.0
Área basal (m ² /ha)	1.99	13.36	16.02	2.06	10.29



Frecuencia y distribución de especies de mangle

Con los datos de campo y las muestras botánicas colectadas fue posible generar una estimación de la frecuencia y distribución de las especies de mangle en el país. Las especies de mangle identificadas fueron *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Es importante mencionar que otros estudios realizados en Honduras han descrito la presencia de especies como *Avicennia bicolor*, *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora harrissanii* y *Rhizophora racemosa* (Nelson & Pérez, 2018), sin embargo, en los muestreos del INF estas especies no se presentaron.

De acuerdo con la información que se observa en la Tabla 5.5, *R. mangle* (mangle rojo) fue la especie con mayor frecuencia en los manglares de Honduras. Esto se debe a que fue la más común en la región del Pacífico, la cual tiene la mayor extensión de manglares del país. Sin embargo, al analizar las regiones individualmente es posible observar una alta frecuencia de *L. racemosa* (mangle blanco) en la región del Atlántico y La Mosquitia, siendo la más común en estas zonas.

Independientemente de la especie, los ecosistemas de manglar del Atlántico y de Islas de la Bahía son los que presentaron un mayor número de árboles por hectárea, es decir fueron los de mayor densidad. En contraste, las regiones de La Mosquitia y el Pacífico presentaron las menores densidades, posiblemente debido a que estas regiones cuentan con una mayor proporción de manglares en desarrollo maduro (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Frecuencia de especies de mangle registradas por región en Honduras

Especies	Nombre común	Frecuencia por región (árboles/ha)			
		Islas de la Bahía	Atlántico	Mosquitia	Pacífico
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	142.5 (44%)	140.2 (35%)	60.6 (46%)	248.6 (93%)
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	125.2 (39%)	39.6 (10%)	6.3 (5%)	8.9 (3%)
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	43.6 (13%)	224.1 (55%)	62.2 (47%)	11.1 (4%)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	13.9 (4%)	0.0	3.5 (2%)	0.0
Total		325.2 (100%)	403.9 (100%)	132.6 (100%)	268.7 (100%)

Nota: Debajo de los valores en árboles/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región

Frecuencia y distribución de otras especies

Además de las especies de mangle, también se registró la presencia de otras especies arbóreas cuyo hábitat también son los ecosistemas de manglar. En la Tabla 5.6 se observa que la presencia de otras especies fue más frecuente en las regiones del Atlántico y La Mosquitia, y en menor proporción en Islas de la Bahía. La región del Pacífico no presentó asociaciones de especies de mangle con otras especies. *Pachira aquatica*, *Pterocarpus officinalis*, *Virola koschnyi*, *Grias cauliflora* fueron las especies más comúnmente asociadas al manglar, debido a que presentan características estructurales y fisiológicas que les permiten adaptarse a los ambientes inundables y salinos.

Tabla 5.6. Frecuencia de otras especies asociadas al ecosistema de manglar por región

Especie	Frecuencia por regiones (árboles/ha)			
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
<i>Acrocomia aculeata</i>	-	-	0.4	-
<i>Annona</i> sp.	-	0.2	0.4	-
<i>Bombacopsis quinatum</i>	-	3.1	-	-
<i>Bursera simaruba</i>	-	0.5	-	-
<i>Byrsonima</i> sp.	-	-	0.4	-
<i>Calophyllum brasiliense</i>	-	1.8	1.2	-
<i>Carapa guianensis</i>	-	-	0.4	-
<i>Ceiba pentandra</i>	-	-	1.6	-
<i>Chrysobalanus icaco</i>	-	0.7	2.5	-
<i>Cocos nucifera</i>	1.0	1.7	-	-
Desconocido	0.3	7.6	23.7	-
<i>Grias cauliflora</i>	-	7.2	-	-
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	4.2	-	-	-
<i>Hirtella americana</i>	-	-	0.4	-
<i>Lonchocarpus hondurensis</i>	-	1.0	-	-
<i>Myrcia spendens</i>	-	2.0	-	-
<i>Pachira aquatica</i>	-	42.4	26.9	-
<i>Pterocarpus officinalis</i>	-	-	63.4	-
<i>Roystonea</i> sp.	-	1.5	-	-
<i>Spondias mombin</i>	-	0.5	-	-
<i>Tabebuia guayacan</i>	-	0.5	-	-
<i>Virola koschnyi</i>	-	38.0	-	-

Distribución de clases diamétricas de las especies de mangle

Los árboles de manglar en Honduras presentaron diferentes clases diamétricas, es decir diferentes tamaños en su diámetro. Las clases diamétricas permiten identificar el grado de desarrollo de los árboles, así como el potencial de volumen de madera que podría ser obtenido en caso de manejo forestal. Para las cuatro regiones de Honduras y considerando las cuatro especies de manglar registradas con el INF, en el gráfico 5.1 es posible observar que la mayor cantidad de individuos de manglar se presentaron en la clase diamétrica de 10 a 15 cm. Así, mientras el tamaño de las clases diamétricas incrementa, la frecuencia de árboles de manglar es menor. También se puede observar que las regiones de Islas de la Bahía y el Atlántico presentaron la mayor frecuencia de árboles de mangle con clases diamétricas menores a 20 cm. Mientras que las regiones del Atlántico y La Mosquitia fueron las únicas que presentaron árboles de mangle con diámetros superiores a los 55 cm, incluso con individuos de diámetros mayores a 100 cm. A continuación, se describe de manera más detallada las clases diamétricas por región y por especie de mangle.

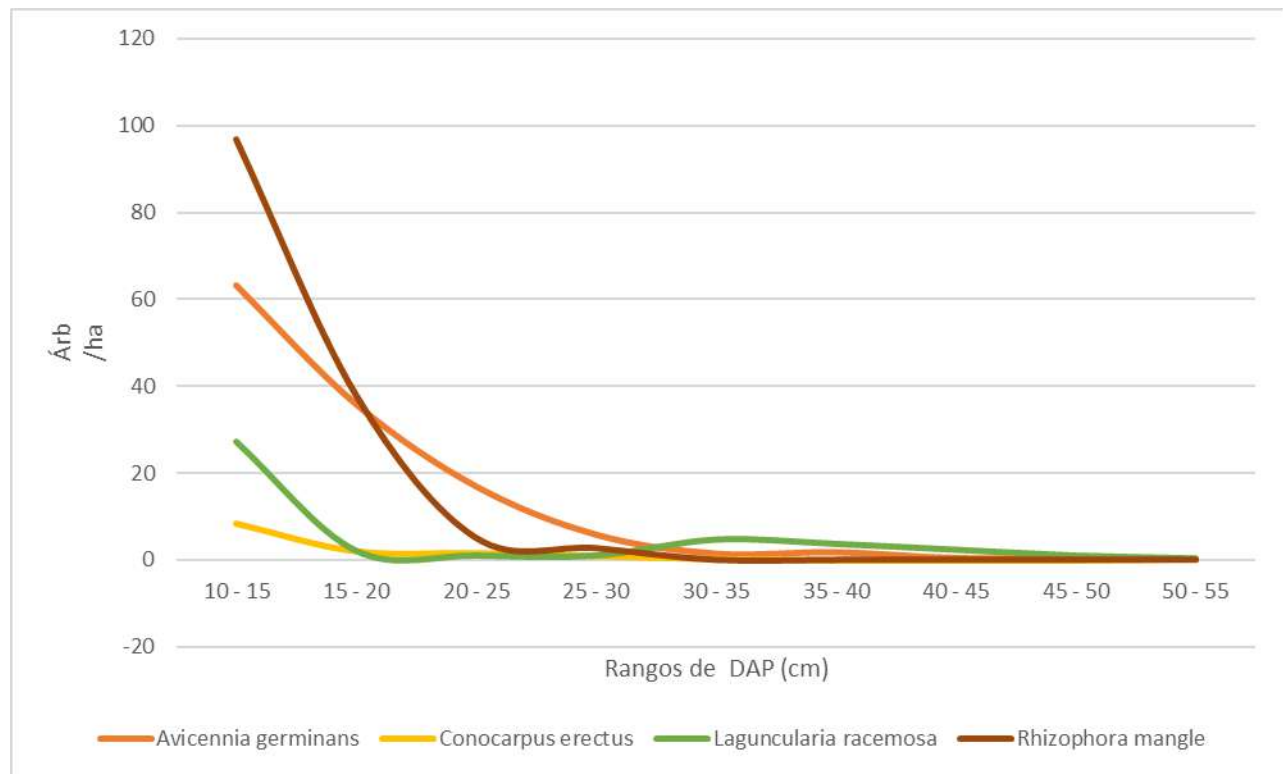


Gráfico 5.1. Número de árboles de manglar de Honduras por clases diamétrica y región.

Como puede observarse en la Tabla 5.7 para la región de Islas de la Bahía, el 60% de todos los árboles de manglar se presentaron en la clase diamétrica de 10 a 15 cm, seguida de la clase de 15 a 20 cm con un 24%. El resto de las clases diamétricas presentaron menos del 20% de los árboles de mangle. Para esta región, *R. mangle* (mangle rojo) fue la especie que presentó una mayor frecuencia de árboles en las clases diamétricas menores a 20 cm, seguido de la especie *A. germinans* (mangle negro).

Tabla 5.7. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región de Islas de la Bahía

Clase de DAP (cm)	Frecuencia (árboles/ha)				
	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	Total
10 - 15	63.2	8.4	27.4	96.8	195.8 (60%)
15 - 20	35.8	2.1	2.1	37.9	77.9 (24%)
20 - 25	16.8	1.7	1.0	5.1	24.6 (8%)
25 - 30	5.7	1.0	1.0	2.7	10.4 (3%)
30 - 35	1.3	0.3	4.7	0.0	6.4 (2%)
35 - 40	1.7	0.0	3.7	0.0	5.4 (2%)
40 - 45	0.3	0.0	2.4	0.0	2.7 (1%)
45 - 50	0.3	0.0	1.0	0.0	1.3 (<0.5%)
50 - 55	0.0	0.3	0.3	0.0	0.7 (<0.5%)
Total	125.2	13.9	43.6	142.5	325.2

Para la región del Atlántico, en la Tabla 5.8 se puede observar que cerca del 70% de todos los árboles de manglar se presentaron en las clases diamétricas de 10 a 15 cm y de 15 a 20 cm. *L. racemosa* (mangle blanco) fue la especie de mayor frecuencia en las categorías menores a 20 cm, en contraste con especies como *A. germinans* (mangle negro) que presentó la menor frecuencia de árboles en todas las categorías diamétricas, o como *C. erectus* (mangle botoncillo) que no fue registrada. Esta región presentó algunos individuos de

L. racemosa (mangle blanco) y R. mangle (mangle rojo) con diámetros mayores a 100 cm.

Tabla 5.8. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especies para la región del Atlántico

Clase de DAP (cm)	Frecuencia (árboles/ha)				
	Avicennia germinans	Conocarpus erectus	Laguncularia racemosa	Rhizophora mangle	Total
10 - 15	18.6	0.0	128.8	41.9	189.2 (47%)
15 - 20	9.3	0.0	45.0	20.2	74.5 (18%)
20 - 25	5.7	0.0	16.4	20.8	42.9 (11%)
25 - 30	4.2	0.0	12.9	13.9	31.0 (8%)
30 - 35	0.7	0.0	7.9	8.7	17.4 (4%)
35 - 40	0.2	0.0	4.0	7.4	11.7 (3%)
40 - 45	0.5	0.0	3.2	6.0	9.7 (2%)
45 - 50	0.2	0.0	1.0	5.7	6.9 (2%)
50 - 55	0.0	0.0	1.7	6.0	7.7 (2%)
55 - 60	0.0	0.0	1.0	2.7	3.7 (1%)
60 - 65	0.0	0.0	0.5	3.7	4.2 (1%)
65 - 70	0.0	0.0	1.0	1.2	2.2 (1%)
70 - 75	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0 (<0.5%)
75 - 80	0.0	0.0	0.2	0.5	0.7 (<0.5%)
80 - 85	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2 (<0.1%)



85 - 90	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2 (<0.1%)
100 - 105	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2 (<0.1%)
120 - 125	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 145	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
145 - 150	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2 (<0.1%)
280 - 285	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	39.6	0.0	224.1	140.2	403.9 (100%)

Como puede observarse para la región de La Mosquitia en la Tabla 5.9, cerca del 50% de todos los árboles de manglar se presentaron en las clases diamétricas menores 20 cm. La especie *R. mangle* (mangle rojo) fue la que presentó la mayor frecuencia en dichas categorías, mientras que *L. racemosa* (mangle blanco) mostró una mayor distribución en cerca de todas las clases diamétricas. También es importante resaltar que *A. geminans* (mangle negro) y *C. erectus* (mangle botoncillo) fueron las menos frecuentes. Esta región presentó algunos individuos de la especie *L. racemosa* (mangle blanco) con diámetros mayores a 100 cm.

Tabla 5.9. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región de La Mosquitia

Clase de DAP (cm)	Frecuencia (árboles/ha)				
	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	Total
10 - 15	0.0	0.0	12.3	29.5	41.8 (32%)
15 - 20	0.0	0.0	9.8	13.1	22.9 (17%)
20 - 25	0.0	0.0	3.1	4.7	7.9 (6%)
25 - 30	0.0	0.4	5.5	3.9	9.8 (7%)
30 - 35	0.0	1.6	5.1	4.7	11.4 (9%)
35 - 40	0.0	0.0	8.3	2.8	11.0 (8%)
40 - 45	1.2	0.4	5.5	0.8	7.9 (6%)
45 - 50	0.8	0.4	2.4	0.8	4.3 (3%)
50 - 55	1.6	0.4	3.1	0.0	5.1 (4%)
55 - 60	1.2	0.4	2.0	0.4	3.9 (3%)



60 - 65	0.8	0.0	0.8	0.0	1.6 (1%)
65 - 70	0.4	0.0	1.6	0.0	2.0 (2%)
70 - 75	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4 (<0.5%)
75 - 80	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8 (1%)
80 - 85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 - 90	0.4	0.0	0.4	0.0	0.8 (1%)
120 - 125	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4 (<0.5%)
140 - 145	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4 (<0.5%)
280 - 285	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4 (<0.5%)
Total	6.3	3.5	62.2	60.6	132.6 (100%)

Como puede observarse en la Tabla 5.10, para la región del Pacífico también cerca del 70% de todos los árboles de manglar se concentraron en las clases diamétricas de 10 a 15 cm y de 15 a 20 cm. *R. mangle* (mangle rojo) fue la especie de mayor frecuencia en todas las categorías diamétricas y *C. erectus* (mangle botoncillo) no fue registrada.

