

PROYECTO MEJORAMIENTO DE CUENCAS COSTERAS  
Y MEDIOS DE VIDA



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



# METODOLOGÍA Y CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LAS ÁREAS DE MANGLAR DEL GOLFO DE FONSECA, EL SALVADOR

Consultoría realizada por:



La siguiente metodología de medición de carbono azul en los manglares del Golfo de Fonseca fue elaborado gracias al apoyo del generoso pueblo de Estados Unidos por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID Centroamérica. Las opiniones expresadas en este material son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista de USAID Centroamérica.

El proyecto número P01795 es ejecutado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, y la realización de actividades de monitoreo han sido gracias al apoyo de la Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico (Funsalprodes), como socio implementador del proyecto y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN).

Judith Beyeler.  
Coordinadora Proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida.

Milena Berrocal.  
Oficial Técnico UICN.

Tania Romero.  
Aníbal Castillo.  
José Miguel Guevara.  
Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre Humedales para el Hemisferio Occidental (CREHO).

Diseño gráfico y diagramación  
Andreína Pernia.  
Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre Humedales para el Hemisferio Occidental (CREHO).

Revisión de estilo:  
Teresa Gómez Lugo, viacreativa00@gmail.com.

El proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida se desarrolla durante el período 2016 – 2019, y es parte de una iniciativa de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) donde cuatro proyectos complementan y coordinan acciones para promover la gestión integrada de la cuenca mediante la promoción de la protección de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, la generación de medios de vida sostenibles para las comunidades, las prácticas locales para adaptación al cambio climático y el apoyo a procesos de gobernanza del agua con enfoque participativo en todos los niveles.

Este proyecto se realiza gracias a la cooperación de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID).

Esta obra deberá ser citada de la siguiente manera:

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2018. Metodología y Cuantificación de Carbono Azul en las áreas de manglar de Golfo de Fonseca, El Salvador. UICN-ORMACC.

Esta publicación fue preparada en el marco del proyecto “Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida” en la cuenca baja y zona costera del Río Goascorán, para la medición de las existencias de carbono en áreas de manglares en Bahía la Unión, El Salvador.

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (en inglés: United States Agency for International Development), también conocida por sus siglas en inglés, USAID, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre Humedales para el Hemisferio Occidental (CREHO) apoyan esta iniciativa sobre Metodología y Cuantificación de Carbono Azul en las áreas de manglar del Golfo de Fonseca en Bahía de La Unión, La Unión, El Salvador, impulsando el conocimiento sobre los manglares para almacenamiento de carbono a nivel regional.





# Contenido

<b>Glosario</b>	<b>7</b>
<b>Acrónimos y unidades de medida</b>	<b>9</b>
<b>Resumen</b>	<b>10</b>
<b>1. Antecedentes</b>	<b>12</b>
1.1. El proyecto	15
1.2. ¿Qué es el carbono azul?	15
<b>2. Metodología</b>	<b>18</b>
2.1. Capacitaciones	20
2.2. Unidades de muestreo	21
2.3. Medición de los componentes de manglar	22
2.4. Carbono en el suelo	25
<b>3. Resultados</b>	<b>26</b>
3.1. Bahía La Unión	28
3.1.1. Existencia de carbono epigeo (material vegetal sobre el suelo)	29
3.1.2. Existencia de carbono hipogeo (raíces subterráneas y suelo)	30
3.2. Existencia de carbono a nivel de ecosistema	32
<b>4. Conclusiones</b>	<b>36</b>
<b>5. Recomendaciones</b>	<b>36</b>
<b>Referencias</b>	<b>37</b>
<b>Anexos</b>	<b>40</b>

# Figuras y tablas

<b>Figura 1.</b> Secuestro de CO <sub>2</sub> de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis	16
<b>Figura 2.</b> Modelo de transecto perpendicular al cuerpo de agua	21
<b>Figura 3.</b> Diseño final de la parcela anidada una vez delimitados los parámetros de cada componente de medición	21
<b>Figura 4.</b> Particularidades de algunos árboles de mangle y cómo medir su diámetro	23
<b>Figura 5.</b> Estrategia para denotar los intervalos y extraer las submuestras de suelo	24
<b>Figura 6.</b> Toma de muestra de suelo	25
<b>Figura 7.</b> Grupos de trabajo en manglares de La Unión, El Salvador	27
<b>Figura 8.</b> Concentración de carbono en el suelo de Bahía Chismuyo y Bahía La Unión	32
<b>Figura 9.</b> Carbono por componente a nivel de ecosistema en Bahía de La Unión y Bahía de Chismuyo	34
<b>Figura 10.</b> Densidad del suelo en Bahía de La Unión y Bahía de Chismuyo	35
<b>Tabla 1.</b> Parámetros estructurales del bosque de manglar en Bahía La Unión, El Salvador	28
<b>Tabla 2.</b> Existencia de carbono (Mg/ha) por componente de manglar en El Salvador	29
<b>Tabla 3.</b> Carbono total en el ecosistema del Golfo de Fonseca (17,041 ha)	33

# GLOSA- RIO

## ÁREA BASAL

Es el área de una sección de tierra que está ocupada por la sección transversal de los troncos y tallos de los árboles en la base.

## BARRENO

Instrumento cilíndrico o semi cilíndrico utilizado para obtener muestras de suelo.

## BIOMASA

Cantidad de materia orgánica acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

## CARBONO HIPOGEO

Carbono en los componentes bajo el suelo de un ecosistema (raíces, suelo).

## CARBONO EPIGEO

Carbono en los componentes sobre el suelo de un ecosistema (árboles, madera muerta caída, herbáceas).

## CARBONO AZUL

Es el carbono almacenado en los manglares, marismas y pastos marinos en el suelo, la biomasa viva sobre el suelo (hojas, ramas, tallos), la biomasa viva bajo tierra (raíces) y la biomasa no viva (hojarasca y madera muerta).

## CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Se refiere a la cantidad de carbono orgánico en el suelo o en una formación geológica.

## DENSIDAD APARENTE

Masa de suelo por unidad de volumen que varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica.

## ECUACIONES ALOMÉTRICAS

Ecuaciones básicas de la alometría que permiten predecir la biomasa de un árbol en función de otra medida (por ejemplo, su diámetro). Una ecuación alométrica es una fórmula que formaliza de forma cuantitativa dicha relación.

## HUMEDAL MARINO COSTERO

Humedal donde los ríos desembocan en el mar y el agua de estos alcanza una salinidad media entre el agua dulce y salada. Ejemplo de estos son los manglares, marismas y pastos marinos.

## MANGLAR

Un manglar es un grupo de árboles, arbustos, matorrales, algunos helechos y/o palmeras donde el principal integrante es el árbol de mangle. El mangle es muy tolerante a la sal, por lo que vive en áreas lodosas donde se combina el agua de mar con el agua dulce que desemboca de ríos o quebradas, entre las líneas de marea alta y marea baja.

## MARISMAS

Ecosistema húmedo con plantas herbáceas que crecen en el agua.

## MATERIA ORGÁNICA SUELO

Consiste en residuos de plantas y animales en diversas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por organismos del suelo.

## MITIGACIÓN

Reducción de la vulnerabilidad. La mitigación supone la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero, ya sea mediante la reducción de sus fuentes o aumentando su almacenamiento.

## NEUMATÓFOROS

Raíz aérea, que actúa como un órgano respiratorio. Se dan en los manglares y otras plantas que crecen en el suelo con deficiencias de oxígeno.

## PASTOS MARINOS

Lecho marino de plantas de hierbas arraigadas, rizomatosas, con hojas delgadas y flores sumergidas polinizadas por agua.

## PLÁNTULAS

Embriones vivíparos de *Rhizophora mangle* capaces de flotar y facilitar su propagación.

## PARCELA

Porción de terreno (proveniente de otro más grande) que puede ser utilizada para realizar mediciones de parámetros biológicos.

## PESO SECO

Peso de una muestra de suelo después del secado en un horno.

## RÉPLICA

Copia de una muestra de suelo muy parecida a la original en cuanto a su forma y apariencia, tomada dentro de una misma parcela.

## REGENERACIÓN

Nacimiento de árboles de mangle en un determinado sitio.

## TRANSECTOS DE MUESTREO

Un transecto o unidad de muestreo es una línea extensa marcada sobre el suelo utilizada para realizar el registro de la información existente en un área de manglar.



# ACRÓNIMOS

REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Degradation

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

USAID: United State Agency for International Development

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

CREHO: Centro Regional Ramsar para el Hemisferio Occidental

DAP: Diámetro a la altura del pecho

STD: Desviación estándar

# UNIDADES DE MEDIDA

MgC: Megagramos de carbono

MgC/ha: Megagramos de carbono por hectárea

CO<sub>2</sub> e: Dióxido de carbono emitido, si hay tala y destrucción del manglar

CO<sub>2</sub>e/ha: Dióxido de carbono emitido por hectárea, si hay tala y destrucción del manglar

# RESUMEN

El carbono azul es el carbono almacenado en el suelo, biomasa viva sobre el suelo y biomasa muerta de los pastos marinos, marismas y manglares. A diferencia de los ecosistemas terrestres, el carbono secuestrado en el suelo de los ecosistemas costeros puede ser extenso y permanecer atrapado durante siglos o milenios, produciendo grandes reservas de carbono.

Este informe presenta los resultados del muestreo de carbono azul realizado en Bahía de La Unión (El Salvador), utilizando la metodología general para la estimación de las existencias de carbono azul en Centroamérica.

Uno de los objetivos de este documento es concienciar a las autoridades de más alto nivel en El Salvador para impulsar la recuperación de manglares en la región y así mitigar los efectos del cambio climático.





1

AN  
TE  
CE  
DE  
NT  
ES


C

C

Los ecosistemas de humedal son sitios inundados ya sea temporal o permanentemente. Estos ecosistemas son diversos y productivos, brindan servicios fundamentales y abastecen de agua potable. Debido a su importancia, existen iniciativas globales como la Convención de Ramsar que promueve la conservación y uso racional de sus recursos, con el fin de mantener sus características ecológicas y promover el desarrollo sostenible. Hasta el momento se han identificado 42 tipos de humedales que se agrupan bajo las siguientes categorías: marino costeros, continentales y artificiales. Uno de esos humedales son los manglares, humedal marino costero en el que se centra este documento.

