

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Estimación de las reservas de carbono en el suelo en zonas de manglar  
dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniería Oceanográfica**

Presentado por:

Dayana Nayiva Bobadilla Córdova

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi abuelita, Inés Briones, que a pesar de que ya no se encuentra conmigo físicamente, siempre me acompaña y está presente en mi corazón.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mis padres, y a tía Vilma, por haberme brindado todo su apoyo durante cada etapa de mi vida.

A Gerardo, por ser tan persistente y paciente conmigo, porque cuando quise rendirme, él siempre estuvo a mi lado alentándome.

A mi tutor, el dr. Víctor Osorio, por su apoyo y orientación durante todo este proceso.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Dayana Nayiva Bobadilla Córdova* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

  
\_\_\_\_\_  
Dayana Nayiva Bobadilla Córdova

## EVALUADORES



**Dr. Victor Osorio Cevallos**

SUBDECANO FIMCM



**Dr. Víctor Osorio Cevallos**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Los bosques de manglar son sumideros naturales de carbono, acumulan 10 veces más carbono que los bosques templados y 50 veces más que los bosques tropicales (IUCN, 2009). A nivel nacional se tiene información edáfica en más de 13 000 puntos, en el ecosistema manglar de la costa ecuatoriana hay menos de 80 puntos de información (Armas , y otros, 2023). Se realizó un muestreo de carbono orgánico en suelos de manglar en la “Reserva de Vida Silvestre Manglares El Morro” (Golfo de Guayaquil). Para tomar las muestras de suelo se construyó un nucleador tipo barrera de mediacaña utilizando un tubo de acero inoxidable biselado para suelos duros, y un nucleador PVC para suelos blandos. Se muestrearon los primeros 30cm de suelo en 14 puntos de manglar y 4 puntos en camaroneras. Se utilizaron dos técnicas para el análisis de laboratorio: analizador automático (método-1) y pérdida por ignición (LOI) (método-2); con estos resultados se calculó el contenido de carbono orgánico de cada muestra. Para presentar la información se elaboraron mapas utilizando la herramienta interpolación IDW en QGis.

Los datos reflejaron valores promedio de carbono orgánico en el suelo de manglar de 84 Ton ha<sup>-1</sup> para el método-1, y 124 Ton ha<sup>-1</sup> para el método-2. Para los suelos en camaroneras el promedio fue de 42 Ton ha<sup>-1</sup> y 85 Ton ha<sup>-1</sup> para los métodos-1 y 2 respectivamente. La distribución espacial de los datos presentó valores mayores hacia el interior del canal el Morro.

Los resultados obtenidos demuestran que se subestimaron los valores de carbono orgánico para el ecosistema manglar en el mapa desarrollado por (Loayza, y otros, 2020) y que fue elaborado en base al análisis de los datos provistos por el Ministerio de Agricultura; ya que en el mapa de carbono orgánico en la zona del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro se presenta valores de entre 0-40 Ton ha<sup>-1</sup>.

**Palabras Clave:** Carbono orgánico, suelo, reserva, manglar, camaroneras

## **ABSTRACT**

*Mangrove forests are natural carbon sinks, accumulating 10 times more carbon than temperate forests and 50 times more than tropical forests (IUCN, 2009). At the national level, there is edaphic information in more than 13 000 points, in the mangrove ecosystem of the Ecuadorian coasts we have less than 80 points of information (Armas , y otros, 2023). A sampling of organic carbon in mangrove soils in the “Manglares El Morro Wildlife Reserve” (Gulf of Guayaquil) is proposed.*

*To take the soil samples, a half-round barrier corer was built using a beveled stainless-steel tube for hard soils, and a PVC corer for soft soils. The first 30 cm of soil were sampled in 14 mangrove points and 4 points in shrimp farms. Two techniques were used for laboratory analysis: automatic analyzer (method-1) and loss on ignition (LOI) (method-2); With these results, the organic carbon content of each sample was calculated. To present the information, maps were created using the IDW interpolation tool in QGis.*

*The data reflected average values of organic carbon in the mangrove soil of 84 Ton ha<sup>-1</sup> for method-1, and 124 Ton ha<sup>-1</sup> for method-2. For the soils in shrimp farms the average was 42 Ton ha<sup>-1</sup> and 85 Ton ha<sup>-1</sup> for methods-1 and 2, respectively. The spatial distribution of the data presented higher values towards the interior of the El Morro channel.*

*The results obtained show that the organic carbon values for the mangrove ecosystem were underestimated in the map developed by (Loayza, et al., 2020) that was prepared based on the analysis of the data provided by the Ministry of Agriculture; since the organic carbon map in the area of El Morro Mangroves Wildlife Refuge presents values between 0-40 Ton ha<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** *organic carbon, soil, reserve, mangrove, shrimp farms*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	V
RESUMEN .....	VI
<i>ABSTRACT</i> .....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ABREVIATURAS .....	X
SIMBOLOGÍA .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	14
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>1.1. Descripción del problema</b> .....	15
<b>1.2. Objetivos</b> .....	16
<b>1.2.1. Objetivo General</b> .....	16
<b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....	16
<b>1.3. Marco teórico</b> .....	17
<b>1.3.1. Manglares</b> .....	17
<b>1.3.1.1. Manglares en Ecuador</b> .....	24
<b>1.3.1.2. Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro</b> .....	24
<b>1.3.2. Secuestro de carbono</b> .....	25
<b>1.3.3. Carbono azul</b> .....	26
<b>1.3.3.1. Secuestro de carbono en ecosistemas de manglar</b> .....	28
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	29
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	29
<b>2.1. Área de estudio</b> .....	31
<b>2.2. Materiales y equipos</b> .....	33
<b>2.3. Muestreo de campo</b> .....	34
<b>2.4. Análisis de laboratorio</b> .....	36
<b>2.4.1. MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN (LOI)</b> .....	37
<b>2.4.2. MÉTODO ANALIZADOR AUTOMÁTICO</b> .....	38
<b>2.5. Cálculos</b> .....	40
<b>2.6. Elaboración de mapas</b> .....	40
<b>2.7. Gastos</b> .....	40



<b>CAPÍTULO 3</b> .....	42
<b>3.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	42
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	46
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	48
<b>APÉNDICES</b> .....	52

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
LOI	Lost Of Ignition (pérdida por ignición)
COS	Carbono Orgánico del Suelo
ReViSMEM	Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro
IDW	Inverse Distance Weighted (Distancias Inversas Ponderadas)
INSII	International Network of Soil Information Institutions
GloSIS	Global Soil Information System (Sistema de Información de Suelos Global)
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológico
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONG	Organización No Gubernamental
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental para Cambio Climático)
UAL	Universidad de Almería
IDW	Inverse Distance Weighting (Distancias Inversas Ponderadas)

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	centímetro
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
Km	Kilómetro
Ha	Hectárea
Pg	Peta gramo ( $1 \times 10^{15}$ gramos)
Ton ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectárea
Mg ha <sup>-1</sup>	Miligramo por hectárea
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
°C	Grados centígrados
mg	Miligramos
g	gramo
g cm <sup>-3</sup>	gramo por centímetro cúbico
%	porcentaje
#	numeral

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de información edáfica del Ministerio de Ambiente y Ministerio de agricultura alrededor de área de estudio.....	15
Figura 2. Los 15 países con más bosques de manglar a nivel mundial. Datos tomados de: (Giri , y otros, 2010) .....	17
Figura 3. Servicios ecosistémicos del manglar .....	19
Figura 4. Neumatóforos en árbol de mangle negro.....	21
Figura 5. Tipos principales de manglares.....	24
Figura 6. Consecuencias de la liberación de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y a los cuerpos de agua por la degradación de los ecosistemas marino-costeros .....	27
Figura 7. Comparación de Emisiones de CO <sub>2</sub> en Giga Toneladas por año; entre estimaciones de emisiones por la degradación de los ecosistemas marino-costeros (Pendleton, y otros, 2012) vs emisiones de varios países en el año 2020.....	27
Figura 8. Metodología seguida para la elaboración del proyecto .....	29
Figura 9. Propuesta inicial para muestreo de suelo dentro del ReViSMEM .....	31
Figura 10. Puntos de muestreo en suelo de manglar y camarónicas. Fuente: Elaboración propia .....	33
Figura 11. Prueba de prototipos de nucleadores en el suelo del manglar.....	34
Figura 12. Tabla de mareas del día del muestreo.....	35
Figura 13. Marea predicha para el muestreo .....	35
Figura 14. Muestreo de campo.....	36
Figura 15. Trituración de muestras.....	36
Figura 16. Pesaje de muestras en balanza analítica .....	37
Figura 17. Horno de incineración.....	37
Figura 18. Pesaje de muestras en balanza analítica .....	38
Figura 19. Muestras reposando con ácido clorhídrico .....	38
Figura 20. Pesaje de muestras/ muestras en Analyzer Vario Macro .....	39
Figura 21. Computadora analizando datos .....	39
Figura 22. Mapa de resultados en suelo de manglar, metodología: Analizador automático (C/N).....	43
Figura 23. Mapa de resultados en suelo de manglar, metodología: Calcinación .....	43
Figura 24. Mapa de resultados en suelo de camarónicas, ambas metodologías .....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los manglares más representativos.....	22
Tabla 2. Muestreo de campo .....	35
Tabla 3. Metodologías utilizadas para el análisis de las muestras de suelo .....	36
Tabla 4. Costos del proyecto .....	41
Tabla 5. Resultados de carbono orgánico en suelos de manglar .....	44
Tabla 6. Resultados de carbono orgánico en suelos de camarónicas .....	45
Tabla 7. Resultados completos de muestreo en suelos de manglar y camarónicas .	52

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El manglar es un ecosistema que nos brinda muchos beneficios, a estos los catalogamos como servicios ecosistémicos. Los ecuatorianos hemos aprovechado estos servicios para abastecernos de madera, alimentos, como zona de crianza de especies de interés comercial y para recrearnos en ellos; pero los bosques de manglar nos aportan mucho más que eso, los servicios regulatorios del manglar nos brindan protección costera, ayudan a evitar la erosión, mejoran la calidad del aire y el agua, y actúan como sumideros de carbono atmosférico; particularmente almacenan más carbono por unidad de superficie que otros bosques tropicales (Donato , y otros, 2011).

A pesar de todos los servicios listados, estos ecosistemas se encuentran severamente amenazados. En los últimos 50 años se ha perdido entre el 30-50% de la cobertura de manglar a nivel mundial, debido al crecimiento poblacional de las zonas costeras, la sobre explotación del recurso maderable del mangle, y la expansión exponencial de la industria camaronera.

Esta pérdida de la cobertura de manglar contribuye al intercambio de carbono entre el suelo y la atmósfera, resultando en emisiones de efecto invernadero que aún no podemos calcular con exactitud por la falta de data, pero que son mayores que la tasa de almacenamiento de carbono en estos ecosistemas (Alongi, 2014). Donato, *et.al.* (2011), estimó que la deforestación del manglar pudo haber provocado emisiones a la atmósfera de entre 0.02-0.12G Ton de carbono por año, lo que representa alrededor del 10% de emisiones de carbono por deforestación a nivel mundial (Donato , y otros, 2011).

Otros autores como Thomas, Ezcurra, & Aburto-Oropeza, (2016), hallaron que la distribución espacial también juega un rol importante en la captura de carbono; ya que como resultado de sus muestreos observaron que los manglares ribeños capturan significativamente menos carbono que los bosques ubicados en la zonas interiores.

En el caso particular de Ecuador, en base a estudios multitemporales de la cobertura de bosque de manglar, se calcula que se ha perdido el 22.8% de este ecosistema entre

1969 y 2013 (Carvajal & Santillán , 2019). Que han cambiado su uso de suelo por asentamientos urbanos y piscinas camaroneras,

Actualmente se percibe que los manglares contribuyen en gran medida al secuestro de carbono, por lo que la determinación cuantitativa de este elemento en los suelos del manglar es de extrema importancia para la adecuada toma de decisiones para su protección.