Tabla 5.10. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región del Pacífico

Clase de DAP (cm)	Frecuencia (árboles/ha) según especie Región del Pacífico				
	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	Total
10 - 15	2.7	0.0	10.7	109.9	123.3 (46%)
15 - 20	5.4	0.0	0.0	61.6	67.0 (25%)
20 - 25	0.0	0.0	0.4	33.4	33.9 (13%)
25 - 30	0.0	0.0	0.0	23.6	23.6 (9%)
30 - 35	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4 (5%)
35 - 40	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0 (2%)
40 - 45	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3 (<0.5%)
45 - 50	0.4	0.0	0.0	0.4	0.9 (<0.5%)

50 - 55	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4 (<0.5%)
Total	8.9	0.0	11.1	248.6	268.7 (100%)

VOLUMEN DE MADERA

Volumen de madera promedio por hectárea a nivel regional

El volumen de madera promedio para los manglares de Honduras fue de 116.23 m³/ha. En la Tabla 5.11 se observa que la región del Atlántico presentó los valores de volumen más altos en contraste con la región de Islas de la Bahía, la cual presentó los más bajos. El mayor volumen de madera para la región del Atlántico es consistente con la distribución de clases diamétricas que se observó en la sección anterior, y con el alto porcentaje de individuos de mangle maduros y medios que se registró en la zona.

En lo que se refiere al volumen de madera por especie de mangle, en la Tabla 5.11 se observa que la región de Islas de la Bahía presentó un volumen similar para las especies de *A. germinans* (mangle negro), *R. mangle* (mangle rojo) y *L. racemosa* (mangle blanco). Para la región del Atlántico, *R. mangle* (mangle rojo) y *L. racemosa* (mangle blanco) presentaron el mayor volumen de madera por hectárea, mientras que para La Mosquitia, *L. racemosa* (mangle blanco) presentó el mayor volumen de madera por hectárea. Para la región del Pacífico, *R. mangle* (mangle rojo) presentó el mayor volumen de madera por hectárea.

Tabla 5.11. Volumen promedio de madera por especie de manglar por región

Especies	Nombre común	Volumen promedio (m ³ /ha)			
		Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	30.8 (38%)	12.9 (5%)	21.3 (13%)	2.6 (3%)
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	3.3 (4%)	0.0	5.2 (3%)	0.0
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	21.3 (27%)	103.5 (42%)	114.3 (69%)	2.2 (2%)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	25.1 (31%)	129.7 (53%)	24.4 (15%)	91.4 (95%)
Total		80.4 (100%)	246.1 (100%)	165.2 (100%)	96.3 (100%)

Nota: Debajo de los valores en m³/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región.



Volumen de madera promedio por hectárea según departamento

Los resultados de volumen maderable por departamento, muestran que Gracias a Dios presentó el mayor volumen promedio (165.2 m³/ha). Esta situación puede ser consecuencia de una mayor lejanía de los ecosistemas de manglar respecto a las comunidades costeras, lo cual permitió un mayor desarrollo de los árboles. Además, los manglares en esta región presentaron un mayor nivel de conservación en comparación a las otras regiones, donde las intervenciones humanas fueron más notorias. En la Tabla 5.12 es posible observar que el departamento con el menor volumen de madera de mangle fue el de Choluteca (22.6 m³/ha), el cual representa menos del 25% del volumen de madera de manglar que el estimado para Gracias a Dios. El resto de los departamentos en Honduras presentaron entre 65 a 100 m³/ha de volumen de madera, estos valores representan cerca del 50% del volumen de madera de manglar en Gracias a Dios. Para todos los departamentos, excepto Atlántida y Gracias a Dios, el volumen maderable de las especies de mangle representó más del 95%. Para Atlántida y Gracias a Dios, el volumen maderable de especies asociadas al manglar fue de alrededor del 30%.

Tabla 5.12. Volumen total de madera para las especies de manglar y otras especies por departamento

Categoría	Volumen (m ³ /ha)						
	Islas de la Bahía	Atlántida	Colón	Cortés	Gracias a Dios	Choluteca	Valle
Especies de mangle	80.4 (98%)	99.7 (72%)	64.7 (95%)	81.7 (96%)	165.2 (67%)	22.6 (100%)	73.7 (100%)
Otras especies	1.7 (2%)	38.9 (28%)	138.6 (5%)	3.5 (4%)	83.0 (33%)	0.0	0.0
Total	82.1 (100%)	138.6 (100%)	67.9 (100%)	85.2 (100%)	248.1 (100%)	22.6 (100%)	73.7 (100%)

Nota: Debajo de los valores en m³/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por departamento.

Volumen de madera promedio según su relación con áreas protegidas

A nivel nacional el 64% del volumen total de madera registrado en los ecosistemas de manglar está dentro de áreas protegidas. Como puede observarse en la Tabla 5.13, la región del Pacífico fue la única que presentó el 100% de volumen maderable dentro de áreas protegidas, con un 67% en zonas núcleo y el resto en zonas de amortiguamiento. El resto de las regiones presentaron entre el 41% a 79% de volumen de madera dentro de las áreas protegidas, siendo las regiones de Islas de la Bahía y La Mosquitia las que presentaron menos del 50% del volumen de madera dentro de AP.

Tabla 5.13. Volumen promedio de madera de los ecosistemas de manglar dentro de áreas protegidas (zona núcleo y zona de amortiguamiento) y fuera de áreas protegidas por región

Regiones	Volumen según relación con áreas protegidas (m ³ /ha)			
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
Dentro de AP	35 (43%)	229.2 (79%)	101.6 (41%)	96.3 (100%)
Zona núcleo	25 (30%)	128.1 (35%)	0	64.4 (67%)
Zona de amortiguamiento	10 (12%)	101.1 (44%)	101.6 (41%)	31.9 (33%)
Fuera de AP	47.1 (57%)	62.5 (21%)	146.5 (59%)	0
Total	82.1	291.7	248.1	96.3

Nota: Debajo de los valores en m³/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región. AP: áreas protegidas.

REGENERACIÓN

Regeneración por región

Los resultados de regeneración en los ecosistemas de manglar del país muestran que la región del Pacífico fue la que presentó las mayor número de plántulas por hectárea. Es de resaltar que *R. mangle* (mangle rojo) fue la especie con mayor representación en el estrato de crecimiento, incluso en regiones donde no fue la especie con mayor densidad de árboles maduros por hectárea, como es el caso de la región del Atlántico. Estos resultados se muestran en la Tabla 5.14, donde también es posible observar que en regiones como Islas de la Bahía y el Pacífico, *A. germinans* (mangle negro) fue la segunda especie con mayor tasa de regeneración. Para el caso del Atlántico, la categoría de especies diferentes al mangle presentó la segunda tasa de regeneración más alta. También es importante mencionar que en La Mosquitia, la renegación de otras especies fue más alta que la de cualquier especie de mangle.

La información de regeneración permite vislumbrar la capacidad de dispersión y establecimiento de las especies en el ecosistema. Sin embargo, no necesariamente muestra que dichas especies dominarán los estratos arbóreos en el futuro, ya que la viabilidad de las plántulas depende de factores biofísicos como la cantidad de luz, el movimiento de las mareas, la herbívora, entre otros.



Tabla 5.14. Regeneración de especies de mangle y otras especies por región

Especies	Tasa de regeneración (plántula/ha)			
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
<i>Avicennia germinans</i>	1,591.50 28%	148.92 6%	186.7 4%	2,925.87 41%
<i>Conocarpus erectus</i>	168.4 3%	0	49.1 1%	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	58.9 1%	415.73 18%	461.7 11%	235.78 3%
<i>Rhizophora mangle</i>	3,924.10 68%	1,048.62 44%	1,532.60 37%	3,890.45 55%
Otras especies	0	756.99 32%	1,925.60 46%	0
Total	5,742.90 100%	2,370.26 100%	4,155.70 100%	7,052.10 100%

Nota: Debajo de los valores en plántulas/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región.

Regeneración a nivel departamental

Como se observa en la Tabla 5.15, a nivel departamental se estima que la mayor densidad de individuos en regeneración se encuentra en Islas de la Bahía, principalmente de la especie *R. mangle* (mangle rojo) que representa el 68% de la regeneración en este departamento. El segundo departamento con mayor regeneración es el de Valle, donde *A. germinans* (mangle negro) dominó el porcentaje de regeneración. Es de resaltar que en el departamento de Atlántida no se encontró regeneración de la especie *A. germinans* (mangle negro) que de igual forma se encontraba en bajas densidades de árboles adultos. Los departamentos de Atlántida y Gracias a Dios presentaron las mayores tasas de regeneración para especies diferentes al manglar (52% y 46%, respectivamente). Finalmente, la especie de mangle con la menor tasa de regeneración en todos los departamentos fue *C. erectus* (mangle botoncillo).

Tabla 5.15. Regeneración de especies de mangle y otras especies por departamento

Especie	Tasa de regeneración por región (plántulas/ha)						Valle
	Islas de la Bahía	Atlántida	Colón	Cortés	Gracias a Dios	Choluteca	
Avicennia germinans	1,591.6 (28%)	0	68.3 (13%)	80.7 (11%)	186.7 (5%)	42.9 (2%)	2,883.0 (64%)
Conocarpus erectus	168.4 (3%)	0	0	0	49.1 (1%)	0	0
Laguncularia racemosa	59.0 (1%)	173.7 (16%)	111.7 (22%)	130.3 (17%)	461.7 (11%)	96.5 (4%)	139.3 (3%)
Rhizophora mangle	3,924.1 (68%)	347.5 (32%)	316.4 (61%)	384.7 (50%)	1,532.6 (37%)	2,432.9 (94%)	1,457.6 (33%)
Otras especies	0	570.8 (52%)	18.6 (4%)	167.5 (22%)	1,925.6 (46%)	0	0
Total	5,743.10 (100%)	1,092.0 (100%)	515.0 (100%)	763.2 (100%)	4,155.7 (100%)	2,572.2 (100%)	4,479.9 (100%)

Nota: Debajo de los valores en plántulas/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por departamento.

ESTADO FITOSANITARIO

En general, los ecosistemas de manglar en Honduras presentan un buen estado fitosanitario, es decir, la mayoría no presentaron algún tipo de impacto por plagas de insectos, hongos o fuego. En la Tabla 5.16, se observa que las regiones evaluadas presentaron un alto porcentaje de sanidad, siendo la más alta en el Pacífico y la más baja en la región de Islas de la Bahía. Sin embargo, en determinadas áreas fue notorio al grado de afectación producido por plagas de insectos, principalmente por termitas y en especial en la región de Islas de la Bahía, donde dicha afectación alcanzó un 15.7% de los individuos evaluados. De igual manera existen zonas afectadas por especies de parásita como el muérdago del mangle (*Psittacanthus* sp.).

Tabla 5.16. Porcentaje de estado fitosanitario de los ecosistemas de manglar por región

Estado fitosanitario	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
Sano	79.7%	88.0%	82.6%	92.4%
Plaga insectos	15.7%	6.4%	3.2%	4.2%
Hongos	0.7%	0.6%	0.3%	0.2%
Fuste quemado	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Fuste hueco	1.7%	0.5%	1.3%	0.0%

Dañado por animal o planta	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Fuste picado	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%
Caído	0.2%	0.4%	2.0%	1.0%
Parásitas (Muérdago, etc.)	0.8%	2.3%	0.3%	1.3%
Lianas y bejucos	0.0%	0.8%	10.0%	0.0%
Quebrado	0.1%	0.7%	0.0%	1.0%
Otro	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Un indicador del estado fitosanitario de los ecosistemas de manglar es la cantidad de árboles muertos encontrados durante la colecta de datos de campo. Así, en los manglares de Honduras se encontró una baja densidad de árboles muertos por hectárea en todas las regiones del país. A nivel nacional el 95% de los árboles de mangle evaluados se encontraban vivos al momento de su medición (Tabla 5.17). Sin embargo, a nivel regional, La Mosquitia e Islas de la Bahía mostraron más del 15% de los árboles de mangle evaluados con grados de afectación de leve a muerto (Tabla 5.17), siendo esta última la región que presentó una mayor proporción de árboles muertos de mangle (4%).

Tabla 5.17. Grado de afectación de los ecosistemas de manglar por región

Grado de afectación	Grado de afectación (árboles/ha)			
	Islas de la Bahía	Atlántico	La Mosquitia	Pacífico
No aplica (sanos)	248.5 (76%)	344.6 (86%)	107.1 (82%)	245.4 (91%)
Leve	37.8 (12%)	37.4 (9%)	13.2 (10%)	11.9 (5%)
Severo	26.0 (8%)	9.5 (2%)	7.3 (6%)	8.4 (3%)
Muerto	12.9 (4%)	12.2 (3%)	2.8 (2%)	3.0 (1%)
Total	325.2 (100%)	403.7 (100%)	130.3 (100%)	268.7 (100%)

Nota: Debajo de los valores en árboles/ha se muestra el porcentaje de dicho valor respecto al total por región.

ÍNDICES ECOLÓGICOS

Índices de Valor de Importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) para los ecosistemas de manglar en Honduras muestran la relevancia de las especies a medida que aumenta su frecuencia de registro, densidad y área basal. Los resultados muestran que *R. mangle* (mangle rojo) fue la especie con el mayor IVI (162.8) y *C. erectus* (mangle botoncillo,) el de menor (13.2).

A continuación, se describe de manera detallada los IVI para cada una de las regiones de manglar en el país. Como se observa en la Tabla 5.18 para la región de Islas de la Bahía, *R. mangle* (mangle rojo) y *A. germinans* (mangle negro) presentaron los IVI más altos, debido principalmente a que ambas especies presentaron una mayor frecuencia relativa en la región.

