

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADO

DETERMINACIÓN DE LA EXISTENCIA DE CARBONO AZUL EN EL BOSQUE DE
MANGLAR EN PLAYA DORADA Y BARRA SALADA, SONSONATE, EL SALVADOR,
DE JULIO A DICIEMBRE DE 2019

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTADO POR
MARVIN ENRIQUE ESCOBAR RAMÍREZ**

**DOCENTES ASESORES
MAESTRA DELFINA DEL CARMEN ABREGO DE MEDINA
LICENCIADA LUZ DE MARÍA GARCÍA ASENCIO**

**ABRIL, 2020
SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ACADEMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO GENERAL

LCDO. LUÍS ANTONIO MEJÍA LIPE

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

AUTORIDADES



M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS

DECANO

M.Ed. RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA

VICEDECANA

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA

SECRETARIO

LICDO. CARLOS MAURICIO LINARES HERNANDEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA

A MI FAMILIA

A MIS AMISTADES

A MIS MAESTROS

A MIS ASESORES

A FIAES

A ADESCOPLAD

A LAS PERSONAS DE LAS COMUNIDADES DE BARRA SALADA Y PLAYA DORADA

A TODAS LAS PERSONAS QUE TRABAJAN O FINANCIAN PROYECTOS DE
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS BOSQUES DEL PAÍS

Y A TODOS LOS INVESTIGADORES DE ECOSISTEMAS DE MANGLAR.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme fuerza, sabiduría e inteligencia para poder finalizar mi carrera universitaria y el presente trabajo de grado.

A la Universidad de El Salvador por todo mi proceso de formación académica y profesional, por la prestación de la beca-remunerada la cual me permitió terminar mi carrera.

A todos mis docentes, especialmente a los del departamento de biología por compartirme de su conocimiento y formarme como un profesional.

A MGA. Delfina Abrego por asesorarme en el proceso de investigación, por el apoyo, conocimiento compartido y correcciones brindadas para la elaboración de mi trabajo de grado.

A Lic. Luz García y Lic. Néstor Pérez por el acompañamiento en campo, el asesoramiento, sugerencias, correcciones y apoyo en la investigación.

A MsC. Ricardo Figueroa por contactarme con el equipo FIAES para poder realizar la investigación, el aporte de su conocimiento y apoyo en el trabajo.

A FIAES y ADESCOPLAD por el financiamiento de la investigación, la confianza depositada en mi persona y todo el apoyo brindado. Especialmente al Lic. Alexander Zaldaña que me sugirió y permitió realizar el tema de investigación y al Ing. Hector Morales por la elaboración de mapa.

A los pobladores de las comunidades de Barra Salada y Playa Dorada, especialmente a don Jorge y familia, y don Alberto por su disposición, acompañamiento y ayuda en los trabajos de campo, además, de abrirme las puertas de su casa y permitirme guardar el equipo utilizado. Y Don Ever por permitirnos usar su lancha y cayuco.

Al Laboratorio de Química Agrícola, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de El Salvador por realizar los análisis de carbono orgánico total de las muestras de suelo.

Al Laboratorio de Biología de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, de la Universidad de El Salvador por permitirme utilizar sus instalaciones y equipo para el análisis de muestras.

A mi familia por el amor y el apoyo brindado durante toda mi vida para poder formarme como una persona de bien y poder llegar a convertirme en un profesional, sin su ayuda nada de esto sería posible.

A Reina Judith Flores por brindarme su amistad, cariño, apoyo, correcciones y sugerencias durante el trabajo de grado, por esos ánimos incondicionales que siempre me motivaron para continuar y no darme por vencido.

A Saraí Aguilar por su amistad, cariño y apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y por correcciones ortográficas y de redacción realizadas al trabajo de grado.

A Carolina Pérez por el acompañamiento, orientación y búsqueda de los laboratorios de química agrícola en la Universidad de El Salvador.

A mis compañeros y amigos de la carrera de biología por tantas experiencias y vivencias durante el tiempo que pasamos estudiando, por el apoyo y conocimientos compartidos durante todos estos años.

INDICE

RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	13
1.1. Bosque de Manglar.	13
1.2. Distribución de los bosques de manglar a nivel mundial.	14
1.3. Distribución de los bosques de manglar en El Salvador.	14
1.4. Especies de mangle en El Salvador.	15
1.5. Función de los bosques de manglar.	16
1.6. Gases de efecto invernadero.	16
1.7. Calentamiento global y cambio climático.	17
1.8. Ciclo del carbono	18
1.9. Estudios de captación de carbono.	20
1.10. Reserva de carbono en bosques de manglar e índices de almacenamiento.....	21
1.11. Importancia de la captación de carbono por los bosques de manglar	22
1.12. Ecuaciones alométricas	22
CAPITULO II: METODOLOGÍA	23
2.1. Tipo de investigación.	23
2.2. Descripción del área de estudio.....	23
2.3. Universo, población y muestra.	24
2.4. Instrumentos y técnicas de investigación.....	25
2.5. Selección de puntos de muestreo.	25
2.6. Fase de recolección de datos.	27
2.6.1. Estudio previo	27
2.6.2. Fase de campo.....	27
2.6.2.1. Determinación de la categorización del bosque de manglar.....	28
2.6.2.2. Identificación de las especies de mangle.....	28
2.6.2.3. Cuantificación de la reserva de carbono.....	28
2.6.2.4. Transectos de medición y unidades muestrales.	29
2.6.2.5. Biomasa de árboles.....	29
2.6.2.6. Tejido de regeneración y herbáceas.	32
2.6.2.7. Madera caída.	33
2.6.2.8. Suelo.....	35

2.6.2.9. Manejo de las muestras.....	37
2.6.3. Fase de laboratorio.	39
2.6.3.1. Determinación de la gravedad específica.....	39
2.6.3.2. Análisis de densidad aparente.....	39
2.6.3.3. Análisis de carbono orgánico total.....	41
2.6.4. Procesamiento y tabulación de datos.....	41
2.6.4.1. Cálculos de la existencia de biomasa y carbono.....	41
2.6.4.2. Cálculo de biomasa de árboles.....	41
2.6.4.3. Cálculo de biomasa de herbáceas y tejido de regeneración.....	42
2.6.4.4. Cálculo de biomasa de madera caída.....	43
2.6.4.5. Carbono en suelo.....	43
2.6.4.6. Carbono y CO ₂ para el ecosistema y paisaje.....	44
2.6.5. Manejo de base de datos.....	44
2.6.6. Comparación de existencias de carbono con otros ecosistemas.....	46
2.6.7. Cálculo de las emisiones de Carbono a la atmósfera por deforestación.....	46
2.7. Análisis de los datos.....	48
CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1. Especies identificadas de mangle.....	49
3.2. Categorización/uso del bosque de manglar.....	50
3.3. Existencia de carbono azul en el bosque de manglar.....	51
3.3.1. Componente aéreo.....	51
3.3.2. Componente subterráneo.....	53
3.3.3. Medición de carbono por profundidad de suelo.....	56
3.3.4. Carbono en ecosistema.....	58
3.3.5. Carbono en paisaje.....	59
3.4. Comparación de la existencia de carbono en bosque de manglar con otros tipos de ecosistemas terrestres.....	60
3.5. Emisión de carbono a la atmósfera por deforestación.....	61
3.6. Discusión.....	61
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo seleccionados.	27
Tabla 2. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa en los Bosques de Manglar de Barra Salada y Playa Dorada.	42
Tabla 3. Carbono Orgánico Total de diferentes ecosistemas para comparación con ecosistema de Manglar.	46
Tabla 4. Especies de manglar encontradas en los Bosques de Manglar de Barra Salada y Playa Dorada.	49
Tabla 5. Categorización/uso del Bosque de Manglar en Barra Salada y Playa Dorada.	50
Tabla 6. Cuantificación y porcentaje del carbono epigeo en sus diferentes componentes en Barra Salada.	52
Tabla 7. Cuantificación y porcentaje del carbono epigeo en sus diferentes componentes en Playa Dorada.	52
Tabla 8. Medición de la concentración de carbono y el carbono orgánico total en las muestras de suelo en los diferentes puntos de muestreo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.	53
Tabla 9. Medición de la concentración de carbono y el carbono orgánico total en las muestras de suelo en los diferentes puntos de muestreo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.	55
Tabla 10. Medias de carbono por intervalo de profundidad y por cada 1 cm ³ de suelo en Barra Salada.	56
Tabla 11. Medias de carbono por intervalo de profundidad y por cada 1 cm ³ de suelo en Playa Dorada.	57
Tabla 12. Existencia de carbono azul en ecosistema y paisaje en los Bosques de Manglar. ..	60
Tabla 13. Comparativa del carbono orgánico total de diferentes sistemas con las obtenidas en el Bosque de manglar de Barra Salada.	60

RESUMEN

Los Bosques de Manglar prestan muchos servicios ecosistémicos en las zonas costero marinas. Entre estos servicios encontramos la captación y almacenamiento de carbono, elemento que está presente en gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global y cambio climático.

El presente estudio determino la existencia de carbono azul en dos relictos de Bosque de Manglar en Barra Salada y Playa Dorada, ubicadas en el área de conservación Los Cobanos, Sonsonate, El Salvador. Las muestras se tomaron en un periodo de 6 meses, entre julio y diciembre de 2019.

La metodología implementada es de Kauffman *et al.* (2012, 2013) y Howard *et al.* (2014), descritas en el Manual Centroamericano para la medición de carbono azul elaborado por Cifuentes Jara *et al.* (2018), se utilizaron un total de 10 puntos de muestreo en ambas áreas. El estudio se dividió en 4 fases: estudio previo, campo, laboratorio y análisis de la información.

La determinación de carbono captado y almacenado por los bosques de manglar se hizo mediante un estudio físico, químico y biológico. Se tomó mediciones y muestras en campo, que luego se llevó al laboratorio bajo las condiciones adecuadas para su posterior estudio. Además, se hizo uso de ecuaciones alométricas establecidas para calcular el carbono en la biomasa de los componentes epigeos, todos los datos obtenidos fueron procesados en el programa Excel 2016.

Las especies identificadas en ambos Bosques de Manglar son: *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*. La categorización de manglar en Barra Salada es: mangle denso de tipo alto y para Playa Dorada es: mangle denso de tipo alto, mangle enano y praderas pantanosas.

La existencia de carbono en Barra Salada es $272.01 \pm 23.68 \text{ MgC. ha}^{-1}$, el carbono epigeo equivale al 25% ($67.16 \pm 22.71 \text{ MgC. ha}^{-1}$) y el subterráneo al 75% ($204.85 \pm 21.66 \text{ MgC. ha}^{-1}$), el carbono total en paisaje es $112,720.94 \pm 9,812.99 \text{ MgC}$ en las 414.4 hectáreas de bosque. En Playa Dorada la existencia es de $293.54 \pm 47.73 \text{ MgC. ha}^{-1}$, estando un 17% ($51.00 \pm 3.39 \text{ MgC. ha}^{-1}$) en carbono epigeo y un 83% ($242.55 \pm 50.75 \text{ MgC. ha}^{-1}$) de carbono subterráneo, el carbono en paisaje es de $2,935.40 \pm 477.3 \text{ MgC}$ en las 10 hectáreas de bosque. Siendo los componentes más importante el suelo y la biomasa de árboles en ambos lugares.

En comparación el bosque de mangle con otros tipos de bosque terrestre se encontró un 260% de mayor existencia de carbono en el bosque de mangle y de más de 500% con ecosistemas de cultivos o ganaderos. Además, se calculó las emisiones de carbono a la atmósfera en 191,895.16 MgCO_{2e} en 64 años de 1954 a 2018, en 233.98 ha deforestadas en Barra Salada y 4,046.18 MgCO_{2e} en los últimos 50 años en 4.5 ha deforestadas en Playa Dorada.

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio tuvo como objetivo determinar el carbono captado por el Bosque de Manglar de Playa Dorada y Barra Salada, Departamento de Sonsonate, El Salvador, durante el periodo de julio a diciembre de 2019, además de identificar las especies de mangle presente, realizar una categorización/uso que estos bosques de manglar tienen, comparar la existencia de carbono con otros tipos de ecosistemas y calcular el carbono liberado a la atmósfera por deforestación.

La importancia de conocer el carbono captado por los manglares se debe a que estos ecosistemas captan hasta 5 veces más carbono que otros tipos de bosque terrestre (Donato *et al.* 2011; citador por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P11). Por lo que conocer la cantidad de carbono que captan y almacenan es de utilidad para determinar cómo estos contribuyen para disminuir el calentamiento global, cambio climático y los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Se buscó información sobre investigaciones de cuantificación de carbono azul y se encontró solamente uno realizado en el Golfo de Fonseca, pero este es compartido con Honduras y no se pudo tener acceso a la información de los resultados obtenidos. Por lo que el presente estudio será el primero propiamente para El Salvador y que pretende ser la base para crear un inventario de las existencias de carbono en los Bosques de Manglar en el país.

Con todo esto poder reconocer la importancia que tienen y así poder tomar medidas para realizar programas y proyectos que beneficien a la conservación y restauración de los manglares en El Salvador, los cuales puedan ser ejecutados con participación de las personas de las comunidades donde se ubican estos bosques de manglar y de una manera concientizar y verse beneficiados económicamente, mejorando su calidad de vida.

CAPITULO I: REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Bosque de Manglar.

Los Bosques de Manglar son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies conocidas como mangles. Estos árboles o arbustos poseen raíces aéreas respiratorias llamadas neumatóforos y tienen la particularidad de ser plantas resistentes a la salinidad del agua. Los manglares se desarrollan en las planicies costeras de los trópicos húmedos, principalmente alrededor de esteros y lagunas costeras, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos. (CONABIO¹ 2009:P16 y ANAM²-ARAP³ 2013:P11).

Los manglares son una transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos. Existe una conectividad entre los manglares, los pastos marinos y los arrecifes de coral que permite el flujo entre especies que viven en estos ecosistemas. (CONABIO 2009:P16).

Los bosques de manglar son ecosistemas costeros, con especies altamente adaptadas a vivir en ambientes litorales, donde son influenciados por el mar y sistemas hídricos continentales. La mezcla de agua en esa frontera tierra-mar, provoca agua salobre (o salada), lo que da origen al término Bosques Salados o Bosques de Manglar. (MARN⁴ 2013a:P9). Sus árboles más grandes pueden alcanzar alturas de hasta 25 metros, mientras que los árboles pequeños y achaparrados alcanzan alturas de 2 a 3 metros, los manglares son clasificados como “Humedal Marino-Costero” por la convención RAMSAR⁵. (ARAP 2013:P1).

El ecosistema de manglar constituye uno de los ambientes más productivos y prominentes de las costas tropicales alrededor del mundo. Los manglares se componen de especies altamente adaptadas a diversos factores y, además, sus complejas interacciones ecológicas son características que dan muestra de su alta resiliencia natural. (MARN 2013a:P5).

Lugo y Snedaker (1974), citado por Grimaldi (2012) describen:

¹ CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

² ANAM: Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá.

³ ARAP: Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá.

⁴ MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

⁵ RAMSAR: Convención sobre humedales, que es un tratado intergubernamental cuya misión es la conservación y uso racional de los humedales.

“Cinco tipos de bosques de manglar: de borde, ribereño, de cuenca, enano y de islotes, cada uno con características geomorfológicas, biológicas, ecológicas, físico químicas e hidrológicas únicas. Esta clasificación se basa principalmente en la geomorfología e hidrología de los bosques, considerándose que los de borde, ribereños y de cuenca son los más productivos. También mencionan que los manglares de borde suelen ser los más comunes y se caracterizan por estar presentes en los bordes de las líneas de costa y de las islas, cuyas elevaciones son superiores a las de las mareas altas promedios. La exportación de detritus es muy baja debido a la altura en la que está ubicado y al desarrollado sistema radicular que funciona como una red atrapándolos.” (P. 4).

Los relictos de Bosque de Manglar son remanentes de vegetación de tipo mangle que antes existió en una determinada área y que por algún factor ha sido destruido o disminuido enormemente en su extensión.

1.2. Distribución de los bosques de manglar a nivel mundial.

MARN (2013a) menciona que: “los manglares están presentes en el 65% de las costas en 123 países tropicales o subtropicales alrededor del mundo (150,000 Km²)” (P.9). Desde 1980, se estima que se ha perdido la quinta parte de los Bosques de Manglar, principalmente de la Región Asia-Pacífico y Centroamérica (Van Lavieren *et al.* 2012, citado por MARN 2013a:P.9).

Los manglares solo crecen en zonas tropicales y subtropicales del planeta. Prefieren las bahías más cerradas y protegidas de fuertes oleajes y mareas, donde abundan los sedimentos y nutrientes arrastrados por los ríos. Por lo general se encuentran asociados a arrecifes de coral, pastos marinos y fangales, entre otros. Se estima que los manglares ocupan apenas un 3% de la superficie terrestre. (ANAM-ARAP 2013:P12).

1.3. Distribución de los bosques de manglar en El Salvador.

Los manglares se encuentran a lo largo de todo el litoral, pero se concentran especialmente en las lagunas y estuarios de la costa. Las áreas más sobresalientes son los estuarios de Punta San Juan y del Río Lempa, ubicados, respectivamente, al centro y a oriente

del país, así como el Golfo de Fonseca y la zona de frontera con Nicaragua. En occidente, las poblaciones de mangle se sitúan detrás de la laguna de Barra de Santiago. (FAO⁶ 2005:P1).

Los procesos de conversión del manglar hacia usos de suelo para actividades agrícolas, acuícolas, ganaderas, turísticas, urbanas e industriales, son las principales causas de la pérdida de una cobertura superior al 50% a nivel mundial. De acuerdo con estimaciones recientes, El Salvador ha seguido e incluso, ha superado la tendencia mundial en cuanto a pérdida de manglares, observándose una disminución de cobertura en torno al 60% desde 1950 hasta la actualidad, pasando de 100,000 a cerca de 40,000 ha en la actualidad (MARN 2013a:P5).

El MARN (2013a) menciona:

“Las causas de la degradación del ecosistema de manglar a nivel nacional han consistido básicamente en: a) incremento desordenado y no planificado de salineras y camaroneras, b) contaminación por agroquímicos, desechos sólidos, vertidos domésticos e industriales, c) erosión debida a prácticas agrícolas y pecuarias insostenibles en las partes altas y medias de las cuencas, que provocan el azolvamiento de esteros y bahías, d) tala indiscriminada y conversión a tierras agrícolas para plantaciones de caña de azúcar y granos básicos, e) expansión de asentamientos humanos y, f) proyectos urbanísticos y turísticos que irrespetan la integridad del manglar y ecosistemas costeros asociados” (P. 5).

Los análisis de valoración económica potencial de los manglares indican que los servicios ambientales que ofrecen son, por mucho, superiores a cualquier actividad productiva que los sustituya. En El Salvador, se estima que los manglares ostentan un valor económico potencial de US\$18,505 por hectárea por año (MARN 2013a:P9).

1.4. Especies de mangle en El Salvador.

Las especies de mangle en El Salvador se divide en 3 familias: Avicenniaceae, Rhizophoraceae y Combretaceae (Ramírez y Segovia 2003:P49). Según la FAO (2005) las especies presentes en El Salvador son: *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*. (P. 5). Para Bahía de La Unión de estas 5 especies no se encuentra *C. erectus*, sino *Rhizophora racemosa* (Ramírez y Segovia 2005:

⁶ FAO: Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura.