### 1.1. Descripción del problema

Entre 1982-2016 el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Agricultura levantaron información de suelo a nivel nacional. Esta información tiene aproximadamente 12 900 perfiles de suelo, de los cuales menos de 80 pertenecen a bosques de manglar, que no representan ni el 1% de la data total. En la figura 1 podemos observar una muestra de al información edáfica existente, cada punto rojo representa un punto de información, y la capa amarilla representa los manglares del golfo de Guayaquil; podemos ver que casi ningún punto de información coincide con el ecosistema manglar.

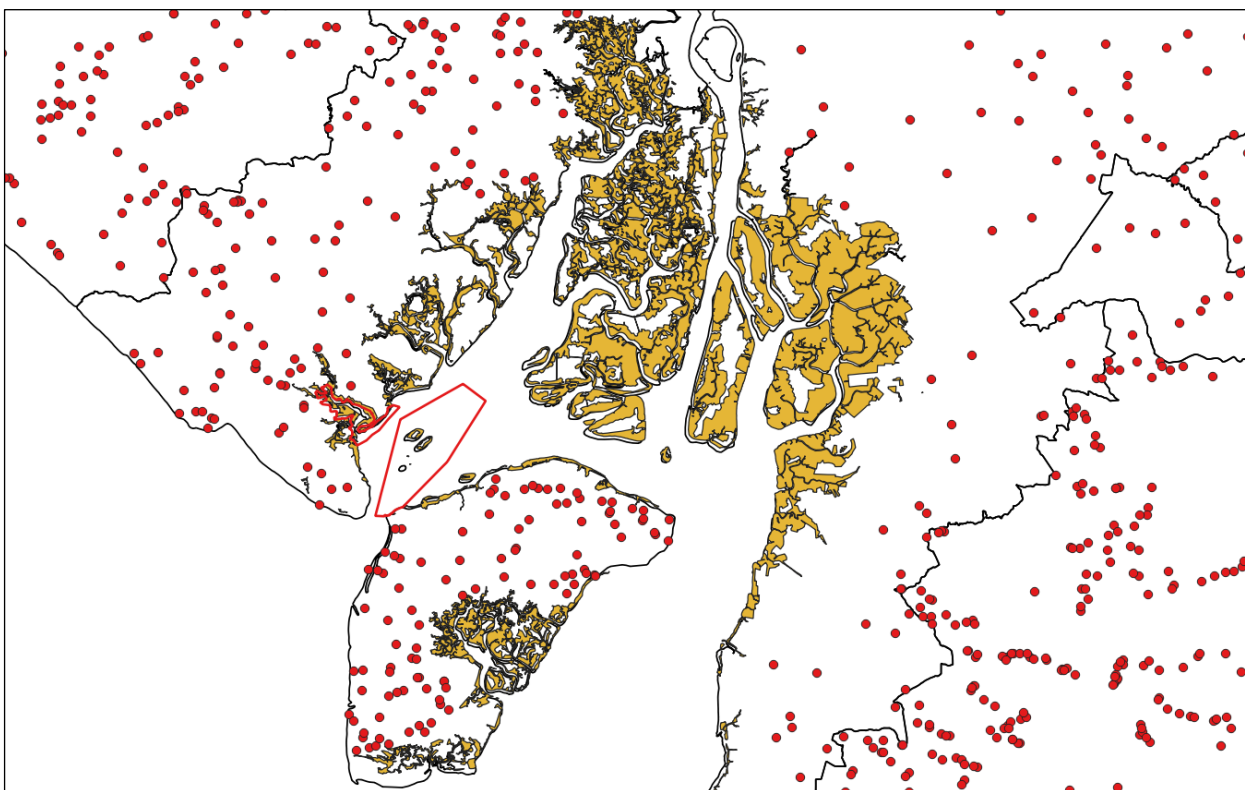


Figura 1. Puntos de información edáfica del Ministerio de Ambiente y Ministerio de agricultura alrededor de área de estudio

Loayza, *et.al.*, (2020) construyeron con esta información y mediante un modelo geoestadístico un mapa digital del contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS)

dentro de los primeros 30cm de profundidad para Ecuador. Como resultado se obtuvo que, para la zona de estudio, Manglares El Morro, los valores de COS eran bajos, de entre 0-40 ton ha<sup>-1</sup>, estos datos además tenían altos niveles de incertidumbre. La heterogeneidad de los ecosistemas y la falta de data, son factores primordiales que contribuyeron a estos altos errores de estimación.

Los valores típicos de COS para ecosistemas de manglar de acuerdo con Sanderman, *et. al.*, (2018) se encuentran entre 86-729 Ton ha<sup>-1</sup>, lo que confirma que la información que se tiene actualmente de los valores de COS en las zonas de manglar de Ecuador no son muy confiables.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), forma parte de la Red Internacional de Instituciones de Información del Suelo (INSII), por sus siglas en inglés (FAO, 2024), por lo que está comprometida a crear e intercambiar información con el fin elaborar mejores herramientas para el manejo del recurso suelo y alimentar el Sistema de Información del Suelo Global (GloSIS).

Con el fin de cumplir con este compromiso, y alimentar la base de datos de información de suelo a nivel nacional existente, se tomaron 14 muestras de suelo en diferentes puntos del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (ReViSMEM), buscando cubrir la zona continental y las islas dentro del refugio, que posee bosques de manglar casi inalterados. Para el análisis de las muestras se utilizaron dos metodologías, un analizador automático de Carbono nitrógeno, y el método de calcinación, en el laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la Facultad de ciencias de la Vida.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Estimar las reservas de carbono en el suelo de manglar en un momento determinado dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, en los primeros 30 cm de profundidad para la complementación de la base de datos de información edáfica en ecosistemas de manglar.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Establecer una metodología para la toma muestras de suelo en el ecosistema manglar para la obtención de la concentración de carbono.



2.Determinar el contenido de carbono en las camaroneras dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro.

3.Comparar los resultados del contenido de carbono en el suelo utilizando diferentes técnicas de análisis de laboratorio; método DUMAS y LOI.

### 1.3. Marco teórico

#### 1.3.1. Manglares

Los manglares son bosques que se distribuyen a lo largo de las costas de 118 países con climas tropicales o subtropicales (entre 30°N y 30°S), en zonas intermareales a lo largo de bahías, golfos, estuarios y ensenadas; recibe su nombre gracias a su especie vegetal predominante, el mangle. Para el año 1970 se estimó que los manglares cubrían 20 millones de Ha (Spalding , Blasco , & Filed , 1997), ya en el año 2000 se calculó que el área total de estos bosques era de menos de 14 millones de Ha; que equivale al 2.5% de la extensión de la selva del Amazonas (Barbier , y otros, 2011). Con estas cifras nos podemos dar cuenta que en 30 años hubo una pérdida aproximada del 30% de la cobertura mundial del manglar, y esta cifra solo sigue creciendo año tras año.

Giri C., y otros, (2010) encontraron que aproximadamente el 75% de los bosques de manglar se encuentran en solo 15 países (Figura 2), esto quiere decir que sobre pocos países yace la responsabilidad de la conservación de la mayoría de los manglares. Existen ya varias estrategias como los créditos de carbono, para incentivar a la conservación de los ecosistemas que son sumideros de carbono; más adelante desarrollaremos en estas estrategias.

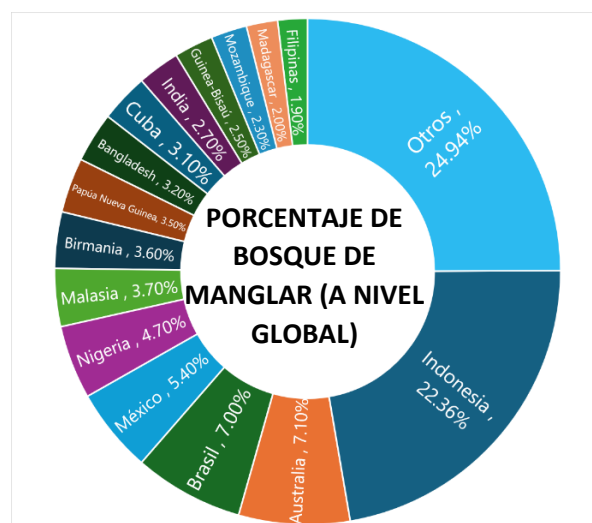


Figura 2. Los 15 países con más bosques de manglar a nivel mundial. Datos tomados de: (Giri , y otros, 2010)

A pesar su limitada extensión la protección de los ecosistemas de manglar es primordial, ya que ofrecen una gran variedad de servicios ecosistémicos (Figura 3). Inicialmente el servicio ecosistémico más conocido y “explotado”, fue el servicio de aprovisionamiento (madera, alimento, medicina) y los servicios culturales. Para el caso específico de Ecuador, la madera del árbol de mangle fue muy utilizada para la construcción de embarcaciones, en la ciudad puerto Guayaquil, y a lo largo de la línea costera como materia prima para la construcción de viviendas. En localidades de Sinaloa, México, como parte de la medicina ancestral, se utilizan las hojas de mangle prieto para tratamiento de enfermedades gástricas, problemas circulatorios y para combatir las machas de la piel (Hernández-Cornejo, Koedam , Luna , Troell , & Dahdouh-Guebas, 2005).

A medida que se investigó más sobre este ecosistema, se pudieron documentar y parcialmente cuantificar los servicios de regulación y de soporte que ofrece el manglar. Como servicio de regulación, sabemos que los manglares forman una barrera natural entre el mar y la tierra, por lo que sirven de protección a las zonas pobladas adyacentes ante fuertes oleajes, altas mareas, y ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, como huracanes y tsunamis (The Nature Conservancy , 2020). Para ejemplificar este servicio de protección costera podemos recordar el tsunami de 2004 que ocurrió en las costas de Sumatra, Indonesia. Sirikulchayanon, Sun , & Oyana, (2008), encontraron que en área sin cobertura de manglar el tsunami provocó daños mayores en el 26.87% de la cobertura terrestre (en promedio), versus el solo 2.77% de cambio en la cobertura terrestre en áreas con alta cobertura de manglar.

Otro servicio de regulación importante que proveen los manglares es el control de erosión, usando sus raíces, el mangle, retiene y estabiliza los sedimentos, lo que ayuda a la formación del suelo y reducción de la erosión en las costas (Barbier , y otros, 2011). Este servicio en particular es difícil de cuantificar, pero podemos tomar en cuenta que la protección de manglar nos ahorraría la construcción de estructuras para la protección costera, como rompeolas. También se podría evaluar la correlación entre los costos de los trabajos de dragado generados por la destrucción de ecosistemas de manglar y la consecuente erosión costera.

En sus sedimentos los manglares retienen nutrientes y filtra los nitratos, fosfatos y contaminantes, por lo que son considerados como filtradores del agua. Finalmente, y no menos importante, de hecho, la base de esta investigación, tenemos el servicio de

regulación: secuestro de carbono, primordial contra la lucha contra el cambio climático. Más adelante describiremos cómo el manglar es uno de los ecosistemas que más secuestra y almacenan CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, a pesar de su limitada y cada vez más reducida extensión.

Como servicio de soporte tenemos que los bosques de manglar son hábitat de muchas especies de aves, invertebrados y mamíferos; también sirven como zona de desove, criadero y alimentación de hasta un 75% de especies tropicales de peces de importancia pesquera (Kauffman, Donato, & Adame, 2013) y otras especies marinas como bivalvos, algas, esponjas y crustáceos. Por esto los manglares constituyen un pilar fundamental para los recolectores artesanales de moluscos que crecen en las raíces aéreas del mangle y crustáceos que viven en los suelos pantanosos del manglar. Peces de importancia económica para pesquerías de mediana y gran escala como el robalo y el pargo, usan el manglar como zonas de desove y criadero, ya que, en sus aguas ricas en nutrientes, con baja presión de depredación y con intrincados sistemas de raíces encuentran alimentación y refugio (Aburto Oropeza, Domínguez Guerrero, Cota Nieto, & Plomo Lugo, 2009),



Figura 3. Servicios ecosistémicos del manglar

Los ecosistemas de manglar se pueden definir como un ecotono, ya que es un espacio de transición entre un ecosistema terrestre y uno marino. De acuerdo con su ubicación,

podemos clasificar a los manglares en tres tipos fisiográficos: de borde, ribereño, y de cuenca. Los manglares de borde o franja son los que se encuentran en la primera línea, crecen la orilla de costas protegidas, bahías, rodeando islas o lagunas artificiales; expuestos a la fuerza del oleaje, suelos inestables y recambio de agua constante. Luego se encuentran los manglares ribereños, que crecen a la orilla de ríos, en zonas con influencia de mareas y agua salobre. Finalmente tenemos los manglares de cuenca, estos crecen detrás de los manglares ribereños y de borde; en suelos más estables, con poco recambio de agua, lejos de la influencia de las mareas (Segui , s.f.). Si podemos reconocer que tipo de manglar tenemos en cada ecosistema, nos será más fácil determinar el rol que desempeña cada uno y la importancia de su protección. Por ejemplo, Thomas , Ezcurra , & Aburto-Oropeza (2016) encontraron en un muestreo hecho a 8 bosques de manglar en Baja California que la densidad de Carbono almacenada en los suelos no estaba ligadas en sí al tamaño del bosque, sino más bien determinaron que la franja interna de los bosques, presentaba mayores densidades de carbono que la franja de los manglares de borde.