Tabla 5.18. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región de Islas de La Bahía

Nombre científico	Nombres comunes	Frecuencia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	IVI especie (%)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Rojo	78.6	29.4	29.8	137.8
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Negro	50.0	42.2	38.3	130.5
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco	21.4	18.9	23.0	63.3
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	35.7	5.1	4.7	45.4
Desconocido	Desconocido	21.4	1.4	1.9	24.7
<i>Cocos nucifera</i>	Coco, Coconut	21.4	1.0	0.5	22.9
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	7.1	1.0	0.9	9.0
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Mozote, Majao,	7.1	0.7	0.8	8.6
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	7.1	0.3	0.2	7.7

En la Tabla 5.19 y Tabla 5.20, se observa que en las regiones del Atlántico y La Mosquitia respectivamente, las especies de *R. mangle* (mangle rojo) y *L. racemosa* (mangle blanco) fueron las que dominaron el ecosistema. Sin embargo, las especies de *A. germinans* (mangle negro) y *C. erectus* (mangle botoncillo) presentaron un menor IVI, incluso menor que otras especies latifoliadas encontradas en el ecosistema. En particular resalta la especie *P. aquatica*, la cual parece ser prominente en los ecosistemas de manglar de ambas regiones. Finalmente, en la Tabla 5.21 para la región del Pacífico se observa que solo especies de manglar presentan valores de importancia, siendo *R. mangle* (mangle rojo) la de mayor valor (271.4).

Tabla 5.19 Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región del Atlántico

Nombre científico	Nombres comunes	Frecuencia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	IVI especie (%)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Rojo	94.7	37.0	44.1	175.9
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco	78.9	32.8	31.6	143.3
<i>Pachira aquatica</i>	Zapatón	42.1	9.1	6.8	58.0
<i>Virola koschnyi</i>	Sangre, Fruta Dorada	31.6	7.6	7.5	46.7
Desconocido	Desconocido	42.1	1.8	1.6	45.5
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Negro	26.3	4.0	2.6	32.9
<i>Grias cauliflora</i>	Tabacón, Tabaquillo	15.8	0.9	0.7	17.4
<i>Roystonea sp.</i>	Palma Real	15.8	0.6	0.5	16.9
<i>Lonchocarpus hondurensis</i>	Chaperno	15.8	0.4	0.4	16.6
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	15.8	0.3	0.3	16.4
<i>Myrcia spendens</i>	Pimientilla, Saraiso	10.5	0.4	0.3	11.3
<i>Avicennia sp</i>	Mangle Negro	5.3	2.8	2.1	10.2
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Santa María,	5.3	0.5	0.5	6.3
<i>Cocos nucifera</i>	Coco	5.3	0.7	0.3	6.3
<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortes, Guayacán	5.3	0.2	0.3	5.8
<i>Bombacopsis quinatum</i>	Pochote, Cedro Espino	5.3	0.2	0.1	5.6
<i>Bursera simaruba</i>	Indio Desnudo	5.3	0.2	0.1	5.6
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	5.3	0.2	0.1	5.6
<i>Annona sp.</i>	Anona	5.3	0.1	0.1	5.4

Tabla 5.20. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región de La Mosquitia

Nombre científico	Nombres comunes	Frecuencia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	IVI especie (%)
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco	75.0	24.3	41.5	140.7
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Rojo	83.3	14.2	9.9	107.5
<i>Pterocarpus officinalis</i>	Sangro, Sangrillo	41.7	31.7	24.8	98.2
Desconocido	Desconocido	50.0	9.2	6.8	66.0
<i>Pachira aquatica</i>	Zapatón	50.0	9.4	5.4	64.8

<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba, Sin Sin	16.7	1.1	0.7	18.5
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Negro	8.3	3.5	6.3	18.1
<i>Carapa guianensis</i>	Cedro Macho, Carapa	16.7	0.9	0.3	17.8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Santa María, Cedro María	16.7	0.7	0.4	17.7
<i>Grias cauliflora</i>	Tabacón, Tabaquillo	16.7	0.7	0.3	17.6
<i>Annona sp01</i>	Anona	16.7	0.4	0.2	17.3
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	8.3	2.0	2.0	12.3
<i>Symphonia globulifera</i>	Cerillo, Varillo,	8.3	0.9	0.8	10.1
<i>Vochysia hondurensis</i>	San Juan	8.3	0.2	0.2	8.8
<i>Acrocomia aculeata</i>	Corozo	8.3	0.2	0.2	8.8
<i>Hirtella americana</i>	Pasa, Laltanta	8.3	0.2	0.2	8.7
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	8.3	0.2	0.1	8.7
<i>Byrsonima sp.</i>	Nance	8.3	0.2	0.1	8.6

Tabla 5.21. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región del Pacífico

Nombre científico	Nombres comunes	Frecuencia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	IVI especie (%)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle Rojo	81.8	96.1	93.5	271.4
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle Blanco	36.4	2.0	2.2	40.5
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle Negro	18.2	2.0	4.4	24.5



Índices de riqueza y diversidad de especies arbóreas

De acuerdo con los índices de diversidad evaluados, en la Tabla 5.22 se observa que los ecosistemas de manglar de Honduras y sus regiones no son particularmente diversos. Todas las zonas presentaron valores bajos en los índices descritos. Por ejemplo, considerando el Índice de Margalef, las regiones del Atlántico y La Mosquitia presentaron una diversidad mayor en comparación con la región del Pacífico que presentó la más baja, debido a la alta dominancia de *R. mangle* (mangle rojo). En el caso del índice de Simpson, las regiones del Pacífico e Islas de la Bahía mostraron valores más altos en comparación con el resto de las regiones, posiblemente debido a una mayor dominancia de especies de manglar. Esta misma situación se refleja con los resultados obtenidos con el índice de Shannon-Weiner, el cual fue mayor para las regiones del Atlántico y La Mosquitia, las cuales de acuerdo con los datos de frecuencia de especies, presentaron una mayor diversidad de especies de manglar y de otras especies asociadas.

Tabla 5.22. Índices de riqueza y diversidad de especies en los ecosistemas de manglar por región

Índice	Islas de la Bahía	Atlántida	La Mosquitia	Pacífico
Índice de Margalef	0.567282	0.876691	0.968901	0.188562
Índice de Simpson	0.648891	0.502268	0.467138	0.740012
Índice de Shannon-Weiner	0.497136	0.941335	0.890541	0.144628



Capítulo 6

ALMACENES Y DISTRIBUCIÓN DE CARBONO

ESTIMACIONES DE CARBONO A NIVEL NACIONAL

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CARBONO EN LOS
ECOSISTEMAS DE MANGLAR

DINÁMICA DEL CARBONO EN MANGLARES: EL CASO DE
LA MOSQUITIA



ESTIMACIONES DE CARBONO A NIVEL NACIONAL

El INF contempla el cálculo de diferentes variables que permiten la evaluación del estado y dinámica de los ecosistemas del país, incluyendo los de manglar. El carbono almacenado en estos ecosistemas es una de las variables de mayor importancia, y debido al nivel de detalle y representatividad del INF, es que puede estimarse a nivel regional y nacional (ICF, 2021). Los resultados de este capítulo nos brindan un panorama sobre el carbono almacenado en los diferentes depósitos de los manglares de Honduras (i.e., biomasa aérea, subterránea, necromasa, hojarasca y carbono en suelos), así como su distribución regional y departamental. Con estos resultados, Honduras presenta su línea base de carbono en los manglares, de manera que esta información puede ser consultada y utilizada para la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de estos ecosistemas.

Biomasa por región y departamento

La biomasa es la materia orgánica fijada por la vegetación a partir de la fotosíntesis. La biomasa aérea se refiere a aquella que se encuentra por encima del suelo, como los fustes, tocones, ramas y hojas; la biomasa subterránea es aquella que se encuentra debajo del suelo, como las raíces; la necromasa a la biomasa muerta, y la hojarasca, a las hojas que los árboles pierden (Chapin et al., 2011).

En Honduras el promedio nacional de biomasa en ecosistemas de manglar es de 137 t/ha, siendo la región de Atlántico la que presenta el mayor contenido en sus diferentes depósitos (320 t/ha), mientras que la región de Islas de la Bahía es la que presenta el menor contenido (76.6 t/ha) (Tabla 6.1). A pesar de que existen diferencias en los contenidos totales de biomasa por región, se observa que el porcentaje que contribuye cada uno de los depósitos es muy similar, siendo el depósito aéreo el que presenta el mayor contenido (70% de biomasa), seguido del subterráneo (~20%), la necromasa (~6%) y finalmente la hojarasca (~1%). Datos globales muestran que el contenido de biomasa promedio en el depósito aéreo de los manglares es de alrededor de 115 t/ha (+/-48.89 t/ha; Hu et al., 2020). Considerando lo anterior, en regiones como Atlántico y La Mosquitia, la biomasa aérea es 66% mayor de lo que reportan estimaciones globales. Desafortunadamente no es posible comparar el contenido de biomasa en los otros depósitos de los manglares con datos globales, ya que dichos productos globales aún no cuentan con este nivel de detalle.



Tabla 6.1. Promedio nacional y regional de los contenidos de biomasa por depósito en los manglares de Honduras. En paréntesis se presenta el porcentaje que cada depósito representa respecto a la biomasa total estimada por región.

Depósito	Región				Promedio Nacional* (t/ha)
	Islas de la Bahía (t/ha)	Atlántico (t/ha)	La Mosquitia (t/ha)	Pacífico (t/ha)	
Aérea	53.6 (70%)	235.1 (73%)	191.5 (76%)	77.2 (73%)	101.1
Subterránea	15.6 (20%)	63.5 (20%)	46.3 (18%)	22.9 (22%)	28.5
Necromasa	5.5 (7%)	18.3 (6%)	12.0 (5%)	5.0 (5%)	6.9
Hojarasca	1.9 (3%)	3.1 (1%)	2.7 (1%)	0.0	0.6
Total	76.6	320.0	252.5	105.1	137.2

*El promedio nacional se calculó considerando el total de los datos colectados por depósito

Respecto a la biomasa por hectárea en cada departamento (Tabla 6.2), se puede observar que Cortés, Atlántida y Gracias a Dios presentaron los mayores valores (>252.5 t/ha), siendo el departamento de Cortés el que presentó el mayor contenido (537.8 t/ha). En estos departamentos se identificaron los árboles de manglar con los valores más altos en sus diámetros y alturas, siendo estas condiciones las responsables de un mayor almacenamiento de biomasa en este depósito. En contraste, los departamentos de Islas de la Bahía, Choluteca y Valle presentaron los valores de biomasa por hectárea más bajos (<153.7 t/ha), siendo el departamento de Islas de la Bahía el que presentó el menor contenido por hectárea (76.6 t/ha). En estos departamentos se localizaron las mayores superficies de manglar chaparro o enano, con alturas y diámetros reducidos, de ahí que la biomasa en este depósito fuera menor. Respecto a las contribuciones de cada uno de los depósitos al contenido de biomasa total por departamento, estos resultados fueron similares a la tendencia que presentaron los mismos depósitos a nivel regional (Tabla 6.1).



Tabla 6.2. Biomasa por depósito a nivel departamental en los manglares de Honduras. En paréntesis se presenta el porcentaje que cada depósito representa respecto a la biomasa total estimada por departamento.

Depósitos	Regiones/departamento						
	Islas de la Bahía	Atlántico			Gracias a Dios	Pacífico	
	Islas de la Bahía	Atlántida (t/ha)	Colón (t/ha)	Cortés (t/ha)	Gracias a Dios (t/ha)	Hojarasca	Valle (t/ha)
Aérea	53.6 (70%)	202.8 (69%)	149.2 (70%)	410.1 (76%)	191.5 (76%)	61.7 (65%)	110.7 (72%)
Subterránea	15.6 (20%)	54.3 (18%)	45.8 (22%)	106.2 (20%)	46.3 (18%)	18.7 (20%)	32.6 (21%)
Necromasa	5.5 (7%)	29.5 (10%)	15.5 (7%)	16.5 (3%)	12.0 (5%)	14.6 (15%)	10.4 (7%)
Hojarasca	1.9 (3%)	7.6 (3%)	2.1 (1%)	5.0 (1%)	2.7 (1%)	0.1 (<1%)	0.0 (0%)
Total	76.6	294.2	212.6	537.8	252.5	95.1	153.7

Contenidos de carbono por región y departamento

Las estimaciones de los contenidos de carbono en los ecosistemas de manglar son importantes para identificar el potencial de mitigación de estos ecosistemas y su relevancia respecto a posibles compensaciones frente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Adame et al., 2020). A nivel nacional se estima que los ecosistemas de manglar en promedio almacenan 346.6 tC/ha. De esta cifra, el carbono almacenado en el suelo representa el 80%, seguido del aéreo con cerca del 15%, el subterráneo con alrededor del 4%, y el porcentaje restante es representado por el carbono de la necromasa y hojarasca (Tabla 6.3). El valor promedio nacional de carbono por hectárea en manglares de Honduras representa cerca del 40% del promedio de los contenidos promedio totales de carbono en los manglares del mundo (856.1 tC/ha; Kauffman et al., 2020). En comparación con otros estudios realizados en los manglares de Honduras, el valor promedio que se muestra en este libro representa cerca del 72% de dichas estimaciones (i.e., 483 tC/ha; Bhomia et al., 2016).

El mayor contenido de carbono en los manglares de Honduras se presenta en el depósito del suelo, de manera que el promedio nacional de este a depósito 1 m de profundidad fue de 278.3 tC/ha.

En comparación con datos estimados a partir de productos globales, las estimaciones de carbono en suelos para los manglares de Honduras representan cerca del 70% de los valores reportados a nivel global (400.1 tC/ha; Sanderman et al., 2018).

Como puede observarse en la Tabla 6.3, en Honduras se estima que a nivel de hectárea los manglares de las regiones de La Mosquitia, Islas de la Bahía y Atlántico presentan el mayor contenido de carbono almacenado, con rangos de 406 a 562 tC/ha. Estudios previos en estas regiones han reportado datos similares (i.e., ~500 tC/ha; Bhomia et al., 2016). La región del Pacífico presenta el menor contenido de carbono (312.7 tC/ha), este valor es similar al reportado en estudios previos en la región (i.e., 334 tC/ha; Bhomia et al., 2016). No obstante, debido a la extensión de los manglares en el litoral del Pacífico estos manglares presentan el mayor contenido total de carbono en el país (12,339,684.41 tC, ver siguiente apartado).

