



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

“Estimación de Carbono Orgánico en suelos de: camarónicas, manglares y tierras altas de la Zona del Golfo de Guayaquil.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO ACUÍCOLA.

Presentado por:

INGRID JANETH PINTO QUINTANILLA

MARIOLLY SARAY AGUAYO LAGOS

Guayaquil – Ecuador

Año: 2020

DEDICATORIA.

Dedico mi Tesis primeramente a Dios por ser ÉL quien me ha permitido llegar hasta aquí, a mis padres: Justo Pinto y Janeth Quintanilla que son el motor de mi vida, a mis hermanos: Arnold, Odalis y José Pinto que sin sus palabras de aliento y apoyo en conjunto con toda la familia no podría haber culminado esta etapa, una de muchas. Gracias a todos por ser parte de esta construcción profesional en mi vida y creer en mí.

Ingrid Pinto Quintanilla.

DEDICATORIA.

Dedico de manera especial mi tesis a mis padres, Mariposa y Khevinn, ya que esto no sería posible sin su amor y apoyo incondicional, gracias por siempre creer en mí, confiar y motivarme en los momentos buenos y malos de este largo camino. A mi hermana Alexia, por estar siempre a mi lado. A mi familia en general que siempre me motivó dándome los mejores consejos para seguir adelante. Y a Dios por guiarme durante todo este camino.

Mariolly Aguayo Lagos.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado en esta etapa de vida universitaria. A nuestros padres que sin duda alguna son los principales autores de nuestra vida y de nuestros impulsos que sin sus sacrificios y esfuerzos no podríamos haber culminado esta carrera.

Agradezco a la ESPOLE por habernos permitido formarnos en ella para nuestra vida profesional, gracias a todos esos Docentes que fueron parte de este proyecto de aprendizaje estudiantil. A nuestros amigos, compañeros y a todos los que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Ingrid Pinto Quintanilla.

Mariolly Aguayo Lagos.

TRIBUNAL DEL PROYECTO.

**Ph.D. Osorio Cevallos Víctor
DOCENTE DE LA MATERIA.**

**Ph.D. Osorio Cevallos Víctor
DOCENTE TUTOR.**

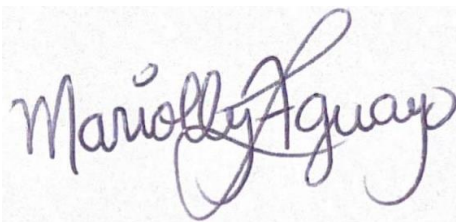
DECLARACIÓN EXPRESA.

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ingrid Janeth Pinto Quintanilla, Mariolly Saray Aguayo Lagos damos nuestro 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”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la Espol)



Ingrid Janeth Pinto Quintanilla.



Mariolly Saray Aguayo Lagos.

RESUMEN

En el presente proyecto integrador titulado “Estimación de Carbono Orgánico en suelos de: camaroneras, manglares y tierras altas de la Zona del Golfo de Guayaquil”. Se encuentra sujeto al desarrollo y evolución de la industria acuícola en el estuario del Golfo de Guayaquil como zona de estudio. El Golfo de Guayaquil es el principal estuario de la Costa de Ecuador con el 71,4 % de la superficie total de manglares (105.130,4 ha), tierras altas y salitrales. El proyecto integrador propone evaluar el grado de sostenibilidad de las camaroneras asentadas en zonas de manglar, salitrales y tierras altas en el Golfo de Guayaquil en función del contenido de carbono orgánico en los suelos.

Como técnica de investigación, se realizaron análisis de varios artículos científicos relevantes que están relacionados con el tópico de estudio, se incluyó una investigación, con tablas comparativas de cada metodología y técnicas aplicadas en los diferentes casos.

El almacenamiento de carbono orgánico en los suelos del Golfo de Guayaquil antes de la acuicultura fue de 8.623.346,28 (Mg ha⁻¹) mientras que esta industria ha ido evolucionando actualmente el almacenamiento de carbono orgánico en el Golfo de Guayaquil es de 8.063.707,76 (Mg ha⁻¹), con una pérdida de carbono orgánico de 559.638,52 (Mg ha⁻¹) y un porcentaje de carbono orgánico remanente en el suelo del 93,51 %.