Para sobrevivir a estas condiciones especiales, los árboles de mangle han evolucionado y se han adaptado usando estrategias como filtrar el agua que entra por las raíces, excretar la sal a través de glándulas encontradas en las hojas, o concentrar la sal en las hojas más viejas y en la corteza, que al desprenderse el árbol se deshace del exceso de sal. El mangle comparte las estrategias para almacenar agua de algunas plantas que se encuentran en el desierto, guarda agua en sus hojas, que en algunos casos tienen una cobertura cerosa y en otros casos tienen vellosidades para evitar la evaporación del agua. Para obtener oxígeno algunos árboles de mangle desarrollan raíces que sobresalen del suelo en forma de lápiz, llamados neumatóforos; estas raíces funcionan como tubos respiradores cuando no están sumergidos (American Museum of Natural History, s.f.). Otras especies poseen protuberancias en la superficie del tronco o las raíces, llamadas lenticelas, que facilitan en intercambio de gases cuando se presentan condiciones cuasi anóxicas.



Figura 4. Neumatóforos en árbol de mangle negro.  
Fuente: (Puerto Rico Sea Grant, s.f.)

Las semillas de los mangles también se presentan de forma particular. De acuerdo con la especie tiene diferentes formas, pero casi todas las especies tienen la estrategia de tener semillas que se desarrollan mientras que aún se encuentran adheridas al árbol, y una vez maduras pueden flotar durante las mareas altas y echan raíz cuando encuentran tierra firme, llegando a viajar varios kilómetros si es necesario antes de encontrar un ambiente apto para desarrollarse.















El mangle es un árbol que pertenece a las familias Rhizophoraceae, Acanthaceae, Lythraceae, Combretaceae o Arecaceae; se considera una especie halófila, ya que habitan en medios salinos. De acuerdo con su ubicación, pueden crecer en suelo lodosos, arenosos, e inclusive en rocas coralinas. Se han descrito 80 especies de mangle, de las cuales solo tenemos 12 en el continente americano. Según su especie y ubicación geográfica podemos encontrar árboles de mangle con estatura promedio de 9m, hasta gigantes de 60m, en estuarios de la zona de Esmeraldas, Ecuador (American Museum of Natural History, s.f.). Las principales especies de mangle son: el mangle rojo, *Rhizophora mangle*; mangle negro, *Avicennia germinans*; mangle blanco, *Laguncularia racemosa*; mangle jelí, *Conocarpus erectus*. Según la especie, el mangle soporta diferentes condiciones de inundación y salinidad y presenta diferentes características, para poderlos reconocer a simple vista veamos la tabla 1.

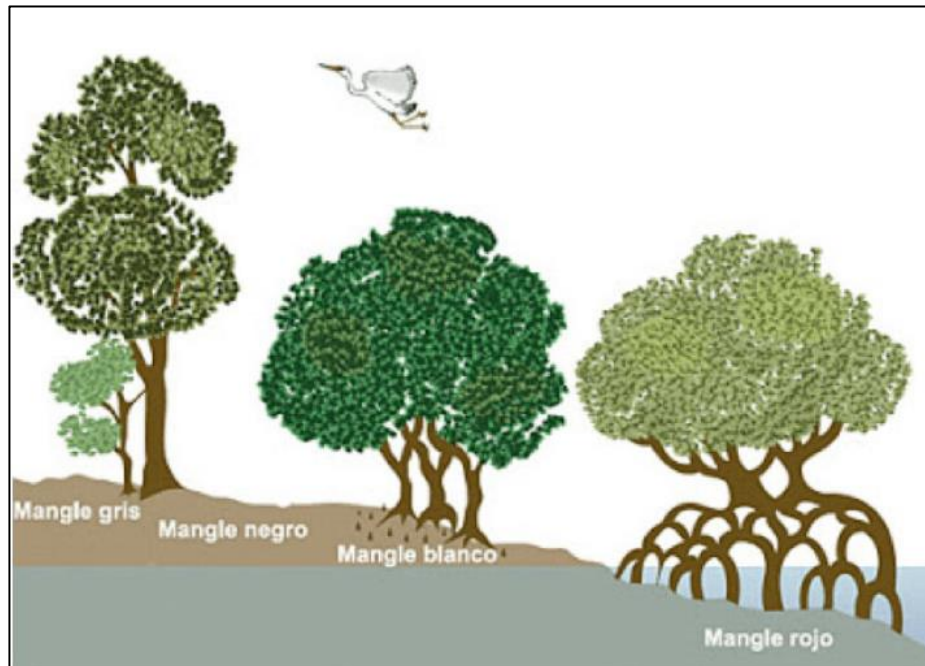
Tabla 1. Características de los manglares más representativos.

Fuente: (Eco exploratorio, 2024), (MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2014) (Maldonado & Segarra, 2014)

<b>Nombre común</b>	Mangle rojo, colorado, de concha	Mangle blanco, mereicillo	Mangle negro, prieto	Mangle jeli, botón, o zaragoza
<b>Nombre científico</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Conocarpus erectus</i>
<b>Ubicación</b>	-Bordeando la orilla de la playa -Rodeando islotes -A la entrada de estuarios	-Zonas interiores de humedales costeros, estuarios, orillas de lagunas y ríos -Generalmente crecen detrás del mangle negro	-Por encima de la pleamar -Lagunas costeras y estuarios de agua salobre -Generalmente crecen detrás del mangle rojo	-En la parte más posterior de los bosques de manglar
<b>Características</b>	-Miden hasta 40m -Madera incorruptible, muy utilizada para construcciones -Corteza rojiza-café -Tronco con corteza uniforme y completa -Presencia de leticelas en raíces y tallo	-Miden hasta 20m -Corteza gris oscura o blanquecina, presenta grietas profundas.	-Miden hasta 15m -Madera incorruptible (menos que el mangle rojo) -Corteza de color gris oscuro o negro.	-Miden hasta 20m -Corteza gruesa, de color gris a castaño
<b>Medio en el que se desarrollan</b>	-En sustratos inestables -Suelos finos -Contacto directo con agua salada y oleaje -Pobres en oxígeno	-Áreas inundables -Aguas salobres -Suelos más estables, o sustratos arenosos -Puede crecer tanto en suelos salados como con baja salinidad	-Altos niveles de salinidad -Sustratos poco inestables, que se inundan periódicamente	-Suelos estables, secos, con buen drenaje, elevados y arenosos -Sin influencia de mareas
<b>Tipo de raíces</b>	-Raíces grandes, largas, zancudas, que penetran en el suelo o se presentan en forma aérea -Poseen poros para intercambio de gases y nutrientes -Ayudan a filtrar la sal por medio de ósmosis	-Posee neumatóforos más cortos y achatados -Sistema de raíces superficiales, se desarrollan alrededor del tronco.	-Sobresalen del sustrato: "neumatóforos" de hasta 40cm de alto -Poseen poros respiratorios	-No posee neumatóforos ni raíces especializadas -Raíces similares a los árboles comunes
<b>Tipo de semillas</b>	-Semillas que maduras se tornan alargadas en forma de vaina que miden de 24-60cm -Flotan hasta encontrar sustrato	Semillas pequeñas en forma ovalada, como almendrada con una ranura. Inmaduro: verde Maduro: marrón	Semillas pequeñas, ovaladas y achatadas.	Semillas pequeñas en forma de botón



	<p>-Cuando germina se la llama: “plántula o propágulo”</p> 			
<p><b>Tipo de hojas</b></p>	<p>-Grandes, ovaladas, alargadas y puntiagudas. -Color verde oscuro, de textura cueruda.</p> 	<p>-Ovaladas, y alargadas, punta redondeada. -Secretan sal (por medio de glándulas como lagrimales ubicadas en el peciolo) -Carnosas, ligeramente succulentas, si pelos o venas visibles.</p>  	<p>-Alargada, angosta y ápice agudo-redondeado -Haz: verde -Envés: verde-amarillento y opaco -Secretan sal (por medio de los estomas en el haz de la hoja)</p>  	<p>-Hojas pequeñas, alargadas y puntiagudas -Poseen también glándulas excretoras de sal en el peciolo</p>  
<p><b>Tipo de flores</b></p>	<p>Pequeñas, de color blanco a crema</p> 	<p>Pequeñas y numerosas de color blanco.</p> 	<p>Pequeñas, de pétalos blancos. Dispuestas en racimos.</p> 	<p>Diminutas, sin pétalos, verdes y olorosas. Dispuestas en racimos.</p>



*Figura 5. Tipos principales de manglares*

#### **1.3.1.1. Manglares en Ecuador**

En Ecuador los bosques de manglar ocupan una superficie aproximada de 157 201 Ha (MAATE, 2023), de las cuales el 99% se distribuyen en cinco zonas estuarinas: Estuario del Río Muisne y Cayapas Mataje en la provincia de Esmeraldas; Estuario del Río Chone en la provincia de Manabí; Golfo de Guayaquil en Guayas; y Archipiélago de Jambelí en la provincia de El Oro (MAATE, 2015).

#### **1.3.1.2. Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro**

El Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (ReViSMEM), perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), está ubicado en la zona estuarina del Norte del Golfo de Guayaquil, de la provincia del Guayas, Ecuador.

Se creó el 12 de septiembre de 2007 mediante el Acuerdo Ministerial #266, por el, en esa época llamado, Ministerio de Ambiente, con el fin principal de proteger la población residente de delfines y fragatas; y con un área protegida de 10 130,16 Ha (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica , 2021).

Actualmente esta área protegida triplicó su tamaño, ya que el 05 de noviembre de 2021, el ahora, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), mediante el Acuerdo Ministerial #055 oficializó la ampliación del ReViSMEM a 35 373,41 Ha,



respondiendo a la iniciativa presentada por la administración del área protegida, 4 gremios pesqueros, el gremio turístico, y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la Parroquia El Morro (Conservación Internacional , 2022).

La intervención de los actores locales para la ampliación del área protegida fue primordial, quienes al ver la presión que sufren los manglares de la zona por la expansión de la industria acuícola, la contaminación antropogénica y la pesca ilegal, plantearon la necesidad de garantizar la conservación de los manglares de la zona, y con ello los recursos bioacuáticos de los que dependen económicamente, y mejorar la condiciones del turismo sostenible (El Comercio, 2022).

En esta área protegida tenemos la parte continental y la parte insular conformada por las islas Manglecito Chico, Manglecito Grande, Isla Nueva y las formaciones rocosas Farallones.

En cuanto a los tipos de manglar que podemos encontrar dentro del ReViSMEM tenemos al mangle rojo macho y hembra (*Rhizophora mangle* y *R. harrisonii*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle jelí o también conocido como botón (*Conocarpus erectus*); en la zona no rivereña también podemos encontrar otras tipos de árboles y arbustos típicos del clima seco costeño como los algarrobos (*Prosopis spp*), muyuyos (*Cordia lutea*) y ceibos (*Ceiba trichistandra*).

### **1.3.2. Secuestro de carbono**

*“El carbono ni se crea ni se destruye...”*

La deforestación y el cambio de uso de suelo ocupan el segundo lugar en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente de origen antropogénico. Al proceso de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> se lo conoce como secuestro de carbono.

Este proceso se pueda dar de forma natural o artificial. Los bosques terrestres, la agricultura, y los ecosistemas marinos, capturan de forma natural los gases de efecto invernadero mediante sus procesos de fotosíntesis.