Tabla 6.3. Contenidos de carbono almacenado en los ecosistemas de manglar de Honduras por regiones y por depósito. En paréntesis se presenta el porcentaje que cada depósito representa respecto al carbono total estimado por región.

Depósito	Región				
	Islas de la Bahía	Atlántida	La Mosquitia	Pacífico	Promedio Nacional* (tC/ha)
Aérea	26.8 (6%)	117.6 (29%)	95.8 (17%)	38.6 (12%)	50.6 (15%)
Subterránea	7.8 (2%)	31.8 (8%)	23.2 (4%)	11.5 (4%)	14.3 (4%)
Necromasa	2.2 (<1%)	8.9 (2%)	5.5 (1%)	2.5 (1%)	3.4 (1%)
Hojarasca	0.4 (<1%)	0.5 (<1%)	0.5 (<1%)	0.0 (0%)	0.1 (<1%)
Suelos	380.5 (91%)	247.9 (61%)	436.8 (78%)	260.2 (83%)	278.3 (80%)
Total	417.7	406.6	561.7	312.7	346.7

A nivel departamental (Tabla 6.4), el contenido de carbono por hectárea fue más alto en Gracias a Dios, Colón e Islas de la Bahía, con un rango de valores entre 417.7 a 561 tC/ha, mientras que el resto de los departamentos presentaron contenidos de carbono menores a 400 tC/ha. En la mayoría de los departamentos, excepto el de Cortés, el contenido de carbono almacenado



en el suelo de los manglares representó más del 60% del contenido total, y en departamentos como el de Islas de la Bahía, este representó el 91% de carbono almacenado. A diferencia del resto de los departamentos, el carbono almacenado en el departamento de Cortés fue mayor para el depósito aéreo, el cual representó el 53% del carbono total. Esto como resultado de que el ecosistema de manglar presentaba una alta cantidad de biomasa subterránea y de materia orgánica en descomposición al primer metro de profundidad donde se colectaron las muestras de suelo, obteniendo bajos contenidos de carbono en suelo, en comparación al resto de los departamentos.

Tabla 6.4. Contenidos de carbono almacenado en los ecosistemas de manglar de Honduras por departamento y depósito. En paréntesis se presenta el porcentaje que cada depósito representa respecto al carbono total estimado por región.

Depósito	Departamento (tC/ha)						
	Islas de la Bahía	Atlántida	Colón	Cortés	Gracias a Dios	Choluteca	Valle
Aérea	26.8 (6%)	101.4 (26%)	74.6 (16%)	205.1 (53%)	95.8 (17%)	30.9 (10%)	55.4 (16%)
Subterránea	7.8 (2%)	27.2 (7%)	22.9 (5%)	53.1 (14%)	23.2 (4%)	9.4 (3%)	16.3 (5%)
Necromasa	2.2 (1%)	14.6 (4%)	5.9 (1%)	13.6 (4%)	5.5 (1%)	8.9 (3%)	7.3 (2%)
Hojarasca	0.4 (<1%)	1.1 (<1%)	0.4 (<1%)	1.0 (<1%)	0.5 (<1%)	0.0	0.0
Suelo (1m)	380.5 (91%)	251.0 (63%)	364.8 (77%)	112.1 (29%)	436.8 (77%)	254.9 (84%)	263.7 (77%)
Total	417.7	395.3	468.6	384.8	561.7	304.0	342.7

Estimación del potencial de carbono almacenado

El carbono absorbido y almacenado en los diferentes depósitos de los ecosistemas de manglar puede ser emitido en forma de moléculas de CO₂ u otros gases de efecto invernadero (e.g. CH₄) hacia la atmósfera, como resultado de posibles cambios de uso de suelo, deforestación, desecación de los suelos de manglar, entre otros. Tanto a nivel nacional como regional el depósito que presentaría un porcentaje más alto de emisiones potenciales sería el del suelo, debido a que éste almacena más del 60% del carbono total en estos ecosistemas. El segundo depósito de mayor relevancia sería el aéreo y este hace referencia al potencial de emisión de CO₂ por parte del carbono almacenado por arriba del suelo, principalmente árboles y raíces áreas vivas.

En términos regionales, La Mosquitia presentaría el mayor potencial de emisiones de CO₂ (2,061.5 tCO₂/ha), debido a que es la región con mayor carbono almacenado en los manglares por hectárea, mientras que la región del Pacífico presentaría el menor potencial de emisión de CO₂ (1,147.8 tCO₂/ha), debido a que el carbono almacenado en los diferentes depósitos de estos manglares es menor que en el resto de las regiones. A nivel departamental, Gracias a Dios presentaría el mayor potencial de emisión de CO₂ (2,061.5 tCO₂/ha), debido a sus altos contenidos de carbono en los suelos de manglar y en la vegetación. En contraste el departamento de Choluteca presentaría los potenciales de emisión de CO₂ más bajos (1,115.6 tCO₂/ha). A

Es importante remarcar que los potenciales de emisión más altos en los diferentes depósitos corresponden a aquellos que almacenan la mayor cantidad de carbono por hectárea y son los que usualmente son más afectados por disturbios humanos. La conservación de manglares en los países tropicales favorece el mantenimiento de servicios ambientales para la población humana y reduce potenciales emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero hacia a la atmósfera como consecuencia de disturbios.

DISTRIBUCIÓN DE CARBONO EN LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Con el proceso de interpolación espacial fue posible obtener el valor promedio de carbono por hectárea a nivel nacional (345.92 tC/ha). Esta cifra fue similar al valor nacional estimado con los datos de campo colectados por el INF (346.6 tC/ha; ver Tabla 6.1). A nivel regional, La Mosquitia presentó el mayor contenido de carbono por hectárea (560.48 tC/ha), seguido de Islas de la Bahía (418.99 tC/ha), el Atlántico (408.88 tC/ha) y por último el Pacífico (311.57 tC/ha). En términos de carbono total, es decir considerando la extensión de manglar en cada región, la región del Pacífico fue la que presentó el mayor contenido (12,339,684.41 tC) mientras que Islas de la Bahía el menor (1,015,000 tC). El contenido total de carbono en los manglares de Honduras fue de 17,968,252.23 tC, de los cuales la región del Pacífico almacenó el 69%, seguido por La Mosquitia y el Atlántico, que representaron el 13% y 12%, respectivamente, y por último Islas de la Bahía con el 6%.

El contenido total de carbono en los manglares de Honduras que presentamos en esta obra, representa alrededor del 71% de cifras estimadas para Honduras con productos globales (ej., The Global Mangrove Watch, estima que los manglares de Honduras almacenan 25,334,100 tC total; The Global Mangrove Watch 2022).



La diferencia en estos resultados muestra la necesidad de contar con datos representativos a nivel nacional, como el INF, para la estimación de almacenes de carbono en los manglares de Honduras, con la finalidad de mejorar la certeza en las estimaciones y minimizar posibles impactos de sobre o subestimación de carbono en estos ecosistemas.

Respecto a la comparación de las estimaciones de carbono por hectárea obtenidas con las UM y los resultados de la interpolación espacial, para todas las regiones se presentó una tendencia similar, es decir una mayor diferencia entre ambas estimaciones para los valores mínimos y máximos, mientras que los valores promedio fueron muy similares. Usualmente los modelos de interpolación están limitados por la presencia de valores extremos (máximos y mínimos) que se presentan con menor frecuencia en una muestra, por esta situación es posible que se hayan presentado una mayor diferencia en dichos valores. De acuerdo con la prueba estadística de "t" de dos colas con un intervalo de confianza del 95%, los resultados no mostraron diferencias significativas entre los valores promedio de carbono estimado con las UM y los valores promedio obtenidos con el proceso de interpolación espacial. Estos resultados son esperados debido al uso de todas las UM para la realización del proceso de interpolación espacial en cada región.

A continuación, para cada región se muestra el carbono total almacenado considerando la extensión de los manglares, los valores máximos y mínimos de carbono estimados con el proceso de interpolación, y los valores promedio de carbono (tC/ha) estimados con el proceso de interpolación y con las UM en campo (ver Tabla 6.3).

Distribución de Carbono en la Región de Islas de la Bahía

La región de Islas de la Bahía y su único departamento con el mismo nombre, presentó una extensión total de manglar de 2,462.8 ha con un contenido de carbono total de 1,015,000 tC. Los contenidos máximos de carbono por hectárea en la región fueron de 753.5 tC/ha, mientras que los mínimos fueron de 170.5 tC/ha. El valor promedio con el proceso de interpolación fue de 418.99 tC/ha (+71.3 tC/ha), y fue muy similar al estimado con las UM en campo (417.7 tC/ha; Tabla 6.3).

En la Ilustración 6.1 se puede observar que los municipios de Guanaja, José Santos Guardiola y Roatán presentaron contenidos de carbono por hectárea mayores a 430 tC/ha, mientras que el municipio de Utila presentó los menores contenidos de carbono por hectárea (< 400 tC/ha).



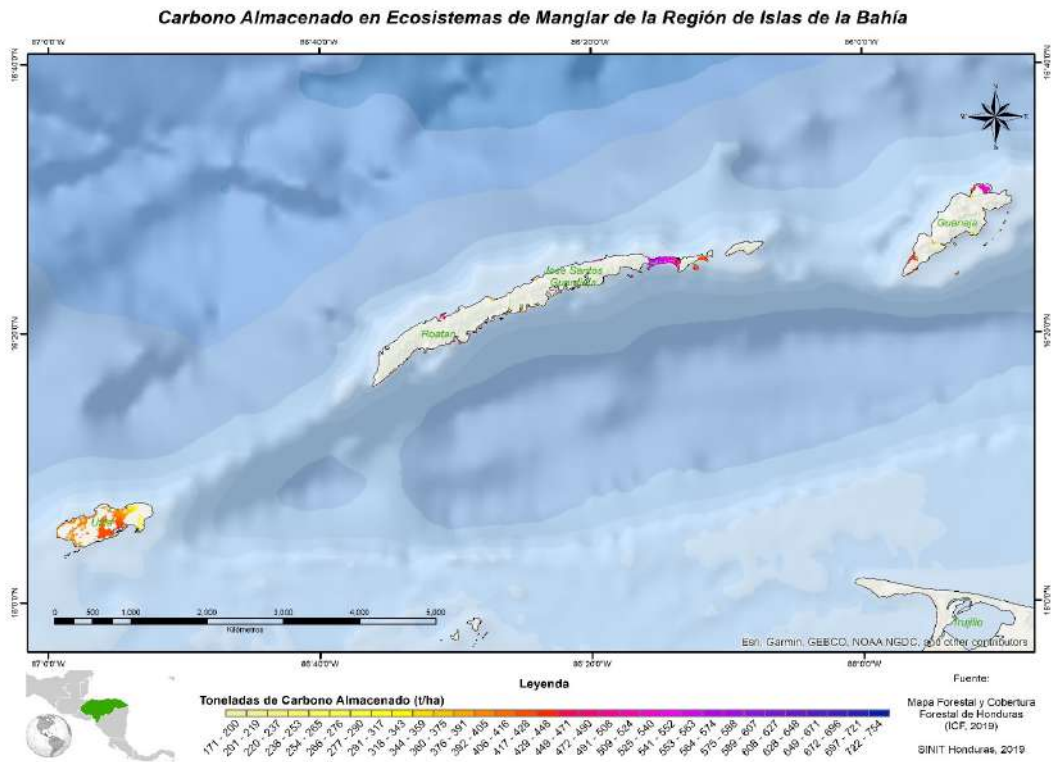


Ilustración 6.1. Distribución del carbono en los manglares de la región de Islas de la Bahía. El menor contenido de carbono se muestra en tonalidades amarillo-naranja, mientras que el mayor contenido de carbono en tonalidades de rosa a azul.

Distribución de carbono en la región del Atlántico

La región del Atlántico, compuesta por los departamentos de Cortés, Atlántida y Colón, presentó una extensión total de manglar de 5,323.9 ha con un contenido de carbono total de 2,203,752.63 tC. Los contenidos máximos de carbono por hectárea en la región fueron de 920.64 tC/ha, mientras que los valores más bajos fueron 34.35 tC/ha. El valor promedio de carbono con el proceso de interpolación para la región fue de 408.88 tC/ha. De igual forma este valor promedio fue muy similar al estimado con las UM en campo (406.6 tC/ha; Tabla 6.3). En la Ilustración 6.2 se puede observar que los mayores contenidos de carbono se presentan en el municipio de Tela del departamento de Atlántida (entre 290 a cerca de 500 tC/ha) y en los municipios de Trujillo y Santa Rosa de Aguan, con contenidos mayores a 450 tC/ha, incluso llegando hasta cerca de 650 tC/ha. También se presentan localidades con contenidos de carbono mayores a 750 tC/ha.