P9). Y en Barra de Santiago se encuentran las 6 especies antes descritas. (Molina y Esquivel 1993, citado por Ramírez y Segovia 2003: P27)

1.5. Función de los bosques de manglar.

El Bosque de Manglar ostenta un considerable valor ambiental y económico: sirven como barreras protectoras contra tsunamis e inundaciones costeras, evitan la erosión costera, son refugio de reproducción y lugar de especies de gran valor comercial como camarones, peces y crustáceos, entre otros, que lo sitúan entre los ecosistemas críticos en el mundo (MARN 2013a:P5). La diversidad de especies en estos ecosistemas contempla una amplia gama de entidades taxonómicas que utilizan el ecosistema como ambiente de refugio, alimentación y reproducción. (MARN 2013a:P9 y ANAM-ARAP 2013:P13).

Los Bosques de Manglar son ecosistemas conocidos por sus funciones como almacenadores, transformadores y exportadores de materia orgánica con lo que contribuye significativamente a los ciclos biogeoquímicos de diversos elementos (Mitsch y Gosselink 2000, citado por Herrera *et al.* 2016:P62).

Los Bosques de Manglar ayudan a la desaceleración del cambio climático. Esto se conoce como mitigación del cambio climático. Los árboles de mangle capturan una significativa cantidad de carbono de la atmósfera y la almacenan en sus raíces, troncos, ramas y hojas. Además, en los suelos de manglar se almacena mucha materia orgánica, en la cual se encuentra almacenado mucho carbono. (ANAM-ARAP 2013:P14).

Los ecosistemas de manglar son purificadores del agua en la zona costera, debido a que capturan los sedimentos de los ríos o desagües que lleguen a ellos y retienen el agua salada del mar, evitando que llegue a depositarse tierra adentro contaminando los mantos acuíferos y volviéndolos no aptos para el consumo humano y para actividades agropecuarias. (ANAM-ARAP 2013:P14).

1.6. Gases de efecto invernadero.

Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero, que es un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta. (Caballero *et al.* 2007:P3).

La concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero son bajas, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta. Los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O₃) (Camilloni 2015, citado por Melgar y Nieto 2017:P3).

1.7. Calentamiento global y cambio climático.

El cambio climático se expresa en cambios lentos pero inevitables en la temperatura promedio y el nivel del mar, entre otros. Además, se experimenta una variabilidad climática creciente con alteraciones radicales en los patrones de lluvia y en la frecuencia, duración, intensidad y ubicación de eventos climáticos extremos. (MARN 2013b:P1).

El MARN (2013b) menciona que:

“En las últimas seis décadas la temperatura promedio anual en El Salvador aumentó más de 1.3°C y los escenarios climáticos apuntan a aumentos de entre 2°C y 3°C adicionales en las siguientes seis, dependiendo de los esfuerzos que se realicen a nivel planetario para mitigar el calentamiento global. El aumento de temperatura, junto con los significativos cambios que se prevén en los patrones de precipitación, tiene implicaciones serias para la disponibilidad hídrica, la agricultura, la seguridad alimentaria, la salud y otros ámbitos esenciales para el desarrollo económico y el bienestar de la población salvadoreña.” (P.1).

En las zonas costera-marina el aumento en el nivel del mar en las últimas 6 décadas ha sido de 8 cm (MARN 2013b:P1). Según el informe presentado por el PNUD⁷ en El Salvador, se espera que el cambio climático produzca una reducción en los caudales superficiales de agua, desbordamientos en los ríos, sequía, aumento del nivel del mar de 13-55 cm, especialmente en las áreas de manglar, lo que ocasionaría un aumento en el número de plagas y resurgimiento de otras que estaban controladas tanto en bosques como en zonas de cultivo, aumento en la sedimentación y la erosión, pérdida de humedad potencial del suelo, entre otros aspectos. (PNUD 2007, citado por y Paz Cigarán 2009:P6).

⁷ PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El PNUD afirma que el impacto que se tendría en los ecosistemas es que se produciría la desaparición de casi la mitad de los humedales salvadoreños, y con esto la desaparición de especies y su capacidad de brindar bienes y servicios vitales para el desarrollo de la sociedad en especial de las comunidades cercanas a estos. (Oviedo 2010, citado por Melgar y Nieto 2017:P2).

1.8. Ciclo del carbono

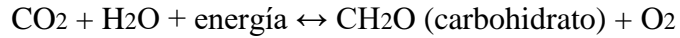
El ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico donde el carbono sufre distintas transformaciones a lo largo del tiempo. Este ciclo juega un papel importante en la regulación del clima del planeta. Este elemento se encuentra depositado en todas las esferas del sistema global en diferentes formas: en la atmósfera como dióxido de carbono, metano y otros componentes; en la hidrosfera, en forma de dióxido de carbono disuelto en el agua; en la litósfera, en las rocas y en depósitos de carbón, petróleo y gas; en la biósfera, en los carbohidratos; en la antropósfera, en diferentes formas en los objetos creado por la sociedad. (Benavides y León 2007:PP9-10).

El carbono circula entre la atmósfera, la hidrósfera, la biósfera y la litosfera por medio de la interacción en escalas de tiempo que van desde procesos que demoran algunas horas, días, meses y estaciones hasta aquellos que tardan largos periodos geológicos. (Benavides y León 2007:P10).

El carbono en la tierra se almacena en cinco grandes compartimientos: reservas geológicas, océanos, atmósfera, suelos y biomasa forestal. Existen en la atmósfera entre 730,800 g y 791,700 g de carbono, principalmente en forma de dióxido de carbono (CO₂). Formando parte mayoritaria de la vegetación terrestre se encuentra capturado (más o menos transitoriamente) 850 Pg⁸ de Carbono, de los cuales en materia viva están 550 Pg y como necromasa otros 300 Pg. (Gallardo y Merino 2007, citado por Melgar y Nieto 2017:P3).

El CO₂ es un gas de mucha importancia en el efecto invernadero, y las cantidades presentes en la atmósfera dependen del ciclo del carbono, siendo el primer componente la fotosíntesis y la respiración celular. (Wodzicki 2001:P1).

⁸ Pg:1015 g de Carbono



Las plantas durante el día utilizan la energía solar para convertir el agua y el CO₂ captado de la atmósfera para producir carbohidratos y oxígeno. Este proceso es llamado fotosíntesis. Durante la noche, hacen lo opuesto, se llama respiración. Usan el carbohidrato más el oxígeno para producir energía cuando no hay sol. Si quema plantas, o productos con gran cantidad de material orgánico, como petróleo, si las plantas mueren y se descomponen, la reacción va a la izquierda; usan oxígeno y liberan CO₂. Si se deposita materia orgánica en sedimentos, este almacena CO₂ de la atmósfera. (Wodzicki 2001:P1).

En los manglares como en muchos otros ecosistemas costeros se reconocen los almacenes y flujos de diversos elementos, principalmente carbono, el cual tiene gran interés por su relación con gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄) (Herrera *et al.* 2016:P62). Los almacenes de carbono orgánico (Corg) en los Bosques de Manglar se encuentran en el componente aéreo (biomasa de árboles vivos y muertos, incluyendo hojas, propágulos, neumatóforos, raíces adventicias y ramas) y subterráneo (sedimento y la biomasa de raíces) (Kauffman y Donato 2012, citado por Herrera *et al.* 2016:P62).

La importancia de los manglares en la dinámica del Corg, así como para otros múltiples servicios ambientales, favorece el interés de implementar medidas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático en estos ecosistemas, lo que reduciría su vulnerabilidad a las perturbaciones (Kelly y Adger 2000, Adger *et al.* 2005, citado por Herrera *et al.* 2016:P63). Sin embargo, para poder contribuir a escala local y de país, en estrategias REDD+⁹ (Herold *et al.* 2011, citado por Herrera *et al.* 2016: p. 63), es indispensable determinar los almacenes de Corg como línea de base de emisiones. (Herrera *et al.* 2016:P63).

⁹ REDD+: Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los Bosques.

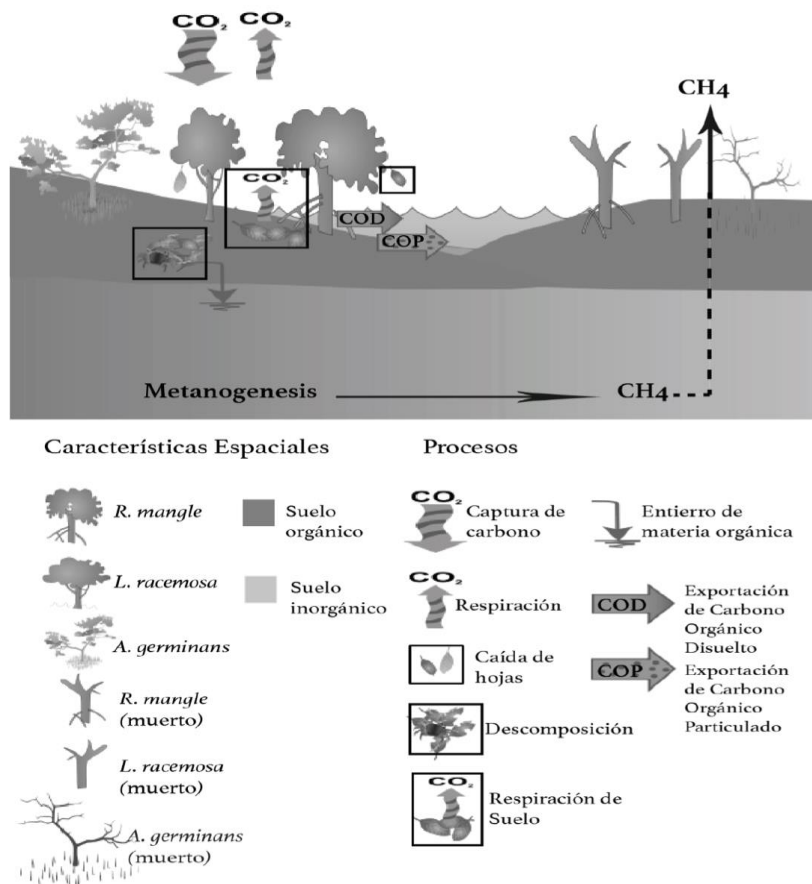


Figura 1. Principales almacenes y flujos en un ecosistema de manglar.

Fuente: Herrera *et al.* 2016.

1.9. Estudios de captación de carbono.

Moreno-May *et al.* (2010):

“Estimo el potencial de captura de carbono en suelos de manglar en la Isla del Carmen, ubicada en las orillas del ANP¹⁰ Laguna de Términos, Península de Yucatán; México, con dos puntos de muestreo en Estero-Pargo y Bahamitas. Las muestras se tomaron a 30 y 60 cm de profundidad, con dominancia de suelos inundados y mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el almacenaje más grande de carbono se dio en las estaciones de Nortes y secas en los que se encontró en los rangos de 10.63 a 37.64 KgC. m⁻² para Estero-Pargo, y de 12.8 a 39.9 KgC. m⁻² para Bahamitas.” (P.23).

Herrera *et al.* (2016) en un estudio bibliográfico de México, menciona que:

¹⁰ ANP: Área Natural Protegida

”La mayor cantidad de almacenamiento de Corg se localiza en el Golfo de México, en manglares de tipo ribereño con datos $>1200 \text{ MgC. ha}^{-1}$.” (P. 61).

Rodríguez (2017) encontro:

“La densidad promedio de carbono a nivel de ecosistema en el área de conservación Sipacate-Naranja es de $488.1 \pm 71.90 \text{ MgC. ha}^{-1}$. Los componentes más importantes de las existencias de carbono a nivel de ecosistema fueron los suelos y los árboles (86.46% y 13% del total, respectivamente). La densidad promedio de carbono epigeo en el área de conservación Sipacate-Naranja fue de $66.08 \pm 3.39 \text{ MgC. ha}^{-1}$, donde el 96.8% del carbono epigeo se encontraba almacenado en los árboles con dap $> 5\text{cm}$, mientras que el 2.3% y 1% se encontraba almacenado en la regeneración y madera caída. Por otra parte, la densidad de carbono hasta 200 cm es de $422.1 \pm 68.51 \text{ MgC. ha}^{-1}$, donde el 32.84% se encuentra hasta los 50 cm de profundidad y un 67.16% corresponde hasta los 200 cm.” (P. 17).

Melgar y Nieto (2017) determinaron que:

“La cantidad promedio de Carbono captado y almacenado en los siguientes sistemas con diferente uso de suelo en el municipio de Comalapa, Chaltenango fue: Bosque $104.50 \text{ MgC. ha}^{-1}$, cultivo $48.54 \text{ MgC. ha}^{-1}$ y pasturas $46.16 \text{ MgC. ha}^{-1}$.” (P. 30).

1.10. Reserva de carbono en bosques de manglar e índices de almacenamiento.

Los bosques de manglar al igual que otros tipos de bosque captan, almacenan y emiten dióxido de carbono mediante la fotosíntesis y la respiración celular, y almacenan grandes cantidades de carbono en su madera. La cantidad de promedio de carbono superficial a nivel mundial para los Bosques de Manglar para un clima tropical húmedo es de 86.6 toneladas por hectárea, y con un intervalo encontrado de 3.9-173.6 toneladas por hectárea. (Kennedy *et al.* 2013, citado por CCA¹¹ 2016:P35).

Los suelos de los manglares, no obstante, presentan por lo general condiciones anóxicas (Twilley *et al.* 1992, citado por CCA 2016:P35), por lo que la materia orgánica en el suelo se degrada a un ritmo sumamente lento y se almacena en grandes cantidades en comparación con los bosques terrestres (McCleod *et al.* 2011, citado por CCA 2016:P35). La profundidad de los suelos de manglar es variable y puede alcanzar varios metros, por lo que los suelos son el

¹¹ CCA: Comisión para la Cooperación Ambiental

principal depósito de carbono en estos ecosistemas, donde el carbono orgánico se almacena por miles de años. (Twilley *et al.* 1992, citado por CCA 2016:P35).

Las reservas mundiales promedio de carbono orgánico en el suelo para los Bosques de Manglar es de 471 TON.ha⁻¹, con un intervalo de 216-945 TON.ha⁻¹. Y la reserva de promedio inorgánica en suelo es 286 TON.ha⁻¹, con un intervalo de 16-623 TON.ha⁻¹. (Kennedy *et al.* 2013, citado por CCA 2016:P35).

A nivel global se ha estimado un promedio de reservas de carbono aéreo y subterráneo entre 800 a 1000 MgC.ha⁻¹ (Donato *et al.* 2011, citador por Merecí 2017:P4). El carbono almacenado en el suelo representa entre el 49 y 98% dentro del ecosistema, debido a las rápidas tasas de producción primaria neta y de sedimentación. (Komiya *et al.* 2008, citado por Merecí 2017:P4).

1.11. Importancia de la captación de carbono por los bosques de manglar.

Debido al cambio climático que está sufriendo el planeta, ocasionado por el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, por lo que es necesario disminuirlos, y esto se puede lograr primeramente disminuyendo las emisiones y aumentando los ecosistemas que captan estos gases, de ahí la importancia de los Bosques de Manglar.

1.12. Ecuaciones alométricas

Estas son relaciones matemáticas que relacionan las dimensiones de los árboles con sus valores equivalentes de biomasa. Pueden estar construidas para estimar la biomasa total de un árbol completo (Fromard *et al.* 1998, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P11).

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo descriptiva por que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o los procesos de los fenómenos, pero sin buscar las causas ni consecuencias. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. (Tamayo y Tamayo 1994:P231)

Además, es del tipo no experimental cuantitativa. Hernández Sampieri *et al.* 2006, afirma que:

“Esta investigación es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se realiza en la investigación no experimental cuantitativa es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos.” (P. 205).

2.2. Descripción del área de estudio.

La investigación se realizó en los relictos de Bosque de Manglar que se encuentran dentro de las comunidades de Playa Dorada y Barra Salada, pertenecientes al Área de Conservación Los Cobanos, ubicadas dentro de los Municipios de Sonsonate y Santa Isabel Ishuatan, del Departamento de Sonsonate, República de El Salvador.

El relicto de Bosque de Manglar de Playa Dorada se encuentra ubicado entre 13°31'41"-13°31'32" latitud Norte y los 89°38'54"-89°38'54" de longitud Oeste. Posee una extensión de 10 ha, se encuentra en un rango de altitud de 4-9 m y con temperaturas promedios de 25° C. Pertenece a la región hidrográfica Mandinga-Comalapa. Presenta un humedal Intermareal tipo t: arbolados (MARN 2018:P61). Actualmente este Bosque de Manglar ha desaparecido, debido al avance de la frontera agrícola y por la construcción de viviendas, además se encuentra en juicio legal para crear un complejo habitacional.

El Bosque de Manglar de Barra Salada se encuentra en el sitio Ramsar Los Cobanos-Barra Salada entre 13°31'47"-13°33'53" latitud Norte y los 89°43'38"-89°40'43" de longitud Oeste, que es la única área natural costero-Marina protegida de El Salvador. Presenta una

extensión de 482 ha del estuario y manglar (MARN 2018: p.66), la extensión de Bosque de Manglar se estima en 414.4 ha (Méndez *et al.* 2018:P16).

Se encuentra en un rango de altitud de 4-12 m y con temperaturas promedios de 25° C. pertenece a la región hidrográfica Grande de Sonsonate-Banderas. Presenta un humedal Intermareal tipo t: arbolados. La profundidad máxima es menor a 4 m dentro de su canal principal. En el área de manglar presenta conflictos de límites y usurpación, además del avance de la frontera agrícola. (MARN 2018:P66).

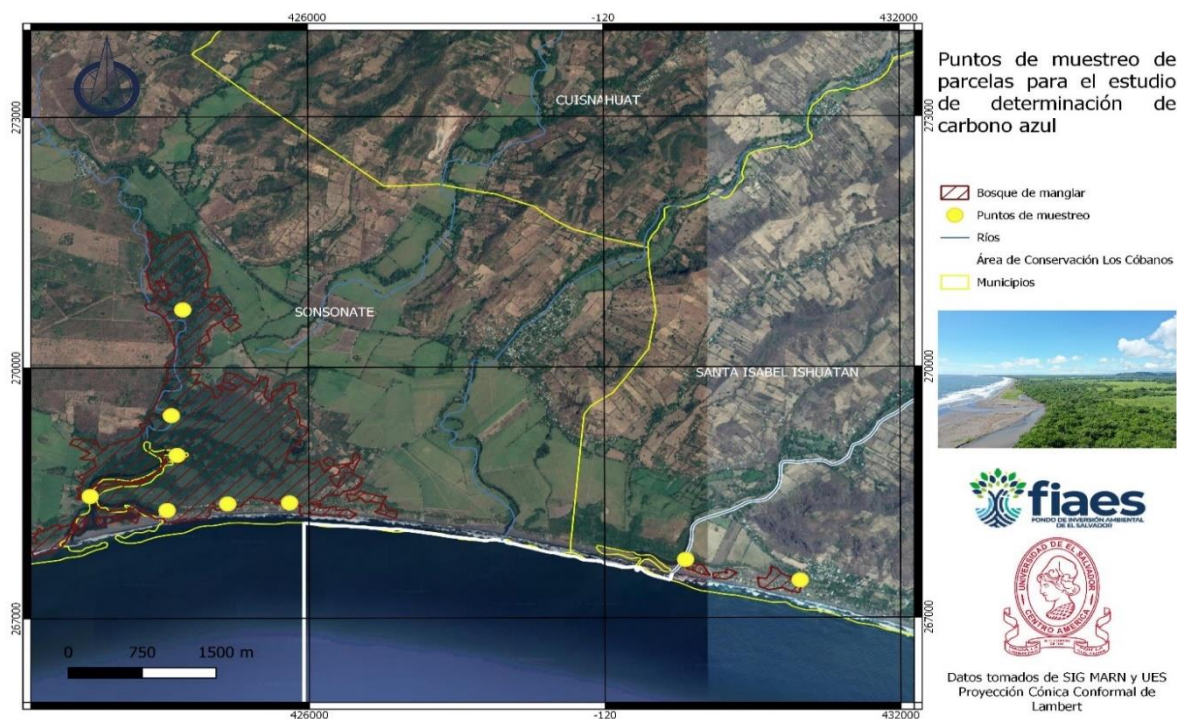


Figura 2. Delimitación del área de estudios de los Bosques de manglar de las comunidades de Playa Dorada y Barra Salada. Fuente: elaborado por Ing. Héctor Morales¹² (2020).