1. Chapada Dos Vadeiros, Estado de Goiás, Brasil. Crédito: Kelyelisan Peralva. Cascada.
2. Aguapés na Transpantaneira de Poconé. MT. Crédito: Jerfferson Garcia Costa. Lago.
3. Reserva Ecológica de Guapiaçu, Brasil. Crédito: Jairo Farias. Marismas.
4. Qoliqoli Cokovata. Fiji. Crédito: Jürgen Freund. Coral.
5. Espirito. Estado de Espíritu. Brasil. Crédito: José Luiz Brandão. Bahía costera.
6. Meinmahla Kyum Wildlife Sanctuary. Maynmar. Crédito: Zau Lunn. Manglar.
7. Granjas de Salt Gujarat. India. Crédito: Bhushan Redd. Pantanos de sal.
8. Xe Champhone. República Democrática de Lao. Crédito: Quoi Le phat. Arrozal.
9. Trapani and Paceco. Italia. Crédito: WWF 10/11/1997. Pozo de sal.





Según el Manual 18 de la Convención Ramsar (2010), los manglares son humedales costeros importantes porque almacenan gran cantidad de nutrientes, retienen dióxido de carbono y sirven de barreras protectoras de las costas. Adicionalmente, los manglares poseen una alta capacidad para almacenar dióxido de carbono proveniente de la atmósfera en el suelo y en la biomasa viva y muerta. A este carbono costero se le conoce comúnmente como “carbono azul”. Recientemente, la Secretaría de la Convención Ramsar se unió a la Alianza Internacional sobre el Carbono Azul para contribuir en la protección y restauración de los ecosistemas costeros de carbono azul (manglares, marismas mareales y pastos marinos), llevando a cabo acciones de sensibilización e intercambio de conocimientos entre los agentes de gobernanza.

*Manglares en Golfo de Fonseca. Foto: Aníbal Castillo, CREHO.*

## 1.1. El proyecto

El proyecto “Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida” implementado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con fondos USAID, busca promover medidas de conservación y mejorar el uso de los recursos naturales de la cuenca baja y zona costera del río Goascorán en Honduras y El Salvador.

Una de las acciones de este proyecto fue la medición del carbono azul en el bosque de manglar en Bahía La Unión (El Salvador). Este trabajo se llevó a cabo en conjunto con el Centro Regional Ramsar para el Hemisferio Occidental (CREHO), que, a través de su rol de investigación, inicia su liderazgo regional con respecto a los temas del carbono azul mediante la coordinación de talleres, capacitaciones, y actividades de divulgación.

## 1.2. ¿Qué es el carbono azul?

El carbono azul es el carbono almacenado en los manglares, marismas y pastos marinos en el suelo, la biomasa viva sobre el suelo (hojas, ramas, tallos), la biomasa viva bajo tierra (raíces) y la biomasa no viva (hojarasca y madera muerta). La acumulación de carbono es menor en suelos de bosques

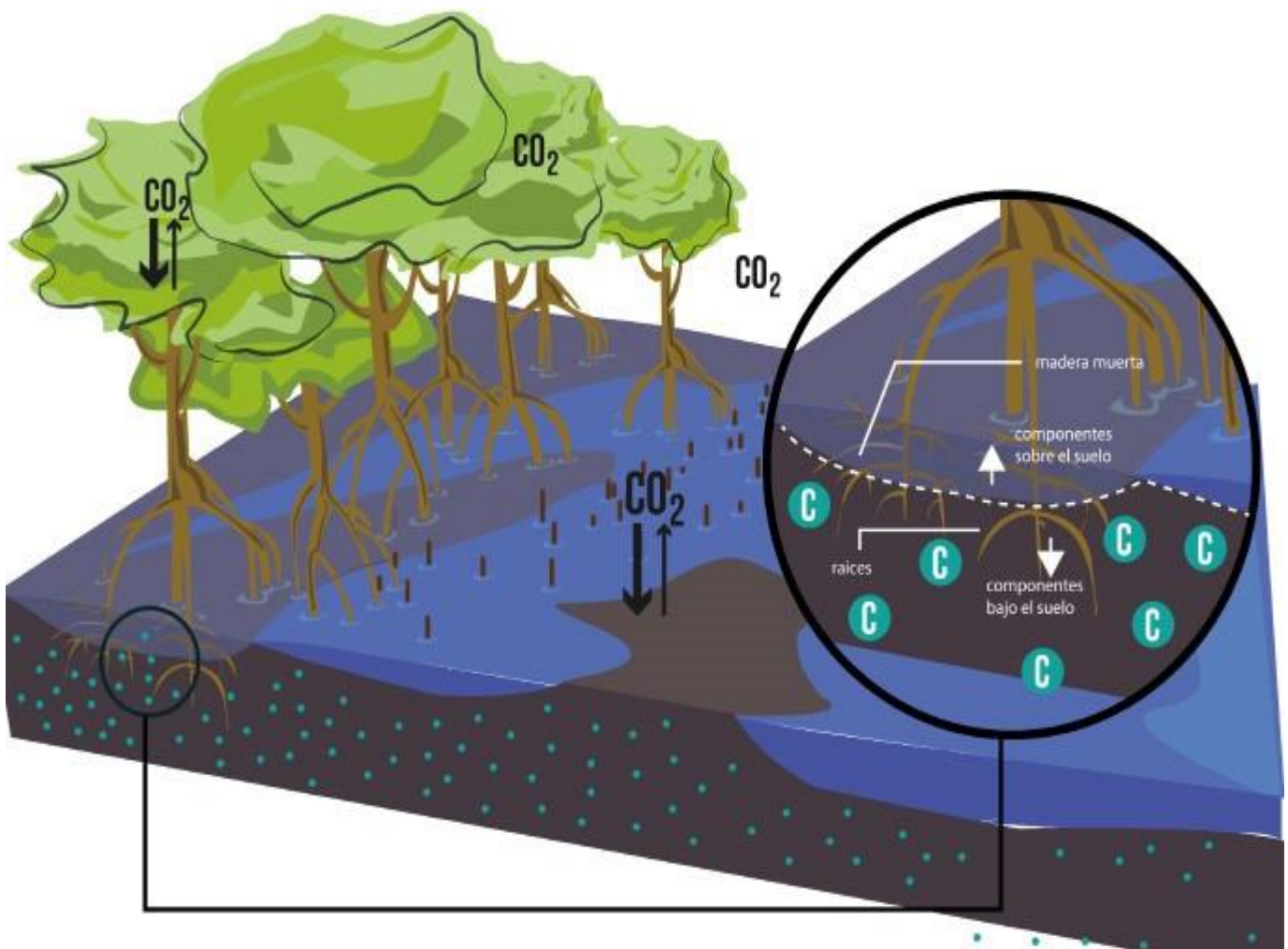
terrestres debido a la presencia de oxígeno, lo que permite el flujo del carbono del suelo a la atmósfera producido por la oxidación microbiana. A diferencia de los ecosistemas terrestres, en los ecosistemas de carbono azul la presencia de oxígeno es baja debido a que son áreas influenciadas por la actividad de las mareas. Este componente interrumpe el ciclo del carbono y produce su almacenamiento

en capas verticales. A este proceso se le conoce como secuestro de carbono (Howard et al., 2014). El carbono secuestrado en el suelo de los ecosistemas costeros puede ser extenso y permanecer atrapado durante siglos o milenios, produciendo grandes reservas de carbono.

Según la Convención Ramsar, los manglares son importantes para hacer frente al cambio

climático y lograr resultados sociales, económicos y ambientales. Esto se debe a que los manglares secuestran aproximadamente cuatro veces más carbono que los bosques terrestres. Este aspecto incrementa el valor de los manglares y otros ecosistemas costeros, ya que puede aplicarse como fundamento en la mitigación de los efectos del calentamiento global.

Figura 1. Secuestro de  $CO_2$  de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis.







2

ME  
TO  
DO  
LO  
GÍA

C

C

La metodología utilizada para la medición de carbono azul en el Golfo de Fonseca consistió en la implementación de diversos protocolos de medición. Los protocolos de medición son documentos instructivos que contienen una recopilación de diversos estudios previamente realizados en ecosistemas costeros. Esos estudios, al ser unificados, describen detalladamente los métodos, técnicas y acciones correspondientes que se deben aplicar en la medición de carbono azul en manglares para estudiar sus componentes biológicos y su capacidad de almacenamiento de carbono.

Los protocolos regionales de medición de carbono azul que fueron utilizados para desarrollar los muestreos y análisis en el Golfo de Fonseca se detallan a continuación:

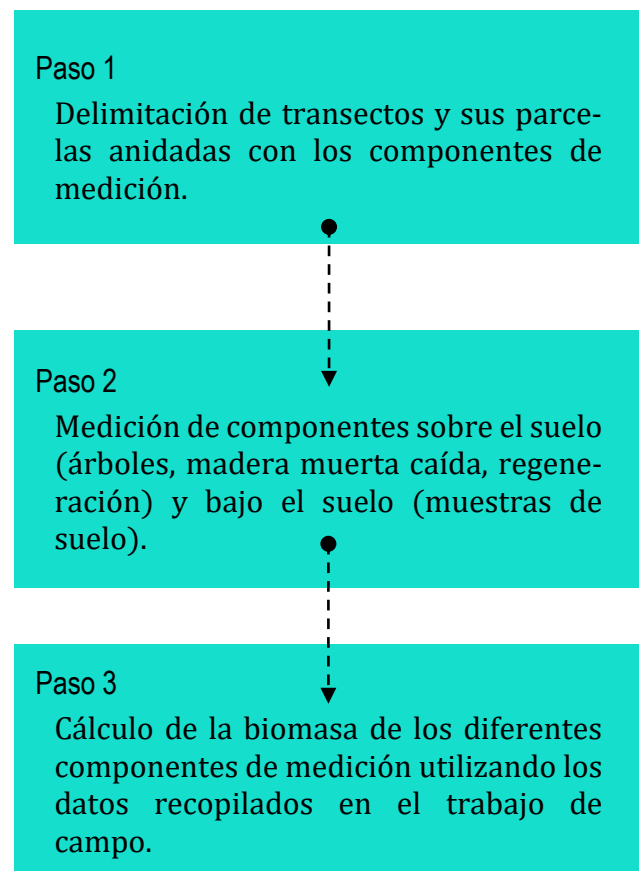
- Evaluación de carbono en el Humedal Nacional Térraba-Sierpe (BIOMARCC-SI-NAC-GIZ, 2012).
- Los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica (Cifuentes et al., 2015).
- Propuesta de protocolo para medición de carbono en ecosistemas de manglar en Panamá (MiAMBIENTE y PNUD, 2017).
- Manual centroamericano para la medición de carbono azul en manglares (Cifuentes et al., 2018).