Carbono Almacenado en Ecosistemas de Manglar de la Región del Atlántico

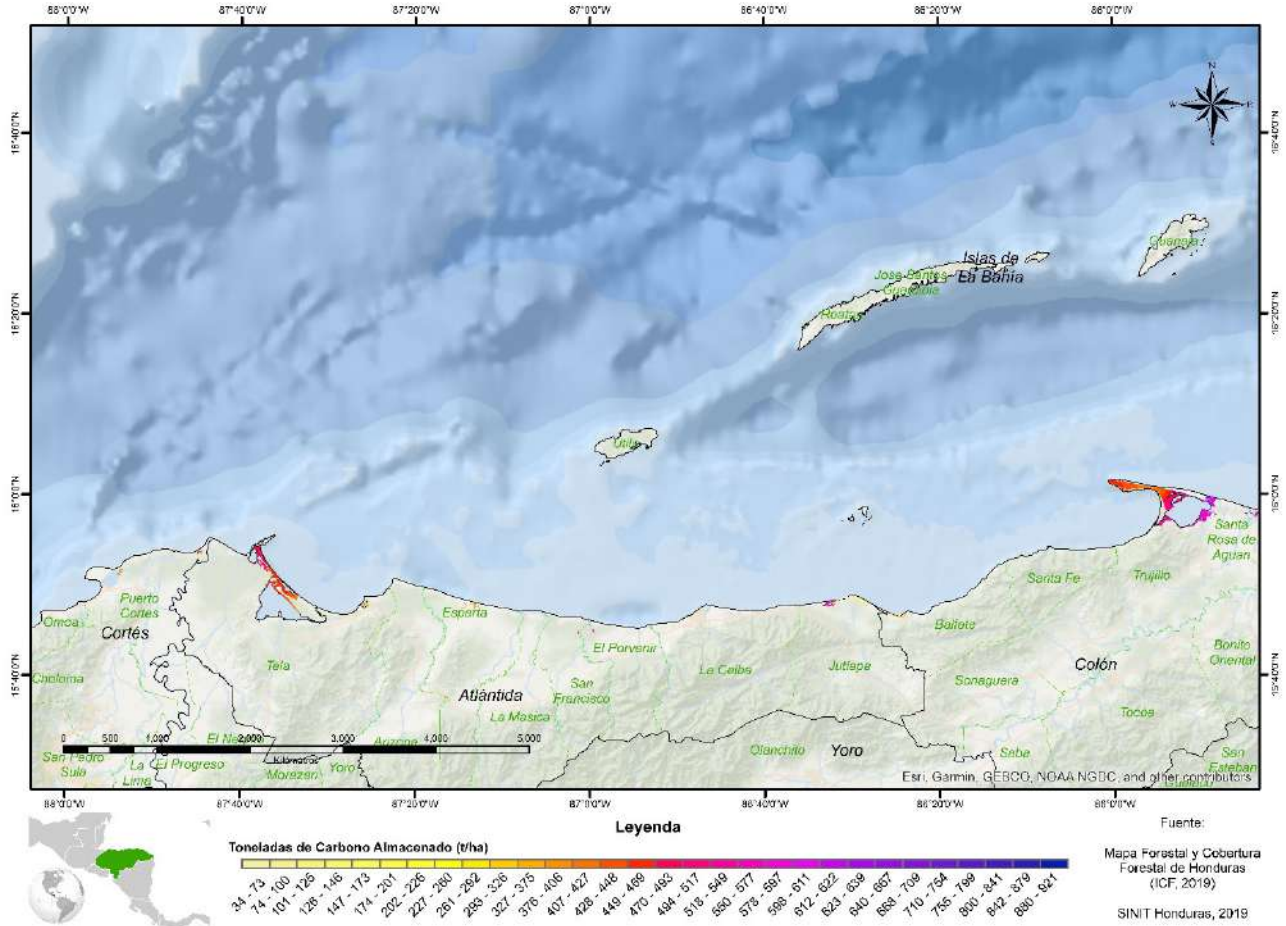


Ilustración 6.2. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región del Atlántico. El menor contenido de carbono se muestra en tonalidades amarillo-naranja, mientras que el mayor contenido de carbono en tonalidades de rosa a azul.

Distribución de carbono en la región de La Mosquitia

La región de La Mosquitia, compuesta por el departamento de Gracias a Dios, presentó una extensión total de manglar de 4,027.8 ha con un contenido de carbono total de 2,409,815.19 tC. Los contenidos máximos de carbono por hectárea fueron de 1,657.89 tC/ha, mientras que los valores más bajos fueron 271.51 tC/ha. El valor promedio de carbono con el proceso de interpolación para la región fue 560.48 tC/ha, muy similar al estimado con las UM en campo (561.7 tC/ha; Tabla 6.3). Esta región presentó los valores más altos de contenido de carbono en Honduras por hectárea.

En la Ilustración 6.3 se puede observar que los mayores contenidos de carbono se presentaron en el municipio de Puerto Lempira, con valores incluso mayores a 900 tC/ha. Particularmente en Barra de Caratasca se presentan contenidos de carbono mayores a 1,200 tC/ha.

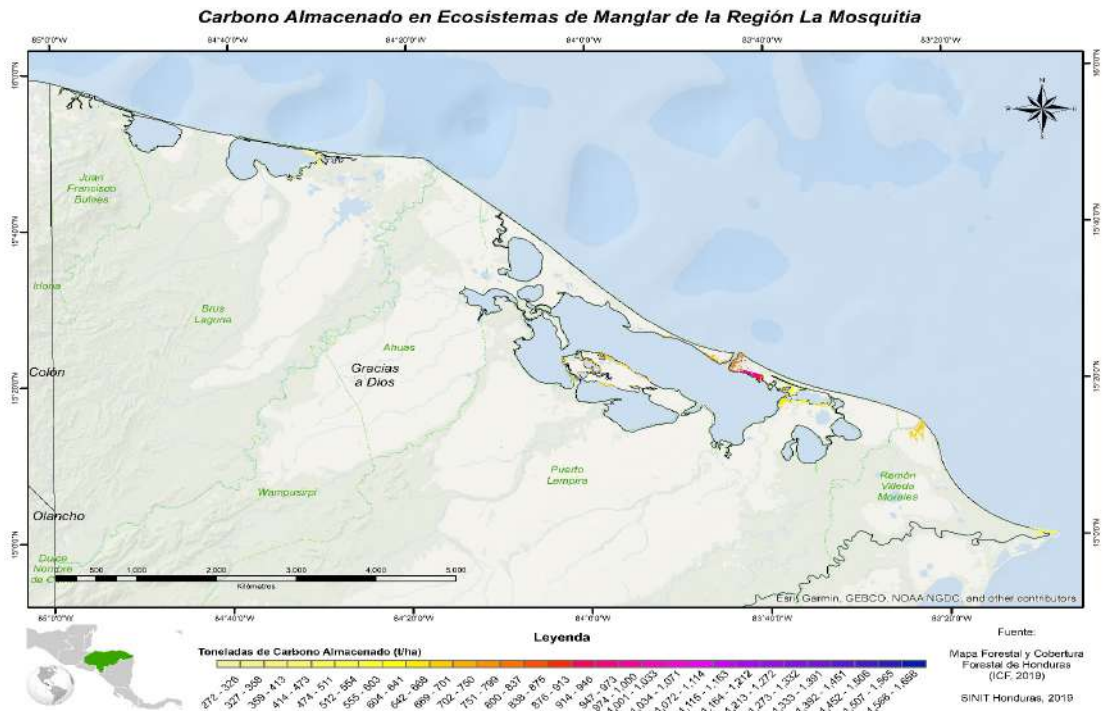


Ilustración 6.3. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región de La Mosquitia. El menor contenido de carbono se muestra en tonalidades amarillo-naranja, mientras que el mayor contenido de carbono en tonalidades azul.

Distribución de carbono en la región del Pacífico

La región del Pacífico, compuesta por los departamentos de Choluteca y Valle, presentó la mayor extensión de manglar en el país 40,000 ha) y un contenido de carbono total de 12,339,684.41 tC. Los contenidos máximos de carbono por hectárea en la región fueron de 541.10 tC/ha, mientras que los valores más bajos fueron 178.30 tC/ha. El valor promedio para la región fue de 311.58 tC/ha, muy similar al estimado con las UM en campo (312.7 tC/ha).

En la Ilustración 6.4 se puede observar que los mayores contenidos de carbono (>380 tC/ha) se presentaron en los municipios de Nacaome y Amapala del departamento de Valle. Particularmente las localidades de Bahía de Chismuyo y Estero del Espino presentaron contenidos de carbono mayores a 470 tC/ha.

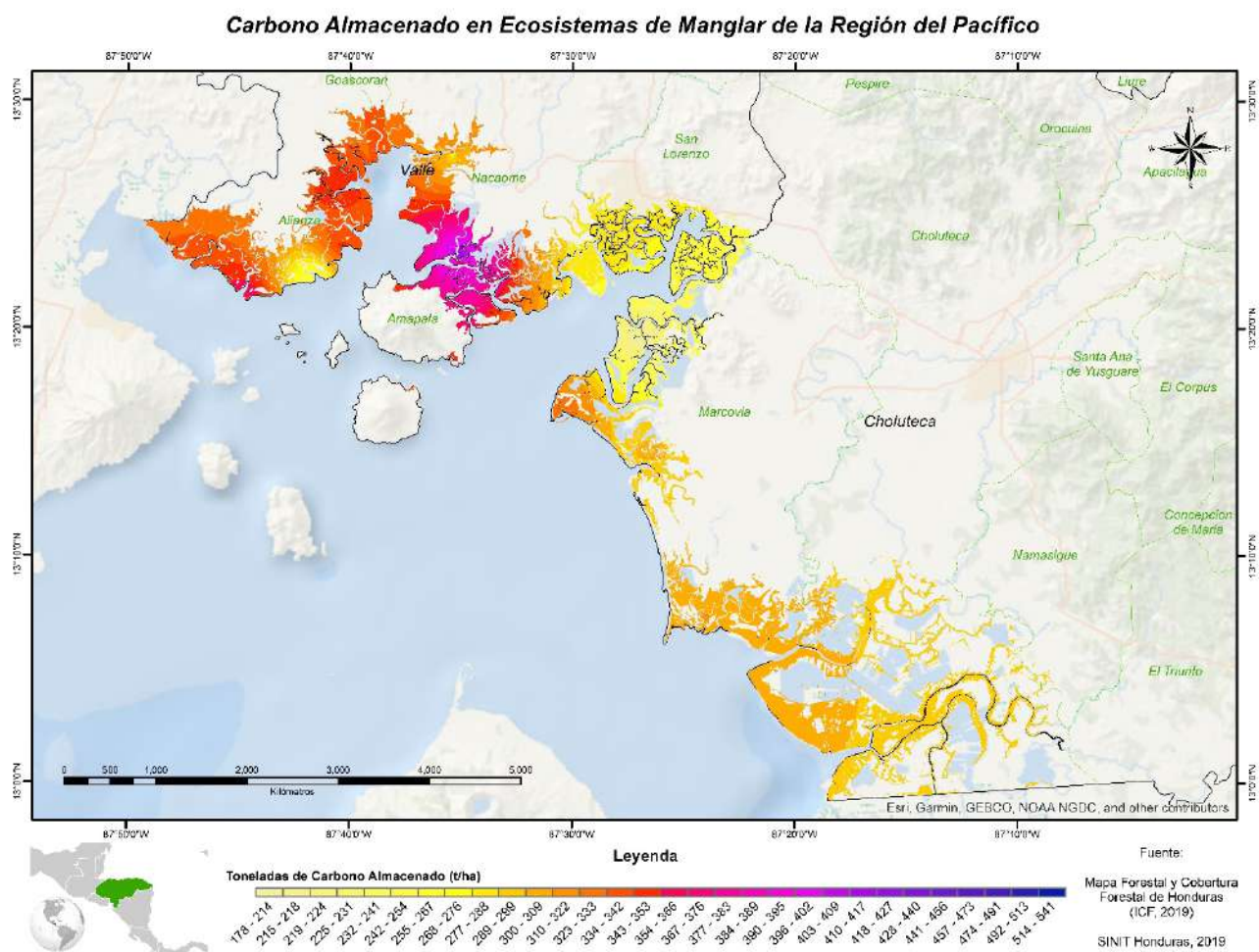


Ilustración 6.4. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región del Pacífico. El menor contenido de carbono se muestra en tonalidades amarillo-naranja, mientras que el mayor contenido de carbono en tonalidades de rosa a azul.

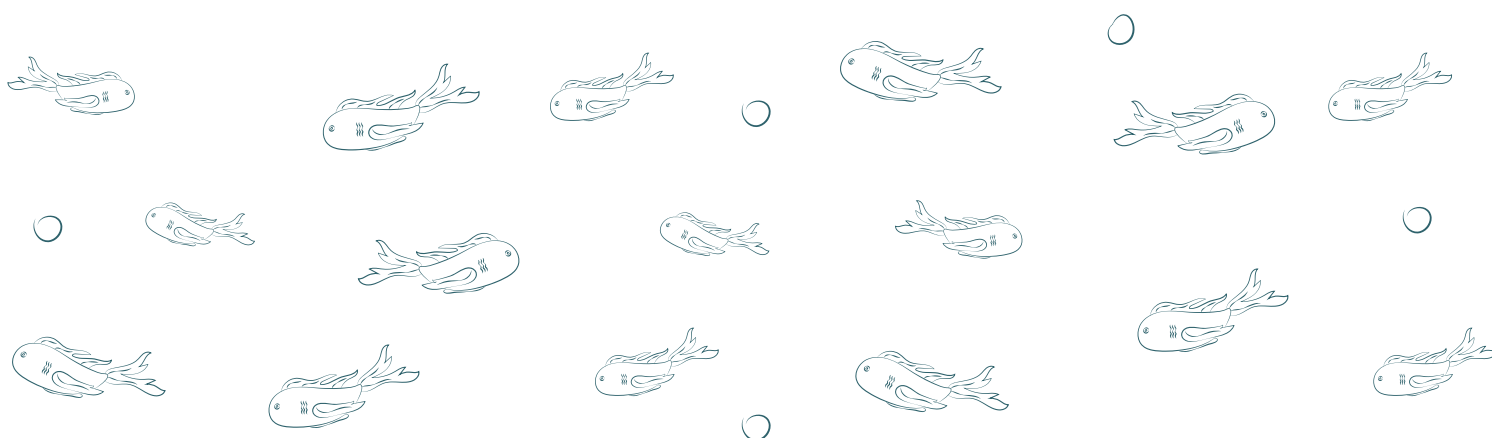
La interpolación espacial del carbono almacenado por región en los manglares de Honduras facilita su representación, visualización y análisis a escalas regionales y nacionales. La generación de esta información fue posible debido a que los datos de INF fueron colectados de manera aleatoria con fines de representar la mayor variabilidad en los ecosistemas de manglar del país. Como se observó en todas las regiones, la interpolación espacial de los contenidos de carbono fue similar a los valores promedio estimados

con las UM, sin embargo, no fue así con la estimación de los valores mínimos y máximos de carbono por hectárea.

DINÁMICA DEL CARBONO EN MANGLARES: EL CASO DE LA MOSQUITIA

Una de las características más importantes que esta obra desea resaltar es la oportunidad de identificar cambios a través del tiempo en los almacenes de carbono de los ecosistemas de manglar en Honduras. A continuación, presentamos los resultados de la dinámica de cambio en los almacenes de carbono por arriba del suelo en los manglares de La Mosquitia. Brevemente, el 91% de los manglares de La Mosquitia se desarrolla en lagunas con sedimentos de carbonato, mientras que el porcentaje restante en estuarios con sedimentos terrígenos de origen deltaico (Marshall 2007). Los suelos son latosoles y de chinampa, ácidos (i.e., pH promedio de ~5), y con una pendiente de terreno de hasta 60%. En cuanto a la hidrogeología, La Mosquitia se caracteriza por presentar recursos de agua subterránea locales y limitados, siendo la mayor entrada de agua dulce el aporte superficial (Marshall, 2007).