2.3. Universo, población y muestra.

Universo: Los Bosques de Manglar del departamento de Sonsonate, El Salvador.

Población: El Bosque de Manglar en Playa Dorada y Barra Salada.

Muestra: Las parcelas de los puntos de muestreo en el Bosque de Manglar en Playa Dorada y Barra Salada.

¹² Ing. Héctor Morales: Ejecutor de Proyectos de Fundación Tacuzcalco-FIAES

2.4. Instrumentos y técnicas de investigación.

La investigación estuvo dividida en 4 etapas las cuales son: estudio previo, fase de campo, fase de laboratorio y análisis de la información. Las fases se describirán cada una posteriormente. La metodología empleada se tomó de Manual Centroamericano para la determinación de carbono azul en manglares, elaborado por Cifuentes Jara *et al.* (2018), esto se hizo para tomar como guía un manual que se adapte a las condiciones a las que se trabajó en los manglares seleccionados. La investigación se realizó en los relictos de Bosque de Manglar anteriormente mencionados y tuvo una duración de 6 meses, de julio a diciembre de 2019.

2.5. Selección de puntos de muestreo.

Se seleccionó los puntos de muestreo mediante la utilización de programas de Sistema de Información Geográfica (SIG): Google Earth Pro 2019 y QGIS 2.18. Primeramente, se elaboró los polígonos en Google Earth Pro de los dos bosques de manglar seleccionados (figura 3).

Estos polígonos se abrieron en QGIS 2.18 y se montó sobre una capa de Municipios de El Salvador. Se creó una zona de amortiguamiento de 100 m, utilizando la herramienta de geoprosesos: buffer. Los puntos se seleccionaron de forma al azar utilizando la herramienta de investigación: puntos regulares, con la condición que estuvieran distanciados a 500 m y solo se tomaron los puntos que quedaban en zona de amortiguamiento. (Figura 4).

Los puntos seleccionados fueron 7 para Barra Salada (BS) lo equivale a 42 parcelas, 6 parcelas por punto de muestreo. Se agregó un octavo punto de muestreo, pero solo se hicieron dos parcelas en las cual solo se tomó muestras de suelo en la parte del estero, esto para hacer uso del dinero presupuestado para análisis de las muestras de suelo. Para Playa Dorada (PD) fueron 2 puntos lo que corresponde a 12 parcelas. (Tabla 1).



Figura 3. Elaboración de polígonos de las dos áreas de estudio. Fuente Google Earth Pro 2019, fuente: elaboración propia.

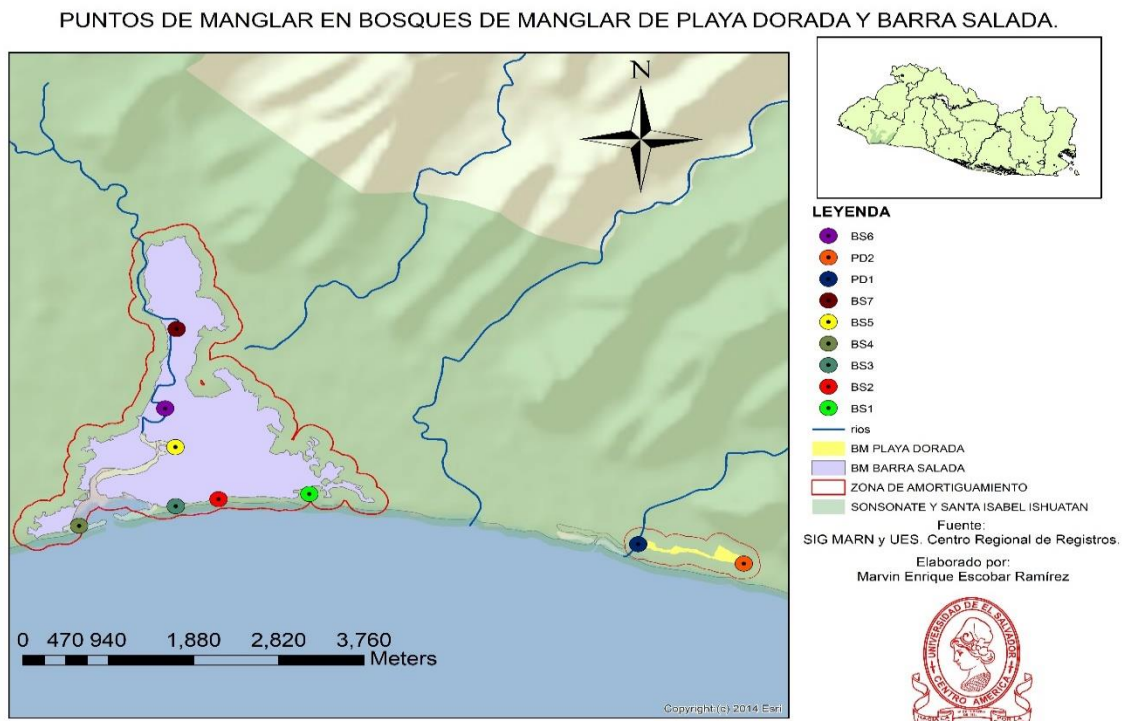


Figura 4. Selección de los puntos de muestreo en Qgis por medio de la herramienta de investigación puntos regulares, fuente: elaboración propia 2019.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo seleccionados.

Puntos de Muestreo	Coordenadas geográficas.
BS1	13°32'3.96"N y 89°41'7.65"O
BS2	13°32'3.53"N y 89°41'28.52"O
BS3	13°32'0.99"N y 89°41'48.96"O
BS4	13°32'6.43"N y 89°42'14.92"O
BS5	13°32'22.46"N y 89°41'45.57"O
BS6	13°32'37.94"N y 89°41'47.54"O
BS7	13°33'19.14"N y 89°41'43.70"O
BS8*	13°31'58.22" N y 89°42'20.15" O
PD1	13°31'41.97"N y 89°38'54.03"O
PD2	13°31'33.99"N y 89°38'15.37"O

*Nota: el punto BS8 solo se tomaron dos parcelas en las cuales solo se colecto muestras de suelo.

2.6. Fase de recolección de datos.

2.6.1. Estudio previo

Con los puntos de muestreo seleccionados se visitó los lugares utilizando un GPS (figura 5) para identificarlos en campo y ver que no existiera ningún inconveniente en cada uno de ellos, como por ejemplo que estén dentro de una propiedad privada y que no se pueda acceder, en caso sea así se procedió a buscar un lugar lo más cercano a este punto y modificar sus coordenadas.

2.6.2. Fase de campo.

Esta fase tuvo una duración de 6 meses, entre julio y diciembre, se realizó visita a los relictos de Bosque de Manglar seleccionados una vez cada 15 días. Se trabajó por un periodo de tiempo de 4 horas, debido a que solo se puede trabajar durante las mareas bajas porque el agua marina puede interferir en la toma de datos y en los resultados obtenidos, se consultó la página del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) para determinar las horas aptas para el muestreo.

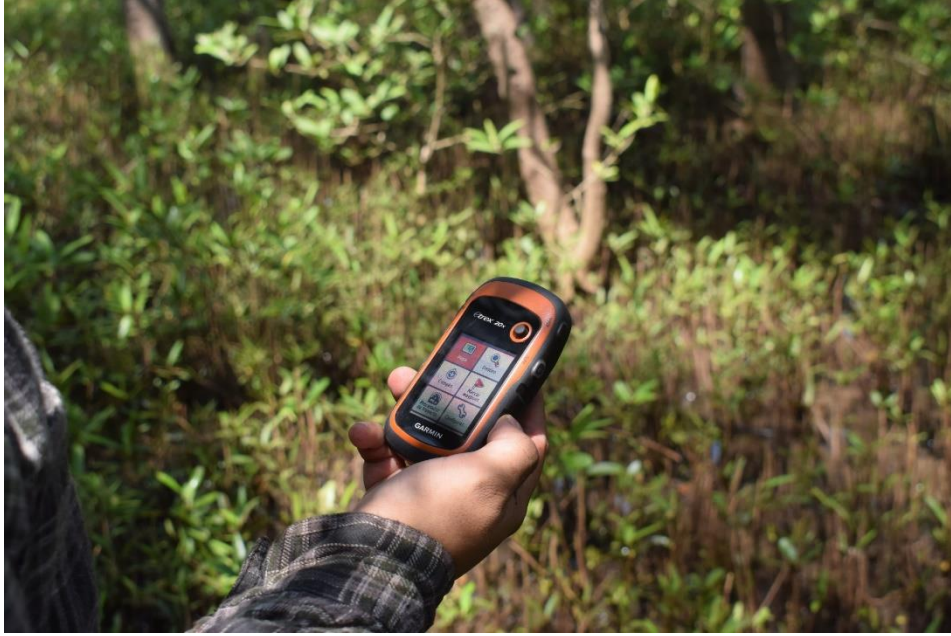


Figura 5. Visita y corroboración de los puntos de muestreo en campo utilizando GPS.

2.6.2.1. Determinación de la categorización del bosque de manglar.

Se realizó mediante el método de observación de las diferentes parcelas y de los lugares donde se les dio un cambio en el uso de suelo. Además, se utilizó programas de Sistema de Información Geográfica (SIG) y de mapas de cobertura de suelo, con esto se definió la categorización/uso del área de estudio. La información se corrobora con entrevistas estructuradas (Anexo 7) a personas de las ADESCO que tenían más de 30 años de vivir en las comunidades y que hicieran uso del manglar.

2.6.2.2. Identificación de las especies de mangle.

Se utilizó la clave dicotómica de la Guía de campo: Identificación de manglares en México elaborado por Agráz *et al.* (2006), para identificar las especies en campo. (Anexo 6).

2.6.2.3. Cuantificación de la reserva de carbono

Se implementó la metodología de Kauffman *et al.* (2012 y 2013) y Howard *et al.* (2014) descritos en Cifuentes Jara *et al.* (2018), con los cuales se logra determinar el carbono captado para todos los componentes del manglar. Uno para la parte aérea, que comprende: árboles, madera caída, tejido de regeneración y herbáceas, y otra para la parte subterránea: suelo.

2.6.2.4. *Transectos de medición y unidades muestrales.*

En cada sitio de muestreo se estableció un transecto de medición de 150 m de largo perpendicular a la línea costera o la orilla del canal o del río donde crecen los manglares (figura 6 y figura 7). Se utilizó un sistema anidado de unidades muestrales que se colocaron sobre el transecto, separadas cada 25 m. La demarcación de los transectos se inició a 25 m de la orilla para evitar o disminuir el efecto de borde y cada 25 m después de ese punto, estas parcelas tuvieron un radio de 7 metros, si los árboles dentro de ese punto tenían un diámetro a la altura del pecho (dap) igual o mayor a 5 cm, si era menor a esto se tomaron en subparcelas de 2 m de radio. En total se hizo 6 parcelas por punto de muestreo. (Figura 8). (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P26).

2.6.2.5. *Biomasa de árboles.*

Los árboles con diámetro ≥ 5 cm se midieron en parcelas circulares de 7 m de radio utilizando cintas métricas o pie de rey, mientras que el diámetro de los individuos con $\text{dap} < 5$ cm se midieron en una subparcela de 2 m de radio contenida dentro de la parcela principal (Figura 9). El diámetro a la altura del pecho se midió a 1.30 m sobre el suelo o a 30 cm por encima de la última raíz fúlcrea o irregularidad del fuste. Junto con la medición del diámetro se anotó la especie y si el árbol estaba vivo o muerto, para poder diferenciarlos posteriormente al calcular la biomasa. (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P27).

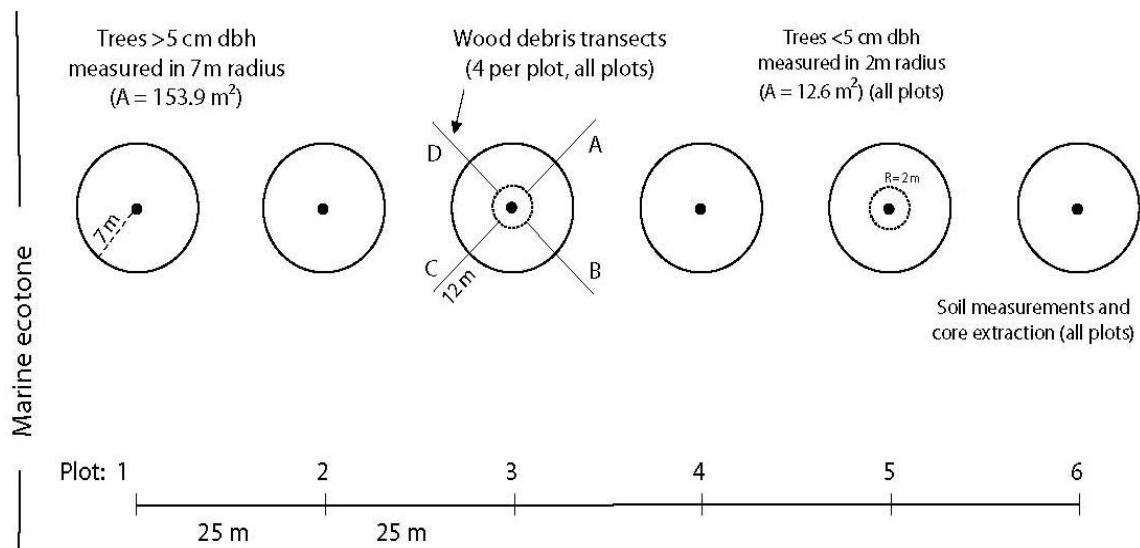


Figura 6. Esquema de distribución de las parcelas de medición establecidas a lo largo de un transecto de 150 m, elaborado por Kauffman *et al.* (2014) fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018).



Figura 7. Establecimiento de transecto para la medición de carbono azul, utilizando cinta métrica.

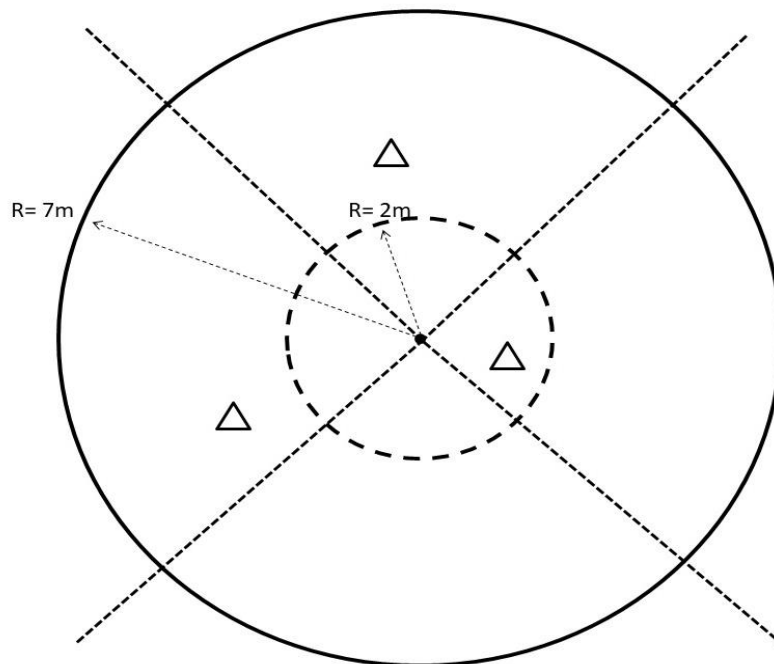


Figura 8. Diseño de las parcelas anidadas y transectos de intersección utilizados para medir biomasa y carbono en bosques de manglar, fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018).



Figura 9. Medición del diametro de árboles para calcular biomasa utilizando cintas metricas

Los individuos muertos (uno de los componentes de la “necromasa”) se clasificaron en tres categorías (Figura 10), según su grado de integridad estructural (97.5%, 80% y 50% de la biomasa original) (Kauffman y Donato 2012, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018, p. 28). Estos valores se usaron para corregir la biomasa calculada posteriormente. Igualmente se midió el diámetro a la altura del pecho en los árboles muertos. El tamaño de las raíces del manglar no se midió directamente porque posteriormente se calcula su biomasa por medio de ecuaciones alométricas basadas en el diámetro del árbol medido. Los datos obtenidos de biomasa fueron registrados para su posterior utilización. (Anexo 1). (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P28).

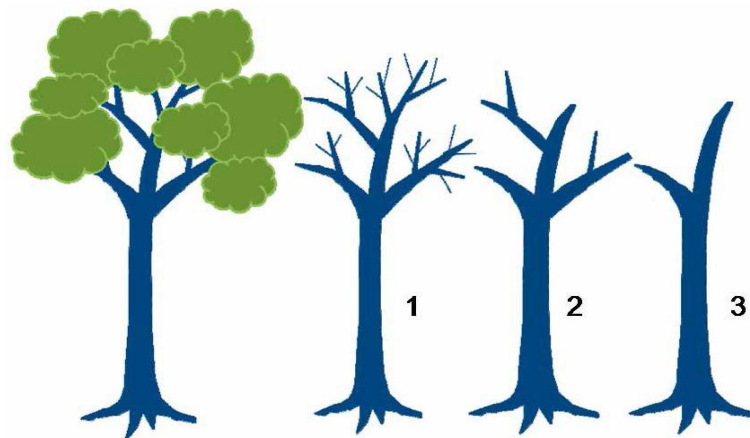


Figura 10. Escala visual para determinar el grado de descomposición de los árboles de mangle en pie. De izquierda a derecha se muestra un árbol intacto, con 97,5%, 80% y 50% de la biomasa original. Elaborado por Kauffman *et al.* (2013), fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018)

Los manglares enanos o chaparros (hasta 3 m de altura) se caracterizan por su desarrollo limitado en altura y sus densidades elevadas de individuos con respecto a los manglares más desarrollados, aunque las especies presentes sean similares. Debido a estas características, se modificó el esquema de muestreo anteriormente descrito para mantener la eficiencia de trabajo en el campo. Se utilizó parcelas circulares de 2 m de radio (Figura 11) (Kauffman *et al.* 2013, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P29).

El mangle enano o chaparro tiene una arquitectura distinta a la de los manglares altos. Por esta razón, las mediciones del tamaño de los árboles que se registraron son diferentes: altura total (medida desde la superficie del suelo hasta el punto más alto de la copa), diámetro del tallo o fuste medido a 30 cm sobre el suelo, profundidad de copa (medida desde la base de la copa hasta el punto más alto de la misma) y diámetros de la copa (medido perpendicularmente entre sí. (Figura 12) (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P29).