Se espera que junto a la información depurada total de contenido del mismo en cada suelo se pueda establecer gobernanzas o normativas de conciencia en base a las áreas de sostenibilidad de las camaroneras.

Palabras claves: Carbono orgánico, Golfo de Guayaquil, Megagramos, camaroneras.

ABSTRACT

In the present integrative project entitled "Estimation of organic carbon in soils of: shrimp farms, mangroves and highlands of the Gulf of Guayaquil area". It is subject to the development and evolution of the aquaculture industry in the estuary of the Gulf of Guayaquil as a study area. The Gulf of Guayaquil is the main estuary of the Ecuadorian coast with 71.4% of the total area of mangroves (105,130.4 ha), uplands and salt marshes. The integrative project proposes to evaluate the degree of sustainability of shrimp farms located in mangrove, salt marsh and upland areas in the Gulf of Guayaquil in terms of soil organic carbon content.

As a research technique, analysis of several relevant scientific articles related to the topic of study was carried out, including an investigation with comparative tables of each methodology and techniques applied in the different cases.

The organic carbon storage in the soils of the Gulf of Guayaquil before aquaculture was 8,623,346.28 (Mg ha⁻¹) while this industry has been evolving, currently the organic carbon storage in the Gulf of Guayaquil is 8,063,707.76 (Mg ha⁻¹), with an organic carbon loss of 559,638.52 (Mg ha⁻¹) and a percentage of organic carbon remaining in the soil of 93.51 %.

It is expected that together with the total purified information on the content of organic carbon in each soil, it will be possible to establish governance or awareness regulations based on the areas of sustainability of the shrimp farms.

Key words: Organic carbon, Gulf of Guayaquil, Megagrams, shrimp farms.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	4
TRIBUNAL DEL PROYECTO.....	5
DECLARACIÓN EXPRESA.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE GENERAL	9
ABREVIATURAS.....	13
SIMBOLOGÍAS.....	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	18
CAPÍTULO 1	19
ASPECTOS GENERALES.....	19
1.1 Introducción.....	20
1.2 Descripción del Proyecto.....	21
1.3 Justificación del Proyecto.....	22
1.4 Objetivos.....	22
1.4.1 Objetivo General.....	22

1.4.2	Objetivos Específicos.	23
1.5	Alcance.	23
1.6	Marco Teórico.	23
1.6.1	Variación del Área de Manglar en el Golfo de Guayaquil desde Antes del Crecimiento de la Industria Camaronera.	23
1.6.2	Importancia de los Manglares como Sumideros de Carbono.	26
CAPÍTULO 2		28
METODOLOGÍA.		28
2.1	Área de Estudio.	29
2.1.1	Golfo de Guayaquil.	29
2.1.2	Asentamientos de Camaroneras en Manglares, Tierras altas y Salinas en el Golfo de Guayaquil.	30
2.2	Técnica de Investigación.	32
2.3	Análisis de metodología de Artículos Relacionados con la Determinación del Contenido de Carbón Orgánico en los Suelos de: Manglares, Piscinas Camaroneras y Tierras Altas en el Golfo de Guayaquil.	32
2.3.1	Metodología del Contenido de Carbono de Estuarios Exteriores del Golfo de Guayaquil.	33
2.3.1.1	Un análisis espacio-temporal de las reservas vivas de carbono y su agotamiento desde el advenimiento de la acuicultura comercial; publicado por Stuart E. Hamilton, John Lovette en el año 2015.	33
2.3.2	Metodología del Contenido de Carbono en manglares y camaroneras del Golfo de Guayaquil.	35