Como se ha mencionado anteriormente, los ecosistemas de manglar de esta región se encuentran asociados a otras especies de vegetación inundable y en su conjunto almacenan el mayor contenido de carbono por área en Honduras (561.7 tC/ha; Tabla 6.1). También se caracterizan por estar menos expuestos a impactos de cambio de uso de suelo o extracción maderable, debido a que el acceso por parte de las comunidades aledañas es mínimo. Las unidades de muestreo para la identificación de la dinámica de cambios en La Mosquitia, así como la distribución de los manglares en la región se muestran en la Ilustración 6.5.



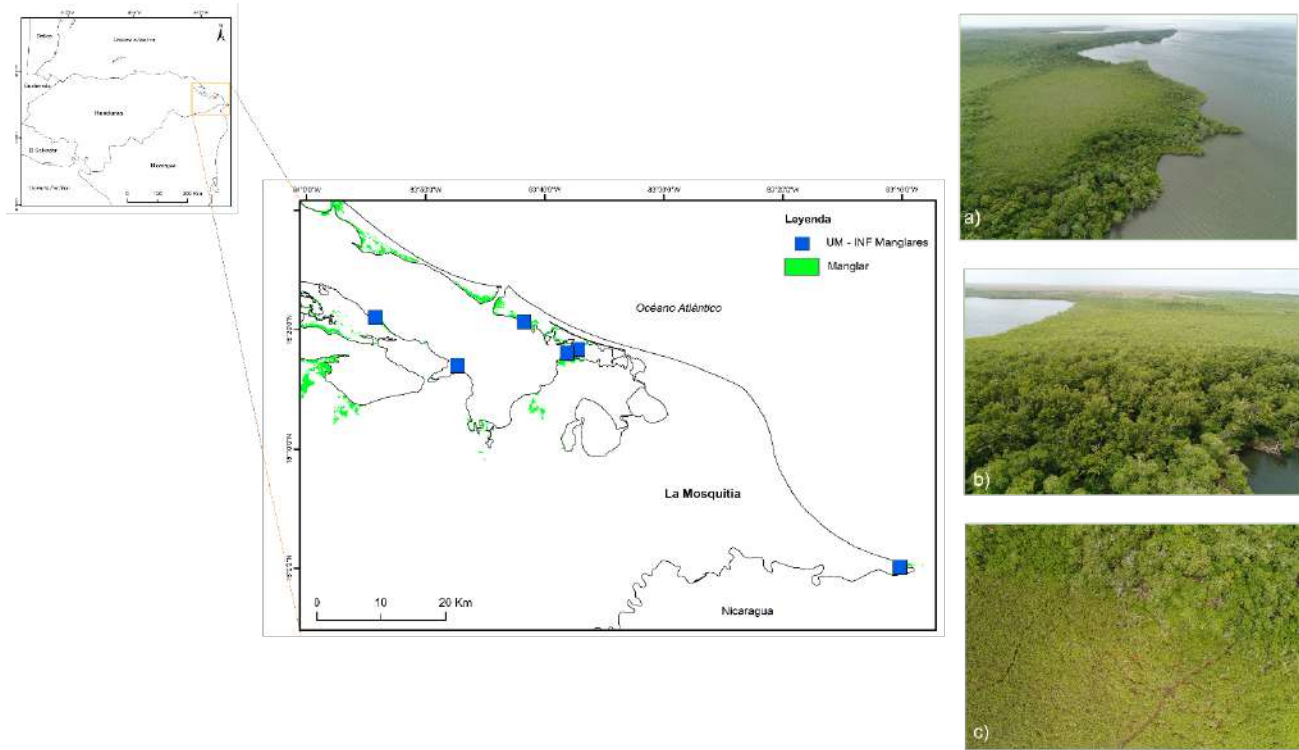


Ilustración 6.5. Ubicación de los manglares de la región de La Mosquitia. La cobertura de manglar se muestra en color verde y en recuadros azules se muestra la ubicación de las UM empleadas para identificar la dinámica de cambio en el carbono por arriba del suelo. Los apartados a) a c) muestran fotografías aéreas de los manglares de la región. La cobertura de manglar ha sido modificada de The Global Mangrove Watch (2022) y las fotografías aéreas han sido tomadas por el INF de Honduras.

Respecto a los resultados de cambio en los manglares de La Mosquitia, la Tabla 6.5 muestra los estadísticos considerados para identificar la dinámica en estos manglares. Es de notar que en un período de tres años (2018 a 2021), estos manglares presentaron una disminución en la densidad de árboles con $DAP > 20$ cm, con una tasa de cambio de 11.12%. En contraste se presentó un incremento relativamente bajo en el área basal de los árboles. Posiblemente este incremento esté relacionado con la reducción de la densidad de individuos más jóvenes, pero a su vez con el incremento de área basal en individuos en etapas de desarrollo subsecuente. A su vez este incremento de área basal podría explicar el incremento -también relativamente bajo- del carbono total durante el período de estudio. Es importante destacar que ninguno de estos cambios fue estadísticamente significativos.

La baja proporción de cambios durante el período de 2018 a 2021, muestra que ninguna de las UM consideradas para identificar cambios experimento impactos directos (naturales o de influencia humana) que favorecieran pérdidas mayores del carbono almacenado por arriba del suelo en esta región.

Por ejemplo, el registro de eventos meteorológicos de 2018 a 2021 en La Mosquitia, muestran que se presentaron 3 eventos en un radio aproximado de 120 km alrededor de los manglares de la región. El 66% de estos eventos fueron huracanes categoría 4 en la escala Saffir–Simpson (Huracanes Eta e Iota, noviembre de 2020; NOAA, 2022). En este sentido y en base a las estadísticas de cambio, ninguno de estos eventos meteorológicos impacto de manera negativa el carbono almacenado en los ecosistemas de manglar de la región.

La identificación de cambios en los almacenes de carbono brinda la oportunidad de generar información que permita cumplir con compromisos nacionales e internacionales relacionados a la reducción de gases de efecto invernadero, así como a la implementación de acciones de mitigación y adaptación basadas en la naturaleza (Lacerf et al., 2021). También esta información puede ser de utilidad para identificar la dinámica de carbono en los manglares y los retos asociados la incertidumbre en sus estimaciones.

Tabla 6.5. Estadísticos empleados para la identificación de cambio en los almacenes de carbono de los manglares de la región de La Mosquitia, Honduras. El 2018 es considerado como la línea base de estimaciones, mientras que el 2021 como periodo de remediación de los almacenes.

Estadísticas	Densidad (árboles/ha)			Área basal (m ² /ha)			Carbono total (tC/ha)		
	INF 2018	INF 2021	Cambio	INF 2018	INF 2021	Cambio	INF 2018	INF 2021	Cambio
Promedio	412.06	384.50	-11.12	17.66	24.52	0.09	68.97	76.46	1.13
Error estándar (ES)	38.86	68.11	27.07	1.71	4.71	0.75	7.69	12.54	2.17
% de ES	9.43%	17.71%	-243.54%	9.71%	19.20%	810.86%	11.15%	16.40%	192.13%
Intervalo de confianza menor	346.96	252.14	-63.72	14.79	15.37	-1.36	56.08	52.10	-3.09
Intervalo de confianza mayor	477.16	516.85	41.49	20.53	33.66	1.55	81.85	100.82	5.36





Capítulo 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA



CONCLUSIONES

La presente obra muestra información a nivel nacional sobre el estado de los ecosistemas de manglar en Honduras, permitiendo la generación de resultados con mayor precisión debido a una mejor representación de estos ecosistemas en el INF.

La mayor parte de las regiones costeras de Honduras donde se establecieron las UM en campo y se colectaron datos para esta obra, dependen en gran medida de los beneficios directos e indirectos que los ecosistemas de manglar les brindan, especialmente para actividades cotidianas como el consumo de alimentos, transporte, extracción de leña, materiales de construcción, la pesca comercial, usos medicinales, turismo, entre otros.

Existe un alto grado de responsabilidad por parte de las comunidades costeras en cuanto a la conservación y manejo adecuado de los recursos existentes en los manglares de Honduras, de manera que las alteraciones identificadas fueron de leves a moderadas. Sin embargo, las alteraciones registradas de carácter severo fueron generadas por iniciativas empresariales ajenas a las poblaciones costeras.

Los manglares del país impactan de manera positiva los procesos naturales del entorno, desde su asociación con otras especies de flora, hasta su influencia en las diferentes etapas de vida de la fauna acuática (p. ej. peces, moluscos, crustáceos, etc.) y terrestre (p. ej. aves, mamíferos, reptiles, anfibios, etc.). Así la conservación de los manglares tiene un efecto directo en la dinámica natural de cada una de las especies que habita este ecosistema.

La presente obra permitió evaluar el estado actual de los ecosistemas de manglar en Honduras, principalmente los bienes relacionados al sector forestal. Sin embargo, existen numerosas variables que requieren estudios más profundos, especialmente aquellas relacionadas a los servicios que brindan estos ecosistemas a las comunidades costeras aledañas, en términos sociales, culturales, económicos y recreativos.

Los manglares de Honduras almacenan en promedio 345.92 tC/ha. Mientras que el carbono total almacenado en los manglares de país es de 17,968,252.23 tC, siendo la región del Pacífico la que almacena el 69%, seguido por La Mosquitia y el Atlántico con el 13% y 12% de carbono almacenado respectivamente, y por último Islas de la Bahía con el 6%.

Considerando el grado de precisión de los resultados generados en esta obra, éstos podrán ser incluidos en los reportes de país, en atención al cumplimiento de compromisos internacionales.



En años anteriores los reportes fueron realizados con cifras regionales a nivel Centroamérica, sin embargo, con los presentes resultados se contará con la información actualizada y representativa de todas las regiones de manglar en el país.

La distribución balanceada de las muestras de campo permitió la estimación de la distribución de los contenidos de carbono dentro de los rangos razonables de precisión, por lo que se cuenta con información geográfica en archivos ráster y vectorial (shapefile) sobre las diferentes concentraciones de carbono total en todas las superficies de mangle del país, que será de utilidad para análisis puntuales.

RECOMENDACIONES

Es necesaria la generación de estudios integrales que permitan cuantificar la mayoría de los bienes y servicios ecosistémicos de los manglares, considerando la importancia económica, social y cultural que éstos representan para las comunidades costeras que en ellos habitan.

Es recomendable gestionar el aumento del número de unidades de muestreo en los ecosistemas de manglar para futuros ciclos del INF, particularmente en los manglares de la región del Atlántico. Esto aumentaría la certeza en los resultados reportados y disminuiría el error de muestreo. Se requiere, además, la inclusión de variables que logren cuantificar o calificar el aporte de los ecosistemas de manglar al ámbito socioeconómico de las comunidades aledañas.

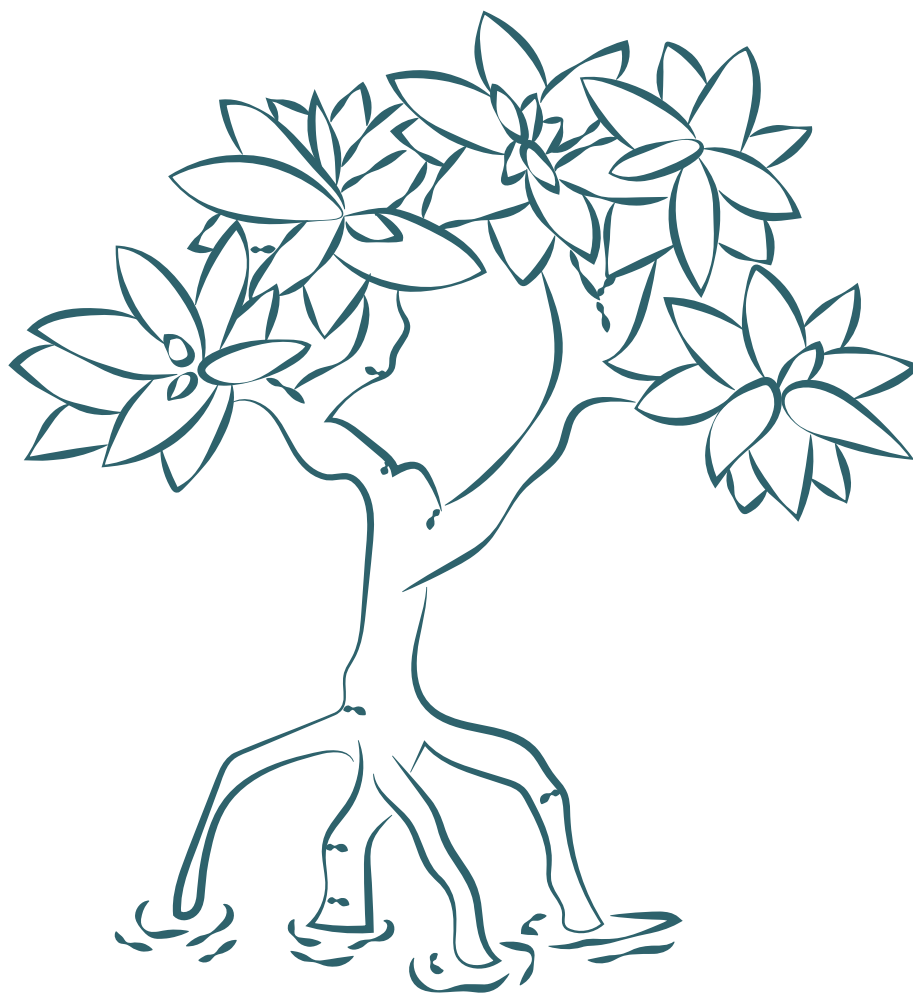
Se deberá realizar un proceso de socialización y divulgación de los resultados de la presente obra con los sectores públicos, privados, académicos, no gubernamentales, cooperación externa y con los actores locales, para dar a conocer la situación actual de los ecosistemas de manglar en el país y por región evaluada.