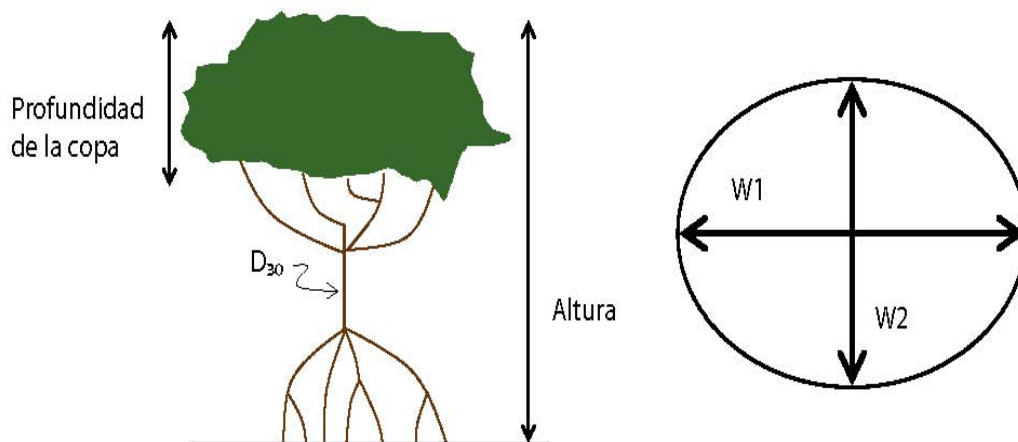


Figura 11. Variables dasométricas relevantes para el cálculo de la biomasa de árboles en manglares enanos (“chaparros”): profundidad de la copa, altura, diámetro del fuste o tallo medido a 30 cm sobre el suelo (d30) y diámetros (W1 y W2) de la copa. Fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018)

2.6.2.6. Tejido de regeneración y herbáceas.

Para medir la regeneración, definida como las herbáceas, helechos y plántulas de manglar con altura < 1.30 m, se cosecho el material herbáceo y de regeneración usando marcos de tubos de PVC, medición de 1 x 1 m, colocado dentro de la parcela de forma al azar. Después, se obtuvo una estimación visual del área de la parcela cubierta por las herbáceas y la regeneración, dividiendo la parcela de 7 m de radio en varios segmentos que sean visualmente

manejables (Figura 14). Los datos obtenidos fueron registrados para su posterior utilización. (anexo 3). (Cifuentes Jara *et al.*, 2018:P30).



Figura 12. Recolección de tejido de regeneración y herbáceas utilizando marcos de tubo de PVC de 1x1 m, se colecto todo el material que quedo dentro de marco

2.6.2.7. Madera caída.

La madera caída se midió categorizada por tamaño, utilizando la metodología del plano de intersección (Brown y Roussopoulos 1974, Van Wagner 1982, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018) a lo largo de cuatro transectos de medición de 12 m de longitud y 2 m de altura. Esta técnica se basa en teoría de probabilidad estadística que relaciona el diámetro de un conjunto aleatorio y normalmente distribuido de piezas de madera caída con su volumen. Así, con solo conocer el diámetro de una pieza de madera caída que interseca el plano se derivó indirectamente su biomasa. Para incluir una pieza de madera caída dentro de las mediciones, esta debía cumplir con los siguientes criterios (Van Wagner 1968, citados por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P32):

- Las piezas de madera incluidas en el muestreo estaban posicionadas en un ángulo $<45^\circ$ respecto de la superficie del suelo y completamente desprendidas de los árboles o las ramas principales.
- La pieza de madera debía intersecar (cruzar) por completo el plano de muestreo.

- Cuando el plano de intersección cruzaba sobre el extremo de una pieza de madera, su inclusión se alternaba durante el muestreo (una pieza se incluye y la siguiente no, etc.).
- Las piezas de madera ubicadas paralelamente a la dirección del plano de intersección no se tomaban en cuenta durante el muestreo.



Figura 13. Medición de diámetro de pieza de madera caída para calcular biomasa.

Los planos de intersección iniciaron a partir del centro de la parcela y estaban orientados a 45° respecto de la dirección principal del transecto (Figura 9). La categorización de las piezas de madera caída se hizo en dos categorías de diámetro (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P32):

- Las piezas con $d \geq 7.5$ cm se midieron a lo largo de todo el transecto.
- Las piezas con $2.5 \leq d < 7.5$ cm se midieron a lo largo de 5 m sobre el transecto, solo entre los 2 y los 7 m del transecto, medidos desde el centro de la parcela.
- Las piezas de madera con $d < 2.5$ cm son consideradas hojarasca y no se tomaron en cuenta.
- Las piezas de madera semienterrada ($> 50\%$ de su diámetro bajo la superficie del suelo) no se tomaron en cuenta en la medición.

A cada pieza de madera con $d \geq 7.5$ cm se le asignó una categoría de descomposición (sólida, en descomposición, podrida) Esta información se usó posteriormente para calcular la

biomasa a partir del volumen obtenido. (Kauffman *et al.* 2013, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P32). Los datos obtenidos fueron registrados para su posterior utilización. (anexo 2).

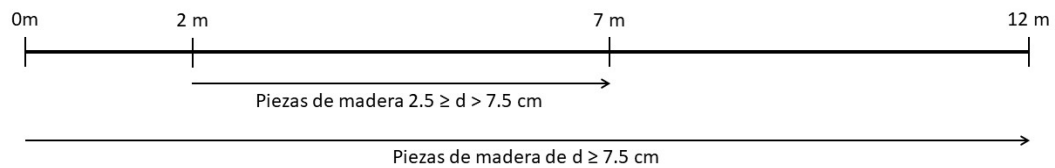


Figura 14. Representación simplificada de un plano de intersección (de 12 m de longitud y 2 m de altura) utilizado para medir piezas de madera caída en bosques de manglar. Fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018)

2.6.2.8. Suelo.

Las muestras de suelo de manglar se extrajeron con un barreno para suelo no consolidado (figura 15) en un punto ubicado aleatoriamente dentro de la parcela (Figura 9). La superficie tenía que estar libre de hojarasca u otro material ajeno que pudiera contaminar la muestra y no estar alterada por el tránsito de las personas involucradas en el trabajo. Los núcleos extraídos se separaron en intervalos de: 0-15, 15- 30, 30-50 y 50-100 cm de profundidad (Murdiyaso *et al.* 2009, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P33).

Para determinar la densidad aparente del suelo, se tomó una muestra del centro de cada intervalo de profundidad (Figura 16 y 17). El material restante se homogenizó y se llevó una submuestra a un laboratorio analítico para realizar los análisis correspondientes. En el campo, la muestra de densidad aparente se colectó como una porción de suelo de longitud constante (de 3 cm) que se extrajo del núcleo del suelo de donde se tomó en las parcelas de muestreo (Figura 16). Se tuvo el cuidado de no perder (o agregar) material correspondiente a las muestras de densidad aparente, para no sesgar el cálculo. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P33).



Figura 15. Extracción de suelo de manglar para toma de muestras para determinar densidad aparente y carbono orgánico total utilizando barreno para suelo no consolidado.



Figura 16. Medición de los intervalos para la toma de muestras para determinar densidad aparente.



Figura 17. Corte de los núcleos de suelo para determinar densidad aparente de 3 cm de grosor, utilizando navaja.

2.6.2.9. Manejo de las muestras.

Las muestras de suelo para determinar la densidad aparente son con las que se tuvo mayor cuidado. Se utilizó bolsas plásticas con sello hermético (tipo ziplock) para almacenar las muestras en el campo y trasladarlas al laboratorio, se utilizó doble bolsa (figura 18). Las muestras de tejido vegetal se almacenaron en bolsas de papel si estaban secas al tacto, sino en bolsas plásticas. (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P35).

Se identificaron las muestras claramente y con información completa para asegurarse de que los datos que de ellas se deriven sean asignados correctamente a las parcelas y componentes medidos en campo. Se desarrolló una nomenclatura para rotular cada muestra. En primer lugar, toda muestra debía ir identificada con la fecha del muestreo, el nombre del lugar de trabajo, el número del transecto y la parcela, y el tipo de muestra. En el caso de las muestras de suelo, también se indicó el intervalo de profundidad de donde se extrajo el material. Para simplificar el trabajo, se usó códigos alfanuméricos para identificar cada muestra (Figura 19). (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P35).



Figura 18. Almacenamiento de las muestras de suelo en bolsas de tipo ziplock, para ser transportadas para sus posteriores análisis.



Figura 19. Almacenamiento y rotulación en campo de una muestra de suelo de manglar destinada para el análisis de densidad aparente con su respectiva rotulación y el intervalo de profundidad del suelo

2.6.3. Fase de laboratorio.

Esta fase tuvo una duración de 6 meses, entre julio a diciembre, se trabajó dos días por semana y se llevó a cabo junto a la fase de campo. Se trabajó en los laboratorios de biología de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

2.6.3.1. Determinación de la gravedad específica.

Las muestras de tejido vegetal de herbáceas y tejido de regeneración fueron colocadas en bolsas de papel previamente rotuladas con la información de su respectiva muestra y se expusieron al sol para su secado durante 5 días o hasta lograr un peso constante, luego se pesó en una balanza analítica de alta precisión (0.01 g) para su posterior utilización en las ecuaciones alométricas. (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P42).

2.6.3.2. Análisis de densidad aparente.

La densidad aparente relaciona un volumen conocido de suelo con su peso seco y es una variable crítica para calcular la densidad de carbono en suelos de manglar. Cualquier error en su determinación (desde el campo hasta el laboratorio) puede incidir gravemente en los valores finales de carbono. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P42).

Para determinar el volumen de la muestra extraída en campo, previamente se rellenó el barreno con material para moldear (plastilina sintética), se extrajo la muestra tal como se haría en el campo y se determinó su volumen con una probeta graduada de tamaño adecuado. Se repitió este procedimiento a lo largo del barreno, al menos 10 veces por cada intervalo de profundidad del que se extraerá la muestra, para obtener estimados robustos. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P42).

Las muestras de suelo se pasaron a bolsas de papel para determinar la masa, se tuvo el cuidado de no perder nada de la muestra y fueron secados al sol durante 5 días. Una vez secas, se pesaron en balanza analítica de alta precisión (0.01 g) y el resultado se utilizó para calcular la densidad aparente en unidades de $\text{g} \cdot \text{cm}^3$, multiplicando el volumen por el peso de cada uno de las muestras. Los datos de densidad aparente obtenidos fueron registrados para su posterior utilización. (anexo 5). (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P42).



Figura 20. Colocación de las muestras de suelo para determinar densidad aparente en bolsas de papel, para ser secadas al sol.



Figura 21. Toma de peso de la muestra de suelo para determinar densidad aparente, utilizando balanza analítica de alta precisión (0.01 g)

2.6.3.3. *Análisis de carbono orgánico total.*

Las muestras colectadas en campo se refrigeraron para al siguiente día ser llevadas y analizadas por medio del método de combustión total para la determinación de carbono orgánico total, en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Agronomía, Universidad de El Salvador.

2.6.4. *Procesamiento y tabulación de datos.*

Para el procesamiento y tabulación de los datos obtenidos se hizo uso de ecuaciones alométricas ya establecidas, los datos que se tomaron en estas ecuaciones fueron de las mediciones en campo, datos obtenidos en laboratorio y los resultados de las muestras que se mandaron a hacer. La forma en que se procedió se tomó de Cifuentes Jara *et al.* (2018).

2.6.4.1. *Cálculos de la existencia de biomasa y carbono.*

Para determinar la biomasa y el carbono almacenados en los manglares se procedió secuencialmente calculando las densidades de biomasa y carbono de cada uno de los componentes del ecosistema por separado. En primera instancia se obtuvieron los valores de biomasa, que luego se convirtieron a unidades de carbono. Posteriormente, a través de la sumatoria de todas las cantidades parciales calculadas, se obtuvo el valor de la existencia total de carbono de todo el ecosistema. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P49)

2.6.4.2. *Cálculo de biomasa de árboles.*

Las mediciones de diámetro y altura que se tomaron en el campo en las parcelas de 7 y 2 m de radio se utilizaron como base para calcular la biomasa de los árboles a partir de ecuaciones alométricas. Las ecuaciones utilizadas fueron específicas para las especies que se encuentren en las parcelas de cada punto de muestreo debido a que la alometría de los manglares es dependiente de las especies (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P49). Las ecuaciones utilizadas fueron tomadas de Rodríguez (2017) y Cifuentes Jara *et al.* (2018).

Para calcular la biomasa de árboles muertos se procedió de la misma manera indicada anteriormente y se usó el valor del estado de descomposición (Figura 10) como un factor de corrección final.

Tabla 2. Ecuaciones alométricas utilizadas para estimar biomasa en los Bosques de Manglar.

Nombre científico y común	Ecuación de biomasa arbórea sobre el suelo	R ²	Dmax	Fuente
<i>Rhizophora mangle</i> L (mangle rojo)	$Biomasa = 0.178 * dap^{2.47}$		0.98	Fromard <i>et al.</i> (1998)
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) (mangle blanco)	$Biomasa = 0.1023 * dap^{2.5}$	0.97	10	Fromard <i>et al.</i> (1998)
<i>Avicennia germinans</i> (L.) (Ishtaten o mangle negro)	$Biomasa = 0.14 * dap^{2.4}$	0.97	42	Fromard <i>et al.</i> (1998)
<i>Avicennia germinans</i> (L.) enano (mangle negro)	$Biomasa = 0.2004 * dap^{2.1}$	0.82	3.5	Fromard <i>et al.</i> (1998)
<i>Conocarpus erectus</i> L. (botoncillo)	$Biomasa = 0.1023 * dap^{2.5}$	0.97	10	Fromard <i>et al.</i> (1998)

R²: Radio al cuadrado, Dmax: Diámetro máximo, dap: Diámetro a la altura del pecho.

2.6.4.3. Cálculo de biomasa de herbáceas y tejido de regeneración.

Para estimar la biomasa de herbáceas y regeneración, se multiplica la masa seca del material vegetal cosechado (en unidades de $kg \cdot m^{-2}$) por la superficie de la parcela cubierta por este componente (en m^2). (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P54)

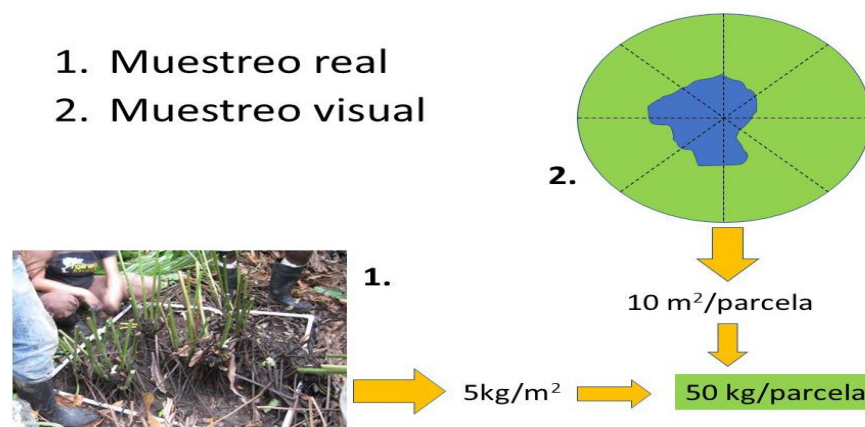


Figura 22. Pasos para cuantificar la biomasa de herbáceas y la regeneración en manglares, combinando la cosecha de material en el campo y la determinación de su peso seco con estimaciones visuales del área de la parcela cubierta por dichos componentes. Los valores son ilustrativos. Fuente: Cifuentes Jara *et al.* (2018).

2.6.4.4. *Cálculo de biomasa de madera caída.*

La biomasa de la madera caída se calculó siguiendo las fórmulas y correcciones descritas por Van Wagner (1968) y Brown y Roussopoulos (1974) y tomando en cuenta la gravedad específica de la madera estandarizada por el IPCC (2003) y Zanne *et al.* (2009) para la madera intacta y los valores derivados de las muestras de campo para la madera en descomposición. Para obtener directamente la biomasa de la madera caída se utilizó la siguiente fórmula, que incluye la gravedad específica de la madera (ρ) y el largo L de los transectos (12 m para el método que estamos describiendo). El diámetro está en centímetros para que las unidades resultantes estén en $\text{MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$. (Van Wagner 1982, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P54).

$$\text{Biomasa madera caída} = \rho * \frac{\pi^2}{8L} * \sum d^2$$

Este cálculo se repitió para cada una de las categorías de descomposición de la madera que fueron muestreadas en el campo. Luego, se sumaron los valores de biomasa de esas categorías para obtener el valor total de la madera caída. (Kauffman *et al.* 2013, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018:P55)

2.6.4.5. *Carbono en suelo.*

El carbono en suelo se obtuvo multiplicando el porcentaje de carbono del resultado de los análisis químicos descritos previamente por el intervalo de profundidad (cm) y por la densidad aparente ($\text{g} \cdot \text{cm}^3$) correspondiente a ese intervalo. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P55)

$$\text{Carbono}_{\text{suelo}} = \%C * \text{intervalo de profundidad} * \text{densidad aparente}$$

Las unidades resultantes se obtuvieron en $\text{MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$. La sumatoria de los contenidos de carbono por intervalo de profundidad representa la existencia total de carbono en el suelo hasta la profundidad muestreada, para cada punto de parcela y el promedio de las 6 parcelas fue el carbono para cada punto de muestreo. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P55).

Para obtener el carbono por cada 1 cm de profundidad, se agrupó los datos de todas las parcelas por rango de profundidad y se le sacó un promedio a cada uno de ellas. A estos promedios se dividió por la cantidad de centímetros que tenían sus respectivos segmentos (15 cm para los primeros dos, 20 o 50 cm).

2.6.4.6. Carbono y CO₂ para el ecosistema y paisaje.

El carbono total del ecosistema de manglar, se calculó convirtiendo los datos de biomasa a carbono, multiplicando la concentración de carbono de cada componente del ecosistema. Para realizar esto se utilizó el valor de 0.48. Luego los datos obtenidos fueron convertidos a MgC. ha⁻¹ (Kauffman *et al.* 2013, citado por Cifuentes Jara *et al.* 2018: P57)

$$\text{Carbono}_{\text{árboles de mangle}} = \text{Biomasa} * 0.48$$

$$\text{Carbono}_{\text{madera caída}} = \text{Biomasa} * 0.48$$

$$\text{Carbono}_{\text{regeneración}} = \text{Biomasa} * 0.48$$

El carbono total en el ecosistema se obtuvo sumando el carbono almacenado en cada uno de sus componentes. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P57)

$$\text{Carbono total ecosistema} = C_{\text{árboles}} + C_{\text{madera caída}} + C_{\text{regeneración}} + C_{\text{suelo}}$$

La reserva de carbono del área de cada uno de los bosques de manglar, se calculó multiplicando el carbono total del ecosistema (MgC. ha⁻¹) por su área (ha) correspondiente (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P57):

$$\text{Carbono paisaje} = \sum_{\text{estrato}} (\text{Carbono total} * \text{área})$$

Para que los valores así obtenidos puedan ser utilizados en los reportes nacionales de emisiones de GEI, se convirtieron a unidades de CO₂ equivalente (CO₂eq). Para esto se multiplico el valor de carbono por 3.67, que es la proporción entre el peso molecular del CO₂ (44 kg·mol⁻¹) y el carbono (12 kg·mol⁻¹). (Cifuentes Jara *et al.* 2018:P57)

2.6.5. Manejo de base de datos.

Para un manejo eficiente de los datos de campo y para facilitar los cálculos y resúmenes de la información recopilada, se utilizó un formato de base de datos en un programa de hoja electrónica como Excel 2016 (Figura 20). Porque en un mismo archivo se pueden separar los datos de cada componente del ecosistema y realizar los cálculos con facilidad, utilizando la herramienta de “tablas dinámicas” (Figura 21) y ligando los resultados en tablas de resumen por medio de fórmulas. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P57).