Existen también metodologías artificiales que se han desarrollado para capturar estos gases de efecto invernadero, que son almacenados bajo tierra o transformados en energía utilizando biomasa, estos procesos artificiales aún tienen una disponibilidad limitada por sus altos costos y procesos que requieren tecnologías desarrolladas (intergovernmental Panel on Climate Change, 2021)

### 1.3.3. Carbono azul

Se refiere al carbono almacenado de forma natural en los ecosistemas marino-costeros; manglares, praderas marinas y marismas (Conservación Internacional, 2019). La conservación de estos ecosistemas de carbono azul es clave para la mitigación del cambio climático, ya que absorben y almacenan hasta 4 veces más carbono por unidad de superficie que los bosques tropicales (Murray , Pendleton , Jenkins , & Silfeet , 2011).

Los ecosistemas de carbono azul cubren menor área a nivel mundial en comparación con los bosques terrestres, y se distribuyen a lo largo de las costas de todos los continentes en la zonas intermareales (menos Antártida). Los manglares se encuentran en climas tropicales y subtropicales, las marismas predominantemente en las costas de zonas templadas y regiones árticas (Tiner & Milton , 2018), y los pastos marinos en aguas poco profundas y saladas de todo el mundo.

El carbono es capturado por los organismos vivos; este se acumula y almacena en forma de biomasa y sedimentos en estos ecosistemas marino-costeros. Las condiciones cuasi anóxicas de los suelos de estos ecosistemas hacen que el carbono se descomponga lentamente y esté atrapado durante un período más prolongado, siglos hasta milenios, en comparación con otros ecosistemas terrestres, esto los convierte en importantes sumideros de carbono (IPPC, 2014). Otra ventaja de los ecosistemas de carbono azul para el almacenamiento de carbono es que estos no se saturan de carbono; ya que el aumento del nivel del mar promueve la acumulación vertical de sedimentos a lo largo del tiempo, más sedimentos más capacidad de retención de carbono (Kirwan & Megonigal , 2013).

Debemos recordar que acciones como la tala de árboles, la remoción del suelo, el cambio de uso de suelo; en general la perturbación y destrucción de estos ecosistemas provocaría que todo este carbono secuestrado sea liberado. Entonces no solamente debemos considerar que los ecosistemas de carbono azul son sumideros, sino que también se pueden convertir en importantes fuentes de emisión de carbono hacia la atmósfera, aumentando los gases de efecto invernadero (GEI), o a los cuerpos de agua, causando acidificación (imagen x). (Pendleton , y otros, 2012) estimaron que se liberarían entre 0.15-1.02 Giga toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente por la degradación y conversión de los ecosistemas costeros; los manglares al ser los que más almacenan carbono por

hectárea aportarían con casi la mitad de estas emisiones, luego las marismas y en menor cantidad los prados marinos; para poner en perspectiva estos datos veamos al tabla XX.

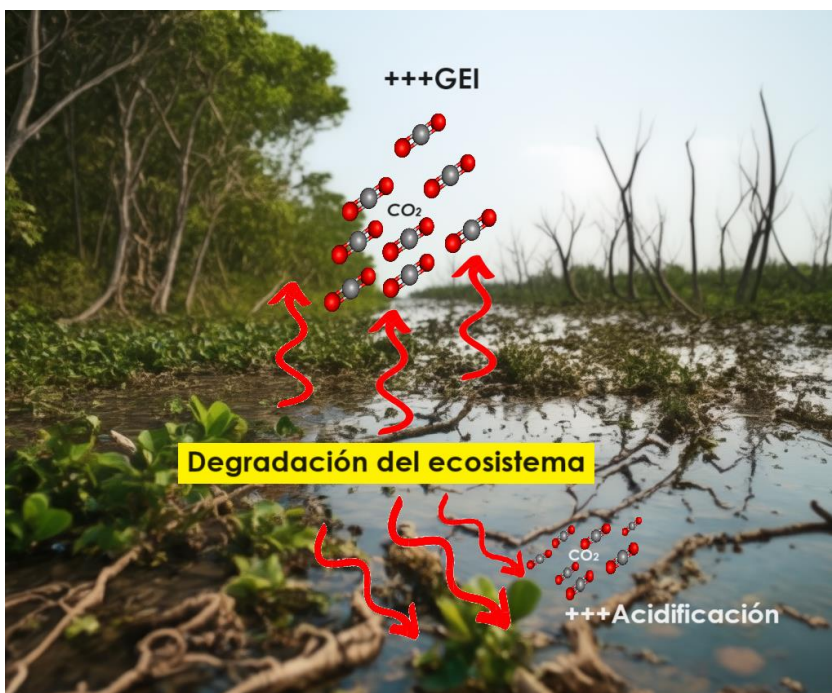


Figura 6. Consecuencias de la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y a los cuerpos de agua por la degradación de los ecosistemas marino-costeros

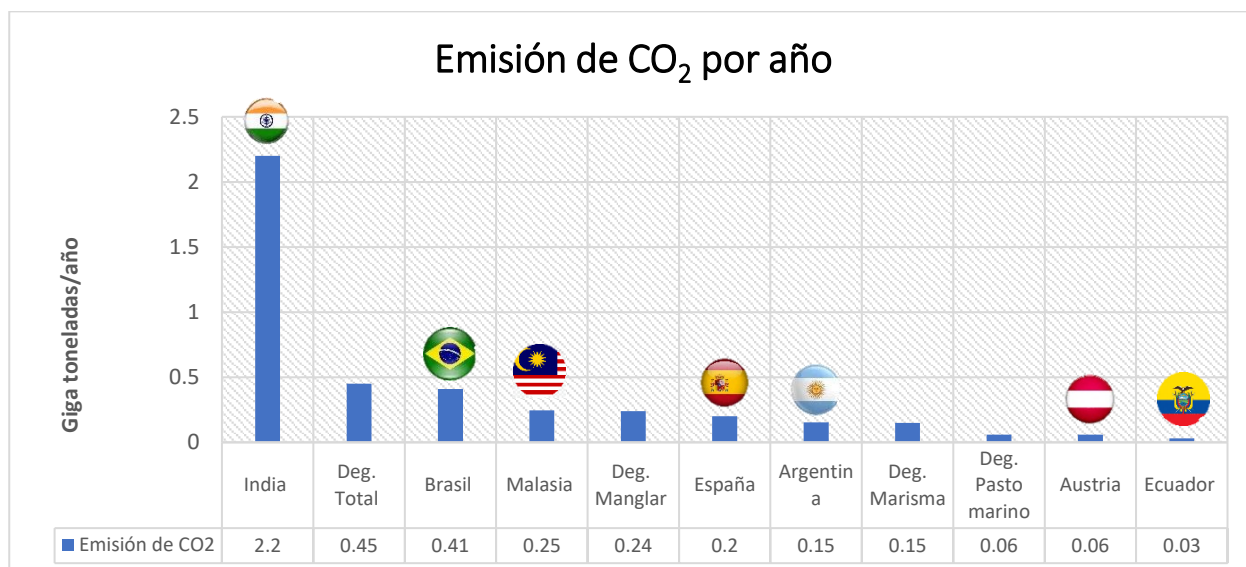


Figura 7. Comparación de Emisiones de CO<sub>2</sub> en Giga Toneladas por año; entre estimaciones de emisiones por la degradación de los ecosistemas marino-costeros (Pendleton, y otros, 2012) vs emisiones de varios países en el año 2020.

En el 2020 India ocupó el tercer lugar en emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial con 2.2 GT. Las emisiones estimadas por la degradación de todos los ecosistemas (media) es de 0.45 GT CO<sub>2</sub> yr-1, muy similar a la cantidad de CO<sub>2</sub> que emitió Brasil en 2020. La estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por la degradación del manglar se compara con las emisiones de Malasia, y supera las emisiones de España en 2020. Las estimaciones de emisiones en los ecosistemas marismas y

*pastos marinos son semejantes a las emisiones de Argentina y Austria respectivamente en 2020. Fuente: (Pendleton, y otros, 2012) (Banco Mundial, 2024). Origen: Elaboración propia.*

Otro punto para tener en cuenta cuando se destruyen estos ecosistemas costeros, y se utilizan para otras actividades económicas (camaroneras, vivienda, etc.), es que la geomorfología de la costa puede cambiar, por lo que los esfuerzos para reestablecer las condiciones iniciales de estos entornos naturales pueden tornarse poco efectivos y muy costosos; la mejor alternativa es la protección.

Mediante el avance en la investigación podemos ejercer presión sobre los tomadores de decisiones, ya que las acciones de conservación de estos ecosistemas marino-costeros ayudarían a los gobiernos a cumplir con las metas establecidas en los acuerdos internacionales como el Acuerdo de París; donde se creó el compromiso de: “*Conservar y aumentar..., los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero*” (Naciones Unidas (ONU), 2015). Otra alternativa, es unirse a iniciativas de conservación locales, ONGs, proyectos académicos, que propongan proyectos de conservación y restauración en base a las necesidades específicas de cada comunidad.

#### **1.3.3.1. Secuestro de carbono en ecosistemas de manglar**

A medida que investigamos más los manglares, nos damos cuenta de que estos ecosistemas juegan un rol importante en la regulación climática, ya que capturan de la atmósfera gran cantidad de carbono, ayudando a crear un contrapeso de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>.

En estos ecosistemas, el carbono se almacena en los tallos, hojas raíces, y mayormente en los sedimentos.

En los manglares el ciclo de carbono es activo, por acción de las mareas y las olas, la actividad de las cadenas alimentarias terrestres-acuáticas (animal/vegetal)

Las mareas actúan como conductores primarios en la regulación y estructuración de los manglares; ayudan al manglar en sus ciclos por lo que pueden utilizar su energía para crecer y reproducirse.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para planificar el trabajo de investigación se elaboró una metodología, basado en la disponibilidad de equipos y restricciones de movilidad por motivos de pandemia, y limitantes monetarios. Ya que tuve acceso a la base de datos de información edáfica del Ecuador, gracias a mi participación en una pasantía, pude detectar la escasez de datos para lo suelos de ecosistema manglar.



*Figura 8. Metodología seguida para la elaboración del proyecto*

Para la planificación del muestreo se tomó como referencia el estudio de Kauffman, Donato , & Adame , (2013); que sigue los estándares internacionales establecidos en guías del Panel Intergubernamental para Cambio Climático (IPCC); también se consultó con expertos en muestreos de campo de la ESPOL y la Universidad de Almería (UAL). En base a esta guía para preparar el plan de medición de las reservas de carbono se siguieron estos pasos:

Paso 1. Definir los límites del área de estudio

Paso 2. Estratificar el área de estudio

Paso 3. Seleccionar los componentes de carbono a medir

Paso 4. Determinar tipo, número y localización de puntos a muestrear

Paso 1: Se eligió el Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro como zona de muestreo, ya que este ecosistema nos podría dar una buena estimación del almacenamiento de carbono orgánico en el ecosistema de manglar en el que se han aplicado estrategias de conservación efectivas; es un bosque: conservado en el tiempo, casi inalterado, y cercano a mi zona de residencia, Guayaquil.

Paso 2: Para acceder al área de estudio utilizamos una lancha destinada normalmente para actividades ecoturísticas, ya que el suelo del manglar era pantanoso e inestable, característico del manglar de borde, subir y bajar del bote hubiera llevado mucho tiempo, y teníamos la restricción del tiempo, un ciclo de marea baja, por lo que se eligió muestrear suelo a una profundidad de 30cm en los manglares de borde: Mangle Rojo y mangle blanco.

Paso 3: Del ecosistema manglar se pueden muestrear varios componentes para determinar su contenido de carbono, reservas aéreas: árboles, arbustos, madera muerta; y reservas subterráneas: raíces y suelo. Debido a las limitaciones de recursos, personal disponible para el muestreo, y acceso a la zona de estudio, se eligió únicamente muestrear el suelo del manglar, además, en este componente del ecosistema manglar se encuentran entre el 50% y el 90% de las reservas de carbono totales.