2.3.2.1 Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador; publicado por Jéssica Valeria Merecí Guamán en el año 2017.....	35
2.3.2.1.1 Artículo I: “Determinación de reservas de carbono a nivel de ecosistema y paisaje en los manglares del Golfo de Guayaquil, Ecuador”.....	35
2.3.3 Metodología del Contenido de Carbono en los estanques de Acuicultura.....	38
2.3.3.1 Secuestro de Carbono en estanques de Acuicultura; publicado por Subhendu Adhikari en el año 2020.....	38
2.3.4 Metodología del Contenido de Carbono en tierras altas (Bosque seco tropical) del Golfo de Guayaquil.....	39
2.3.4.1 Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador; publicado V. Loayza, V. Sevilla, C. Olivera, M. Guevara, G. Olmedo, R. Vargas, C. Oyonarte, W. Jiménez en el año 2020.....	39
CAPÍTULO 3	41
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	41
3.1 Resultados del Contenido de Carbono de Estuarios Exteriores del Golfo de Guayaquil.	42
3.1.1 “Las reservas de carbono de los manglares del Ecuador: Un análisis espacio-temporal de las reservas vivas de carbono y su agotamiento desde el advenimiento de la acuicultura comercial”.....	42
3.2 Resultados del Contenido de Carbono en manglares y camarонерas del Golfo de Guayaquil.	44

3.2.1 Resultados de “Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador”	44
3.2.1 Artículo I	44
3.3. Resultados del Contenido de Carbono en los estanques de Acuicultura.	46
3.3.1 Secuestro de Carbono en estanques de Acuicultura; publicado por Subhendu Adhikari en el año 2020.....	46
3.4 Resultados del Contenido de Carbono en tierras altas (Bosque seco tropical) del Golfo de Guayaquil.....	47
3.4.1 Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador; publicado V. Loayza, V. Sevilla, C. Olivera, M. Guevara, G. Olmedo, R. Vargas, C. Oyonarte, W. Jiménez en el año 2020.	47
3.5 Análisis de resultados de artículos científicos.	49
CAPÍTULO 4	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	51
4.1 Conclusiones.....	52
4.2 Recomendaciones.....	53
BIBLIOGRAFÍA.	54

ABREVIATURAS

GG	Golfo de Guayaquil.
Ss	Subsecretaria.
CO	Carbono Orgánico.
CLIRSEN	Centro de Levantamientos integrados de Recursos Naturales por sensores remotos.
COS	Carbono orgánico del suelo.
MOS	Materia orgánica del suelo.
AGBM	Biomasa de manglares por encima del suelo.
CBM	Biomasa combinada de manglares.
CC	Carbono combinado.
MAE	Ministerio del Medio Ambiente.
NAMAs	Acciones apropiadas Nacionales de mitigación.
M1	Manglar intermedio.
M2	Manglar grande.
SIG	Sistemas de información geográfica.
USGS	Servicios Geológicos de los estados Unidos.
LCM	Modelador de cambios en el terreno.
MO	Materia orgánica.

SIMBOLOGÍAS

Ha	Hectárea.
a	área.
CO₂	Dióxido de carbono.
CH₄	Metano.
CC	Carbono combinado.
Pg	Pentagramo.
C	Carbono.
T	Toneladas.
mm	Milímetros.
m	Metros.
cm	centímetros.
m²	metros cuadrados.
m³	metros cúbicos
Mg	mega gramo.
G	gramos
Kg	Kilogramo
E	espesor.
Da	Densidad aparente.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de Manglares, camaroneiras y salitrales en el año 1969.....	24
Figura 1. 2 Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de Manglares, camaroneiras y salitrales en el año 2006.....	25
Figura 2. 1 Golfo de Guayaquil.....	29
Figura 2. 2 Estuarios costeros del Ecuador Continental.....	34
Figura 2. 3 Ubicación de los transectos en estratos M1, M2 y Camaroneiras del Golfo de Guayaquil.....	36
Figura 3. 1 Mapa de Niveles de Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos del Ecuador.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cobertura de Manglar y Superficie de Camaroneras (ha) en el Golfo de Guayaquil. Fuente: Manuel Bravo Cedeño, 2010.	25
Tabla 2.1 Especies de manglar presentes en el Estuario del Golfo de Guayaquil. Fuente: Betancourt Vera; Murillo Erazo,2018.	30
Tabla 2.2 Asentamientos de camaroneras en manglares, salitrales y tierras altas en el Golfo de Guayaquil. Fuente: Manuel Bravo Cedeño, 2010.	31
Tabla 2.3 Distribución total del Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Valeria Merecí Guamán. 2017.	37
Tabla 3.1 Pérdidas de CC de las zonas delimitadas del año 2011, en bosque de manglar en el estudio inicial, Ecuador. Fuente: Stuart E. Hamilton, John Lovette, 2015.	43
Tabla 3.2 Desigualdad en el almacenamiento de carbono en relación a la separación del estuario en el Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.	44
Tabla 3.3 Diferencias de concentración de Carbono en sedimentos en el estuario del Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.	45
Tabla 3.4 Contenido de carbono actuales a 1 metro de profundidad para los estratos de manglar y camaroneras en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.	45
Tabla 3.5 Acreción de carbono a partir de los datos del análisis de núcleos de sedimentos para diferentes sistemas de acuicultura. Fuente: Subhendu Adhikari, 2020.	46