También se utilizaron esfuerzos de carácter mundial tales como:

- Protocolos para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono en los manglares. Documento de trabajo 86 (Boone y Donato, 2012).

- Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de los manglares. Documento de trabajo 117 (Boone et al., 2013).
- Coastal Blue Carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows (Howard et al., 2014).

La técnica implementada para realizar la medición de carbono azul en los manglares de El Salvador consistió en los siguientes pasos:





*Fase de capacitación del personal local para las mediciones de carbono azul en el Golfo de Fonseca. Foto tomada por UICN durante el taller en El Salvador.*

## 2.1. Capacitaciones

Se desarrolló un taller de campo el 13 y 14 de febrero de 2018 en La Unión, El Salvador, dirigido a personal del sector gobierno, organizaciones sociales, y sector académico de Honduras y El Salvador, acerca de la implementación de metodologías de medición y estimación de carbono azul en ecosistemas de manglares, con el propósito de garantizar la efectividad en la recolección de los datos de campo, así como fortalecer las capacidades de los actores claves de ambos países. En el taller se trataron los antecedentes

de la metodología, diseño de las unidades de muestreo, componentes de medición y buenas prácticas para registrar los datos de campo.

Al taller asistió un total de 29 participantes. Por parte de El Salvador fueron: la Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico (FUNSALPRODESE), guardarecursos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Universidad de El Salvador y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES).

## 2.2. Unidades de muestreo

Para iniciar el proceso de recolección de datos de campo se establecen unidades de muestreo. Se recomienda iniciar los transectos de estudio en zonas cercanas a canales de agua o bordes costeros para facilitar la accesibilidad y seguridad del equipo de trabajo, además se debe considerar la topografía, la variabilidad de inundación de marea, y establecer una distancia mínima de un kilómetro entre cada transecto. (Howard et al., 2014 y Kauffman et al., 2013).

Los transectos establecidos para este estudio se componen de seis parcelas circulares con un radio de 7 m cada una, permitiendo así una estimación más integral de la composición y estructura de las reservas de carbono (Figura 2 y 3).

En el sitio de muestreo, se utilizó una brújula para determinar el rumbo del transecto de forma perpendicular al cuerpo de agua, de acuerdo con los puntos cardinales. Posteriormente, se midieron 15 m desde el cuerpo de agua hacia el interior del manglar con la ayuda de una cinta métrica. Al final de los 15 m, se estableció el centro de la primera parcela. El centro de la segunda parcela se estableció a una distancia de 25 m contados a partir del centro de la primera parcela en línea recta y perpendicular al cuerpo de agua, de igual manera se hizo con las siguientes cuatro parcelas, lo cual produjo un transecto con una extensión de 125 m en total desde el centro de la primera parcela hasta el centro de la sexta parcela (MiAMBIENTE y PNUD, 2017).

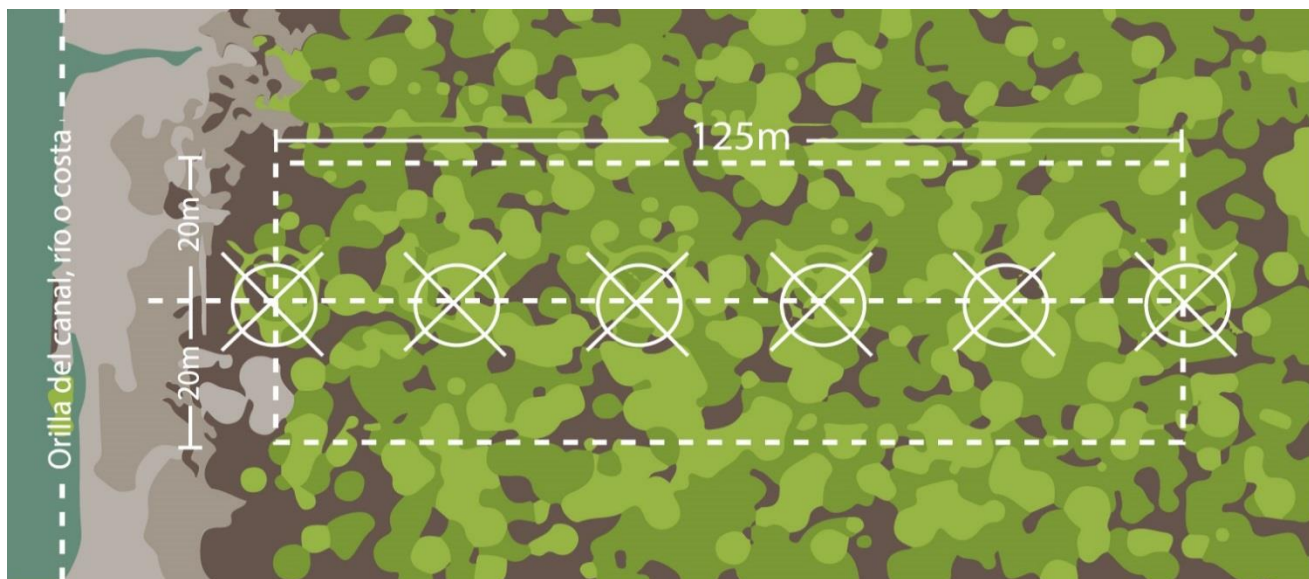
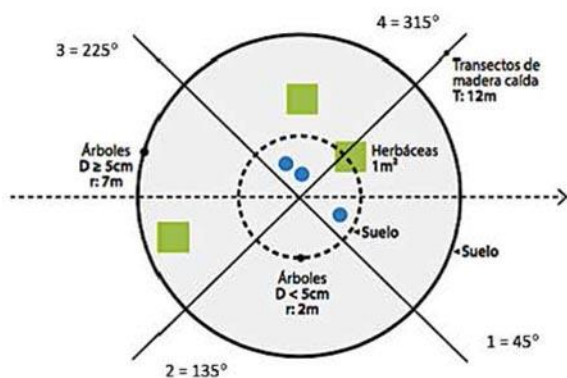


Figura 2. Modelo de transecto perpendicular al cuerpo de agua. Los 6 círculos representan las 6 parcelas de 7 m de radio. Fuente: MiAMBIENTE y PNUD (2017).



Los transectos son líneas extensas marcadas sobre el suelo utilizadas para realizar el registro de información existente en un área de manglar.

Figura 3. Diseño final de la parcela anidada una vez delimitados los parámetros de cada componente de medición. Fuente: MiAMBIENTE y PNUD (2017).

## 2.3. Medición de los componentes del manglar

Los muestreos en Bahía de La Unión en El Salvador se realizaron en el mes de febrero de 2018. Dentro de cada una de las seis parcelas establecidas, se procedió con la medición de los diferentes componentes del manglar, tanto aquellos que se encuentran sobre suelo (árboles, madera muerta caída y regeneración), como bajo el suelo (carbono en suelo y raíces).

Para obtener los datos de carbono almacenado en los árboles se delimitó una parcela con un radio total de 7 m. Dentro de cada parcela se midieron los árboles que tenían un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 cm. En los árboles cuyas raíces eran sobresalientes (fúlcreas) se midió el diámetro (D) a 30 cm sobre la última raíz (*ej. R. mangle*). Simultáneamente, se delimitaron las cuatro secciones para el registro de la madera muerta caída.

La información de los árboles que se registra es la siguiente: si el árbol estaba vivo o muerto, el diámetro a la altura del pecho (DAP = 1.30 m), diámetro (D) hasta 30 cm por encima de la última raíz (en el caso de *Rhizophora mangle*), altura total, nombre común y nombre científico. En los casos donde hay árboles con troncos bifurcados (Figura 4) se mide el diámetro de cada bifurcación y se calcula el diámetro promedio (MiAMBIENTE y PNUD, 2017).

Para medir la biomasa en las piezas de madera muerta caída que se encuentran atravesadas en el trayecto, primero se establecieron cuatro transectos de 2 m de alto y 12 m de largo cada uno, medidos a partir del centro de cada una de las seis parcelas (Figura 3), y respecto a la línea principal de la unidad de muestreo, de la siguiente manera:

- El primer transecto a 45°.
- El segundo transecto a 135°.
- El tercer transecto a 225°.
- El cuarto transecto a 315°.

De acuerdo con Howard et al. (2014), los componentes aéreos o sobre el suelo son los árboles vivos y muertos (árboles chaparros, palmas, y lianas), herbáceas y la madera muerta caída.

Para medir aquellos árboles con diámetro menor a 5 cm y altura mayor de 1.30 m, se establece una pequeña subparcela de 2 m de radio en el centro de la parcela establecida.