La ventaja de utilizar este sistema es que cualquier corrección a los datos base se propaga dentro de la hoja electrónica y las tablas de resumen (Cuadro 5), reduciéndose así el tiempo de análisis y disminuyendo el potencial de errores al copiar valores entre tablas independientes de datos. (Cifuentes Jara *et al.* 2018: P58)

No.	sitio de muestreo	punto (parcela)	especie	DAP (cm)	altura	grado	profur	diametr	diámetro	área de l	biomasa	carbono de los árboles	MgC.Ha-1
1	BM Barra Salada	7	1 Avicennia germinans	62	25						2804.5817	1346.199199	87.986876
2	BM Barra Salada	7	1 Avicennia germinans	28	15						416.20502	199.7784081	13.057412
3	BM Barra Salada	7	1 Laguncularia racemosa	9	4	50%					12.42945	5.966136	0.3899435
4	BM Barra Salada	7	1 Laguncularia racemosa	9	3						24.8589	11.932272	0.7798871
5	BM Barra Salada	7	1 Avicennia germinans	10	5						35.16641	16.87987682	1.1032599
6	BM Barra Salada	7	1 Avicennia germinans	12	5						54.470709	26.1459402	1.7088885
7	BM Barra Salada	7	1 Avicennia germinans	21	9						208.66727	100.1602916	6.5464243
8	BM Barra Salada	7	1 Laguncularia racemosa	12	4	50%					25.515187	12.24728969	0.8004765
9	BM Barra Salada	7	1 Laguncularia racemosa	13	8						62.335294	29.92094128	1.9556171
10	BM Barra Salada	7	1 Laguncularia racemosa	11	3	50%					20.527088	9.853002394	0.6439871
11	BM Barra Salada	7	2 Avicennia germinans	28	15						416.20502	199.7784081	13.057412
12	BM Barra Salada	7	2 Avicennia germinans	29	17						452.77583	217.332396	14.204732
13	BM Barra Salada	7	2 Avicennia germinans	34	15						663.25027	318.3601304	20.807852
14	BM Barra Salada	7	2 Avicennia germinans	40	18						979.65242	470.2331608	30.734194
15	BM Barra Salada	7	2 Laguncularia racemosa	20	15						182.9998	87.83990557	5.7411703
16	BM Barra Salada	7	2 Avicennia germinans	14	9						78.856105	37.85093035	2.473917

Figura 23. Ejemplo de base de datos electrónica para el almacenamiento y el cálculo de las existencias de carbono en manglares. Los datos procedentes de cada componente del ecosistema se almacenan en hojas separadas dentro del mismo archivo.

Etiquetas de fila	Promedio de carbono en	Promedio de carbono en mader	Promedio de carbono en regeneración	Promedio de carbono en suelo	Promedio de carbono total
Barra Salada	65.96	1.13	1.12	204.85	273.06
1	66.56	0.41	0.40	194.97	262.34
2	41.04	0.71	1.27	198.22	241.23
3	54.47	1.57	1.39	224.10	281.53
4	111.30	1.68	1.31	206.35	320.65
5	64.33	0.78	1.90	195.65	262.66
6	77.90	1.31	1.92	185.38	266.50
7	68.14	1.83	0.02	213.06	283.04
12	0.00	0.00	0.00	253.53	253.53
Total general	65.96	1.13	1.12	204.85	273.06

Figura 24. Utilización de la herramienta de “tablas dinámicas” del programa Microsoft Excel para resumir de forma rápida y conveniente los resultados de los cálculos de carbono.

2.6.6. Comparación de existencias de carbono con otros ecosistemas.

Se tomó los datos de Melgar y Nieto (2017) “Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes usos de suelos en el Municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador” (Tabla 3) con los datos obtenidos se realizó una comparación con los datos del Bosque de Manglar de Barra Salada ya que es el de mayor extensión. Y por una regla de tres se obtuvo el porcentaje en que se encuentran estos sistemas con el de un Bosque de Manglar.

Tabla 3. Carbono Orgánico Total de diferentes ecosistemas para comparación con ecosistema de Manglar.

Ecosistema	Carbono Total (MgC. ha⁻¹)
Bosque	104.50
Cultivos	48.54
Pasturas	46.16

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{\text{Carbono Bosque de Manglar} * 100}{\text{Carbono en otro tipo de Ecosistema}}$$

2.6.7. Cálculo de las emisiones de Carbono a la atmósfera por deforestación.

Para el cálculo de emisiones de carbono para el manglar de Barra Salada, se tomó el estudio de Méndez et al. (2019), “Factores biofísicos y antrópicos de la cuenca del río Mandinga y su influencia en la destrucción del manglar de Barra Salada, Sonsonate, El Salvador” en el cual ha determinado la pérdida de Bosque de Manglar en 233.98 ha. (Figura 25).

Esta extensión se multiplica por la cantidad de carbono orgánico total del ecosistema de manglar, lo mismo se realizó para el nuevo ecosistema que se formó por el cambio en el uso de suelo, este dato se tomó de Melgar y Nieto (2017) para el sistema de cultivo que es 48.54 MgC. ha⁻¹ ya que la mayor pérdida se ha dado por el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La diferencia entre ambos nos dio el resultado de las emisiones de carbono emitidas a la atmósfera por deforestación.

$$E.C.D^{13} = (\text{extensión perdida} * C. \text{ecosistema manglar}) - (\text{extensión perdida} * C. \text{nuevo ecosistema})$$

¹³ ECD: emisión de Carbono por Deforestación

La cantidad de carbono perdido por deforestación se pasó a CO₂e multiplicándolo por 3.67:

$$\text{emisiones de CO}_2\text{e a la atmosfera} = \text{ECD} * 3.67$$

Para calcular las emisiones de carbono a la atmósfera por deforestación en el manglar de Playa Dorada, primero se determinó la extensión perdida, se utilizó Google Earth Pro 2019, y se trazó un polígono el área de manglar actualmente y uno con imágenes de 1960 (figura 26), la diferencia de ambos polígonos nos dio la cantidad perdida. Con estos datos se procedió de la misma manera que en el de Barra Salada.

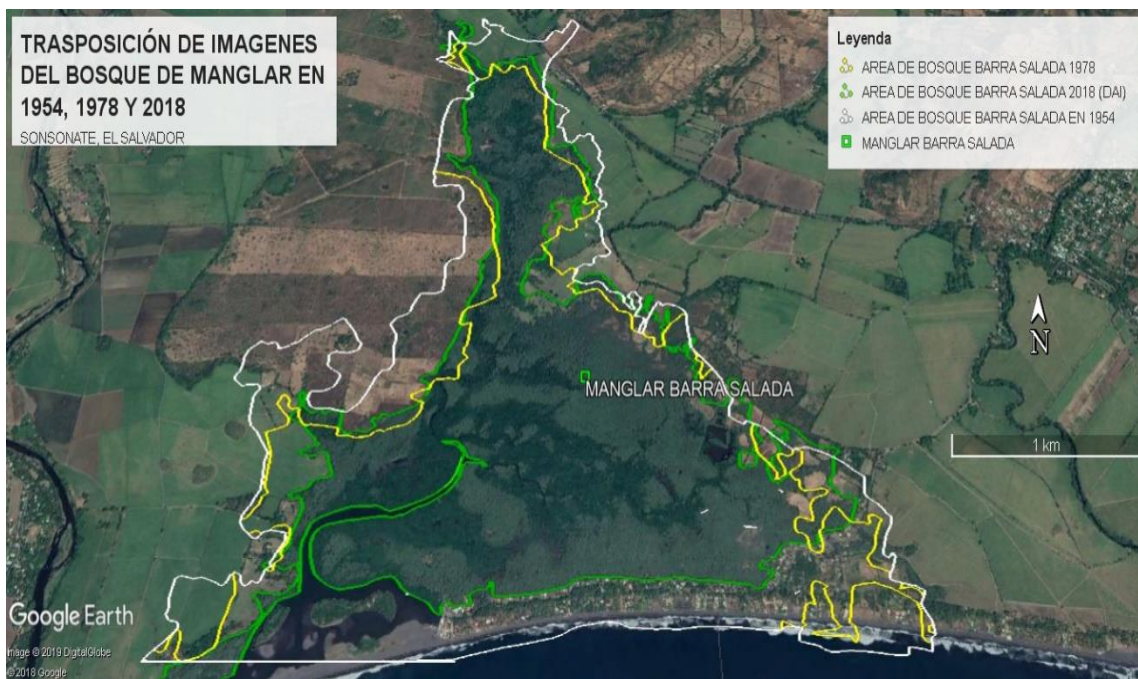


Figura 25. Evolución del uso del suelo en el manglar de Barra Salada según Ortofoto de 1954 (Fuente: CNR, Proyecto USAID/IMCCW/DAI (Development Alternative Incorporated)). Fuente. Méndez *et al.* (2019)



Figura 26. Evolución del uso del suelo en el manglar de Playa Dorada utilizando transposición de Polígonos de los años 1970 y 2019 en Google Earth Pro 2019.

2.7. Análisis de los datos.

El análisis de los datos obtenidos se hizo de una forma descriptiva. Para determinar en qué cantidad y porcentaje está el carbono captado y almacenado dentro de los componentes en los Bosques de Manglar estudiados.

Se realizó una inferencia a partir de los datos obtenidos en los puntos de muestreo para todo el ecosistema de Bosque de Manglar. Además, se identificó las especies presentes de mangle y creo la categorización/uso que existe dentro del área de estudio.




Utilizando otras investigaciones y con los datos obtenidos se procedió a determinar a calcular la diferencia que existe en las existencias de carbono entre los bosques de manglar y otros tipos de ecosistemas como bosque terrestre, cultivos y pasturas. También, se cuantificó siempre utilizando otras investigaciones la cantidad de extensión perdida por deforestación y así calcular las emisiones de carbono emitidas a la atmósfera. Y con estos dos resultados se observó la importancia que tienen los Bosques de Manglar como almacenadores de carbono, pero a la vez como fuentes de emisiones si son deforestadas o se les da un cambio en el uso de suelo.

CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Especies identificadas de mangle.

En los Bosques de Manglar de Barra Salada y Playa Dorada cuentan con 3 especies de mangle siendo estas: *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*.



Tabla 4. Especies de manglar encontradas en los Bosques de Manglar de Barra Salada y Playa Dorada.



Fotografía	Nombre común	Nombre científico
	<ul style="list-style-type: none">• Mangle Negro• Ishtaten	<i>Avicennia germinans</i>
	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>
	Botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>

3.2. Categorización/uso del bosque de manglar.

La categoría/uso del Manglar en Barra Salada es del tipo: mangle denso de tipo alto, con alturas de 10 a 25 metros. En el Manglar de Playa Dorada están presente: el mangle denso de tipo alto, mangle bajo (enano), y praderas pantanosas.

Tabla 5. Categorización/uso del Bosque de Manglar en Barra Salada y Playa Dorada.

Fotografía	Tipo de Bosque	Lugar
	Mangle denso de tipo alto	Barra Salada
	Mangle denso de tipo alto	Playa Dorada

Fotografía	Tipo de Bosque	Lugar
	Mangle bajo (enano o chaparro)	Playa Dorada
	Praderas pantanosas	Playa Dorada

3.3. Existencia de carbono azul en el bosque de manglar.

3.3.1. *Componente aéreo.*

La distribución del carbono epigeo en el Bosque de Manglar en Barra Salada (Tabla 6) muestra que la mayor densidad de carbono está presente en los árboles con 65.96 ± 22.71 MgC. ha⁻¹ lo que equivale al 98.23%, seguido del tejido de regeneración y madera caída con 1.67% y 0.10% respectivamente. El porcentaje de distribución del carbono epigeo en Playa Dorada fue: Biomasa de árboles 99.12%, regeneración 0.8%. y madera caída 0.08%

Tabla 6. Cuantificación y porcentaje del carbono epigeo en sus diferentes componentes en Barra Salada.

COMPONENTE	CARBONO TOTAL (MgC. ha⁻¹)	Porcentaje (%)
Árboles	65.96±21.95	98.23
Madera Caída	0.07±0.04	0.10
Regeneración	1.12±0.72	1.67
TOTAL	67.16±22.71	100

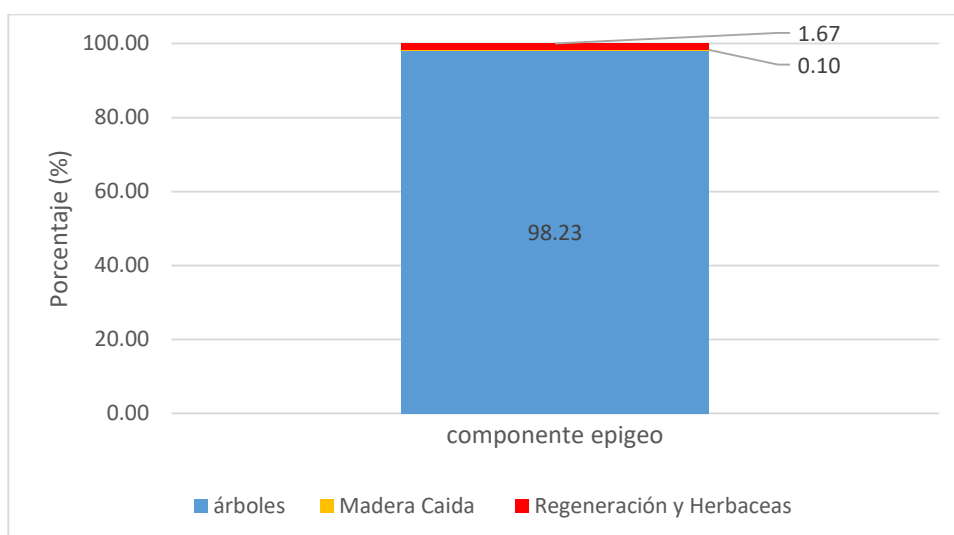


Gráfico 1. Distribución de carbono epigeo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

Tabla 7. Cuantificación y porcentaje del carbono epigeo en sus diferentes componentes en Playa Dorada.

COMPONENTE	CARBONO TOTAL (MgC. ha⁻¹)	Porcentaje (%)
Árboles	50.55±3.20	99.12
Madera Caída	0.04±0.01	0.08
Regeneración	0.41±0.18	0.80
Total	51.00±3.39	100

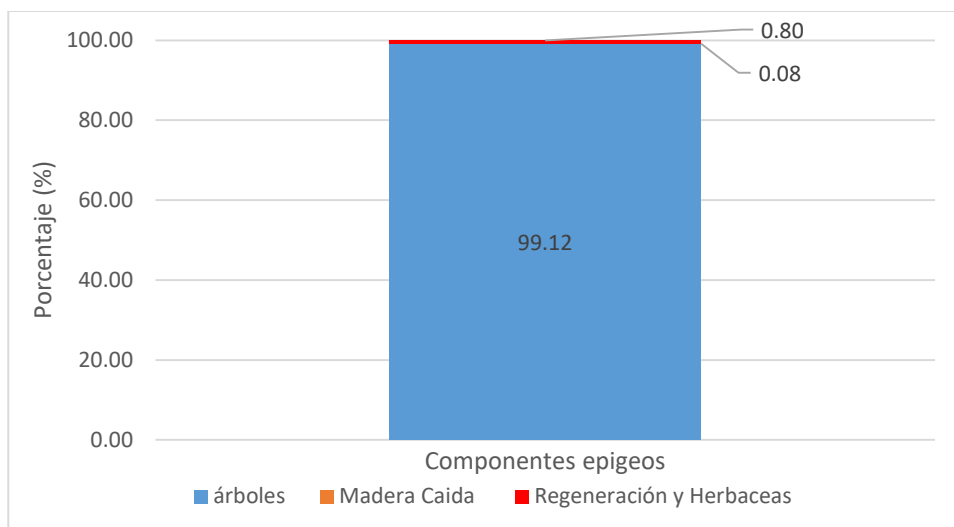


Gráfico 2. Distribución de carbono epigeo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

3.3.2. Componente subterráneo.

La concentración (%) de carbono orgánico en Barra Salada se encuentra en una mayor cantidad en los puntos de muestreo que están dentro de los canales (4, 5, 6 y 7), pero no así el carbono orgánico total que se presentó en mayor cantidad en los cercanos a la costa y estero (1, 2, 3 y 8). Debido a que el bosque es uniespecifico no se puede hacer una comparación en los puntos de muestreo por especies predominante en ellos.

Tabla 8. Medición de la concentración de carbono y el carbono orgánico total en las muestras de suelo en los diferentes puntos de muestreo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

Puntos de Muestreo	Concentración de carbono Orgánico (%)	Carbono Orgánico Total (MgC. ha ⁻¹)
1	2.73	194.97±18.12
2	2.92	198.22±46.61
3	3.21	224.10±20.09
4	3.17	206.35±15.16
5	3.25	195.65±16.44
6	3.23	185.38±29.90
7	3.34	213.06±48.83
8	3.04	253.53±17.26

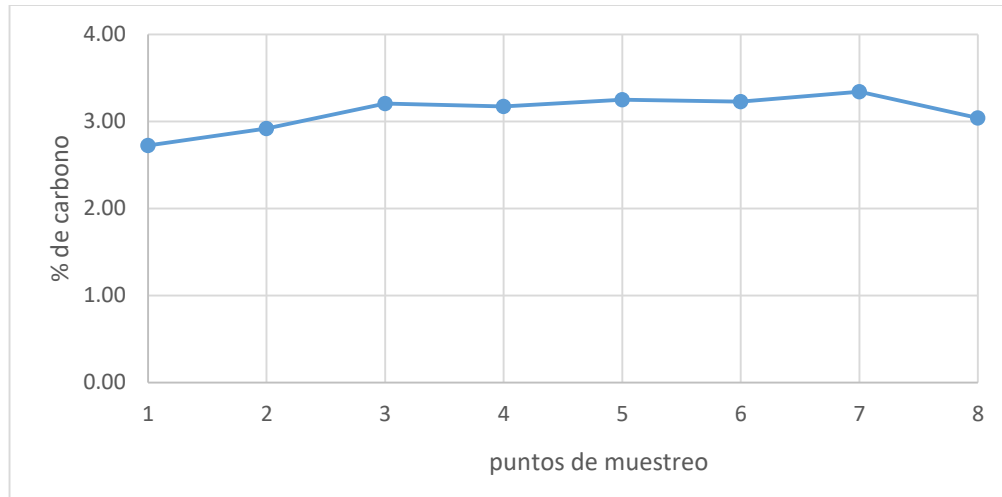


Gráfico 3. Concentración de carbono orgánico (%) por punto de muestreo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

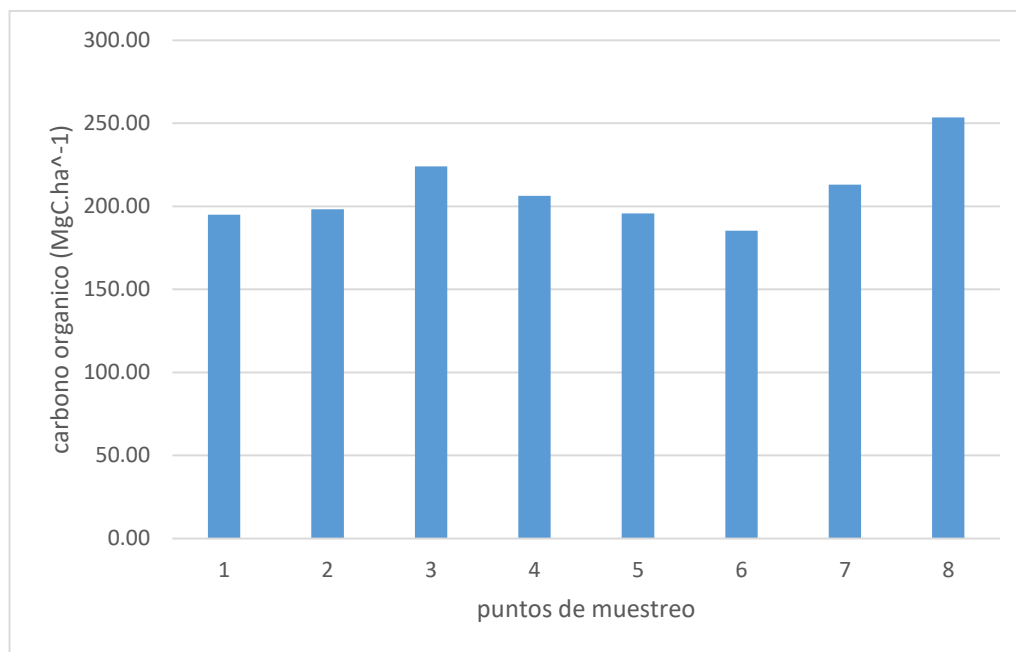


Gráfico 4. Carbono orgánico total por punto de muestreo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

En el relicto de Bosque de Manglar de Playa Dorada se encuentra en mayor concentración (%) y en carbono orgánico total en el punto de muestreo donde se encuentran las especies de *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans*; que en el punto que está en la desembocadura del Río Ayacachapa, donde se encuentran las especies de *Rhizophora mangle*.