Paso 4: Para determinar el número de parcelas y el nivel de precisión esperado de los datos del estudio, se tomó como ejemplo la ecuación propuesta por Kauffman, Donato, & Adame, (2013):

$$n = \left( \frac{t \times s}{E} \right)^2$$

Donde:

$n$ = número de parcelas (puntos de muestreo)

$t$ = estadístico de la distribución t para el intervalo de confianza de 95%, ya que el tamaño de la muestra es desconocido vamos a tomar  $t=2$

$s$ = desviación estándar esperada o conocida de datos previos

$E$ = error admisible en la primera mitad del intervalo de confianza, es el resultado del producto del promedio de la reserva de carbono y la precisión deseada.



Para localizar los puntos de muestreo, se cargaron previamente en un GPS coordenadas equidistantes al borde del manglar, como guía para determinar el sitio donde la lancha se debía orillar y detener.

Paso 5: El objetivo del proyecto era medir un punto en el tiempo del contenido de carbono orgánico en el suelo, por lo que se establecieron puntos de muestreos temporales donde se tomaron muestras simples de suelo. Al ser el ReViSMEM una reserva que se encuentra en un estuario, el ecosistema de manglar no se ve significativamente alterado en el tiempo, por lo que muestreos frecuentes no percibirían cambios importantes en el contenido de carbono de este ecosistema específico.

## 2.1. Área de estudio

El muestreo se realizó dentro de los límites de la Reserva de Vida Silvestre Manglares El Morro antes de su expansión, con 10 030Ha de extensión total; las cuales 1 318.99Ha correspondían a bosque de manglar y 117.53Ha correspondían a camaroneras. Para calcular las áreas de camaroneras y bosque de manglar, se utilizó la herramienta “medir áreas” de QGis.

Propuesta inicial: Inicialmente se tuvo la intención de recolectar muestras de suelo en 30 puntos en las zonas de manglar, ubicados de tal manera que todo el bosque del refugio se encuentre representado en un radio de 1km por al menos un punto de muestreo (ver figura 9).

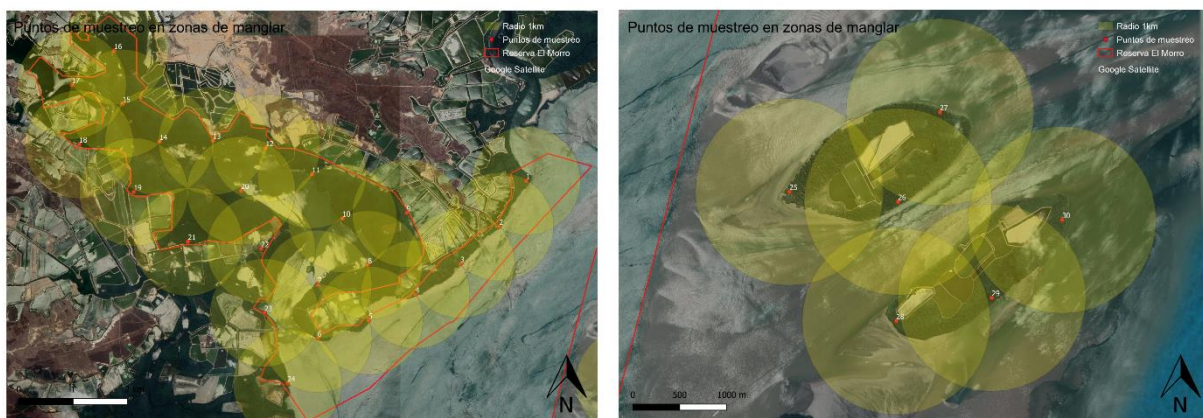


Figura 9. Propuesta inicial para muestreo de suelo dentro del ReViSMEM

Muestreo final: Debido a limitaciones de tiempo de muestreo (un ciclo de marea) y recursos, se recolectaron 18 muestras de suelo en los puntos que se presentan en la figura 10:

- 8 puntos dentro de la zona continental de la reserva, en suelo de manglar
- 3 muestras en la Isla Manglecito Grande, en suelo de manglar
- 3 muestras en la Isla Manglecito Chico, en suelo de manglar
- 2 muestras en la Isla Manglecito Grande, en suelo de camaroneras
- 2 muestras en la Isla Manglecito Chico, en suelo de camaroneras

Como tenemos el número de puntos muestreados, podemos determinar la precisión de nuestros datos; tomamos los datos de promedio de COS y desviación estándar del área de estudio generados del mapeo digital de carbono orgánico en suelos elaborado por (Loayza, y otros, 2020). Tenemos la ecuación para el número de parcelas o puntos de muestreo:

$$n = \left(\frac{t \times s}{E}\right)^2$$

Despejamos “E”:

$$E = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

Sabemos que “E” es el producto de la precisión deseada y el promedio de la reserva de carbono. Vamos a nombrar la precisión deseada como “z”, y el promedio de la reserva de carbono como “ $\overline{COS}$ ”.

Reemplazamos “E” y despejamos “z”:

$$z \times \overline{COS} = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

$$z = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \times \frac{1}{\overline{COS}}$$

$$z = 0.278915 \approx 28\%$$

$$t = 2$$

$$n = 18$$

$$s = 32.95 \text{ T ha}^{-1}$$

$$\overline{COS} = 55.69 \text{ T ha}^{-1}$$



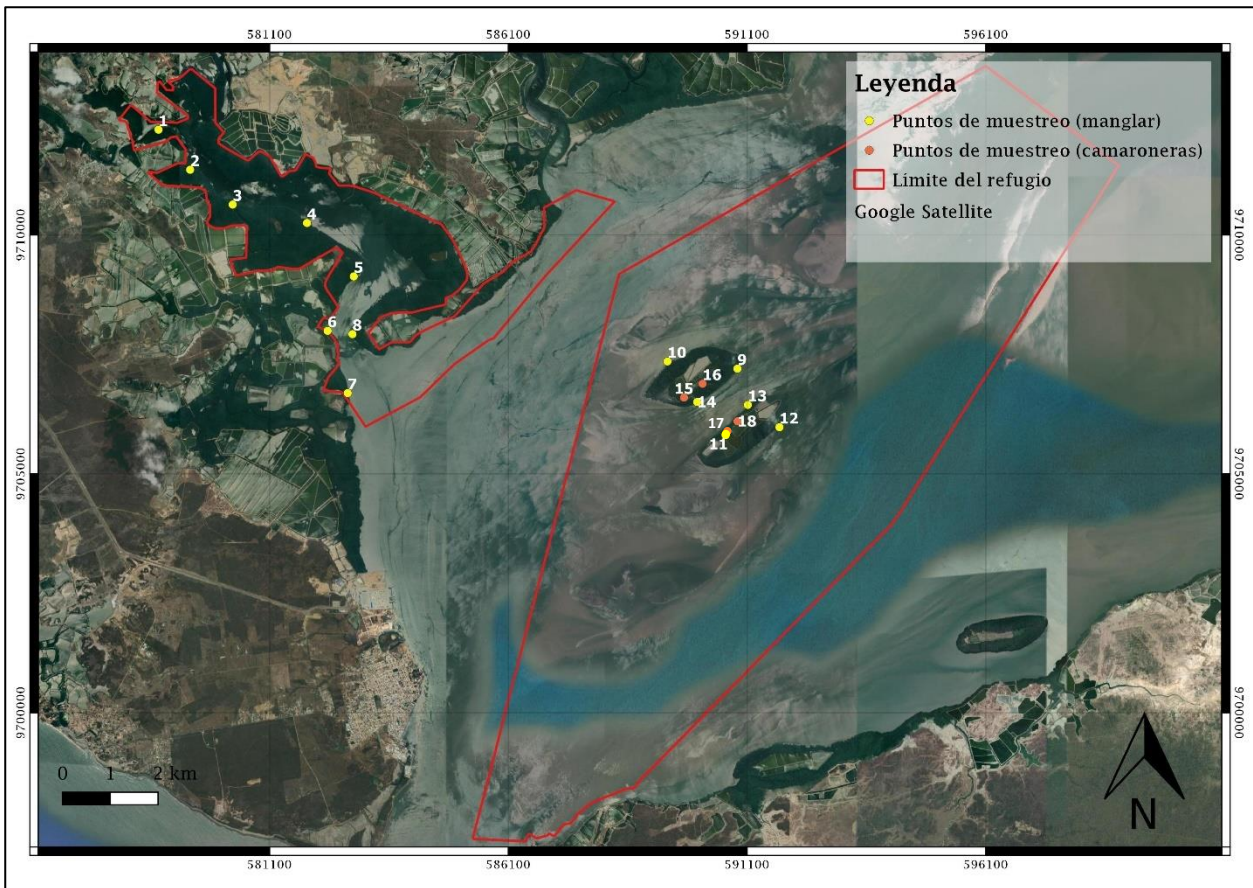


Figura 10. Puntos de muestreo en suelo de manglar y camaronerías. Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Materiales y equipos

### Elaboración y prueba de equipos

Para tomar las muestras de suelo de 30cm de longitud poco alterada y sin compactar era necesario utilizar un nucleador tipo barrena de mediacaña, ya que no contaba con un nucleador, construí dos prototipos.

Prototipo 1: Tubo de acero inoxidable de 40cm de longitud y punta biselada para perforar el suelo, una varilla metálica y un caucho grueso redondo para expulsar la muestra. Se tomó como referencia el funcionamiento de una jeringa para la construcción del sistema de expulsión.

Prototipo 2: Tubo de pvc con punta biselada de 60cm de longitud, con varilla metálica y tapón de caucho para expulsar muestra.

Se probaron ambos prototipos en el suelo del manglar del estero salado (figura 11). El prototipo 1 fue más eficiente para penetrar el suelo duro y el prototipo 2 fue más útil para tomar muestras a mayor distancia.



*Figura 11. Prueba de prototipos de nucleadores en el suelo del manglar*

### **2.3. Muestreo de campo**

El 05 de agosto del 2021 se realizó el muestreo durante el período de marea baja diurno (figura 13), entre las 7:00am y las 12:30pm. Se utilizó el prototipo de nucleador #2, ya que era difícil bajar de la embarcación para tomar la muestra, y este fue más útil para tomar la muestra desde la embarcación.

Se inició desde el punto más cercano al puerto a las 07:01am (punto 1), se tomó los datos del punto muestreado con el GPS, se tomó la muestra con el nucleador; luego se colocó el núcleo extraído sobre un saco y se midió 30cm de muestra que se guardaron en una funda ziploc con la identificación del punto muestreado. Luego se tomó los datos de salinidad y PH con la ayuda del salinómetro. Finalmente se procedió a enjuagar el nucleador para avanzar al siguiente punto. Esta metodología se repitió para las muestras tomadas en todos los puntos de manglar (1-14), ver mapa en figura 10.

Para tomar los muestreos en los puntos de camaroneras se pidió autorización a la seguridad de cada isla, ya que estas son propiedad privada. Para tomar los muestreos en estos puntos se utilizó el prototipo #1 de nucleador, ya que el suelo era más duro, y se siguió el mismo protocolo que con las muestras de suelo de manglar.

Al regresar de los islotes Manglecito Chico y Manglecito Grande ya la marea había subido lo suficiente como para cubrir las raíces del manglar, por lo que se tomó finalmente la muestra en el punto #8 a las 12:02pm y se regresó al puerto.

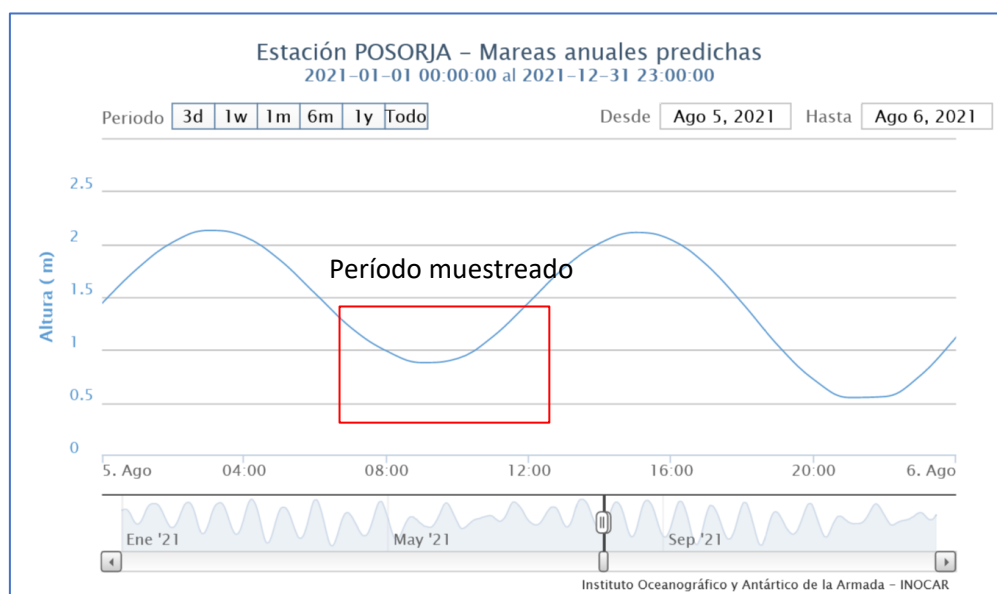
A lo largo del recorrido se pudieron observar varias especies de peces y aves, lo que fue para nosotros un signo del buen estado de conservación que se encontró en este ecosistema.