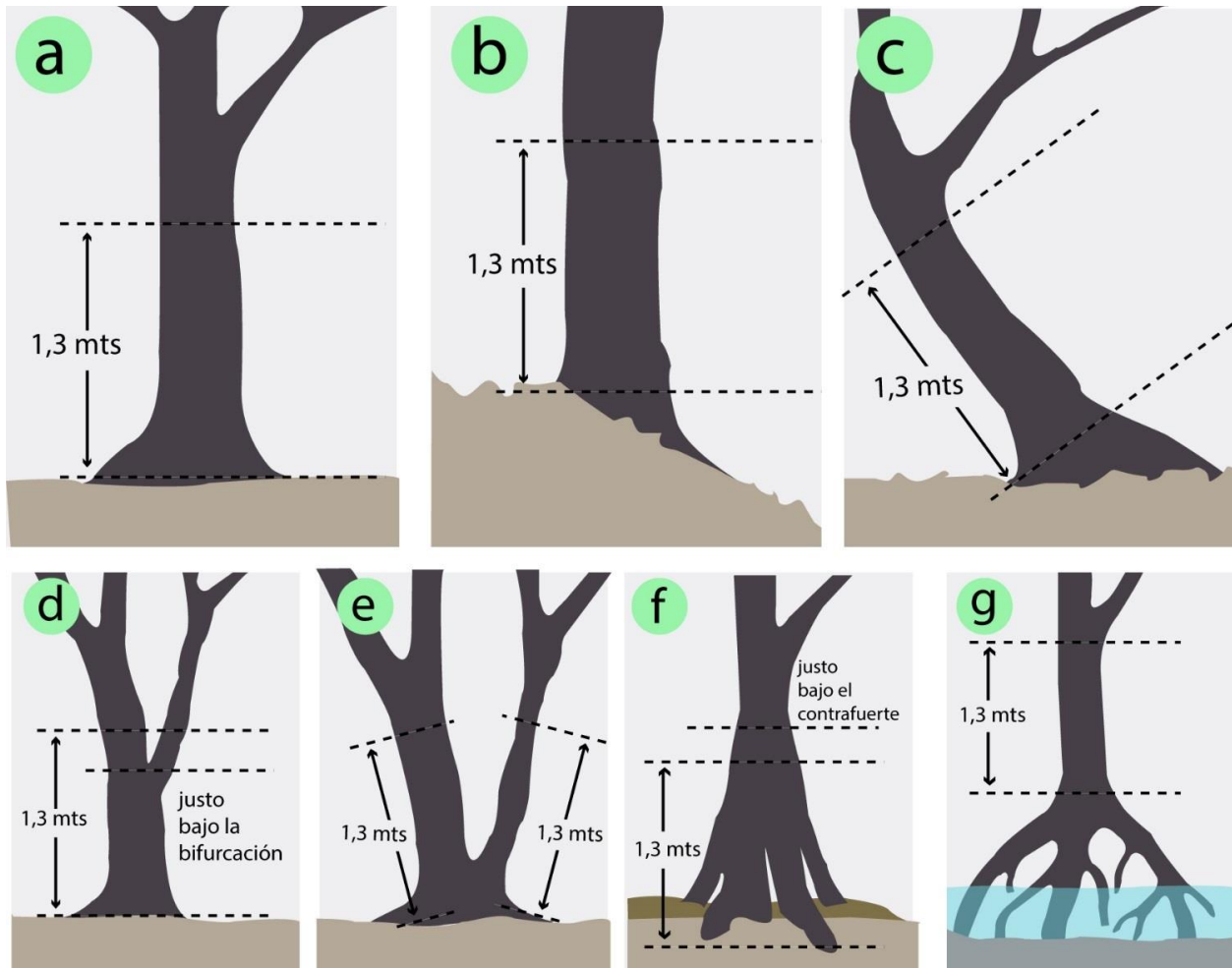


Figura 4. Particularidades de algunos árboles de mangle y cómo medir su diámetro. Fuente: MiAMBIENTE y PNUD (2017).

(A) Si el árbol es bastante recto con un tronco alto, el DAP puede medirse desde el suelo paralelo al tronco. (B) Si el árbol está en una pendiente, se mide en el lado cuesta arriba. (C) Si el árbol está inclinado, se toma el DAP según la altura natural del árbol paralela al tronco. (D) Si el árbol se bifurca a 1.3 m o menos, se mide justo debajo de la horqueta. (E) Si la horqueta está muy cerca del suelo, se miden como dos árboles. (F) Para árboles con contrafuertes altos que exceden 1.3 m sobre el nivel del suelo, el diámetro del tallo usualmente se mide directamente sobre el contrafuerte.

Una vez trazados los transectos de la madera caída, se procedió a medir el diámetro de las piezas, utilizando un calibrador (caliper, pie de rey). En la sección de la parcela de 2 m a 7 m, se midieron las piezas con diámetro desde 2.5 cm a 7.5 cm. Las piezas mayores de 7.5 cm de diámetro se midieron desde el centro de la parcela, es decir, desde cero hasta 12 m y se les registró su grado de descomposición, como sugerido por Penman (al citarse en Cifuentes et al., 2018, p. 32). Para facilitar el registro de los datos en campo de estas piezas, se utilizó la siguiente categorización:

- 1 = madera sin pudrición recién caída.
- 2 = madera algo sólida, pero semidescompuesta.
- 3 = madera descompuesta.

Utilizando un barreno, se tomaron las muestras de suelo de 1 m de profundidad en tres sitios diferentes dentro de la parcela, preferiblemente en sitios no pisoteados. A cada muestra de suelo se le conoce también como réplica, para determinar la variabilidad entre el transecto. Adicionalmente, se registró la profundidad general del suelo utilizando

una sonda de 3 m de profundidad (MiAMBIENTE y PNUD, 2017).

La muestra de suelo en el barreno se dividió en intervalos desde la superficie a la parte más profunda de la muestra en: 0 – 15 cm, 15 – 30 cm, 30 – 50 cm, y 50 – 100 cm (Figura 5). Una vez seccionados los intervalos, se delimitaron 6 cm en el centro de cada intervalo para ser extraídos utilizando una espátula limpia.

Las submuestras de suelo se colocaron cuidadosamente en bolsas ziploc previamente rotuladas con el código de sitio, número de transecto, número de parcela, e intervalo de profundidad (MiAMBIENTE y PNUD, 2017). Esas submuestras fueron procesadas en la Universidad de El Salvador para obtener tanto la densidad aparente como el carbono orgánico total.

Otra estrategia según Cifuentes et al. (2018), es que se utilicen las submuestras de 6 cm para obtener la densidad aparente y el resto del segmento del barreno se utilice para el análisis de carbono.

A continuación, una lista con los pasos realizados al momento de muestrear suelos utilizando el barreno, adaptado de MiAMBIENTE y PNUD (2017) y Cifuentes et al. (2018):

1. Se identificó aleatoriamente un área no perturbada y sin vegetación dentro de la parcela.
2. Se introdujo el barreno firmemente a medida que se giraba para que el filo cortara los componentes del suelo (se recomienda no forzar el barreno si se dificulta su introducción).
3. Una vez insertado, se giró el barreno mientras se extraía del suelo de forma cuidadosa para prevenir que la muestra se deslizará.

4. Se colocó el barreno horizontalmente para tomar nota de la profundidad de la muestra de suelo y se delimitaron los intervalos de profundidad.
5. Se extrajeron las submuestras de cada intervalo con una espátula y se colocaron cuidadosamente en bolsas Ziploc debidamente rotuladas.
6. Se limpió el barreno y la espátula entre cada muestra para evitar que estas se contaminasen. Esto se hizo con la ayuda de una toalla de microfibra.



Figura 5. Estrategia para denotar los intervalos y extraer las submuestras de suelo. Fuente: Howard et al. (2014).

Las submuestras de 6 cm también pueden ser utilizadas para obtener la densidad aparente.



## 2.4. Carbono en el suelo

Una vez se obtuvieron todas las submuestras de suelo, se enviaron a la Universidad de El Salvador para ser procesadas. En el laboratorio se determinó la densidad aparente a partir del registro de la masa seca del suelo, una porción de esta muestra fue analizada con el Analitik Jena modelo N/C 3100, con módulo para sólidos HT 1300 que arroja el porcentaje total de carbono orgánico. Posteriormente, esos valores se utilizaron para calcular la cantidad de carbono almacenado en el suelo (MgC). Como buena práctica, se separó un poco la muestra para ayudar en el proceso de secado. Luego, la masa seca del suelo se determinó de la siguiente manera:

1. Se secó las muestras en un horno a 60 grados Celsius por 24 horas.
2. Se dejaron enfriar las muestras a temperatura ambiente por 1 hora antes de pesarlas.
3. Se repitió el proceso por 48-72 horas hasta que cada muestra alcanzó un peso constante.

Una vez se obtuvieron todos los datos de la biomasa, se convirtieron a MgC/ha para hacer una sumatoria de todos los componentes sobre el suelo y bajo el suelo y así conocer la cantidad de carbono total almacenado en el ecosistema de manglar (MiAMBIENTE y PNUD, 2017).

*Figura 6. Toma de muestra de suelo. Foto: Aníbal Castillo, CREHO.*



3

RE  
SUL  
TA  
DO  
S

C

C



*Figura 7. Grupos de trabajo en manglares de La Unión, El Salvador.  
Foto: Gary Esquivel, CREHO.*

**B**ahía de La Unión se encuentra dentro del Golfo de Fonseca, golfo considerado Corredor de Mangle de importancia regional porque incluye El Salvador, Honduras y Nicaragua (Orozco, 2010).

Bahía de La Unión forma parte de los sistemas de bosques salados, como comúnmente se les llama a los manglares en El Salvador, considerados dentro del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), ya que presenta una de las principales coberturas de mangle en el país. También es un área de conservación del

Golfo de Fonseca en los límites de El Salvador.

Para el registro de los datos de este estudio se seleccionaron tres unidades de muestreo en Bahía de La Unión, como número representativo y mínimo, esto con el fin de obtener una interpretación general de las características del bosque y sus servicios de mitigación de cambio climático a través del reservorio de carbono en el ecosistema.

### 3.1. Bahía de La Unión

El Salvador presenta una cobertura de mangle de 40,000 ha con 6 especies de mangle registradas como verdaderas en el territorio (Spalding et al. 2010). Bahía de La Unión cuenta con 4,552.48 ha<sup>1</sup> donde pudimos registrar la presencia de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Avicennia bicolor* y *Conocarpus erectus*, cuatro de todas las especies de mangle verdadero registradas para el país, lo cual concuerda con los registros de Chicas Batres et al. (2016) donde se

determina el total de las especies en Bahía de La Unión. De estas especies la dominancia absoluta fue del *R. mangle* con un 66.54%.