Será necesario hacer injerencia con las autoridades ambientales y forestales sobre las amenazas que enfrentan los manglares, especialmente su deforestación, cuya afectación no solamente es percibida a nivel de ecosistema sino también sobre las poblaciones costeras.

Si bien es cierto que en términos generales los manglares presentan un buen estado fitosanitario con altos porcentajes de sanidad, es necesario prestar atención al porcentaje que presenta afectaciones, especialmente por plagas de insectos y plantas parasitas, estas últimas son causa de muerte de pequeñas franjas de R. mangle (mangle rojo) en la zona sur del país.



Con la generación de nuevos estudios en en el futuro se podrá hacer evaluaciones de todos los criterios, indicadores y variables que se evalúan a través del INF, generando tendencias y proyecciones de cada variable para cuantificar la aplicabilidad de la Ordenación Forestal Sostenible en los ecosistemas de manglar del país, por lo que se alienta a desarrollar futuras remedaciones en las UM establecidas



BIBLIOGRAFÍAS

Adame, M.F., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Lovelock, C.E., Fatoyinbo, T., Lagomasino, D., Goldberg, L.A., Holdorf

J., Friess, D.A., Sasmito, S.D., Sanderman, J., Sievers, M., Buelow, C., Kauffman, J.B., Bryan-Brown, D. and Brown, C.J. (2021), Future carbon emissions from global mangrove forest loss. *Glob Change Biol*, 27: 2856-2866. <https://doi.org/10.1111/gcb.15571>

AFE-COHDEFOR. (2005). Manual para el levantamiento de campo para la ENF. Asociación Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal, Tegucigalpa, Honduras.

AFE-COHDEFOR. (2006). Informe de Resultados del Inventario de Bosque y Arboles 2005-2006. Asociación Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal, Tegucigalpa, Honduras.

Alongi, D. M. (2002). Estado actual y futuro del manglar mundial. *Conservación del medio ambiente*.

Amador Lorenzo, E. L. (2010). Portal EcuRed. Obtenido de <https://www.ecured.cu/index.php?title=EcuRed:Supervisores&action=edit>

Banco Mundial. (17 de Enero de 2019). Plataforma Banco Mundial. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/01/17/cinco-razones-para-cuidar-los-manglares>

BIOPEdia. (2012). BIOPEdia. Recuperado el 07 de Mayo de 2020, de BIOPEdia: Biodiversidad, biomas y más. Enciclopedia ilustrada de la vida en la Tierra: <https://www.biopedia.com/manglares/>

Bhomia, R.K., Kauffman, J.B. & McFadden, T.N. Ecosystem carbon stocks of mangrove forests along the Pacific and Caribbean coasts of Honduras. *Wetlands Ecol Manage* 24, 187–201 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11273-016-9483-1>

Bunting, P.; Rosenqvist, A.; Hilarides, L.; Lucas, R.M.; Thomas, N.; Tadono, T.; Worthington, T.A.; Spalding, M.; Murray, N.J.; Rebelo, L.-M. Global Mangrove Extent Change 1996–2020: Global Mangrove Watch Version 3.0. *Remote Sens.* 2022, 14, 3657. <https://doi.org/10.3390/rs14153657>

Calderón, A., & Scott, C. (2017). Sistema de Inventarios Nacionales “Silva Metricus”. Manual de Usuario, Servicio Forestal de los Estados Unidos- Programas Internacionales (USDA/FP-IP), Siguetepeque, Comayagua.

Carrasco, J. C., & Caviedes, V. (2014). Diagnóstico de los Ecosistemas Marino - Costeros y de Agua Dulce de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Proyecto USAID ProParque.

Carrasco, J. C., & Flores, R. (2009). Inventario Nacional de Humedales de la República de Honduras. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente/Dirección de Biodiversidad, Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales (USAID/MIRA), Tegucigalpa, M.D.C.

CATIE. (2003). Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionista. Turrialba, Costa Rica.

CCAD. (2002). El Corredor Biológico Mesoamericano. Una plataforma para el desarrollo sostenible regional. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Proyecto Para La Consolidación Del Corredor Biológico Mesoamericano, Managua, Nicaragua.

Centro de Recursos de ArcGis. (2015). Análisis geoestadístico utilizando la herramienta IDW. En línea disponible. <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html/>.

Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R., & Lynch, J. C. (2003). Secuestro global de carbono en mareas, suelos de humedales salinos. *Global biogeochemical cycles*, 17(11).

CONABIO. (2008). Los Manglares: Conocimiento e Importancia. Comisión Nacional para el Conocimiento y



Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

- CONABIO. (2009). Manglares de México: Extensión y Distribución. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Mexico D.F. Recuperado el 15 de Junio de 2019
- CONABIO. (2013). Corredor Biológico Mesoamericano en México. Boletín Bimestral Biodiversitas No 11, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- CONABIO. (2013). Manglares de México. Extensión, Distribución y Monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- CONABIO-CONANP. (2009). Mangle. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Comisión Nacional de, México, D.F.
- Davidson, N. C., & Finlayson, C. M. (2018). Extensión, distribución regional y cambios en el área de diferentes clases de humedales. Investigación marina y de agua dulce (en prensa).
- Davidson, N. C., Fluet-Chouinard, E., & Finlayson, C. M. (2018). Extensión global y distribución de humedales: tendencias y problemas. Marine Freshwater Research, 69(4). Obtenido de <https://doi.org/10.1071/MF17019>
- Duarte, C., Middelburg, J., & Caraco, N. (2005). Papel principal de la vegetación marina en el ciclo del carbono oceánico. Biogeosciences, 1-8.
- Duggan, J. (16 de Mayo de 2016). Flickr. Obtenido de Flickr Photos: <https://www.flickr.com/photos/126765045@N07/49642514473/in/photolist-2iCNXWi-2iCJS2X-2iCGpoR-rgtGfd-doetmK-2iCJS1V-2iCGpni-2iCK59k-2hMzCpm-2hMzCpG-2hMx2w1-2hMAJRd-2hMx2nP-2hMzCfd-SayDNj-4N9FGN-24tXUkp-4N5cJf-Ca4wDw-rgAyAx-CEsgUC-2eGaCSx-4N11vt-doetiZ-BYWW>
- ESRI. (2016). Plataforma ESRI. Recuperado el 2020 de 06 de 30, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-idw-works.htm#:~:text=La%20interpolaci%C3%B3n%20mediante%20distancia%20inversa,funci%C3%B3n%20de%20la%20distancia%20inversa.>
- FAO. (1998). FRA 2000, Terminos y Definiciones, Programa de Evaluación de Recursos Forestales. Técnico, FAO, Departamentos de Montes, Roma, Italia.
- FAO. (2005). Evaluación de Recursos Forestales Mundiales 2005/Estudio Temático Sobre Manglares. Perfil Nacional de Honduras, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de Recursos Forestales/Departamento de Montes, Roma, Italia. Recuperado el 10 de Junio de 2019
- FAO. (19 de Mayo de 2005). FAO ORG. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/forestry/mangrove/statistics/13547/es/>
- FAO. (2007). Los manglares del mundo 1980–2005. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.
- FAO. (2015). FRA 2015 y la Situación del Sector Forestal. Nota de la Secretaría, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-az863s.pdf>
- FAO. (2020). Terminos y definiciones. FRA 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Departamento Forestal, Roma, Italia.
- FAPVS, CODDEFFAGOLF, & EcoPesca. (2014). Aprendamos sobre el bosque de mangle en el Golfo de Fonseca. Cartilla Versión Popular, Fondo para el Manejo de las Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Proyecto EcoPesca, Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca.
- Giri, C. (2012). Mapa mundial de distribución de manglares.

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., . . . Duke, N. (2010). Estado y distribución de los bosques de manglares usando los datos de observación satelital de la Tierra.

Global Mangrove Watch. 2022. Consultado: <https://www.globalmangrovewatch.org>. Accesado el 30 de Octubre de 2022.

Goldberg L, Lagomasino D, Thomas N, Fatoyinbo T. Global declines in human-driven mangrove loss. *Glob Chang Biol*. 2020 Oct;26(10):5844-5855. doi: 10.1111/gcb.15275. Epub 2020 Aug 3. PMID: 32654309; PMCID: PMC7540710.

Herr, D., Agardy, T., Benzaken, D., Hicks, F., Howard, J., Landis, E., . . . Vegh, T. (2015). Carbono costero “azul” Una guía revisada para apoyar los programas y proyectos de humedales costeros utilizando financiamiento climático y otros mecanismos financieros. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Gland, Suiza.

Hong, W. (2013). Naturalista. Obtenido de Red iNaturalista: <https://www.naturalista.mx/photos/557427>

Hu, T.; Zhang, Y.; Su, Y.; Zheng, Y.; Lin, G.; Guo, Q. Mapping the Global Mangrove Forest Aboveground Biomass Using Multisource Remote Sensing Data. *Remote Sens*. 2020, 12, 1690. <https://doi.org/10.3390/rs12101690>

Hutchison, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A., & Spalding, M. (20 de Septiembre de 2013). Predicción de patrones globales en la biomasa de manglares. (R. Naidoo, Ed.) *Conservation Letters*, 233, 234, 237.

ICF. (2011). Áreas Marinas y Costeras del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Departamento de Áreas Protegidas, Tegucigalpa, Honduras.

ICF. (2014). Geoportal ICF. Recuperado el 2018 de Febrero de 20, de Geoportal de la IDE del Sector Forestal: <http://www.geoportal.icf.gob.hn/>

ICF. (2014). Manual de campo para el establecimiento de las unidades de muestreo y parcelas 2014-2015. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Tegucigalpa, Honduras.

ICF. (2016). Procedimientos de Cálculos en la Base de datos INF de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre , Tegucigalpa, Honduras.

ICF. (2017). Manual para la colecta de datos de campo para el Inventario Nacional Forestal de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre., Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, Tegucigalpa. Recuperado el 08 de 06 de 2018

ICF. (2017). Resultados de la Evaluación Nacional Forestal de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Tegucigalpa, Honduras.

ICF. (2019).Geoportal ICF.Obtenido de Geoportal de la IDE del Sector Forestal:<http://www.geoportal.icf.gob.hn/>

IPCC. (2013). Suplemento de las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

ITTO. (2017). Afianzando el terreno para los manglares. (R. Carillo, Ed.) *Actualidad Forestal Tropical*, 26(3), 1,2,3. Obtenido de <https://www.itto.int/es/tfu/id=5288>

ITTO. (2017). Conferencia Internacional sobre la Sustentabilidad de los Ecosistemas de Manglar. En O. I. Tropicales (Ed.), *Informe de la Conferencia*. Bali, Indonesia. Obtenido de <https://www.itto.int/mangrove2017/>

Jiménez, Q., & Murillo, F. (4 de Abril de 2011). Portal CRBio. Obtenido de Portal Biodiversidad de Costa Rica: <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Pelliciera%20rhizophorae>



- Kauffman, J. B., Donato, D. C., & Adame, M. F. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documento de trabajo 117, Centro de Investigaciones Forestales Internacionales (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Kauffman, J. B., M. F. Adame, V. B. Arifanti, L. M. Schile-Beers, A. F. Bernardino, R. K. Bhomia, D. C. Donato, I. C. Feller, T. O. Ferreira, M. C. Jesus Garcia, R. A. MacKenzie, J. P. Megonigal, D. Murdiyarso, L. Simpson, and H. Hernandez Trejo. 2020. Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. *Ecological Monographs* 90(2): e01405. 10.1002/ecm.1405
- MAP, & CORALINA. (2001). Los maravillosos manglares de Guatemala. Mangrove Action Project, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Obtenido de <https://dcanature.org/wp-content/uploads/2012/08/Los-Maravillosos-Manglares-Guatemala.pdf>
- Maya Duque, A., Lago Cruz, N., & Barquero, J. C. (06 de Junio de 2008). Manglares Colombianos. Obtenido de <http://manglrecolombianos.blogspot.com/2008/06/manglares-colombianos.html>
- Marshall, J. 2007. The Geomorphology and Physiographic Provinces of Central America. In: Bundschun J & Alvarado G.E. 2007. Central America, Two Volume Set. Geology, Resources and Hazards. CRC Press. 356 pp.
- Mejía Quiñones, L. M., Molina, J. M., San Juan Muñoz, A., Grijalba Bendeck, L. M., & Niño Martínez, L. M. (2014). Bosque de Manglar: Un ecosistema que debemos cuidar. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Cartagena de Indias.
- Mi Herbario. (2 de Octubre de 2017). Jessica's Herbario. Obtenido de <https://mi-herbario.blogspot.com/2017/10/avicennia-bicolor-mangle.html>
- MiAmbiente. (2017). Política Nacional de Humedales de Honduras 2018-2038. Ministerio de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas, Dirección General de Biodiversidad, Comité Técnico Nacional de Humedales, Tegucigalpa.
- MiAMBIENTE, ARAP, PNUD, CI, & Wetlands. (2018). Los Manglares y el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente de Panamá, PNUD, Conservación Internacional, Wetlands Internacional, Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, Chiriquí, Panamá. Obtenido de <https://lac.wetlands.org/publicacion/exposicion-los-manglares-cambio-climatico/>
- MiAmbiente+. (2017). Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y Plan de Acción 2018-2022. Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas, Dirección General de Biodiversidad, Tegucigalpa, Honduras.
- MiAmbiente+. (2017). Política Nacional de Humedales de Honduras 2018-2038. Ministerio de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas, Dirección General de Biodiversidad, Comité Técnico Nacional de Humedales, Tegucigalpa.
- MiAmbiente+/CIAT. (2017). Agua de Honduras. Recuperado el 2019 de Septiembre de 06, de Plataforma Agua de Honduras: <https://aguadehonduras.gob.hn/>
- Moren-Casasola, Patricia; Infante Mata, Dulce María. (2016). Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos. (C. I. CONAFOR, Ed.) México, D.F. Obtenido de http://www.inecol.mx/inecol/libros/Conociendo_los_manglares,_las_selvas_inundables_y_los_humedales_herbaceos.pdf
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. (1974) Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York, 547 p.
- Murray, B. C., Pendleton, L., & Sifleet, S. (2011). Estado de la ciencia sobre el carbono azul costero: un resumen para los responsables políticos. Instituto Nicholas para Soluciones de Política Ambiental.
- Nelson, C. H., & Pérez, H. I. (2018). Descubrimiento de la Familia Tetrameristaceae en Honduras. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Departamento de Biología, La Ceiba.