*Tabla 2. Muestreo de campo*

<b>Equipos</b>	Nucleadores, GPS, salinómetro, saco
<b>Insumos</b>	Fundas ziploc, etiquetas, rotuladores, cinta métrica, botas
<b>Fecha</b>	05/08/2021
<b>Hora</b>	07H00-12H30
<b>Lugar</b>	Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro
<b>Medio de transporte</b>	Lancha turística

05/08/2021 Jueves	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)
03:11	2.13 P
09:16	0.87 B
15:07	2.11 P
21:28	0.53 B

*Figura 12. Tabla de mareas del día del muestreo*



*Figura 13. Marea predicha para el muestreo*



Figura 14. Muestreo de campo

## 2.4. Análisis de laboratorio

Se analizaron las 18 muestras de suelo en el Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de ESPOL, a cargo del Dr. Eduardo Chávez Navarrete, y con la asistencia de la Dra. Martha Hidalgo, ing. Elías García e Ing. Julia Flores.

Se utilizaron dos metodologías para el análisis de las muestras de suelo:

Tabla 3. Metodologías utilizadas para el análisis de las muestras de suelo

MÉTODO	PARÁMETRO
Analizador automático C/N (Dumas)	Carbono orgánico y nitrógeno total
Calcinación (Mufla)	Carbono orgánico

1. Se secaron las muestras por 48 horas
2. Se pesaron las muestras secas
3. Se trituraron las muestras



Figura 15. Trituración de muestras



4. Se tamizaron las muestras utilizando un tamiz #20

#### 2.4.1. MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN (LOI)

5. Se calentaron los crisoles en la mufla a 400°C por 2 horas, luego se enfriaron en un desecador y se determinó el peso de tara a 0.1 mg.
6. Se pesaron 2 g de muestra de suelo secada al aire en un crisol tarado



Figura 16. Pesaje de muestras en balanza analítica

7. Se llevaron las muestras en los crisoles al horno por 24 horas a  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$
8. Se enfriaron los crisoles en un desecador
9. Se determinó el peso del crisol más las muestra a 0.1gr
10. Se obtuvo el peso de la muestra secada al horno por sustracción
11. Se incineraron las muestras por 16 horas más en el horno a  $400^{\circ}\text{C}$



Figura 17. Horno de incineración

12. Se enfrió el crisol en un desecador
13. Se determinó el peso del crisol más la muestra incinerada a 0.1mg
14. Se calculó el peso de la muestra incinerada por sustracción
15. Se calculó el porcentaje de pérdida por ignición (LOI) de las muestras utilizando la fórmula:

$$\%LOI = \frac{Peso_{105} - Peso_{400}}{Peso_{105}} \times 100$$

Peso<sub>105</sub>= Peso del suelo después del calentamiento a 105°C

Peso<sub>400</sub>= Peso del suelo después de la incineración a 400°C

16. Para obtener el porcentaje de carbón, se divide el resultado de LOI para el factor 1.72

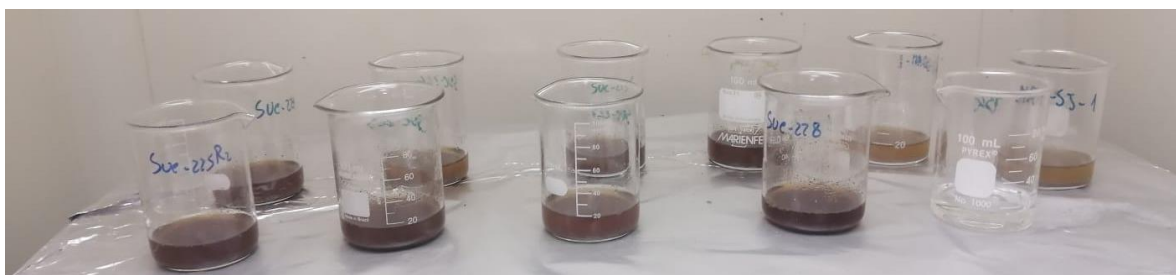
#### 2.4.2. MÉTODO ANALIZADOR AUTOMÁTICO

5. Se pesaron 5g de muestra en un vaso de precipitados.



*Figura 18. Pesaje de muestras en balanza analítica*

6. Se añadió ácido clorhídrico al 10% a la muestra hasta cubrirla, para eliminar los carbonatos y se dejó reposar durante 12 horas.



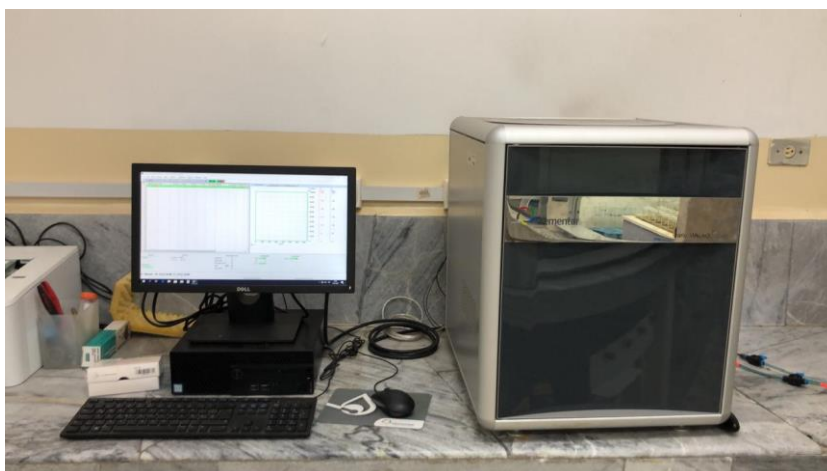
*Figura 19. Muestras reposando con ácido clorhídrico*

7. Se lavaron las muestras con agua destilada y se secaron en la estufa
8. Se pesaron entre 110-125mg de muestra seca en un papel de estaño, se lo envolvió y se presionó con un pequeño martillo, luego se colocaron en el carrusel del equipo Analyzer Vario Macro.



*Figura 20. Pesaje de muestras/ muestras en Analyzer Vario Macro*

9. Se cargaron las muestras en el carrusel (siempre empezando en la posición 1), en la computadora se colocó el peso y el método a utilizar.
  - 4 blancos
  - 3 runin
  - 3 estándar (phenylanine)
  - Las muestras (cada 15 muestras se colocó una muestra duplicada, un blanco y un estándar)



*Figura 21. Computadora analizando datos*

## 2.5. Cálculos

Para obtener el valor de la concentración carbono del suelo expresada como número entero, tenemos la fórmula propuesta por (Kauffman, Donato , & Adame , 2013):

$$\text{Carbono del suelo } \frac{M \text{ gr}}{Ha} = \rho_{relativa} \left( \frac{gr}{cm^3} \right) \times \text{intervalo de muestreo (cm)} \times \%C$$

Mega gramo (M gr)  $\equiv$  Toneladas (T)

Para calcular la densidad relativa utilizamos la fórmula:

$$\rho_{relativa \text{ del suelo}} = \frac{\text{masa de muestra seca (gr)}}{\text{volumen de muestra (cm}^3\text{)}}$$

Primero calculamos la densidad relativa del suelo utilizando los datos de la masa de muestra seca tomados al inicio del análisis de laboratorio, luego aplicamos la fórmula de carbono del suelo con los datos obtenidos de porcentaje de carbono (%C) con las metodologías de calcinación o mufla, y analizador automático o DUMAS.

## 2.6. Elaboración de mapas

Con los resultados obtenidos y las coordenadas de cada punto, se realizó una tabla en Excel, se guardó el documento en extensión CSV. Usando el software de uso libre QGis se cargaron los resultados de los puntos muestreados, y utilizando el método de interpolación de Ponderación de Distancias Inversas (IDW) se creó una capa, para visualizar el gradiente del contenido de COS en el suelo en el área de estudio.

## 2.7. Gastos

Los gastos principales fueron para la recolección y análisis de las muestras de suelo, primero para la transportación hasta el punto de muestreo, Puerto el Morro; el alquiler de la embarcación durante aproximadamente 6 horas; los implementos para la recolección de las muestras; y el costo del laboratorio para el análisis de las pruebas.

No se toman en cuenta los costos del equipo para la toma de muestras (nucleador), ya que se elaboró a partir de materiales reciclados, ni del análisis de carbonización, ya que el laboratorio me permitió participar en este proceso con la ayuda de un técnico del laboratorio para que el costo sea cero.



*Tabla 4. Costos del proyecto*

<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
Gasolina	De GYE a Pto. El Morro	\$ 20.00
Embarcación	5:30 horas de navegación	\$ 60.00
Peajes	4 peajes	\$ 4.00
Pilas	4 unidades	\$ 2.68
Fundas ziploc	\$2.6 (25 fundas)	\$ 5.20
Tubo	3m	\$ 2.00
Equipo de protección	Botas de caucho	\$ 9.40
Análisis analyzer	\$5 más iva por prueba	\$ 100.80
Análisis carbonización	sin costo	\$ -
Transporte	A ESPOL	\$ 20.00
Otros	cauchos, sacos, ligas	\$ 8.00
Almuerzos	3 almuerzos	\$ 15.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 247.08</b>

# CAPÍTULO 3

## 3.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con cada metodología se obtuvieron valores diferentes para carbono orgánico del suelo, con el método de calcinación o mufla, se obtuvieron valores más altos, sin embargo, los resultados para ambas metodologías presentan mismo comportamiento, valores superiores hacia la parte interna del estuario, y menores valores en los puntos muestreados en los islotes, esto lo podemos observar claramente en las figuras 22 y 23. Para las muestras en suelo de manglar utilizando el método de calcinación o mufla se obtuvo en promedio un valor de carbono del suelo de  $167.20 \text{ T ha}^{-1}$  en la zona continental, y  $68.06 \text{ T ha}^{-1}$  en los islotes. Con el método de analizador automático o dumas, se obtuvo un valor promedio de  $124.36 \text{ T ha}^{-1}$  para los puntos tomados en suelo de manglar continental, y  $31.25 \text{ T ha}^{-1}$  de promedio para los puntos en suelo de manglar de los islotes Manglecito Chico y Manglecito Grande.