Nuestros datos presentan una altura de árboles promedio de  $9.43 \pm 4.46$  m, mientras que el diámetro total promedio fue de  $10.77 \pm 5.42$  cm. La densidad de árboles fue de  $847 \pm 283$  ind/ha con áreas basales promedios de  $106.52 \pm 86.02$  m<sup>2</sup>/ha (Tabla 1). Al considerar las alturas registradas para los árboles, éstas corresponden a la clasificación de “bosque tipo alto” demostrado en otros trabajos realizados en el área (Chicas Batres et al., 2016).

Tabla 1. Parámetros estructurales del bosque de manglar en Bahía la Unión, El Salvador

País	N (árboles/ha)		D (cm)		A (m)		G (m <sup>2</sup> /ha)	
	Promedio	STD	Promedio	STD	Promedio	STD	Promedio	STD
El Salvador	847	282.90	10.77	5.42	9.43	4.46	106.52	86.02

N: número de árboles / D: diámetro a la altura de pecho / A: altura en metros / G: área

Si alguna especie de mangle no cuenta con una ecuación específica para calcular su biomasa, se utilizan ecuaciones más generales (Kauffman y Donato, 2012).

Los datos de carbono azul se basan en el uso de ecuaciones alométricas que es una técnica que permite remediciones en el tiempo y reportar cambios en las existencias de carbono (BIOMARCC, 2012). Una de las ecuaciones más utilizadas para la estimación de la biomasa es la de Chave et al. (2005), sin embargo, en este estudio se utilizó la ecuación de

Las Américas de Komiyama et al. (2005), ya que es la más prevalente para manglares. Cabe destacar que los datos de las estimaciones de biomasa y carbono con esta ecuación tienden a ser sobreestimados comparado con la ecuación de Chave et al. (2005).

<sup>1</sup> Se calculó la superficie de bosque de mangle por medio de imágenes de satélite Sentinel 2B de alta resolución, combinando las bandas 8, 4 y 3 para el análisis de

vegetación. Las imágenes corresponden a noviembre de 2017.

### 3.1.1. Existencias de carbono epigeo (material vegetal sobre el suelo)

Al hablar de carbono aéreo (epigeo) se hace referencia a árboles vivos y muertos, la madera caída y sin atadura a un tronco principal, herbáceas y hojarasca presente en los manglares (Howard et al., 2014; Kauffman et al., 2013 y 2012). Al trabajar con estimaciones de carbono en bosques de tierra firme es rutinario incluir la hojarasca, sin embargo, en el caso de los manglares el aporte de hojarasca se ha estimado en un 0.02% del total del carbono (BIOMARCC, 2012), y debido a las condiciones especiales del manglar,

se recomienda sólo incluir los componentes que aportan más del 5% al carbono del ecosistema (Howard et al., 2014).

También se ha registrado que la acción rápida de los cangrejos herbívoros y detritívoros y la influencia de las mareas, evita una larga permanencia de la hojarasca en el suelo del manglar (Twilley et al., 1997).

Esto refuerza las recomendaciones realizadas por otros autores de no invertir tiempo en la recolección de este componente en los manglares, ya que su aporte al carbono total es mínimo y el esfuerzo de colección y análisis es mayor.

Los componentes sobre el suelo incluyen árboles vivos y muertos, herbáceas y la madera muerta caída (Howard et al., 2014).

Tabla 2. Existencia de carbono (Mg/ha) por componente de manglar de Bahía de La Unión en El Salvador.

Componente	LU1	LU2	LU3	Promedio	STD	Emisores MgCO <sub>2</sub>
Árboles vivos	58.26	49.88	6.70	38.28	27.67	14.49
Árboles muertos	0.38	0.45	0.00	0.28	0.24	1.02
Madera caída	6.52	1.89	9.80	6.07	3.97	22.28
Total epigeo	65.16	52.22	16.50	44.63	25.20	163.78
Suelo	169.15	410.70	303.56	294.47	121.03	1,080.70
Raíces	24.7	23.13	3.84	17.22	11.62	63.21
Total hipogeo	193.85	433.83	307.40	311.69	120.05	1,143.91
<b>Total a 1 m</b>	<b>259.01</b>	<b>486.05</b>	<b>323.90</b>	<b>356.32</b>	<b>116.94</b>	<b>1,307.69</b>

Existencia de carbono en los componentes del manglar por sitio de muestreo.  
 LU1: La Unión 1, Bordo Estero Robalón 3. LU2: La Unión 2, frente a salinera los Jíotes.  
 LU3: La Unión, Las caletas frente al Rico.

El aporte total de carbono epigeo en promedio fue de 44.63 +/- 25.20 MgC/ha. Este valor representa sólo 12% de la existencia de carbono en el ecosistema, mientras que el aporte del resto de los componentes no alcanza al 1% del valor total del ecosistema. A nivel regional, el aporte de carbono epigeo se registra hasta un 23% (MiAMBIENTE Y PNUD, 2017) y entre el 74-92% del aporte del carbono epigeo proviene de los árboles vivos (BIOMARCC, 2012). Por otro lado, existe un menor porcentaje de aporte proveniente de la madera caída, sotobosque y árboles con DAP 5 cm (BIOMARCC, 2012). Sin embargo, es importante el registro de esos datos especialmente para determinar el impacto de eventos de clima extremo tales como huracanes y tormentas, los cuales ocasionan la caída de madera (Krauss and Doyle, 2005), además sirven para el registro de otras actividades antrópicas como extracción de materia prima para usos tradicionales (MiAMBIENTE Y PNUD, 2017). Bahía La Unión es una zona con alta presión antrópica en sus fronteras. El uso tradicional que se da en el área junto con procesos naturales de sucesión son probablemente los aspectos responsables de la presencia de madera caída en las unidades de muestreo estudiadas (Tabla 2). Las observaciones de campo registran que en estas unidades la madera muerta caída fue de origen natural, por lo que su aporte no alcanza más del 5% debido a la dinámica natural del ecosistema.

### 3.1.2. Existencias de carbono hipogeo (raíces subterráneas y suelo)

Desde 2012, diferentes documentos registran metodología alineadas con el IPCC para impulsar el carbono azul dentro de la Convención de Naciones Unidas contra el Cambio Climático. Características particulares de ecosistemas como los pastos marinos, marismas y manglares, el cual nos compete en este reporte, presentan grandes cantidades de carbono en sus suelos. Estos suelos, en especial los de manglar, se encuentran en la interface agua - tierra, lo que les permite funcionar como depositarios de los sedimentos que reciben tanto del mar como de la tierra. Los suelos de Bahía La Unión presentan valores elevados de carbono (Tabla 2) con un promedio de 311.069 +/- 120.05 MgC/ha, lo que representa el 87% del aporte total de las existencias de carbono del ecosistema. Este valor se encuentra dentro de los rangos mundiales donde un 71-98% del carbono está en los suelos (Donato et al., 2011). Esta cifra es similar al registrado por Bhomia y Kauffman (2016) para manglares en el Pacífico y Caribe de Honduras, indistintamente del desarrollo de la estructura del bosque de manglar.

A modo comparativo, en estudios realizados durante el año 2017 en Bahía de Jiquilisco, se determinó que la existencia de carbono en mangle alto era de 290,01 MgC/ha y para el mangle intermedio de 314,92 MgC/ha. La misma medición se hizo en el Estero de Jaltepeque y los valores se elevaron, en mangle alto se determinó la existencia de 352,17 MgC/ha y en mangle intermedio 302,40 MgC/ha (Cifuentes et al., 2017). Lo anterior a un metro de profundidad.

Es importante el registro de datos que aportan bajo porcentaje al carbono total para conocer la influencia de fenómenos meteorológicos extremos.

### 3.2. Existencia de carbono a nivel de ecosistema

El Golfo de Fonseca es considerado un área de gran valor ecológico, social y económico, brindando servicios a un sin número de poblaciones locales. Además, brinda hábitats marinos, costeros y terrestres que mantienen poblaciones de aves migratorias, invertebrados y peces. Bahía de La Unión forma parte de este importante sistema marino costero y aportan de manera conjunta a los servicios ambientales ofrecidos. Entre estos servicios encontramos el de almacenamiento de carbono.

En el istmo centroamericano, los estudios de carbono azul se enfocan principalmente en la

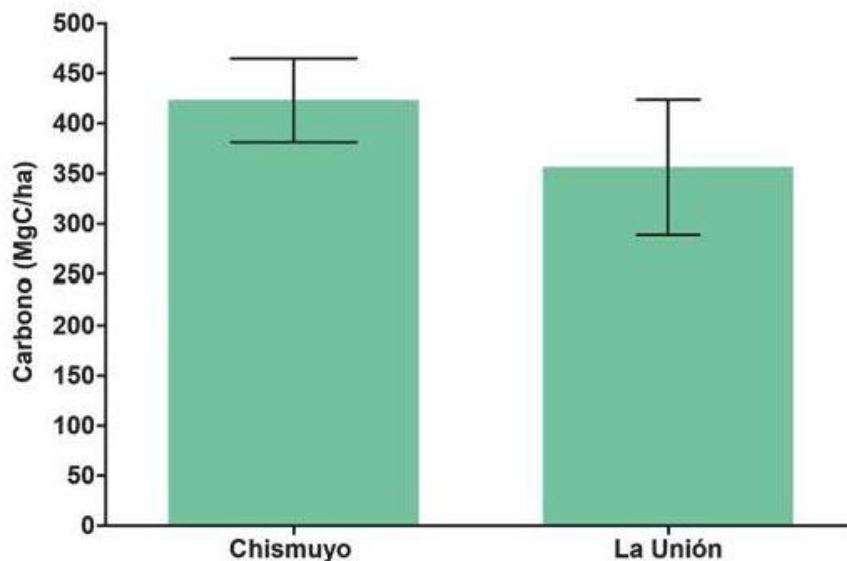
estimación y el estado histórico de las emisiones de CO<sub>2</sub> (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012; Adames et al., 2013 y Cifuentes et al., 2015).