- NOAA. 2022. HISTORICAL HURRICANE TRACKS. Consultado: <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80>. Accesado el 20 de octubre de 2022.
- Núñez Ravelo, F., & Ugas Pérez, M. (2018). Caracterización fisionómica del manglar de *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* emplazado en la Laguna de Unare, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Unare, Venezuela. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72156172015>
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., & Sifleet, S. (2012). Estimación de las emisiones globales de “carbono azul” de. *PLoS One*, 7.
- Pérez, R. (Junio de 2014). Portal STRI Symbiota. Obtenido de Smithsonian Tropical Research Institute: <https://stricollections.org/portal/taxa/index.php?taxon=62154>
- Picard, N., Saint-André, L., & Henry, M. (2012). Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier Cedex, France & Roma, Italia.
- PNUD. (24 de Julio de 2019). PNUD Honduras. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Honduras: <https://www.hn.undp.org/content/honduras/es/home/stories/levando-vida-de-mar-abierto-hacia-tierra-firme.html>
- PNUMA. (25 de Julio de 2017). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.unenvironment.org/es/node/609>
- PNUMA. (28 de Noviembre de 2019). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de ONU Programa para el Medio Ambiente: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/manglares-una-super-solucion-contr-el-cambio-climatico>
- PNUMA-WCMC. (2014). La Importancia de los Manglares para las Personas: Un Llamado a la Acción. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación, Cambridge.
- Prahl, H. v. (Noviembre de 1990). Villegas Editores - Escena Villegas. (C. U. Benjamín Villegas, Ed.) Obtenido de <https://villegaseditores.com/manglares-creditos#titulo>
- Rodríguez, H. (07 de Octubre de 2016). National Geographic España. Obtenido de National Geographic España: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/actualidad/humedales-del-mundo-vistos-desde-el-espacio_10101/2
- Rovai, AS, Twilley, RR, Castañeda-Moya, E, et al. Macroecological patterns of forest structure and allometric scaling in mangrove forests. *Global Ecol Biogeogr*. 2021; 30: 1000– 1013. <https://doi.org/10.1111/geb.13268>
- Russi, D., Brink, P. T., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., & et al. (2013). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para el agua y los humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar, Instituto de Política Ambiental Europea, Londres y Bruselas, Gland, Suiza.
- Sánchez-Páez, H. (2004). Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del caribe de Colombia. Minsiterio del Medio Ambiente, Bogotá.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Cuarta ed.). Gland, Suiza.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2018). Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (28 de Febrero de 2020). Plataforma Secretaría de la Convención de Ramsar. Obtenido de Ramsar Org.: <https://www.ramsar.org/es/nuevas/honduras-designa-al-sistema-de-humedal-laguna-de-alvarado-como-su-onceavo-humedal-de>



- SERNA. (2001). Estrategia Nacional de Biodiversidad. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, Tegucigalpa, Honduras.
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). Atlas mundial de los manglares. The Nature Conservancy (TNC), OIMT, FAO, ISME, PNUMA, UNESCO-MAP, UNU-INWEH, UNEP-WCMC.
- Spalding, Mark D and Leal, Maricé (editors), 2021 The State of the World's Mangroves 2021. Global Mangrove Alliance.
- Thomas, S. (15 de Junio de 2009). Wikimedia Commons. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhizophora_mangle_flowers.JPG
- UI, COI-UNESCO, & UICN. (2014). Carbono Azul: Métodos para evaluar las existencias y los factores de emisión de carbono en manglares, marismas y pastos marinos. Conservación Internacional, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- UICN. (21 de Febrero de 2017). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Obtenido de <https://www.iucn.org/es/node/27925>
- UICN. (2017). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Obtenido de Proyecto “De la Cuenca a la Costa”: Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida: www.uicn.org
- Venemedia Comunicaciones. (2015). Definiciones XYZ. Obtenido de Definición XYZ. Venemedia Comunicaciones C.A.: <https://www.definicion.xyz/2018/07/manglares.html>
- WRM. (2014). “Carbono Azul” y “REDD Azul”: transformando los territorios marino*costeros en mercadería. World Rainforest Movement, Montevideo, Uruguay.
- WWF. (2018). WWF Org. Recuperado el 07 de Mayo de 2020, de Word Wildlife Fund: <https://www.worldwildlife.org/magazine/issues/summer-2018/articles/saving-mangroves>
- Yáñez Arancibia, A., & Lara Domínguez, A. L. (2008). Ecosistemas de Manglar de América Tropical (Segunda ed.). (E. Sáinz-Hernández, Ed.) Xalapa, Veracruz, México: Editions A. Exbrayat, Fort-de-France Martinique.
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J. W., Twilley, R. R., & Day, R. H. (2014). Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. Madera y Bosques, 20, 40,41.



Tabla de ilustraciones y gráficos

Ilustración 1. Subregiones geográficas de los manglares a nivel mundial	19
Ilustración 2.2. Manglares ribereños del Río San Juan, Refugio de Vida Silvestre Cuero y Salado, Departamento de Atlántida, Honduras. Foto: Equipo del INF.	20
Ilustración 2.3. Manglar de borde en El Guapinol, Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras. Foto: Equipo del INF.	21
Ilustración 2.4. Manglar de barra en Punta Ratón, Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras. Foto: Equipo del INF.	21
Ilustración 2.5. Manglar de cuenca en West End, Utila, Departamento de Islas de la Bahía, Honduras. Foto: Equipo del INF.	22
Ilustración 2.6. Manglar de Islote en La Brea, Nacaome, Departamento de Valle, Honduras. Foto: Equipo del INF.	22
Ilustración 2.7. Manglar enano en La Laguna, Utila, Departamento de Islas de la Bahía, Honduras. Foto: Equipo del INF.	23
Ilustración 2.8. Servicios ecosistémicos de los manglares.	25
Ilustración 2.9. Dinámica del carbono en los ecosistemas de manglar. Ilustración tomada de: Carbono Azul (UI, COI-UNESCO, & UICN, 2014)	27
Gráfico 3.1. Distribución de la precipitación media trimestral y anual en los litorales de Honduras	32
Gráfico 3.2. Distribución de la temperatura media trimestral y anual en los litorales de Honduras	33
Ilustración 3.1. Distribución de los ecosistemas de manglar en Honduras en el año 2018	36
Gráfico 3.3. Superficie de ecosistemas de manglar a nivel municipal en el litoral del Pacífico en el año 2014.	37
Gráfico 3.4. Superficie de ecosistemas de manglar a nivel municipal en el litoral del Atlántico. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)	39
Ilustración 3.2. Especies de mangle en los litorales de Honduras.	40
Ilustración 3.3. Bosque de <i>R. mangle</i> (i. e. Mangle Rojo)	41
Ilustración 3.4. Flores y frutos de <i>R. mangle</i> (i. e. Mangle Rojo)	41
Ilustración 3.5. Hojas y fruto de <i>R. mangle</i> (i. e. Mangle Rojo)	42
Ilustración 3.6. Bosque de <i>L. recemosa</i> (i. e. Mangle Blanco)	42



Ilustración 3.7. Inflorescencias de <i>L. recemosa</i> (i. e. Mangle Blanco)	43
Ilustración 3.8. Frutos y hojas de <i>L. recemosa</i> (i. e. Mangle Blanco)	43
Ilustración 3.9. Bosque de <i>A. germinans</i> (i. e. Mangle Negro)	44
Ilustración 3.10. Hojas y frutos de <i>A. germinans</i> (i. e. Mangle Negro)	44
Ilustración 3.11. Hojas y flores de <i>A. germinans</i> (i. e. Mangle Negro)	44
Ilustración 3.12. <i>A. germinans</i> (gris oscuro) y <i>A. bicolor</i> (gris claro)	45
Ilustración 3.13. Hojas de <i>A. bicolor</i> (i. e. Mangle Negro)	45
Ilustración 23. Hojas y flores de <i>Avicennia bicolor</i>	46
Ilustración 3.15. Árboles de <i>C. erectus</i> (i. e. Mangle Botoncillo)	46
Ilustración 3.16. Inflorescencias de <i>C. erectus</i> (i. e. Mangle Botoncillo)	47
Ilustración 26. Hojas y frutos <i>Conocarpus erectus</i>	47
Ilustración 3.18. Árboles de <i>P. rhizophorae</i> (i. e. Mangle Piñuelo o Laulu)	48
Ilustración 3.19. Hojas de <i>P. rhizophorae</i> (i. e. Mangle Piñuelo o Laulu)	48
Ilustración 29. Hojas y flores de <i>Pelliciera rhizophorae</i>	49
Ilustración 4.1: Diseño de las UM en los ecosistemas de manglar por parte del Inventario Nacional Forestal (INF).	54
Ilustración 4.2. Diseño de las parcelas que conforman las UM y sus elementos por medir.	57
Ilustración 4.3. Interfaz del software Silva Metricus utilizado para colecta de datos en campo por parte del INF Fuente: (Calderón & Scott, 2017)	58
Ilustración 4.4 Nucleador. Instrumento para la extracción de núcleos de suelo para muestras de carbono y densidad aparente.	66
Ilustración 5.1. Socialización en comunidad de Batalla, San Francisco Bulnes, Gracias a Dios, Honduras	73
Ilustración 5.3. Mediciones en manglares de Roatán, Islas de la Bahía, Honduras	73
Ilustración 5.2. Levantamiento de campo en la comunidad El Cubulero, Alianza, Valle, Honduras	73
Ilustración 5.4. Colecta de datos en comunidad de Saraguayna, Puerto Cortés, Cortés, Honduras	73

Gráfico 5.1. Número de árboles de manglar de Honduras por clases diamétrica y región.	77
Ilustración 6.1. Distribución del carbono en los manglares de la región de Islas de la Bahía.	100
Ilustración 6.2. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región del Atlántico.	101
Ilustración 6.3. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región de La Mosquitia.	102
Ilustración 6.4. Distribución estimada del carbono en los manglares de la región del Pacífico.	103
Ilustración 6.5. Ubicación de los manglares de la región de La Mosquitia.	105



Tablas

Tabla 3.1. Precipitación media trimestral y anual en los litorales de Honduras	32
Tabla 3.2. Temperatura media trimestral y anual en los litorales de Honduras	33
Tabla 3.3 Superficies d ecosistemas de manglar de Honduras en el 2014 y 2018	35
Tabla 3.4. Superficie de ecosistemas de manglar por municipio en el litoral del Pacífico. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)	37
Tabla 3.5. Superficie de ecosistemas de manglar por municipio en el litoral del Atlántico. Fuente: Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra 2014 (ICF, 2021)	38
Tabla 3.6. Principales características de las especies de mangle en los litorales de Honduras. Fuente: (MAP & CORALINA, 2001)	50
Tabla 4.1. Categorías de información cuantitativas y cualitativas colectadas en las UM del Inventario Nacional Forestal (ICF, 2017)	55
Tabla 4.2. Variables medidas en las parcelas de las UM. Estas variables se representan de manera gráfica en la Ilustración 4.2. (ICF, 2017)	56
Tabla 4.3. Depósitos de carbono estimados con las variables colectadas en las UM a través del INF. Fuente: (ICF, 2017) y (FAO, 2020)	63
Tabla 4.4. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de biomاسas y volumen a partir de los datos colectados y procesados de las UM	64
Tabla 4.5. Parámetros y descripción del procedimiento de interpolación Ponderación de Distancia Inversa (IDW). Fuente: (ESRI, 2016)	67
Tabla 5.1. Distribución de las UM del 3er ciclo del INF en los manglares de Honduras, conforme al área calculada del mapa forestal y cobertura de tierra 2014 (ICF 2014) para cada región.	70
Tabla 5.2. Cobertura de manglar por estado de desarrollo del manglar por región en Honduras	71
Tabla 5.3. Cobertura de manglar por estado de desarrollo del manglar por departamento	72
Tabla 5.4. Dasimetría de los ecosistemas de manglar por región en Honduras	74
Tabla 5.5. Frecuencia de especies de mangle registradas por región en Honduras	75
Tabla 5.6. Frecuencia de otras especies asociadas al ecosistema de manglar por región	76
Tabla 5.7. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región de Islas de la Bahía	78
Tabla 5.8. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especies para la región del Atlántico	79
Tabla 5.9. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región de La Mosquitia	80

Tabla 5.10. Frecuencia de individuos de manglar por clase diamétrica y especie para la región del Pacífico	81
Tabla 5.11. Volumen promedio de madera por especie de manglar por región	82
Tabla 5.12. Volumen total de madera para las especies de manglar y otras especies por departamento	83
Tabla 5.13. Volumen promedio de madera de los ecosistemas de manglar dentro de áreas protegidas (zona núcleo y zona de amortiguamiento) y fuera de áreas protegidas por región	84
Tabla 5.14. Regeneración de especies de mangle y otras especies por región	85
Tabla 5.15. Regeneración de especies de mangle y otras especies por departamento	86
Tabla 5.16. Porcentaje de estado fitosanitario de los ecosistemas de manglar por región	86
Tabla 5.17. Grado de afectación de los ecosistemas de manglar por región	87
Tabla 5.18. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región de Islas de La Bahía	88
Tabla 5.19. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región del Atlántico	89
Tabla 5.20. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región de La Mosquitia	89
Tabla 5.21. Porcentaje del Índice del Valor de Importancia de las especies en los ecosistemas de manglar para la región del Pacífico	90
Tabla 5.22. Índices de riqueza y diversidad de especies en los ecosistemas de manglar por región	91
Tabla 6.1. Promedio nacional y regional de los contenidos de biomasa por depósito en los manglares de Honduras.	94
Tabla 6.2. Biomasa por depósito a nivel departamental en los manglares de Honduras.	95
Tabla 6.3. Contenidos de carbono almacenado en los ecosistemas de manglar de Honduras por regiones y por depósito.	96
Tabla 6.4. Contenidos de carbono almacenado en los ecosistemas de manglar de Honduras por departamento y depósito.	97
Tabla 6.5. Estadísticos empleados para la identificación de cambio en los almacenes de carbono de los manglares de la región de La Mosquitia, Honduras.	106