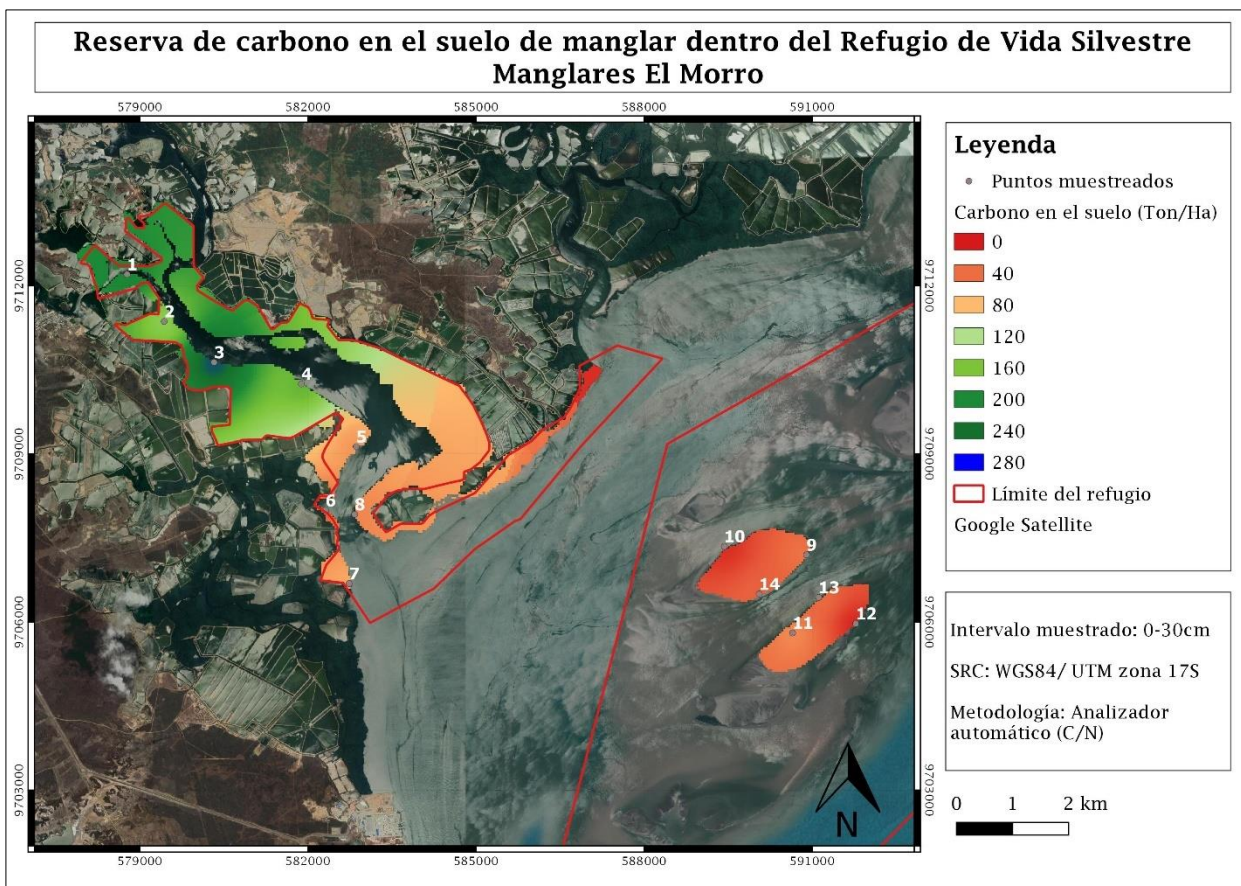


Figura 22. Mapa de resultados en suelo de manglar, metodología: Analizador automático (C/N)

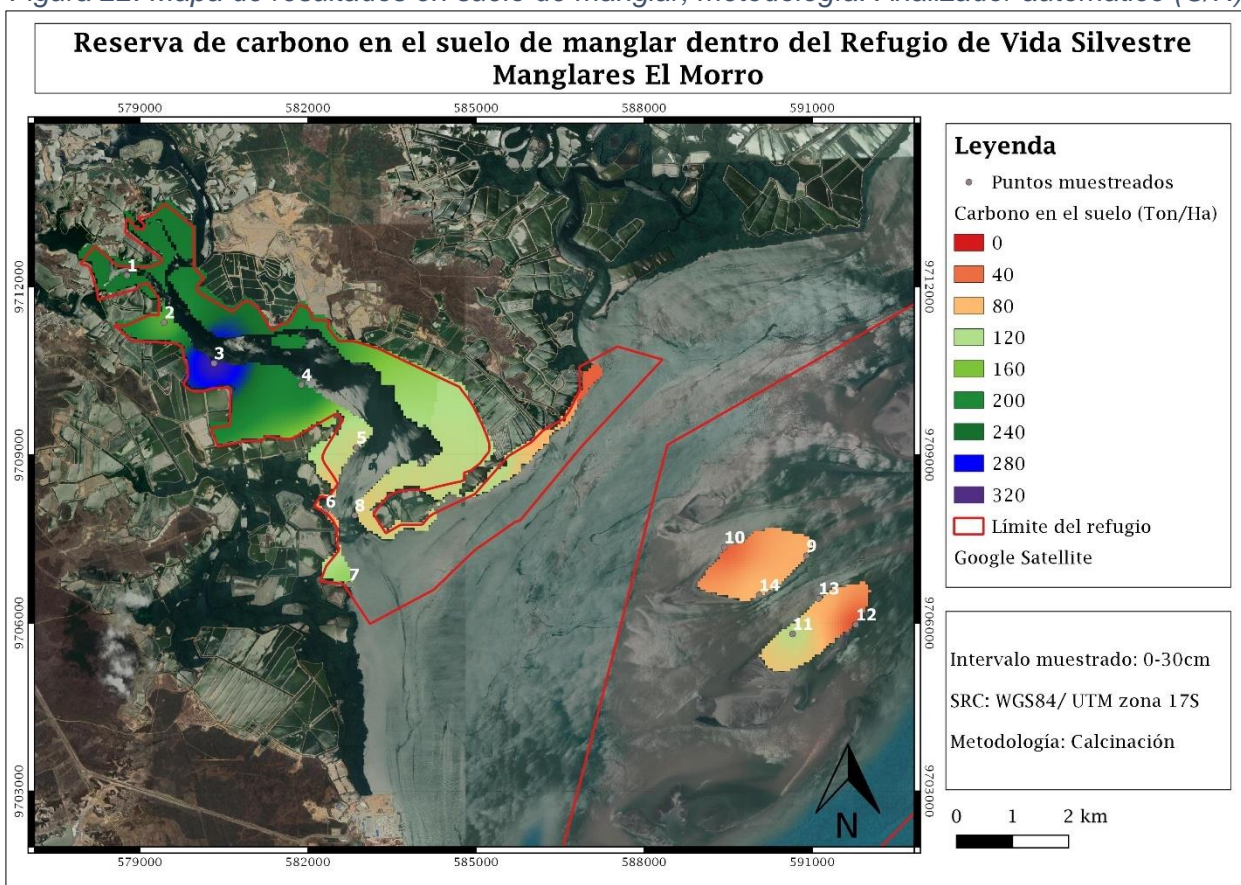


Figura 23. Mapa de resultados en suelo de manglar, metodología: Calcinación

Tabla 5. Resultados de carbono orgánico en suelos de manglar

Suelo de manglar		
Punto muestreado	Carbono del suelo (T ha <sup>-1</sup> ) calcinación	Carbono del suelo (T ha <sup>-1</sup> ) analizador
1	97.25	53.51
2	231.35	205.18
3	176.22	149.11
4	308.93	251.70
5	213.23	169.51
6	106.59	62.60
7	62.37	32.08
8	141.62	71.20
9	74.15	42.90
10	35.20	10.16
11	116.12	54.59
12	27.24	7.24
13	76.50	38.01
14	79.16	34.63
<b>Promedio</b>	<b>124.71</b>	<b>84.46</b>

Para las muestras recolectadas en suelo de camaroneras, utilizando el método de calcinación o mufla se obtuvo un valor promedio de 85.39 T ha<sup>-1</sup> de carbono, y con el método de dumas 42.44 T ha<sup>-1</sup> de carbono.



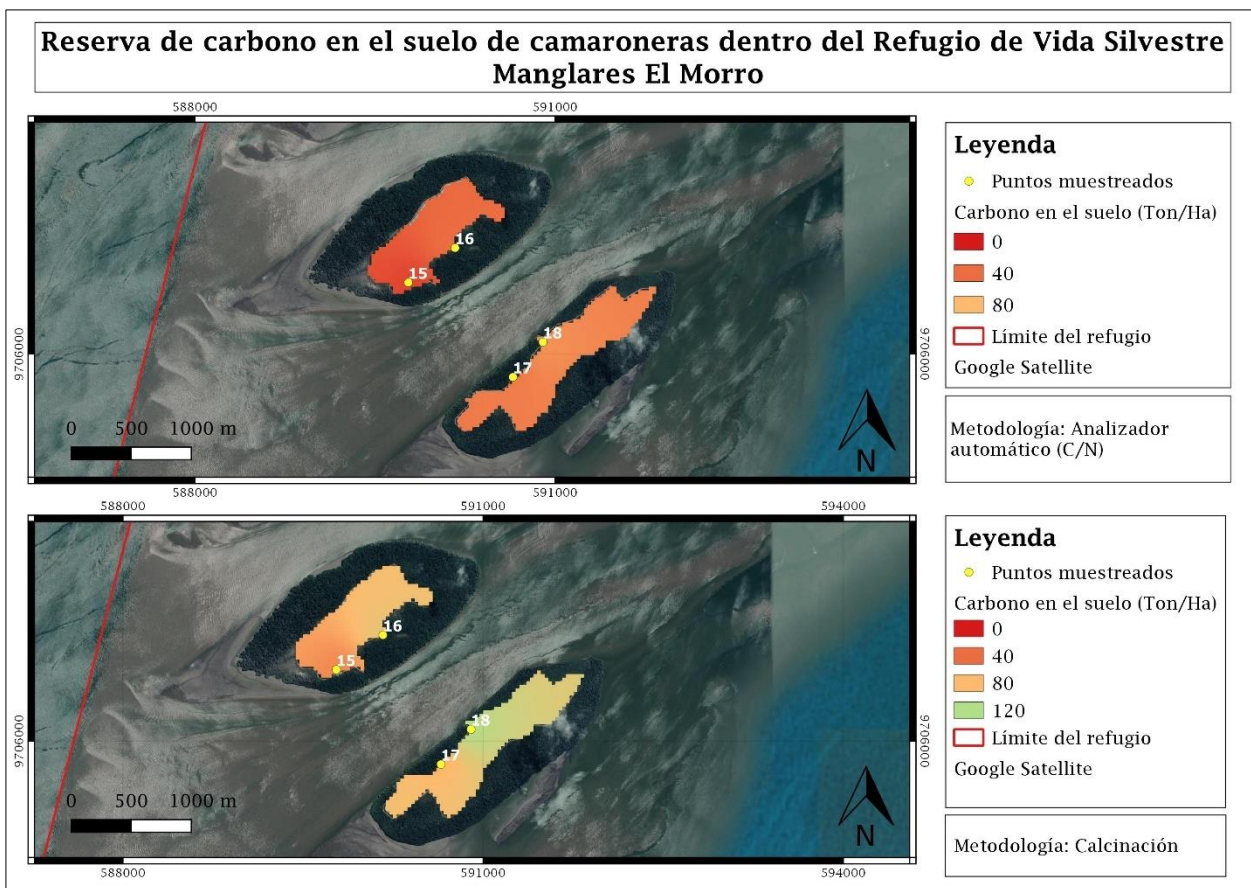


Figura 24. Mapa de resultados en suelo de camaroneras, ambas metodologías

Tabla 6. Resultados de carbono orgánico en suelos de camaroneras

<b>Suelo de camaroneras</b>		
<b>Punto muestreado</b>	<b>Carbono del suelo (T ha<sup>-1</sup>) analizador</b>	<b>Carbono del suelo (T ha<sup>-1</sup>) Calcinación</b>
<b>15</b>	21.06	54.71
<b>16</b>	41.19	91.08
<b>17</b>	47.96	78.43
<b>18</b>	59.55	117.36
<b>Promedio</b>	<b>42.44</b>	<b>85.40</b>

Los resultados completos los podemos observar en la tabla del apéndice A.

# CAPÍTULO 4

## 4.1. CONCLUSIONES

- Los datos obtenidos mediante la toma de muestra y posterior análisis de laboratorio reflejan valores más altos de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de este ecosistema de manglar. En la zona de estudio pasamos de tener entre 0-40 Ton ha<sup>-1</sup>, a tener en promedio 84 Ton ha<sup>-1</sup> de almacenamiento de carbono orgánico sólo en el suelo.
- La información generada nutrirá la base de datos de suelo existente y ayudará a disminuir la incertidumbre de los datos en zonas de manglar.
- Es necesario investigar un poco más para comprobar que los suelos en las camaroneras no hayan perdido la capacidad de capturar carbono debido al cambio de uso de suelo.
- Los ecosistemas de manglar se encuentran seriamente amenazados en el país, ya que prevalecen los intereses económicos sobre los intereses de conservación. Es necesario cuantificar los servicios ecosistémicos del manglar para resaltar el rol que desempeñan en el mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos.
- Para la efectiva conservación de una reserva ecológica o zona protegida, es necesario que los actores locales estén involucrados en el manejo del área, ya que ellos son los que actúan como guardianes, veedores y denunciante ante la vulneración de estos espacios.
- Los oceanógrafos no sólo estudiamos el mar, tenemos también la capacidad de reconocer las necesidades de los ecosistemas costeros y de encontrar soluciones innovadoras para lograr el uso sostenible de los recursos.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Hacer una visita de reconocimiento a la zona de estudio previa a la toma de muestras.
- Replicar el muestreo en otros bosques de manglar en Ecuador, para poder comparar el contenido de carbono orgánico en diferentes zonas costeras del país.
- Tomar muestras de suelo tanto en la zona próxima como en la zona interior, para comprobar la teoría de que los manglares internos, o de cuenca capturan más carbono que los manglares ribereños o de borde.