La región se encuentra en etapa de reconocimiento, aplicación y adopción de los datos generados de las iniciativas de carbono azul, especialmente por la parte gubernamental y su incorporación en las iniciativas nacionales para reportes al Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y los reportes nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En este estudio, que además incluyó Bahía de Chismuyo en Honduras, encontramos que, a nivel de unidades ecosistémicas, el carbono almacenado no presenta variación en el contenido de carbono ( $P=0.44$ , T test  $P > 0.5$ ) (Figura 8).

En el laboratorio se debe determinar el porcentaje de carbono orgánico total y el peso seco total de la muestra para calcular la cantidad de carbono almacenado en el suelo (MgC/ha).

Figura 8. Concentración de carbono en el suelo de Bahía Chismuyo y Bahía La Unión.



Existencia de carbono en (Mg/ha) en Bahía Chismuyo (Honduras) y Bahía La Unión (El Salvador).

Considerando estas dos bahías como parte un solo sistema, en promedio presentan 389.72 +/- 13.75 MgC/ha a 1 m de profundidad (Tabla 3). Valor que se encuentra dentro del rango de promedios registrados en la región (BIOMARCC, 2012, Bhomia et al., 2016 y MiAMBIENTE Y PNUD, 2018). A mayor profundidad, las existencias de carbono aumentan, es así como a dos metros de profundidad se pueden encontrar valores superiores a los 500MgC/ha (Cifuentes et al., 2017).

Este promedio de existencia de carbono se traduce en 1,430.25 +/- 50.47 emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, mientras se mantengan las iniciativas de conservación en el área. Si consideramos la cobertura de manglares registrada para el área de interés (ver anexos), valores similares se han registrado en Panamá, específicamente en el oriente de la Provincia de Chiriquí, donde cada hectárea de bosque de mangle que no se modifique evita alrededor de 1,204.20 CO<sub>2</sub> e/ha (MiAMBIENTE Y PNUD, 2017).

Estas cifras soportan el valor de servicio ecosistémico de los manglares y su potencial como herramienta de mitigación al cambio climático, al igual que su potencial de ser parte de la iniciativa REDD+ (Donato et al., 2011). Adicionalmente, se ha reportado una sobreestimación del 25-50% del carbono epigeo para los manglares en las zonas neotropicales (Rovai et al., 2015), y aunque este sea el caso para nuestros datos, los valores registrados para el suelo en el área de estudio están dentro de lo reportado en la literatura y representan más del 71-98% del total del ecosistema (Donato et al, 2012 y Bhomia et al., 2016). Recordemos que este valor puede ser de dos a tres veces más que el valor medido en los suelos de bosque terrestre.

A nivel del paisaje, existe un total de 6,906,157.37 MgC en los bosques de manglar de Bahía La Unión y Bahía Chismuyo, con potencial de mitigación de 25,345,597.55 emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas. Esto promueve la capacidad de almacenaje de carbono de los manglares como un servicio más que podemos obtener del manglar. (Tabla 3)

Se han registrado ecosistemas de manglar con una acumulación de carbono de hasta 6.000 años y 10 metros de profundidad.

Tabla 3. Carbono total en el ecosistema en Bahía de La Unión y Bahía de Chismuyo (17,041 ha).

Carbono total en el ecosistema Golfo de Fonseca 17,041 ha				
Unidad	Total	STD	Mínimo	Máximo
MgC/ha	389.72	13.75	383.97	395.46
CO <sub>2</sub> e/ha	1,430.25	50.47	1,409.16	1,451.34
MgC	6,906,157.37	13.75	6,906,143.62	6,906,171.12
CO <sub>2</sub> e	25,345,597.55	50.47	25,345,547.08	25,345,648.02

*Carbono orgánico total a nivel de ecosistema (MgC) y dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> e) contenido en el ecosistema si se mantienen sus características actuales.*

Por estar en la interface mar y tierra, los suelos del manglar tienen la capacidad de acumular material vegetal autóctono y externo proveniente tanto de los sistemas marinos como terrestres. La influencia de mareas y las

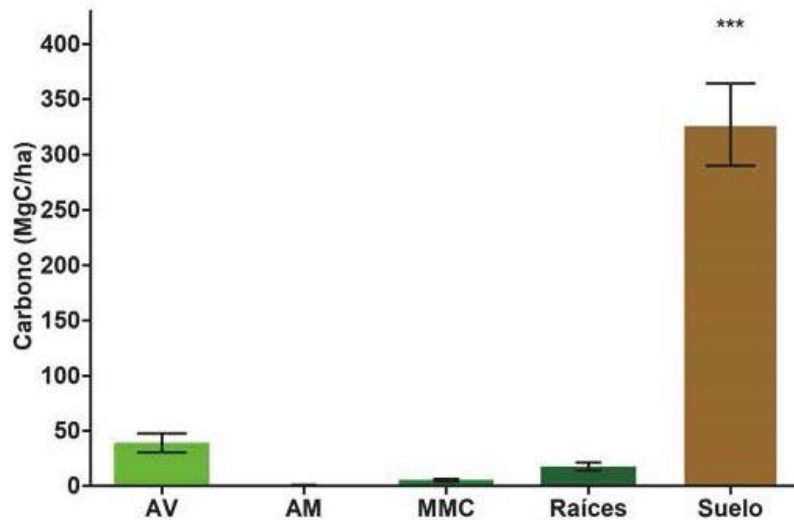
lluvias estacionales, así como el particular sistema de raíces de mangle, brindan las condiciones adecuadas para una retención y acumulación de material orgánico que permanece por cientos de años en el sistema.



Además, la cobertura vegetal hace que los manglares sean los ecosistemas con más potencial de retención de CO<sub>2</sub>. En caso de modificación del ecosistema, este gas contribuye al incremento de la temperatura global.

Es por ello que se han levantado esfuerzos internacionales para mantener ese servicio, ya que estos ecosistemas acumulan carbono de manera continua a lo largo el tiempo. Por ejemplo, se han registrado manglares con reservas de hasta 6000 años y a profundidades de 10 metros (Howard et al., 2014).

Figura 9. Carbono por componente a nivel de ecosistema en el Golfo de Fonseca.



AV: árboles vivos. AM: árboles muertos. MMC: madera muerta

El suelo representa un 80-99 % de carbono del ecosistema (Figura 9). Características físicas como su densidad son fundamentales en la capacidad de retención del carbono. La densidad de los suelos orgánicos tiene un rango de 0.1 a 0.6 g/cm<sup>3</sup>, el valor promedio registrado para los suelos en este estudio fue de 0.7 +/- 0.2 g/cm<sup>3</sup> (Figura 10). Esto refleja la característica orgánica de los suelos como resultado de la retención de sedimentos terrestres y marinos, así como toda la materia

orgánica que producen y atrapan en sus sistemas de raíces. El contacto constante con el agua producto de las mareas generan el medio propicio para una lenta descomposición y formación de un suelo muy orgánico. La cobertura de manglar sano es fundamental para que los suelos de mangle continúen acrecentando materia orgánica rica en carbono a lo largo del tiempo. En los estudios realizados tanto en el Pacífico como en el Caribe es notoria la contribución de los suelos al valor total de carbono en el ecosistema.

Las mareas generan una lenta descomposición de materia y producen suelos muy orgánicos.

Figura 10. Densidad del suelo en el Golfo de Fonseca.



Densidad del suelo por sitio de muestreo en Bahía de La Unión y Bahía de Chismuyo

A nivel internacional la UICN en conjunto con los socios de la iniciativa Blue Carbon en 2013, brindan a la CMNUCC el suplemento de humedales. Este documento presenta valores

de referencia para la inclusión de estos ecosistemas tan importantes en sus estimaciones y reportes ante la convención. Sin embargo, los esfuerzos internacionales deben continuar para generar y mejorar la metodología existente.

Apuntando a la convención, se recomienda siempre tener el nivel más preciso de datos, es decir datos locales. Es así, que este esfuerzo contribuye como valor de referencia de país para sus reportes. Se requerirán discusiones futuras para definir la metodología adecuada, levantar la información y la asignación del punto fijo de monitoreo a largo plazo.

Foto: Anibal Castillo, CREHO.



## 4. CONCLUSIONES

- Bahía de La Unión cuenta con 4,552.48 ha de bosque de mangle, en donde predomina el *Rhizophora mangle*.
- La estructura del bosque en el sitio lo clasifica como un bosque tipo alto, ya que la altura promedio de sus árboles es de 9.43 metros.
- Se ha estimado que el valor del carbono epigeo es de 44.63 Mg/ha en promedio, y que el carbono hipogeo es de 311.69 Mg/ha en promedio.
- Los bosques de mangle pueden almacenar entre tres y cuatro veces más CO<sub>2</sub> que un bosque terrestre.
- El bosque de mangle de Bahía de La Unión forma parte importante del ecosistema marino costero del Golfo de Fonseca, posee un potencial de mitigación de 6,771,041.95 MgC (emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas). Si el ecosistema se altera estas emisiones escapan a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los inventarios nacionales forestales continúen con la medición de almacenaje de CO<sub>2</sub> en los bosques salados de El Salvador, para poder tener datos comparativos de cambios en su estructura.
- El monitoreo a largo plazo de estos ecosistemas permite la generación de datos de alto nivel, utilizados a escala de país para los reportes anuales y bianuales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Iniciar la aplicación de metodologías de estimación de carbono en otros ecosistemas que contienen carbono azul, por ejemplo, pastos marinos, con el propósito de incrementar la capacidad del país para conservar los servicios de captación y almacenamiento de carbono.
- Se recomienda iniciar el proceso para declarar los manglares de Bahía de La Unión como área natural protegida, que permita la conservación de la diversidad biológica de la zona y asegurar el funcionamiento de los procesos ecológicos esenciales, tal como lo dicta la Ley de áreas naturales protegidas de El Salvador.