Tabla 3.6 Áreas de masas de agua continentales globales y tasas y cantidades anuales de almacenamiento de CO en estos sistemas. Fuente: Subhendu Adhikari, 2020.	47
Tabla 3.7 Secuestro de Carbono en tierras altas del Golfo de Guayaquil. Fuente: Loayza y otros, 2020).....	48
Tabla 3.8 Hectáreas ocupadas por camaroneras. Fuente: Manuel Braco Cedeño, 2010.	49
Tabla 3.9 Almacenamiento de carbono orgánico en manglares, camaroneras y tierras altas. Fuente: Aguayo, Pinto 2020.	49
Tabla 3.10 Cantidad de carbono antes de la conversión a camaroneras. Fuente: Aguayo, Pinto 2020.....	49
Tabla 3.11 Cantidad de carbono existente con la llegada de camaroneras.	50
Fuente: Aguayo, Pinto 2020.....	50
Tabla 3.12 Porcentaje de carbono orgánico remanente en suelos.....	50
Fuente: Aguayo, Pinto 2020.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. 1 Porcentaje de superficies de camaroneras ubicadas en zonas de manglar, salitrales y tierras altas a nivel nacional.	21
Gráfico 2. 1 Hectáreas de superficies de camaroneras ubicadas en zonas de manglar, salitrales y tierras altas en el Golfo de Guayaquil.	31
Gráfico 2. 2 Cambios en las superficies de manglares, camaroneras y salinas en el Golfo de Guayaquil.....	32
Gráfico 2. 3 Distribución total del Estuario del Golfo de Guayaquil- Ecuador.	38
Gráfico 3. 1 Niveles de CC en la pre-acuicultura, total de C perdidos por la pre-acuicultura pérdidas de CC por la acuicultura hasta 2011, ganancias de CC debido a la forestación.....	42
Gráfico 3. 2 Almacenamiento de Carbono orgánico en bosques de manglar y camaroneras.	46

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES.

1.1 Introducción.

Ecuador es un país proveedor de camarón de cultivo a nivel mundial, después de Tailandia, reconociéndose como una industria con fuentes de ingresos altos por ser actualmente el primer producto de mayor exportación seguido por otros productos como el banano, las flores y el petróleo hacia mercados de Estados Unidos, La Unión Europea y Japón. Esta actividad comenzó hace casi 50 años, expandiéndose en zonas de la Costa, donde se han desarrollado casi 220.000 ha de estanques de producción (Yahira Piedrahita, 2018), de estas más del 60% está en Guayas, el 15% en el Oro, el 7% en Santa Elena y un 9% en Esmeraldas y Manabí (Madero Romero Héctor Fernando, 2015). El Golfo de Guayaquil (GG.) es el principal estuario de la costa de Ecuador que posee una concentración de (71,4%, 105.130,4 ha) granjas camaroneras (Mariano Montaña, 2008).

La acuicultura es una actividad de valor comercial, que genera aspectos positivos en el crecimiento de la economía nacional, aportando nuevas plazas de empleos y alimentación. Pero negativamente es uno de los generadores de pérdidas de manglares (Rinku Roy, 2017).