Tabla 9. Medición de la concentración de carbono y el carbono orgánico total en las muestras de suelo en los diferentes puntos de muestreo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

Puntos de muestreo	Concentración de carbono orgánico (%)	Carbono Orgánico Total (MgC. ha⁻¹)
1	2.94	203.40±23.17
2	3.69	275.17±62.32

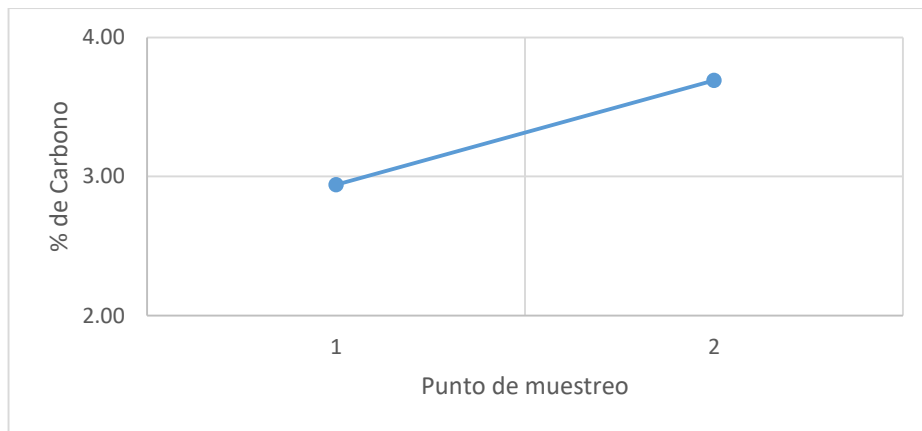


Gráfico 5. Concentración de carbono orgánico (%) por punto de muestreo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

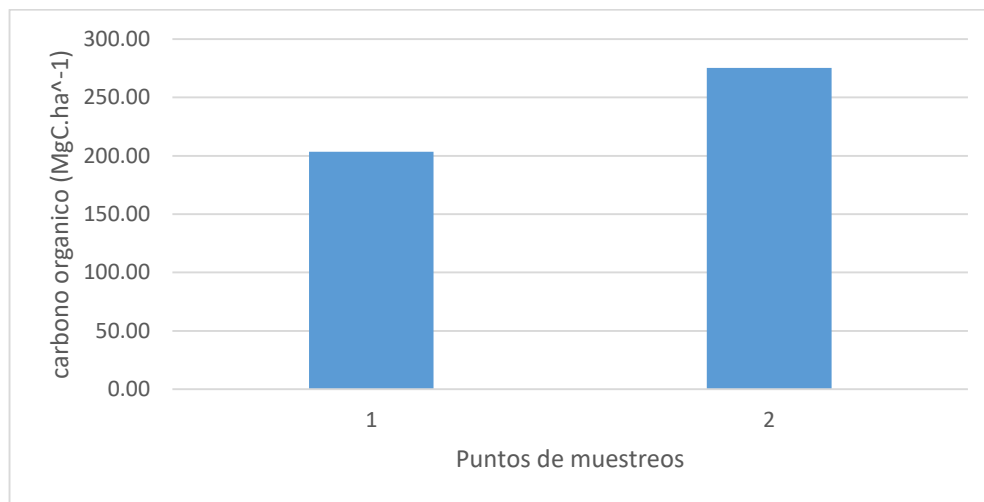


Gráfico 6. Carbono orgánico total por punto de muestreo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

3.3.3. Medición de carbono por profundidad de suelo

El Carbono almacenado en los sedimentos en Barra Salada aumenta proporcionalmente conforme se aumenta la profundidad en el suelo, teniendo por cada 1 cm de profundidad en el primer rango (0-15 cm): $1.89 \pm 0.31 \text{ MgC. ha}^{-1}$ y en el último rango (50-100 cm) $2.10 \pm 0.36 \text{ MgC. ha}^{-1}$.

Tabla 10. Medias de carbono por intervalo de profundidad y por cada 1 cm de suelo en Barra Salada.

Rango (cm)	Medias de carbono (MgC. ha^{-1})	Carbono por 1 cm de profundidad (MgC. ha^{-1})
0-15	28.67 ± 4.67	1.89 ± 0.31
15-30	31.56 ± 4.71	2.01 ± 0.31
30-50	49.91 ± 6.11	2.07 ± 0.31
50-100	105.54 ± 18.10	2.10 ± 0.36

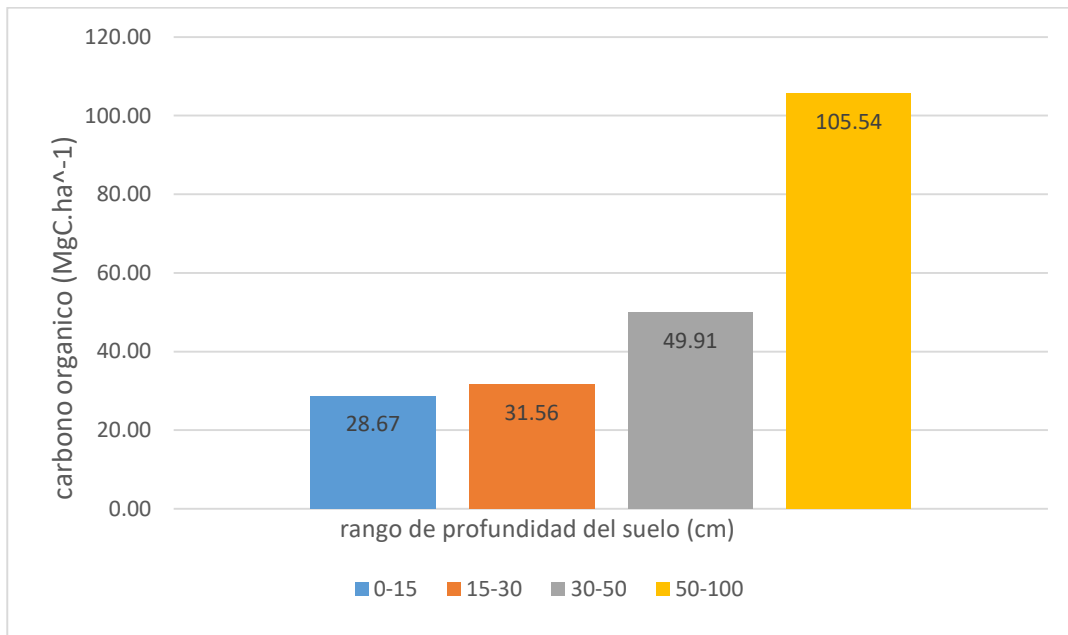


Grafico 7. Carbono orgánico total por rango de profundidad del suelo en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

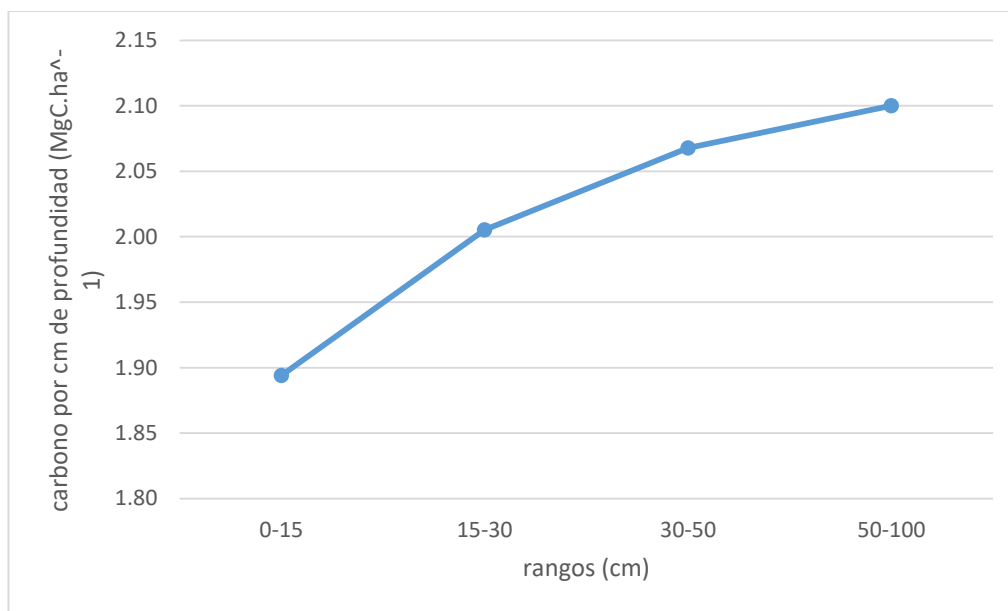


Gráfico 8. Concentración de carbono orgánico total por cada 1 cm de suelo en los rangos de profundidad en el Bosque de Manglar de Barra Salada.

En Playa Dorada igual que en Barra Salada la cantidad de carbono aumenta conforme aumenta la profundidad del suelo. Estando por cada 1 cm en el primer rango: 2.23 ± 0.63 MgC. ha⁻¹, y en el último rango: 2.51 ± 0.60 MgC. ha⁻¹.

Tabla 11. Medias de carbono por intervalo de profundidad y por cada 1 cm de suelo en Playa Dorada.

Rango (cm)	Medias de carbono (MgC. ha⁻¹)	Carbono por 1 cm de profundidad (MgC. ha⁻¹)
0-15	33.51±9.45	2.23±0.63
15-30	35.49±8.95	2.37±0.60
30-50	48.30±12.02	2.41±0.60
50-100	125.25±29.97	2.51±0.60

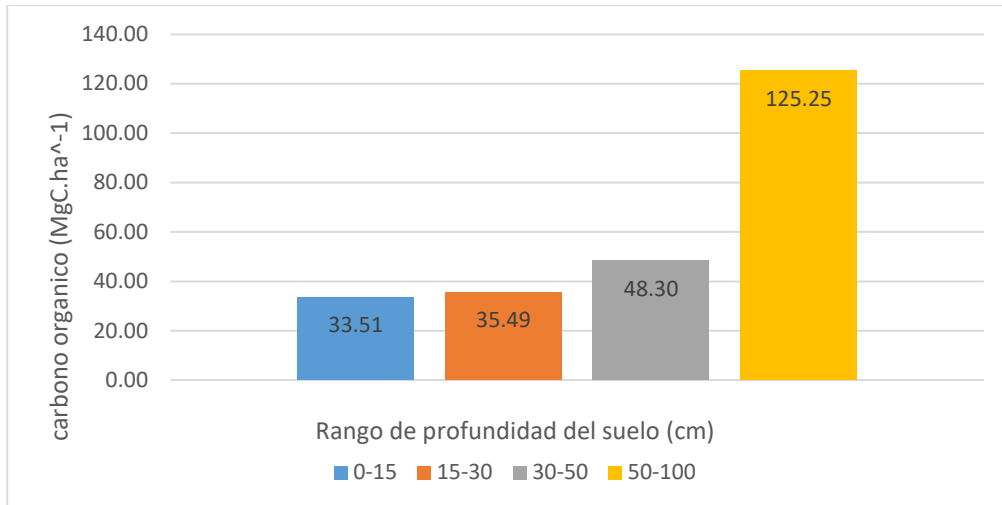


Grafico 9. Carbono orgánico total por rango de profundidad del suelo en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

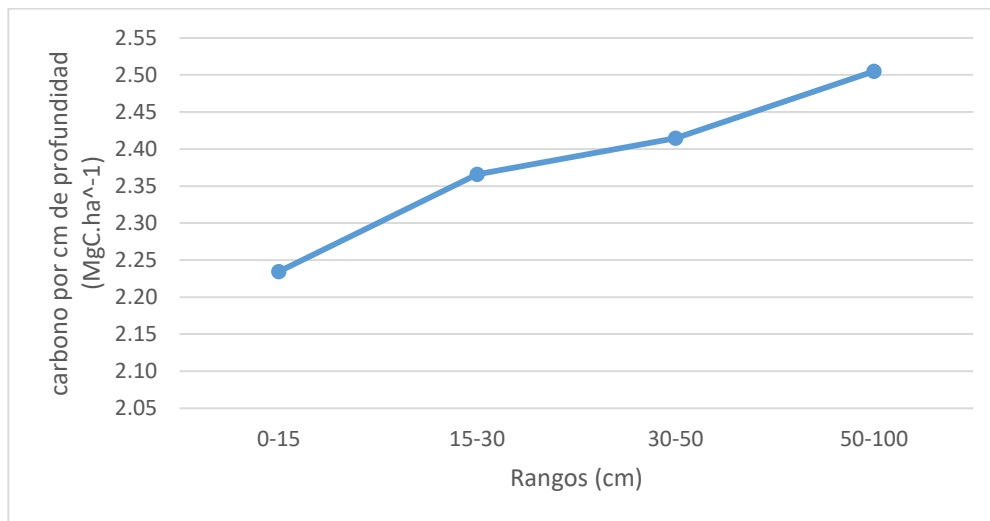


Grafico 10. Concentración de Carbono orgánico total por cada 1 cm³ de suelo en los rangos de profundidad en el Bosque de Manglar de Playa Dorada.

3.3.4. Carbono en ecosistema.

La existencia de carbono azul en el ecosistema de Bosque de Manglar de Barra Salada es: $272.01 \pm 23.68 \text{ MgC.ha}^{-1}$. Este se encuentra dividido en el carbono epigeo: $67.16 \pm 22.70 \text{ MgC.ha}^{-1}$, que corresponde a un 25% del carbono en el ecosistema y el carbono subterráneo: 204.85 ± 21.66 que es el 75% del carbono en ecosistema.

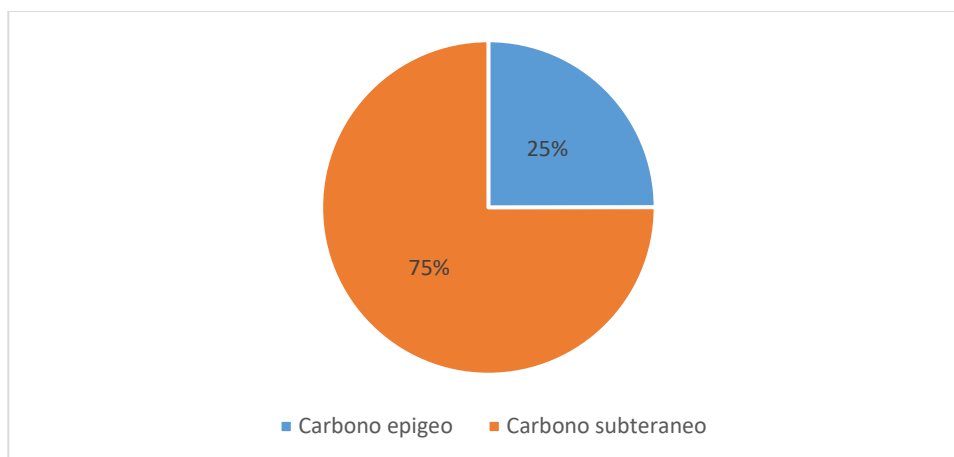


Grafico 11. Distribución del Carbono orgánico total en ecosistema en Barra Salada en sus componentes aéreo y subterráneo.

La existencia de carbono azul en el ecosistema de Bosque de Manglar de Playa Dorada es: $293.54 \pm 47.73 \text{ MgC. ha}^{-1}$. Este se encuentra dividido en el carbono epigeo: $51.00 \pm 3.39 \text{ MgC. ha}^{-1}$, que corresponde a un 17% del carbono en el ecosistema y el carbono subterráneo: $242.55 \pm 50.75 \text{ MgC. ha}^{-1}$ que es el 83% del carbono en ecosistema.

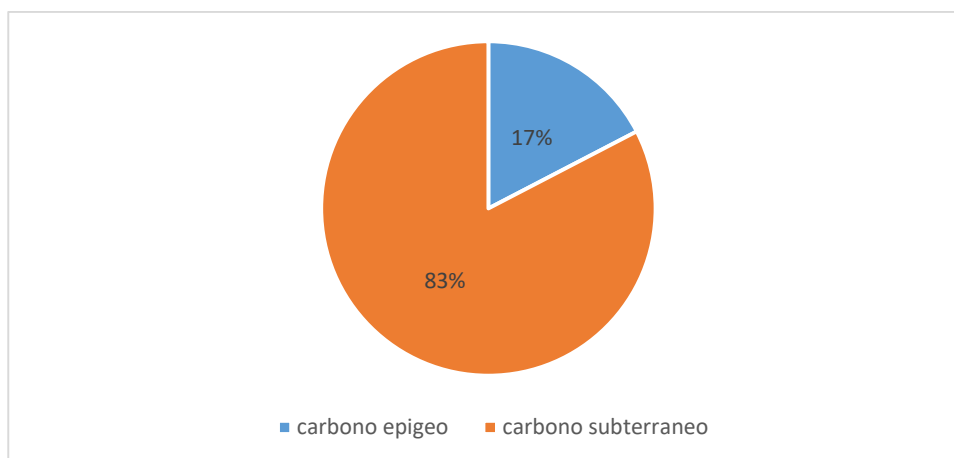


Grafico 12. Distribución del Carbono orgánico total en ecosistema en Playa Dorada en sus componentes aéreo y subterráneo.

3.3.5. Carbono en paisaje.

La existencia de carbono en el Bosque de Manglar en Barra Salada en las 414.4 ha es de $112,720.94 \pm 9,812.99 \text{ MgC}$, lo que equivale a $413,685.85 \pm 36,013.68 \text{ MgCO}_2\text{e}$ y en las 10 ha de relicto de Bosque de Manglar de Playa Dorada es de $2,935.40 \pm 477.30 \text{ MgC}$, equivalentes a $10,772.92 \pm 1,751.69 \text{ MgCO}_2\text{e}$.