# Referencias

- Bhomia R. K.; Kauffman J. B.; McFadden, T. N. 2016. Ecosystem carbon stocks of mangrove forests along the Pacific and Caribbean coasts of Honduras. *Wetlands Ecol Manage*.
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. 2012. Evaluación de carbono en el Humedal Nacional Térraba - Sierpe. San José, Costa Rica. 26 pp.
- Brown, J.K.; Roussopoulos, P.J. 1974. Eliminating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small fuels. *Forest Science*. 20:350-356.
- Chicas Batres, F. A., J. A. González Leiva y A. Sayer. 2016. Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. *Rev. COMUN. Cient. Tenol*. 2: 52-64.
- Cifuentes – Jara, M., Brenes, C., Manrow, M., & Torres, D. (2015). Los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica.
- Cifuentes – Jara, M., Rivera, C., Magaña, J., Velásquez, S., Torres, D. (2017). Dinámica de la cobertura del suelo y existencias de carbono en los manglares de El Salvador. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 156 pp. Informe técnico s/n.
- Cifuentes - Jara, M.; Brenes, C.; Leandro, P.; Molina, O.; Romero, T.E.; Torres, D.; Velásquez, S. 2018. Manual centroamericano para la medición de carbono azul en manglares. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92 pp. (Serie técnica. Informe técnico, #141).
- Donato, D.; Kauffman, JB; Murdiyarso, D.; Kurnianto, S.; Stidham, M.; Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*. 4:293-297. DOI: 10.1038/NGE01123.
- FAO. 2007. *The World's Mangroves 1980–2005*; FAO Forestry Paper 153; FAO: Roma, Italia. Consultado nov. 2017. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1427e/a1427e00.pdf>.
- Foth H. 1990. *Fundamentals of soil science*. 8a edition. 384 pp.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (Eds). 2014. *Carbono azul costero: métodos para evaluar las reservas de carbono y los factores de emisión en manglares, marismas saladas y praderas de pastos marinos*. Conservation International, Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Arlington, Virginia, EE.UU.
- Instituto de Conservación Forestal (ICF). Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca. 2014. *Plan de Manejo de Chismuyo. Versión popular 2014 - 2016*. 16 pp. Honduras.

- Kauffman, J.B. y Donato, D.C. 2012. Protocolos para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono en los manglares. Documento de trabajo 86. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Kauffman J. B., Donato D. C. y Adame M. F. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de los manglares. Documento de Trabajo 117. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Kauffman, J. B; C. Heider, J. Norfolk and P. Frederick. 2014. Carbon stocks of intact mangroves and carbon emissions arising from their conversion in the Dominican Republic. *Ecological Applications*. 24 (3): 518-527.
- PNUD. 2017. Propuesta de protocolo para medición de carbono en ecosistemas de manglar en Panamá. Serie técnica No. 2. República de Panamá. 36 pp.
- Orozco, E. 2010. Experiencia de conservación y Desarrollo sostenible en Áreas Priorizadas del Corredor Biológico Mesoamericano: El Golfo de Fonseca. III Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas.
- Programa Regional REDD/CCAD-GIZ. 2014. Sistema de Clasificación del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras. Nota Técnica N° 06. 28 pp.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010. Manejo de humedales: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4a edición, vol. 18. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Spalding, M., M Kainuma and L. Collins. 2010. World atlas of mangrove.

4

A

NE

XOS

C

C

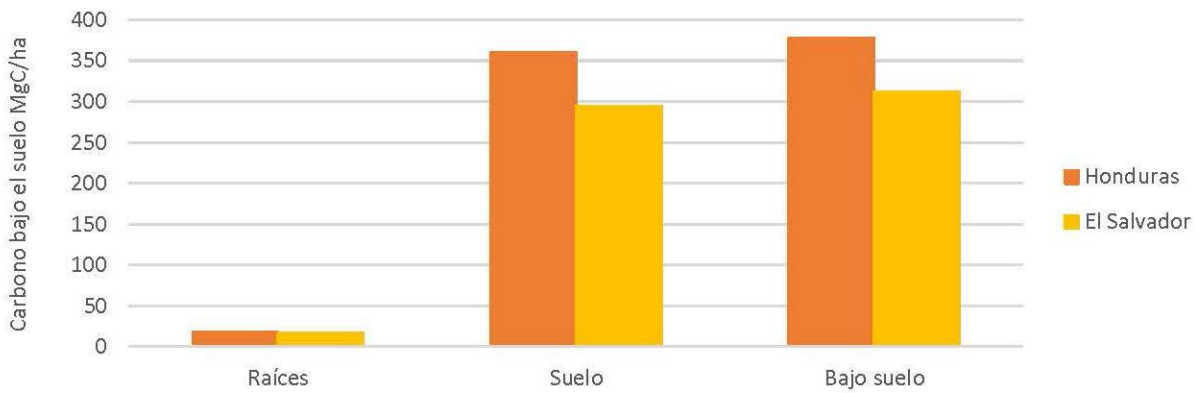
COORDENADAS DE EL SALVADOR (BAHÍA LA UNIÓN)				
Transecto	Fecha	Parcela	Coordenadas (X, Y)	
LU1	14/02/2018	1	0414556	1487398
		2	0414535	1487371
		3	0414518	1487376
		4	0414497	1487366
		5	0414391	1487332
		6	0414454	1487337
LU2	15/02/2018	1	0411013	1486468
		2	0410977	1486547
		3	0410856	1486443
		4	0410996	1486558
		5	0410985	1486584
		6	0410989	1486621
LU3	15/02/2018	1	0407515	1483924
		2	0407509	1483961
		3	0407488	1483976
		4	0407472	1483991
		5	0407456	1484008
		6	0407436	1484022

COORDENADAS DE HONDURAS (BAHÍA CHISMUYO)				
Transecto	Fecha	Parcela	Coordenadas (X, Y)	
CH1	19/02/2018	1	0435040	1488052
		2	0435021	1488047
		3	0434992	1488048
		4	0434959	1488056
		5	0434939	1488051
		6	0434927	1488060
CH2	19/02/2018	1	0433851	1485759
		2	0433830	1485754
		3	0433802	1485754
		4	0433776	1485755
		5	0433752	1485767
		6	0433726	1485772
CH3	20/02/2018	1	0427584	1487651
		2	0427601	1487651
		3	0427618	1487653
		4	0427637	1487637
		5	0427670	1487640
		6	0427694	1487635

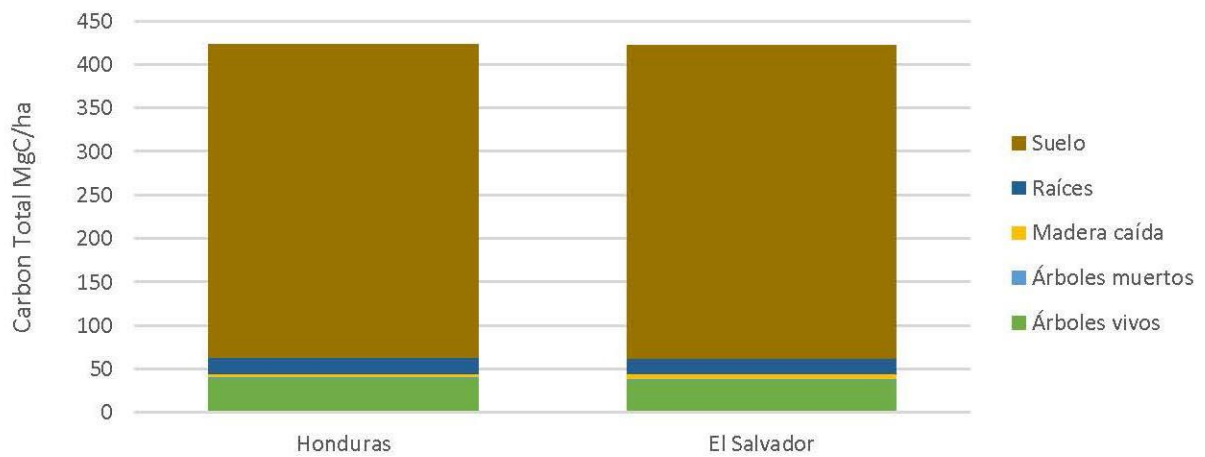
### Componentes sobre el suelo a nivel de ecosistema



### Componentes bajo el suelo a nivel de ecosistema



### Componentes del ecosistema





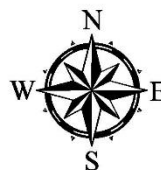
Existencias de carbono (MgC/ha) por componente de manglares						
País	Honduras			El Salvador		
Componente	Promedio MgC/ha	STD	MgCO2e	Promedio MgC/ha	STD	MgCO2e
Árboles vivos	39.93	17.82	146.56	38.28	27.67	140.49
Árboles muertos	0.93	0.61	3.43	0.28	0.24	1.02
Madera caída	4.35	1.84	15.96	6.07	3.97	22.28
<b>Total epigeo</b>	<b>45.22</b>	<b>18.60</b>	<b>165.95</b>	<b>44.63</b>	<b>25.20</b>	<b>163.78</b>
Raíces	18.01	8.23	66.11	17.22	11.62	63.21
Suelo	359.88	55.53	1,320.76	294.47	660.40	1,080.70
<b>Total hipogeo</b>	<b>377.89</b>	<b>60.47</b>	<b>1,386.8</b>	<b>311.69</b>	<b>692.60</b>	<b>1,143.91</b>
<b>Total a 1 m</b>	<b>423.11</b>	<b>72.17</b>	<b>1,552.81</b>	<b>356.32</b>	<b>116.94</b>	<b>1,307.69</b>