- Establecer líneas de comunicación y colaboración con los administradores del manglar, y el Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica; con el fin de generar nuevos proyectos colaborativos de investigación.
- Si el ReViSMEM no se ve alterado por un evento climático o antropogénico significativo, es recomendable replicar el muestreo de suelo en 10 o 20 años; para poder estimar si existe algún cambio en la tasa de secuestro de carbono. Si el ecosistema de este refugio sufre alguna alteración (cambio de uso de suelo, afección por aumento del nivel del mar, u otras perturbaciones naturales) se podría muestrear nuevamente el suelo, para estimar cuánto carbono fue liberado de este ecosistema.
- Para determinar la reserva de carbono del ReViSMEM, sería necesario medir los otros componentes del ecosistema: vegetación aérea, biomasa subterránea, madera muerta, y hojarasca.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aburto Oropeza, O., Domínguez Guerrero, I., Cota Nieto, J., & Plomozo Lugo, T. (2009). Recruitment and ontogenetic habitat shifts of the yellow snapper (*Lutjanus argentiventris*) in the Gulf of California. *Mar Biol*, 156, 2461-2472.
- Alongi, D. M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Marine Science*, 6, 195-219. doi:10.1146/annurev-marine-010213-135020
- American Museum of Natural History. (s.f.). *What's a Mangrove? And How Does It Work?* Obtenido de American Museum of Natural History: <https://www.amnh.org/explore/videos/biodiversity/mangroves/what-is-a-mangrove>
- Armas, D., Guevara, M., Bezares, F., Vargas, R., Durante, P., Osorio, V., . . . Oyonarte, C. (2023). Harmonized Soil Database of Ecuador (HESD): data from 2009 to 2015. *Earth System Science Data*, 15(1), 431-445. doi: 10.5194/essd-15-431-2023
- Banco Mundial. (2024). *Emisiones de CO2*. Obtenido de Banco Mundial : [https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2020&most\\_recent\\_value\\_desc=true&start=2020&view=map](https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2020&most_recent_value_desc=true&start=2020&view=map)
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 169-193. doi:<https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Carvajal, R., & Santillán, X. (2019). *Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, UNESCO y la CPPS. Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical*. Guayaquil. Obtenido de <https://www.conservation.org/docs/default-source/ecuador-documents/pan-manglares-ecuador.pdf>
- Conservación Internacional . (14 de febrero de 2022). *Se amplía el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro* . Obtenido de Conservación Internacional Ecuador : <https://www.conservation.org/ecuador/noticias/2022/02/16/se-ampl%C3%ADa-el-refugio-de-vida-silvestre-manglares-el-morro>
- Conservación Internacional. (25 de julio de 2019). *¿Qué es carbono azul?* Obtenido de Conservación Internacional Perú: <https://www.conservation.org/peru/noticias/2019/10/29/qu%C3%A9-es-carbono-azul>
- Donato, D., Kauffman, J., Murdiyarsa, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4, 293-297. doi:<https://doi.org/10.1038/ngeo1123>



- Eco exploratorio. (2024). *Manglares*. Obtenido de Eco exploratorio. Museo de ciencias de Puerto Rico : <https://ecoexploratorio.org/vida-en-el-mar/ecosistemas-marinos/manglares/>
- El Comercio. (15 de febrero de 2022). *Refugio Manglares El Morro aumentó su extensión de área protegida*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/refugio-manglares-morro-extension-area-protegida.html>
- FAO. (2024). *Global Soil Partnership*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/partners/gsp-partners/en/>
- Giri , C., Ochieng , E., Tieszen , L. L., Zhu , Z., Singh , A., Loveland, T., . . . Duke , N. (2010). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, *20*(1), 154-159. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Hernández-Cornejo, R., Koedam , N., Luna , A., Troell , M., & Dahdouh-Guebas, F. (2005). Remote Sensing and Ethnobotanical Assessment of the Mangrove Forest Changes in the Navachiste-San Ignacio-Macapule Lagoon Complex, Sinaloa, México. *Ecology and Society*, *10*(1), 1-19.
- intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press .
- IPPC. (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>
- IUCN. (2009). *The management of natural coastal carbon sinks*. (D. Laffoley, & G. Grimsditch, Edits.) Gland, Switzerland. doi:ISBN: 978-2-8317-1205-5
- Kauffman, B. J., Donato , D. C., & Adame , M. F. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. *Center for International Forestry Research*. Obtenido de [https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf\\_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf](https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf)
- Kirwan , M. L., & Megonigal , J. (2013). Tidal Wetland Stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature*, *504*(7478), 53-60. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/nature12856>
- Loayza, V., Sevilla , V., Olivera , C., Guevara , M., Olmedo , G., Vargas, R., . . . Jiménez , W. (2020). Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador. *ecosistemas*, *29*(2). doi:<https://doi.org/10.7818/ECOS.1852>
- MAATE. (2015). *Ecuador celebra el Día Internacional de la Defensa del Ecosistema Manglar*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica : <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-celebra-el-dia-internacional-de-la-defensa-del-ecosistema-manglar/#:~:text=En%20el%20Ecuador%2C%20el%2099,Guayaquil%20y%20Achipi%C3%A9lago%20de%20Jambel%C3%AD>.

- MAATE. (15 de mayo de 2023). *Ministerio del Ambiente y Cámara Nacional de Acuicultura impulsan la gestión sostenible de los manglares*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica : <https://www.ambiente.gob.ec/ministerio-del-ambiente-y-camara-nacional-de-acuicultura-impulsan-la-gestion-sostenible-de-los-manglares/>
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *Árboles y arbustos de los manglares del Ecuador*. Quito. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=55818>
- Maldonado , C. J., & Segarra, A. D. (2014). *El manglar: Manual para estudiantes*. doi:ISBN: 978-1-881719-67-0
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica . (2021). *Acuerdo Ministerial Nro. MAATE-2021-055*. Quito : República del Ecuador .
- Murray , B. C., Pendleton , L., Jenkins , A. W., & Silfeet , S. (abril de 2011). *Green Payments for blue carbon: Economic incentives for protecting threatened coastal habitats*. Duke University . Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions. Obtenido de <https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/blue-carbon-report-paper.pdf>
- Naciones Unidas (ONU). (2015). *Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)*. París. Obtenido de [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)
- Pendleton , L., Donato , D., Murray , B., Crooks , S., Jenkins , A., Silfeet , S., . . . Baldera , A. (september de 2012). Estimating Global "Blue Carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *Plos One*, 7(9). doi:10.1371/journal.pone.0043542
- Puerto Rico Sea Grant. (s.f.). *Mangle Negro* . Obtenido de El manglar manual para estudiantes : <https://issuu.com/seagrantpr/docs/manual-para-estudiantes-el-manglar/s/17969040>
- Sanderman , J., Hengl, T., Fiske , G., Solvik , K., Adame , M. F., Benson , L., . . . Landis , E. (2018). A global map of mangrove forest soil carbon at 30m spatial resolution. *Environmental Research Letters*, 13. doi:10.1088/1748-9326/aabe1c
- SAP PORTAL. (26 de 02 de 2024). *Ayuda para SAP Analytics Cloud* . Obtenido de Help Portal SAP: [https://help.sap.com/docs/SAP\\_ANALYTICS\\_CLOUD/00f68c2e08b941f081002fd3691d86a7/12cda9ce48b049a8adda7a6f3c240fa4.html](https://help.sap.com/docs/SAP_ANALYTICS_CLOUD/00f68c2e08b941f081002fd3691d86a7/12cda9ce48b049a8adda7a6f3c240fa4.html)
- Segui , P. (s.f.). *Manglar, qué es, fauna y tipos de manglares*. Obtenido de OVACEN: <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/manglar/>
- Sirikulchayanon, P., Sun , W., & Oyana , T. (2008). Assessing the impact of the 2004 tsunami on mangroves using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 29(12), 3553-3576. Obtenido de 10.1080/01431160701646332

- Spalding , M. D., Blasco , F., & Field , C. D. (1997). World mangrove atlas. *International Society for Mangrove*.
- The Nature Conservancy . (2020). *La importancia de los manglares*. Obtenido de The Nature Conservancy : <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/hacer-frente-al-cambio-climatico/importancia-de-manglares/>
- Thomas , M., Ezcurra , P., & Aburto-Oropeza , O. (2016). Los manglares almacenan toneladas de carbono. *DataMares*. doi:10.13022/M3V305
- Tiner , R. W., & Milton , G. (2018). Estuarine marsh: An overview. En C. Finlayson , R. Milton , R. Crawford, & N. Davidson , *The wetland book: II: Distribution, description, and conservation* (págs. 55-72). Netherlands: Springer.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

Tabla 7. Resultados completos de muestreo en suelos de manglar y camaroneiras

Etiqueta	X	Y	Altura de muestra (cm)	Masa seca (g)	Volumen de muestra (cm <sup>3</sup> )	Densidad relativa (g cm <sup>-3</sup> )	N (%)	C: N	C. Org (%) Método analizador automático (DUMAS)	C. Org (%) Método de calcinación (MUFLA)	Carbono del suelo (Mg Ha <sup>-1</sup> ) DUMAS	Carbono del suelo (Mg Ha <sup>-1</sup> ) MUFLA
1	578770.96	9712202.39	30	560.61	520.50	1.077	0.38	16.5	6.35	7.16	205.18	231.35
2	579433.10	9711363.47	34	546.96	589.90	0.927	1.02	4.7	4.73	5.59	149.11	176.22
3	580324.36	9710633.95	37	719.44	641.95	1.121	0.35	17.4	6.07	7.45	251.70	308.93
4	581881.81	9710248.32	33	578.95	572.55	1.011	0.28	17.9	5.08	6.39	169.51	213.23
5	582860.20	9709130.83	32	620.61	555.20	1.118	0.20	8.9	1.75	2.98	62.60	106.59
6	582311.37	9707992.07	30	773.01	520.50	1.485	0.10	7.3	0.72	1.4	32.08	62.37
7	582733.21	9706688.05	36	682.53	624.60	1.093	0.18	10.3	1.81	3.6	71.20	141.62
8	582833.00	9707922.00	32	677.65	555.20	1.221	0.15	9.4	1.37	2.49	53.51	97.25
9	590896.00	9707199.00	30	918.92	520.50	1.765	0.11	7.7	0.81	1.4	42.90	74.15
10	589431.00	9707351.00	30	587.30	520.50	1.128	0.07	4.1	0.3	1.04	10.16	35.20
11	590649.00	9705807.00	16	256.00	277.60	0.922	0.29	12.6	3.7	7.87	54.59	116.12
12	591777.00	9705974.00	32	738.46	555.20	1.330	0.05	3.5	0.17	0.64	7.24	27.24
13	591115.00	9706441.00	31	845.45	537.85	1.572	0.12	6.5	0.78	1.57	38.01	76.50
14	590053.00	9706501.00	32	715.29	555.20	1.288	0.12	7.2	0.84	1.92	34.63	79.16
15	589777.55	9706594.99	21	420.00	364.35	1.153	0.16	5.3	0.87	2.26	21.06	54.71
16	590166.34	9706883.41	29	558.39	503.15	1.110	0.17	7.4	1.28	2.83	41.19	91.08
17	590649.00	9705807.00	20	326.32	347.00	0.940	0.35	7.4	2.55	4.17	47.96	78.43
18	590899.00	9706098.00	28	504.00	485.80	1.037	0.21	9.6	2.05	4.04	59.55	117.36