Tabla 12. Existencia de Carbono azul en ecosistema y paisaje en los Bosques de Manglar.

Bosque de Manglar	Área (ha)	Carbono Ecosistema (MgC. ha ⁻¹)	Carbono Paisaje (MgC)	Carbono Paisaje (MgCO2e)
Barra Salada	414.4	272.01±23.68	112,720.94±9,812.99	413,685.85±36,013.68
Playa Dorada	10	293.54±47.73	2,935.40±477.30	10,772.92±1,751.69

3.4. Comparación de la existencia de carbono en bosque de manglar con otros tipos de ecosistemas terrestres.

Tomando como base la existencia de carbono en el Bosque de Manglar de Barra Salada (272.01 MgC. ha⁻¹) con otros tipos de ecosistemas terrestres (tabla 11) se observa que el bosque de manglar posee 260% más carbono que otro tipo de Bosque, 560% más que un sistema de cultivo y 589% más que un ecosistema de pasturas.

Tabla 13. Comparativa del carbono orgánico total de diferentes sistemas con las obtenidas en el Bosque de manglar de Barra Salada.

Ecosistema	Carbono Total MgC.ha-1
Bosque	104.50
Cultivos	48.54
Pasturas	46.16
Manglar	272.01

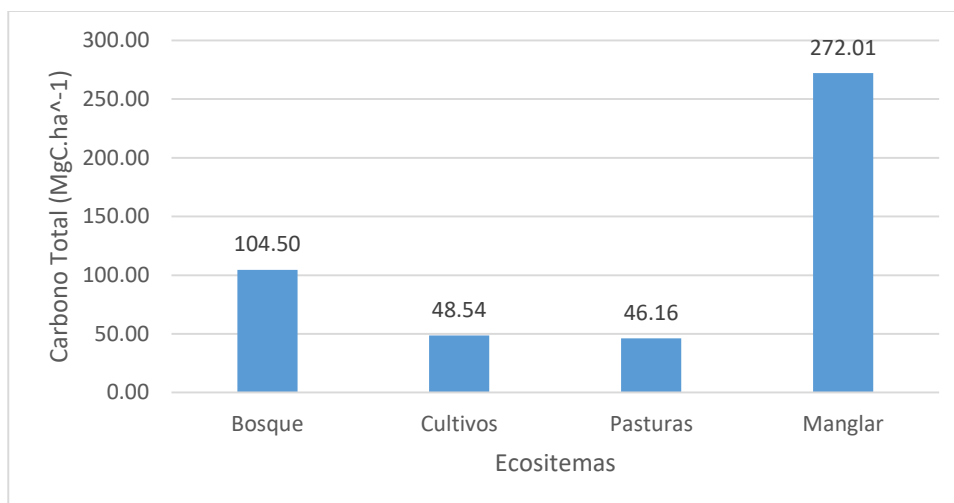


Grafico 13. Comparación de las existencias de carbono orgánico total en diferentes sistemas con el obtenido en el Bosque de Manglar de Barra salada.

3.5. Emisión de carbono a la atmósfera por deforestación.

La pérdida en la extensión territorial del Bosque de Manglar en Barra Salada en 64 años desde 1954 hasta 2018 es de 233.98 ha, debido al cambio en el uso de suelo especialmente a cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y eucalipto (*Eucalyptus sp*), pasturas y vivienda. Tomando como base el ecosistema de cultivo (48.54 MgC. ha⁻¹) se determinó que la perdida que se ha tenido en el Bosque de Manglar por deforestación es de 52,287.51 MgC (223.47 MgC. ha⁻¹), equivalente a 191,895.16 MgCO₂e de emisiones de carbono a la atmósfera por deforestación.

En el relicto de Bosque de Manglar de Playa Dorada se calculó que la perdida en extensión ha sido de 4.5 ha en los últimos 50 años, lo que corresponde a 1,102.50 MgC (245 MgC.ha⁻¹), equivalente a 4,046.18 MgCO₂e de emisiones de carbono a la atmósfera por deforestación. El cambio en el uso de suelo ha sido por cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y vivienda

3.6. Discusión

A pesar de que el Bosques de Manglar de Barra Salada presenta 3 especies de mangle, este se ha convertido en uniespecifico, debido a que la especie que predomina es la *Avicennia germinans*, lo cual lo vuelve un bosque susceptible a la desaparición por la llegada de alguna plaga o algún factor al cual no sea resistente.

Los individuos de *Rhizophora mangle* están presente en la parte del estero y a las orillas de los canales en una cantidad relativamente baja a comparación de la extensión del Bosque de Manglar, y se propagan con mucha facilidad en la parte en el estero lo que ocasiona un problema en el ciclo de llenado y vaciado, ya que produce un taponamiento y no deja fluir el agua dulce y salada.

La especie de *Conocarpus erectus* está presente en el límite del bosque y en las viviendas que rodean el manglar y lo toman como árboles de cerco o en los jardines. La especie *Laguncularia racemosa* se encontró, pero solo individuos muertos, esto se debe a su menor grado de tolerancia a factores antropogénicos y físicos.

El relicto de Bosque de Manglar de Playa Dorada posee 3 especies de mangle, siendo las más abundantes *Rhizophora mangle* que se encuentra presente en la parte oeste del área, a las orillas de la desembocadura del Río Ayacachapa y *Conocarpus erectus* que cuenta con muchos individuos jóvenes en zonas donde se ha propagado y reforestado, en la parte este del manglar. Además, en una pequeña área se encuentran unos individuos de *Avicennia germinans*. En algunas partes se encuentra presente la invasión de otras especies que no son mangle. El Bosque de Manglar de Playa Dorada presenta un gran potencial para su reforestación con estas 3 especies de mangle.

En Ambos Bosques de Manglar la mayoría de sus extensiones son densos de tipo alto, esto debido a que son bosques ya viejos, en el caso de Barra Salada está en un rango entre los 10-25 m de altura. En Playa Dorada es más variable debido a que hay zonas con mangle densos de tipo alto, enano y con praderas pantanosas, aunque con poca extensión ya que solo cuenta con 10 ha. Se han dado un cambio en el uso de suelo principalmente por el cultivo de caña de azúcar, eucalipto y granos básicos, zonas ganaderas y construcción de viviendas. Ambas están bajo una fuerte presión antropogénica por deforestación, en el caso de Playa Dorada se encuentra bajo un juicio por querer lotificar la extensión de manglar, estando varias partes de manglar hasta cercadas.

La distribución del carbono en el componente aéreo en los Bosques de Manglar en Barra Salada y Playa Dorada es mayor en los árboles con un 98.23% y 99.12% respectivamente, debido a que la cantidad de biomasa que estos tienen es mucho mayor que el de la madera caída y la regeneración. La diferencia entre la cantidad de carbono en Barra Salada ($67.16 \text{ MgC. ha}^{-1}$)

y Playa Dorada ($51.00 \text{ MgC. ha}^{-1}$) se debe a la mayor cantidad de individuos de árboles por parcela y con dap superiores lo que equivale a mayor biomasa en Barra Salada, además, se contaba con un mayor grado de regeneración y de madera caída.

El porcentaje de concentración de carbono en suelo de Barra Salada fue mayor en los puntos de muestreo en los canales esto se debe a la mayor cantidad de materia orgánica que estos poseían, pero el carbono orgánico total en suelos fue mayor en los puntos cercanos a la costa o estero, esto se da porque al estar más compactado el suelo presentaron una mayor densidad aparente la cual es muy determinante en la cuantificación del carbono en suelo. No fue posible realizar una comparativa por especies de manglar debido a que el bosque es de tipo uniespecífico.

En Playa Dorada no se puede hacer esta comparativa entre puntos de muestreo por las condiciones del manglar que es todo cercano a la costa y de poca extensión, pero si por ubicación de las especies, encontrándose una mayor existencia de carbono en las parcelas que tenían las especies de *Conocarpus erectus* y *Avicennia Germinans*, además que estas parcelas contaban con una textura de suelo más barrosa que las de donde se encontraban *Rhizophora mangle* que eran de un tipo más arenosa.

La diferencia en la cantidad de carbono captado y almacenado en suelo entre los Bosques de Manglar de Barra Salada $204.85 \pm 21.66 \text{ MgC. ha}^{-1}$ y Playa Dorada $242.55 \pm 50.75 \text{ MgC. ha}^{-1}$ se debe principalmente a los tipos de suelo de ambos lugares, que daban como resultado una mayor densidad aparente para los de Playa Dorada.

El aumento de carbono conforme se aumenta la profundidad en el suelo se debe a que en la parte más superficial hay pérdida de carbono en forma de CO_2 por procesos de respiración de los suelos, en la parte más profundas se da un entierro de la materia orgánica y por procesos de descomposición quedan retenidas las partículas de carbono en los sedimentos. Lo que nos indica también es que, a mayor profundidad, mayor almacenamiento de carbono.

La existencia de carbono en el Bosque de Manglar en Barra Salada es de $272.01 \pm 23.68 \text{ MgC. ha}^{-1}$ y en Playa Dorada $293.54 \pm 47.73 \text{ MgC. ha}^{-1}$, la diferencia se da principalmente al mayor almacenaje de carbono en los suelos de Playa Dorada, esto se debe a que estos permanecen inundados durante toda la época lluviosa, fechas en que fueron tomados la mayoría

de muestras y al estar inundados las condiciones anóxicas de los suelos causa el aumento del carbono en los sedimentos.

Las concentraciones de carbono en el ecosistema se encuentran en su mayoría en la parte subterránea (Barra Salada 75% y Playa Dorada 83%), debido a la gran cantidad de materia orgánica que se almacena en sus sedimentos, y en la parte epigea se encuentra en la biomasa de los árboles. Estos dos componentes equivalen al 99% del carbono en ambos Bosques de Manglar.

La existencia de carbono para los 414.4 ha de Barra Salada es $112,720.94 \pm 9,812.99$ MgC y en las 10 ha de Playa Dorada $2,935.40 \pm 477.3$ MgC. Con esto se demuestra la gran capacidad que tienen los Bosques de Manglar como captadores y almacenadores de carbono, uno de los beneficios que estos ecosistemas brindan. La existencia de carbono en ambos Bosques de Manglar se mantiene en niveles similares a los reportados en otros estudios, en algunos es mayor, pero esto es debido a que en ellos se han tomado muestras de dos o más metros de profundidad de suelo, y en el presente estudio solo se tomó hasta un metro.

Las desviaciones estándar en los resultados obtenidos son altas debido a que ambos bosques de manglar son muy cambiantes entre puntos de muestreo y parcelas, varía en el diámetro y cantidad de individuos en los árboles; porcentaje, tamaño y altura en el tejido de regeneración; cantidad y diámetro en la madera caída, y porcentaje de carbono y densidad aparente en el suelo; lo cual repercute en que los datos sean tan variantes.

La comparación con otros tipos de ecosistemas, se demuestra que la captación y almacenamiento en los Bosques de Manglar es mucho mayor, siendo 3 veces más que otros tipos de Bosques terrestres, y entre 5 a 6 veces mayor que sistemas de cultivo y pasturas, esto podría aumentarse si se aumentara la profundidad en la toma de muestras, llegando a tener una mayor diferencia entre sistemas comparadas con los manglares. Se demuestra la importancia que se tienen los Bosques de Manglar para combatir el cambio climático como almacenadores de gases de efecto invernadero. Por lo cual se ve en la necesidad de conservar estos ecosistemas deteniendo el avance de la frontera agrícola y restaurar, recuperar y reforestar las áreas donde se les ha dado un cambio en el uso de suelo.

Las liberaciones de carbono a la atmósfera en Barra Salada (191,895.16 MgCO_{2e}) y Playa Dorada (4,046.18 MgCO_{2e}) en los últimos 64 y 50 años respectivamente, se debe principalmente por el cambio en el uso de suelo, la cantidad tan elevada que se da en Barra Salada se debe a que se ha perdido una extensión de Bosque de Manglar de 233.98 ha lo que equivale a más de la mitad de la extensión con la que cuenta actualmente (414.4 ha); en Playa Dorada la pérdida ha sido de 4.5 ha. Por lo que los Bosques de Manglar no solo deben de ser vistos como almacenadores y captadores de carbono, sino que también como posibles fuentes de emisión por deforestación y que ningún cambio en el uso de suelo será tan beneficios en la captación y almacenamiento de carbono como lo es el ecosistema de manglar.

CONCLUSIONES

- Los Bosques de Manglar de Barra Salada y Playa Dorada presentan 3 especies de mangle: *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*.
- La *Avicennia germinans* es una especie muy tolerante a los factores antropogénicos y altos grados de salinidad, lo que ha convertido al Bosque de Manglar de Barra Salada en un tipo de bosque casi uniespecífico de esta especie.
- La categorización del Bosque de Manglar en Barra Salada es denso de tipo alto. Con árboles de entre 10 a 25 m de altura. En Playa Dorada es de mangle denso de tipo alto, enano y praderas pantanosas con árboles de entre 1 m hasta 20 m.
- El cambio en el uso de suelo para cultivo de caña de azúcar, eucalipto, pasturas para ganado y construcción de viviendas son los principales factores de deforestación de los Bosques de Manglar.
- En los Bosques de Manglar el 98.23% en Barra Salada y 99.12% en Playa Dorada del carbono epigeo se encuentra almacenado en los árboles vivos y muertos en pie debido a que cuentan con una mayor biomasa.
- La existencia de carbono en el componente subterráneo equivale al 75% (204.85 ± 21.66 MgC. ha⁻¹) y el componente aéreo que corresponde al 25% (67.16 ± 22.71 MgC. ha⁻¹) del carbono presente en el ecosistema de manglar en Barra Salada, en Playa Dorada es 83% (242.55 ± 50.75 MgC. ha⁻¹) para el componente subterráneo y 17% (51.0 ± 3.39 MgC. ha⁻¹) para el componente aéreo.
- Los suelos de manglar captan y almacenan una gran cantidad de carbono debido a que la materia orgánica que cae en ellos se descompone lentamente por las condiciones anóxicas de estos.
- Las concentraciones de carbono (%) son mayores en los lugares que se encuentran dentro de los canales y disminuye en la parte costera.
- La densidad aparente es muy determinante en la cantidad de carbono orgánico total que se encuentre en los suelos.
- Al aumentar la profundidad en el suelo también va aumentando la concentración de carbono en los bosques de manglar estudiados.

- Los Bosques de Manglar captan y almacenan 3 veces más carbono que otro tipo de Bosques Terrestres y de 5 a 6 veces más que otros tipos de ecosistemas.
- Las liberaciones de gases de efecto invernadero por deforestación en el Bosque de Manglar de Barra Salada entre los años 1954 y 2018 es de 191,895.16 MgCO_{2e}, en 233.98 ha deforestadas.
- Las liberaciones de gases de efecto invernadero por deforestación en el Bosque de Manglar de Playa Dorada en los últimos 50 años es de 4,046.18 MgCO_{2e}, en 4.5 ha deforestadas.
- Los Bosques de Manglar son fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera si son deforestados.
- Ningún cambio en el uso de suelo será tan beneficioso en la captación y almacenamiento de carbono como el Bosque de Manglar.
- Las acciones de conservación y restauración del Bosque de Manglar financiados por FIAES están generando un impacto positivo en la captura del carbono por el ecosistema de manglar.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de carbono azul en el resto de bosques de manglar del país, ya que los resultados varían mucho de un bosque a otro por las condiciones específicas de cada uno de ellos y con esto poder crear un inventario de carbono azul para El Salvador.
- Tomar muestras en las zonas donde se dio un cambio en el uso de suelo para hacer una comparativa más exacta de la pérdida de carbono por los nuevos ecosistemas.
- Ampliar la toma de muestras de suelo a 2 o más metros de profundidad con un barreno más especializado, para aumentar la base de datos del carbono almacenado en suelos en ambos bosques de manglar.
- Volver a realizar estudios de carbono azul en los Bosques de Manglar cada 5 años para observar si hay variaciones en las existencias de carbono a lo largo del tiempo.
- Crear un manual para la medición de carbono azul en bosques de manglar en El Salvador, que tenga ecuaciones alométricas que se adapten a las especies e individuos propios del país.
- Realizar una clave dicotómica para la identificación de las especies de mangle de El Salvador que se adecue a la perfección para las especies presentes en el país.
- Generar espacios para la divulgación de la importancia de los manglares como almacenadores de gases de efecto invernadero para combatir el calentamiento global y cambio climático.
- Frenar la deforestación, el avance de la frontera agrícola y el cambio de uso de suelo en los bosques de manglar ya que al hacerlo son fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Financiar y apoyar proyectos de conservación y restauración de manglares, como también en la parte alta de las cuencas ya que estos también repercuten en los ecosistemas de manglar.
- Realizar otros estudios en los bosques de manglar como: estructura y productividad, servicios eco-sistémicos, outwelling (exportación de carbono orgánico particulado de manglares a océanos), fauna asociada, flora asociada, captación y almacenamiento de hidrogeno y otros elementos, parámetros fisicoquímicos, calidad de aguas, filtración de agua, relación bosque de mangle con arrecifes coralinos y otros ecosistemas.

- Asignar una valoración económica para la captación y almacenamiento de carbono por parte de los Bosques de Manglar.
- Crear protocolos de carbono azul para ingresar al mercado de bonos de carbono con lo cual podría generar ingresos económicos que volvieran auto-sostenibles estos ecosistemas para crear proyectos de restauración y a la vez verse beneficiados económicamente las familias de las comunidades aledañas a los Bosques de Manglar.
- Los proyectos de protección y restauración de manglares deben de tener un involucramiento por parte de la población de las comunidades, ONG´s ambientales, gobierno, financiantes y comunidad científica para poder realizar acciones eficaces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ANAM-ARAP) Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. (2013). Manglares de Panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editora Novo Art, S.A.
- Agráz-Hernández, C., Noriega Trejo, R., López Portillo, J., Flores Verdugo, F., & Jimenez Zacarías, J. (2006). Guía de Campo. Identificación de los manglares en México. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- ARAP. (2013). Manual sobre los Manglares de Panamá: Importancia, Usos y Mejores Practicas. Panamá: Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá.
- Benavides, H. O., & León, G. E. (2007). Informe tecnico sobre gases de efecto invernadero y cambio climático. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria-UNAM, Volumen 8, Número 10: 2-12.
- CCA. (2016). Carbono azul en América del Norte: evaluación de la distribución de los lechos de pasto marino, marismas y manglares, y su papel como sumideros de carbono. Montreal, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Cerón, R., Cerón, J., Guerra, J., Zavala, J., Amador, L., Endañu, E., & Moreno, G. (agosto de 2010). congreso internacional de quimicos farmaceuticos y biologos 2010. Obtenido de congreso internacional de quimicos farmaceuticos y biologos 2010: <http://respyn2.aunl.mx/especiales/2010/ee-10-2010/documentos>
- Cifuentes Jara, M., Brenes, C., Leandro, P. M., Romero, T., Torres, D., & Velásquez, S. (2018). Manual centroamericano para la medición de Carbono Azul en Manglares. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- CONABIO. (2009). esteros y lagunas costeras, cerca de las desembocaduras (2° Edición). México DF, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- FAO. (2005). Evaluación de los Recursos Forestales mundiales 2005: Estudio tematico sobre manglares El Salvador. Roma, Italia: Documento de Montes de la FAO.
- Flores, M., Ruiz, H., Salas, U., Menjivar, R., & Sermeño, M. (2014). Insectos asociados al bosque de mangle de El Salvador. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronomicas.
- Grimaldi, S. J. (2012). Productividad primaria y retorno de nutrientes al ecosistema de manglar de las islas colindantes al canal El Zapatero, Área Natural Protegida Barra de Santiago, departamento de Ahuachapan. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela de Biología.
- Gutierrez, M. E., & Paz Cigarán, M. (2009). Escaneo del riesgo climático del Marco de Asistencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo, El Salvador. San Salvador : PNUD.
- Hernández Sampieri, R., Fernández_Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. México DF: Mc. Graw-Hill Interamericana.
- Herrera Silveira , J., Camacho Rico , A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez , J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinamica del Carbono (almacenes y flujos) en Manglares de México . Terra Latinoamericana, 61-72.
- MARN. (2013a). El ecosistema de Manglar. Programa Nacional de Restauración de ecosistemas y Paisajes. San Salvador, El Salvador : Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN. (2013b). Estrategia Nacional de Cambio Climatico. San Salvador : Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- MARN. (2018). Inventario Nacional de Humedales El Salvador. San Salvador : Imprinsa SA de CV.
- Melgar, K., & Nieto, M. (2017). Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes uso de suelo en el municipio de Comalapa, Chalatenango, El Salvador. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronomicas.