Ecuaciones alométricas para estimación de biomas en manglares			
Especies	Ecuación	D max (cm)	Fuente
Ecuación General America	$B = 0.168 * \rho * (D)^{2.471}$	42	Howard et al. (2014) en Howard et ál. (2014)
<i>Avicennia germinans</i>	$B = 0.0942 * D^{2.54}$	21	Imbert & rollet (1989) en BIOMARCC-SINAC-GIZ (2012)
<i>Pellíciera rhizophorae</i>	$B = 0.0942 * D^{2.54}$	-	Imbert & rollet (1989) en Cifuentes-Jara et ál. (2014)
<i>Rhizophora racemosa</i>	$B = 0.128 * D^{2.6}$	-	Fromard et al. (1998) en Cifuentes-Jara et ál. (2014)
<i>Rhizophora mangle</i>	$B = 0.722 * D^{1.731}$	20	Smith & Whelan (2006) en Cifuentes-Jara et ál. (2014)
<i>Laguncularia racemosa</i> y otras	$B = \rho * \text{Exp}(-1.349 + 1.98 * \text{Ln}(D) + 0.207 * \text{Ln}(D)^2 - 0.0281 * \text{Ln}(D)^3)$	-	Chave et al. (2005) en Cifuentes-Jara et ál. (2014)
Raíces manglares	$B = 0.199 * \rho^{0.899} * D^{2.22}$	-	Komiyama et al. (2008) en Howard et ál. (2014)
Raíces otras especies	$B = \text{Exp}(-1.085 + 0.9256 * \text{Ln}(B))$	-	Cairns et al. (1999) en Howard et ál. (2014)
D: diámetro; $\rho$ : gravedad específica B: biomasa sobre el suelo			
Ecuaciones alométricas para estimación de biomasa mangles chaparros			
Especies	Ecuación		Fuente
<i>Rhizophora mangle</i>	$B = 125.9571 D_{30}^{2*} H^{0.8557}$	15.4	Citrón y Shaeffer-Novelli (1984) en Kauffman et ál. (2013)
<i>Avicennia germinans</i>	$B = 200.4 D_{30}^{2.1}$	4	Fromard et ál. (1998) en Kauffman et ál. (2013)



**Simbología**

- Bosque de Mangle Alto
- Bosque de Mangle Bajo
- Bosque de Mangle en El Salvador
- Cuenca Goascorán
- Departamento
- Municipio
- Ciudad
- Frontera Internacional
- Río
- Lago



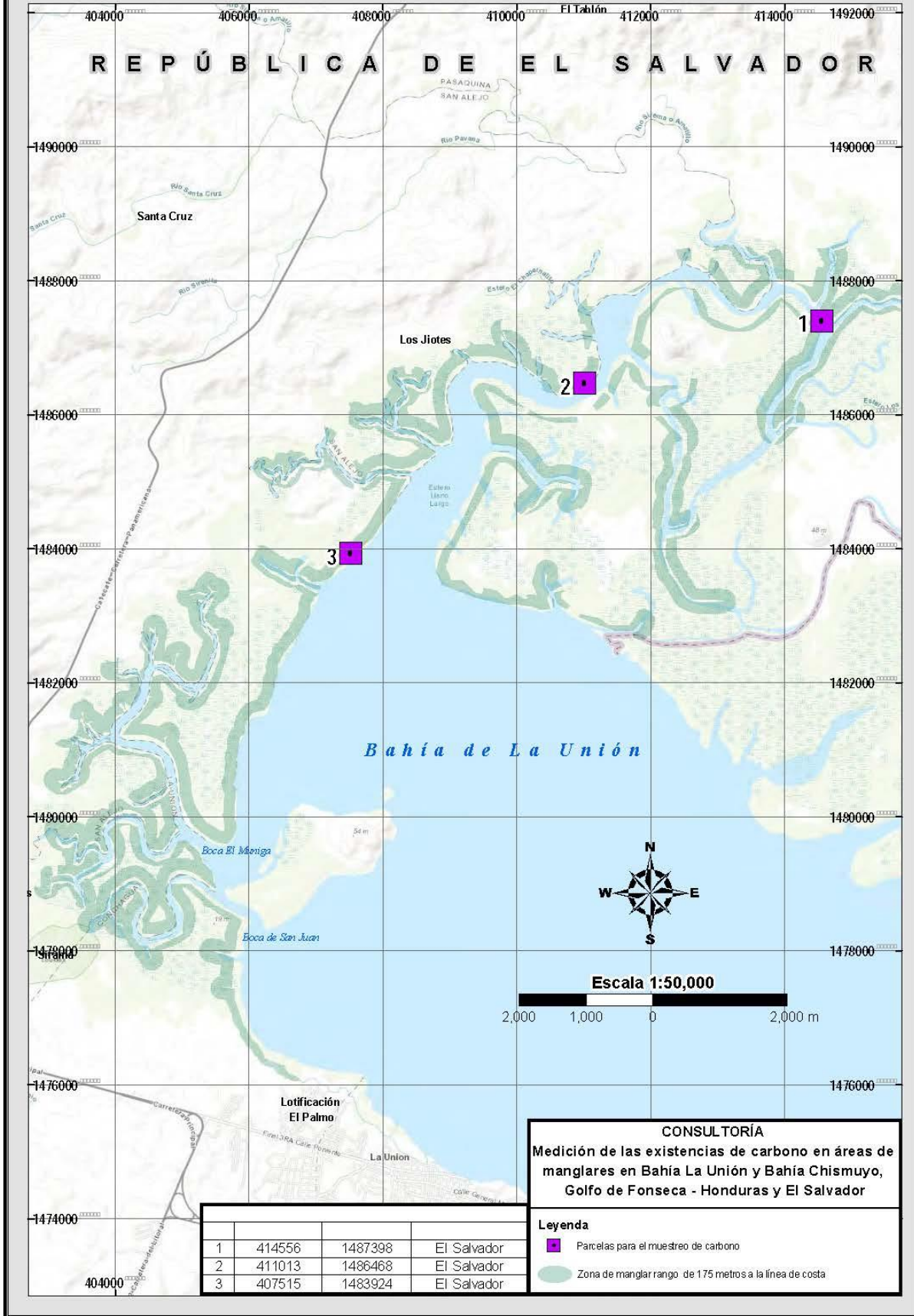
Escala 1:100.000

Coordinate System: GCS WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Units: Degree

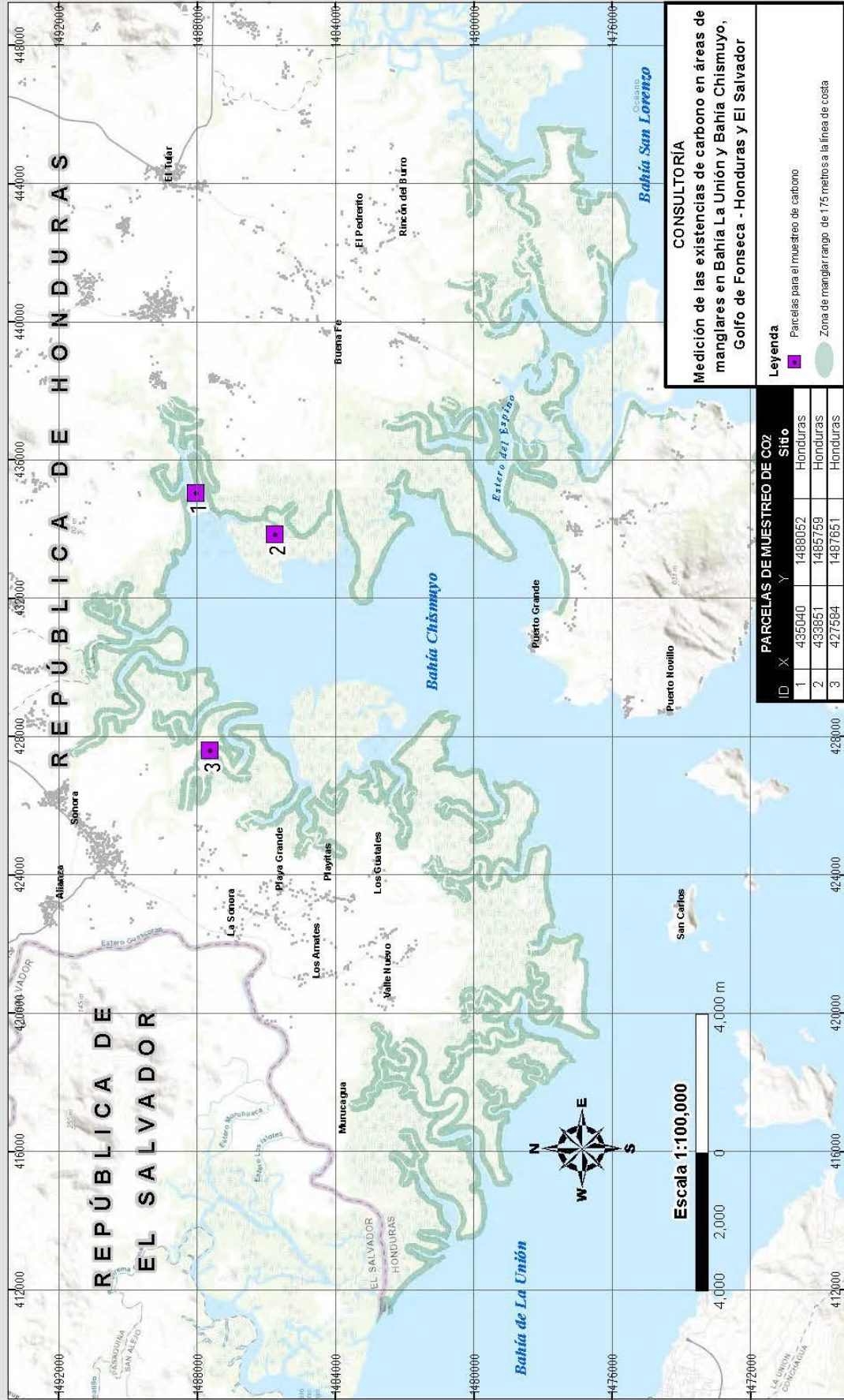
Fecha: 25/10/2017

Autor: Kevin Lloyd

## UBICACIÓN DE PARCELAS PARA MUESTREO DE CARBONO EN BAHÍA DE LA UNIÓN, EL SALVADOR



# UBICACIÓN DE PARCELAS PARA MUESTREO DE CARBONO EN BAHÍA CHISMUYO - HONDURAS



**CONSULTORÍA**  
**Medición de las existencias de carbono en áreas de manglares en Bahía La Unión y Bahía Chismuyo, Golfo de Fonseca - Honduras y El Salvador**

**Leyenda**  
 Parcelas para el muestreo de carbono  
 Zona de manglar rango de 175 metros a la línea de costa

PARCELAS DE MUESTREO DE CO2	
ID	Sito
1	435040
2	433851
3	427584