- Merecí, J. V. (2017). Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical De Investigación Científica y Enseñanza (CATIE).
- Moreno-May, G. J., Cerón-Bretón, J. G., Cerón-Bretón, R. M., Guerra-Santos, J. J., Amador del Ángel, L. E., & Hendañú-Huerta, E. (2010). Estimación del potencial de captura de carbono en suelos de manglar de isla del Carmen. U. Tecnociencia, (1) 23-39.
- Ramírez, L. A., & Segovia, E. A. (2003). Estructura y composición florística de la vegetación nuclear del manglar de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador. San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela de Biología.
- Rodríguez, C. (2017). Existencias de carbono azul y la dinámica histórica de la cobertura del bosque manglar en el área conservación Sipacate Naranjo, Guatemala, Centroamérica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Tamayo y Tamayo, M. (1994). El proceso de la investigación científica. Mexico DF: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Wodzicki, K. G. (2001). El ciclo del carbono: Fotosíntesis y Respiración, El Ciclo Rápido. Columbia University, Nueva York, Estados Unidos. recuperado de: <https://www.ldeo.columbia.edu/users/gregory/CicloCarbono.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1.

CUADRO PARA TOMA DE DATOS DE LOS ÁRBOLES DE MANGLE.

No.	Sitio de muestreo	Parcela	Especie	DAP (cm)	**Grado descomposición	Altura	*Volumen de la copa	*Diámetro 1 de copa	*Diámetro 2 de copa	*Área de la copa

*para las parcelas donde el tipo de mangle sea enano o chaparro

**árboles muertos en pie

ANEXO 7.

CLAVE DICOTOMICA PARA LAS ESPECIES DE MANGLE.

- 1a.** Árboles con raíces zancudas; estípulas de 4-5 cm. de largo, caducas una vez que las hojas se expanden y cambia de color; hojas glabras, sin glándulas excretoras de sal, semilla vivípara, produciendo un hipocótilo de hasta de 40 cm de longitud mientras se encuentra adherida al árbol **2**
- 2a.** Árboles o arbustos distribuidos en las costas del Pacífico, desde el Sur de Baja California y Sonora hasta Chiapas; y en el Atlántico desde Laguna Madre, Tamaulipas, hasta Quintana Roo, en la Península de Yucatán. Inflorescencias con 2 ó 3 flores..... ***Rhizophora mangle***
- 2b.** Plantas sólo de la costa del sur de Chiapas en la vertiente del Pacífico. Las inflorescencias con 8 a 32 flores..... ***Rhizophora harrisonii***
- 1b.** Árboles sin raíces zancudas; con o sin neumatóforos; con o sin estípulas; hojas de finamente puberulentas a glabras, con glándulas excretoras de sal; si la semilla es vivípara, la radícula no llega a 40 cm de longitud..... **3**
- 3a.** Sin neumatóforos; hojas alternas o en ocasiones congestionadas en las puntas de las ramas formando verticilos; con un par de glándulas en la base de la lámina foliar y en la axila formada por la vena primaria y las secundarias en el envés..... **4**
- 4a.** Base de la lámina foliar cuneada, verde brillante, lustrosa y glabra en ambas superficies..... ***Conocarpus erectus***
- 4b.** Base de la lámina foliar decurrente, verde-grisáceo y puberulenta en ambas superficies..... ***Conocarpus erectus var. sericeus***
- 3b.** Con neumatóforos; hojas opuestas; con o sin glándulas en la base de la lámina foliar ni en las axilas en el envés, éste glabro a finamente puberulento.....**5**
- 5a.** Pneumatóforos abundantes; ramas y troncos jóvenes tetragonos; color café claro pero oscurecido por la presencia de hojas opuestas, con diminutos cristales de sal sobre la vena media; haz gris-verdoso, envés pálido; pecíolo de 2 a 10 mm de largo..... ***Avicennia germinans***
- 5b.** Ramas y troncos teretes; hojas decusadas, verdosas en ambas superficies; con glándulas hundidas excretoras de sal en el envés; pecíolo de 10 a 20 mm de largo, con dos glándulas excretoras de néctar en su parte superior próxima a la lámina foliar... ***Laguncularia racemosa***

ANEXO 8.

ENTREVISTA PARA DEFINIR CARACTERIZACIÓN/USO DENTRO DEL
BOSQUE DE MANGLAR EN PLAYA DORADA Y BARRA SALADA.

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: M ___ F ___

Comunidad: _____

Tiempo de vivir en la comunidad: _____

1. ¿Cómo hace uso del Bosque de Manglar?

Pesca: ___ Cultivo de granos básicos: ___ Cultivo de caña: ___

Extracción de madera: ___ Extracción de crustáceos: ___

Para realizar paseos en lancha: ___

Otro (Especifique): _____

2. ¿Ha cambiado el tamaño del Bosque de Manglar desde el tiempo que lleva viendo en la comunidad?

Si: ___ No: ___

3. ¿En qué porcentaje ha cambiado? _____

4. ¿Por qué otro uso/categoría ha cambiado?

Vivienda: ___ Cultivo de granos básicos: ___ Cultivo de caña: ___

Salinas: ___ Camaroneras: ___ Restaurantes u Hoteles: ___

Otro (Especifique): _____

5. ¿Cree que este cambio en el uso/categoría ha ocasionado algún problema?

Si: ___ No: ___

6. ¿Qué tipo de problema ha ocasionado?

Aumento de las inundaciones: ___ Aumento en la temperatura: ___

Disminución de la Flora y fauna: ___ Erosión de suelo: ___

Disminución de la infiltración de agua: ___ Otro (especifique): _____

ANEXO 9.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LOS BOSQUES DE MANGLAR DE PLAYA DORADA Y BARRA SALADA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRICOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 9 de octubre de 2019.

Tipo de Muestra: Suelo de Manglar

Análisis solicitado: Carbono Orgánico Total

Usuario: ADESCOPLAD – FIAS

Muestra		Metodología	
		TOC	Gravimetrico
ID interno	ID usuario	%Carbono Orgánico	% Materia Seca
MXU206	3.1	2.96	49.26
MXU207	3.2	3.58	49.10
MXU208	3.3	3.45	49.96
MXU209	3.4	3.17	52.28
MXU210	3.5	2.90	52.31
MXU211	3.6	3.17	62.42
MXU212	2.1	2.41	52.30
MXU213	2.2	2.72	45.40
MXU214	2.3	2.30	48.90
MXU215	2.4	3.92	53.79
MXU216	0.1	3.00	69.38
MXU217	0.2	3.07	67.08



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



MXU219	1.1	2.99	61.49
MXU220	1.2	2.78	65.06
MXU221	1.3	2.86	65.50
MXU222	1.4	2.55	66.56
MXU223	1.5	2.60	64.14
MXU224	1.6	2.57	61.33
MXU225	2.5	3.11	54.43
MXU226	2.6	3.06	57.28
MXU227	4.1	3.20	58.92
MXU228	4.2	3.01	59.40
MXU229	4.3	3.67	56.28
MXU230	4.4	3.14	58.24
MXU231	4.5	2.97	58.19
MXU232	4.6	3.03	64.26
MXU240	5.1	3.14	57.85
MXU241	5.2	3.32	53.47
MXU242	5.3	3.30	53.84
MXU243	5.4	3.27	41.41
MXU244	5.5	3.04	40.92
MXU245	5.6	3.43	44.37
MXU246	6.1	3.00	55.99
MXU247	6.2	3.09	51.71
MXU248	6.3	3.20	47.96
MXU249	6.4	3.37	45.14
MXU250	6.5	3.79	49.20
MXU251	6.6	2.91	44.50
MXU252	7.1	3.33	57.46
MXU253	7.2	3.17	53.60
MXU254	7.3	2.73	55.21
MXU255	7.4	4.90	80.65
MXU256	7.5	2.73	56.94
MXU257	7.6	3.19	52.58



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



MXU264	PD 1.1	3.31	63.78
MXU265	PD 1.2	2.85	58.62
MXU266	PD 1.3	3.23	56.92
MXU267	PD 1.4	2.57	66.87
MXU268	PD 1.5	2.76	76.85
MXU269	PD 2.1	2.81	79.36
MXU270	PD 2.2	2.90	70.58
MXU271	PD 2.3	5.26	63.55
MXU272	PD 2.4	3.33	63.48
MXU273	PD 2.5	3.06	63.05
MXU274	PD 2.6	4.76	60.81

Resultados expresados en base húmeda

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada
Jefe del Departamento de Química Agrícola



ANEXO 10.

EXISTENCIA DE CARBONO EN BIOMASA DE ARBOLES DE LAS PARCELAS MUESTREADAS.

Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (kg/ha)	Carbono Total (MgC. ha ⁻¹)	Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (kg/ha)	Carbono Total (MgC. ha ⁻¹)
BOSQUE DE MANGLAR BARRA SALADA				6	1	2584.18	81.07
1	1	1685.92	52.89		2	2586.17	81.13
	2	2225.13	69.81		3	1906.68	59.82
	3	1603.22	50.30		4	2703.92	84.83
	4	2384.54	74.81		5	2898.03	90.92
	5	3965.54	124.41		6	2218.50	69.60
	6	865.51	27.15				
2	1	2077.57	65.18	7	1	3664.76	114.97
	2	1224.46	38.41		2	2773.74	87.02
	3	1381.08	43.33		3	1561.71	48.99
	4	1208.07	37.90		4	1743.12	54.69
	5	798.24	25.04		5	1314.65	41.24
	6	1159.44	36.37		6	1972.88	61.89
3	1	2512.10	78.81	BOSQUE DE MANGLAR PLAYA DORADA			
	2	2330.85	73.12	1	1	1842.26	57.80
	3	1359.80	42.66		2	1531.15	48.04
	4	1544.94	48.47		3	1479.88	46.43
	5	1214.18	38.09		4	1577.11	49.48
	6	1454.70	45.64		5	2018.83	63.34
4	1	3701.31	116.12		6	1689.85	53.02
	2	5005.36	157.03	2	1	1122.69	35.22
	3	2551.10	80.03		2	2240.66	70.30
	4	3578.55	112.27		3	1695.16	53.18
	5	3399.36	106.65		4	116.42	3.65
	6	3050.69	95.71		5	1468.33	46.07
5	1	1743.15	54.69		6	2631.41	82.55
	2	1509.01	47.34				
	3	2696.86	84.61				
	4	1598.84	50.16				
	5	1846.36	57.92				
	6	2909.42	91.28				

ANEXO 11.

EXISTENCIA DE CARBONO EN BIOMASA DE MADERA CAÍDA DE LAS
PARCELAS MUESTREADAS.

Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (Kg/ha)	C total (MgC. ha ⁻¹)	Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (Kg/ha)	C total (MgC. ha ⁻¹)
BOSQUE DE MANGLAR BARRA SALADA				6	1	2.77	0.09
1	1	0.00	0.03		2	0.90	0.03
	2	0.78	0.03		3	3.00	0.10
	3	0.84	0.02		4	3.96	0.13
	4	0.60	0.04		5	1.70	0.06
	5	1.16	0.05		6	3.37	0.11
	6	1.50	0.03	7	1	4.07	0.13
2	1	0.16	0.01		2	4.12	0.13
	2	0.69	0.02		3	5.35	0.17
	3	1.85	0.06		4	4.37	0.14
	4	2.09	0.07		5	2.72	0.09
	5	1.08	0.04		6	1.30	0.04
	6	2.62	0.09	BOSQUE DE MANGLAR PLAYA DORADA			
3	1	7.75	0.25	1	1	0.91	0.03
	2	2.07	0.07		2	1.48	0.05
	3	3.03	0.10		3	1.27	0.04
	4	2.37	0.08		4	1.81	0.06
	5	0.71	0.02		5	0.62	0.02
	6	2.91	0.25		6	1.22	0.04
4	1	4.55	0.15	2	1	1.42	0.04
	2	0.67	0.02		2	1.30	0.04
	3	4.34	0.14		3	1.17	0.04
	4	4.05	0.13		4	0.18	0.01
	5	3.92	0.13		5	1.48	0.05
	6	2.65	0.09		6	1.65	0.05
5	1	0.66	0.02				
	2	0.84	0.03				
	3	2.02	0.07				
	4	2.59	0.08				
	5	2.10	0.07				
	6	1.13	0.04				

ANEXO 12.

EXISTENCIA DE CARBONO EN BIOMASA DE TEJIDO DE REGENERACIÓN Y
HERBACEAS DE LAS PARCELAS MUESTREADAS.

Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (kg/ha)	C. Total (MgC. ha ⁻¹)	Punto de Muestreo	Parcela	Biomasa (kg/ha)	C. Total (MgC. ha ⁻¹)
BOSQUE DE MANGLAR BARRA SALADA				6	1	43.75	2.86
1	1	6.18	0.40	2	2	21.15	1.38
	2	13.53	0.88	3	3	24.05	1.57
	3	10.97	0.72	4	4	36.85	2.41
	4	4.33	0.28	5	5	34.46	2.25
	5	0.67	0.04	6	6	15.67	1.02
	6	0.80	0.05	7	1	0.08	0.01
2	1	7.82	0.51		2	0.04	0.00
	2	24.20	1.58		3	0.23	0.01
	3	34.92	2.28		4	0.78	0.05
	4	22.42	1.47		5	0.02	0.00
	5	23.03	1.51		6	0.51	0.03
	6	3.84	0.25	BOSQUE DE MANGLA PLAYA DORADA			
3	1	21.97	1.44	1	1	1.38	0.09
	2	19.69	1.29		2	0.72	0.05
	3	23.67	1.55		3	5.58	0.36
	4	20.16	1.32		4	4.52	0.30
	5	33.65	2.20		5	8.56	0.56
6	8.61	0.56	6		4.15	0.27	
4	1	26.29	1.72	2	1	4.76	0.31
	2	18.31	1.20		2	5.27	0.34
	3	12.60	0.82		3	7.97	0.52
	4	27.57	1.80		4	17.19	1.12
	5	27.79	1.82		5	4.64	0.30
	6	7.89	0.52		6	8.08	0.53
5	1	36.53	2.39				
	2	40.84	2.67				
	3	31.95	2.09				
	4	20.76	1.36				
	5	11.18	0.73				
	6	33.04	2.16				

ANEXO 13.

EXISTENCIA DE CARBONO EN SUELO DE LAS PARCELAS MUESTREADAS.

Punto de Muestreo	Parcela	Densidad Aparente (g.cm3)	% de Carbono Orgánico	Carbono Total (MgC. ha⁻¹)
BOSQUE DE MANGLAR BARRA SALADA				
1	1	0.74	2.99	220.98
	2	0.74	2.78	206.16
	3	0.71	2.86	202.56
	4	0.73	2.55	185.42
	5	0.71	2.60	183.32
	6	0.67	2.57	171.41
2	1	0.73	2.41	176.12
	2	0.65	2.72	176.52
	3	0.69	2.30	158.31
	4	0.74	3.92	288.21
	5	0.66	3.11	204.84
	6	0.61	3.06	185.30
3	1	0.65	2.96	193.34
	2	0.70	3.58	250.84
	3	0.67	3.45	229.76
	4	0.69	3.17	220.20
	5	0.73	2.90	212.82
	6	0.75	3.17	237.65
4	1	0.60	3.20	192.93
	2	0.68	3.01	204.68
	3	0.64	3.67	234.19
	4	0.66	3.14	208.29
	5	0.65	2.97	192.71
	6	0.68	3.03	205.32
5	1	0.62	3.14	193.31
	2	0.65	3.32	215.56

	3	0.65	3.30	215.33
	4	0.55	3.27	179.27
	5	0.59	3.04	179.01
	6	0.56	3.43	191.43
6	1	0.63	3.00	187.66
	2	0.64	3.09	198.37
	3	0.43	3.20	137.89
	4	0.55	3.37	186.80
	5	0.60	3.79	228.76
	6	0.59	2.91	172.82
7	1	0.61	3.33	203.20
	2	0.66	3.17	207.79
	3	0.69	2.73	188.06
	4	0.63	4.90	310.36
	5	0.65	2.73	178.60
	6	0.60	3.19	190.32
8	1	0.80	3.00	241.32
	2	0.87	3.07	265.74
BOSQUE DE MANGLAR PLAYA DORADA				
1	1	0.70	3.31	232.63
	2	0.63	2.85	178.84
	3	0.67	3.23	214.99
	4	0.70	2.57	180.71
	5	0.76	2.76	209.83
2	1	0.86	2.81	240.57
	2	0.79	2.90	230.30
	3	0.67	5.26	354.71
	4	0.74	3.33	246.34
	5	0.73	3.06	223.86
	6	0.75	4.76	355.26

ANEXO 12.

EXISTENCIA DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN ECOSISTEMA Y SUS COMPONENTES POR PUNTOS DE MUESTREO.

PUNTOS DE MUESTREO	ESPECIE DOMINANTE	C. T.	C. T. MADERA	C. T.	C. T.	C. ORGÁNICO
		ÁRBOLES (MgC. ha ⁻¹)	CAÍDA (MgC. ha ⁻¹)	REGENERACIÓN (MgC. ha ⁻¹)	SUELO (MgC. ha ⁻¹)	TOTAL (MgC. ha ⁻¹)
BOSQUE DE MANGLAR BARRA SALADA						
1	<i>Avicennia germinans</i>	66.56	0.03	0.40	194.97	262.34
2	<i>Avicennia germinans</i>	41.04	0.05	1.27	198.22	241.23
3	<i>Avicennia germinans</i>	54.47	0.10	1.39	224.10	281.53
4	<i>Avicennia germinans</i>	111.30	0.11	1.31	206.35	320.65
5	<i>Avicennia germinans</i>	64.33	0.05	1.90	195.65	262.66
6	<i>Avicennia germinans</i>	77.90	0.09	1.92	185.38	266.50
7	<i>Avicennia germinans</i>	68.14	0.12	0.02	213.06	283.04
8	<i>Rhizophora mangle</i>	0.00	0.00	0.00	253.53	253.53
BOSQUE DE MANGLAR PLAYA DORADA						
1	<i>Rhizophora mangle</i>	53.01	0.04	0.27	203.40	257.27
2	<i>Conocarpus erectus</i>	48.49	0.04	0.52	275.17	324.77

CT= Carbono Total