Los Bosques de manglar se encuentran sujetos a muchas presiones, cada año estos ecosistemas por procesos sociales y políticos se minimizan por la deforestación, por la realización de nuevas instalaciones acuícolas, por el crecimiento de las ciudades y asentamientos humanos que han ido poco a poco incrustándose en el manglar, siendo los efectos de la industria camaronera el impulsor de estos cambios. La expansión de la industria camaronera se ha concentrado en tierras altas (Rinku Roy, 2017), áreas privadas rodeadas de pastos y bosque secos que se encuentran sin vocación agrícola, los usuarios pueden ejercer la actividad siempre y cuando requieran autorización por la Subsecretaría de Acuicultura un certificado de Capacidad de uso de la tierra y junto a ello el diseño y cartografía del proyecto a desarrollar en ese punto. A partir del levantamiento satelital de talas de manglar hecho en el año 2000, la legislación estableció la prohibición ilegal y que las camaroneras que hayan incrementado su hectáreaaje talando manglares a partir de esta fecha tenían que repoblar las hectáreas taladas que existían y que usaron para su expansión (Ministerio del Ambiente, EcoCiencia, CISP., 2001).

1.2 Descripción del Proyecto.

El sector camaronero se encuentra en una gran evolución y expansión territorial para cultivos de camarón Blanco *Penaeus vannamei*, para consumo interno o exportación. La infraestructura camaronera del país ha sido construida en áreas (a) de zonas de manglar, salitrales y en tierras altas (tierras ubicadas sobre la línea de la más alta marea). Se considera que el 29,3 % sobre zonas de manglar, el 27,2 % sobre salitrales y el 43,5 % ubicado sobre tierras altas a nivel nacional (Manuel Bravo Cedeño, 2010).

Gráfico 1. 1 Porcentaje de superficies de camaroneras ubicadas en zonas de manglar, salitrales y tierras altas a nivel nacional.

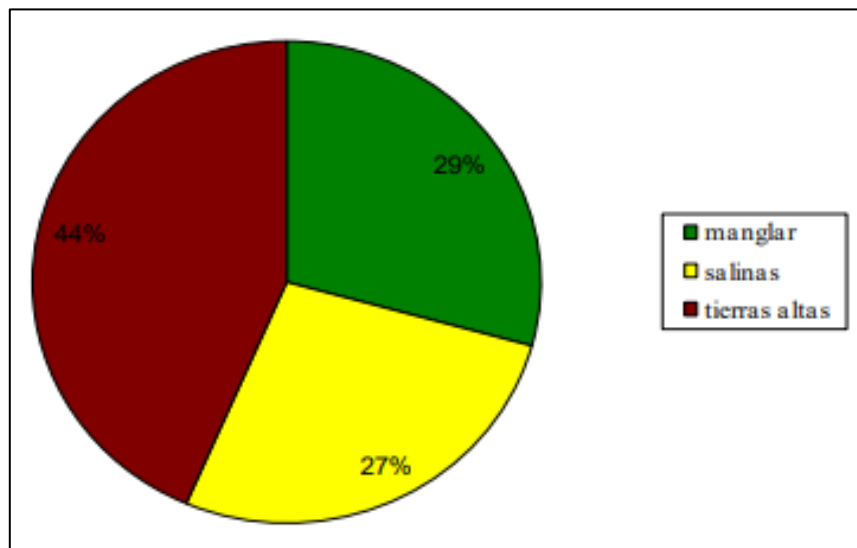


Gráfico 1.1 Porcentaje de la infraestructura camaronera sobre manglares, salitrales y tierras altas. **Fuente:** Manuel Bravo Cedeño, 2010.

La mayoría de estos territorios son tierras altas zonas no protegidas de la Costa del Ecuador. Mediante el análisis de información científica se determinará el contenido de carbono orgánico en el suelo de; las zonas de manglar del Golfo de Guayaquil; de las piscinas de cultivo de camarón y en las tierras altas.

Se elaborará una matriz comparativa con estos valores y basados en estos resultados se discutirá las implicaciones que tiene el contenido de carbono orgánico (CO.) en los suelos sobre la sostenibilidad.

1.3 Justificación del Proyecto.

El proyecto integrador propone evaluar el grado de sostenibilidad de las camaroneras asentadas en zonas de manglar del Golfo de Guayaquil en función del contenido de carbono orgánico en los suelos del manglar, las piscinas camaroneras y las tierras altas (Bosque seco Tropical). Se busca que la información generada pueda ser compartida, para generar conocimiento e información básica nacional de la zona de estudio "Golfo de Guayaquil", para la gestión del recurso suelo en un contexto de desarrollo sostenible, para evitar grandes pérdidas de zonas de bosques de manglar, ya que estos ecosistemas son productivos y biodiversos por ser los principales productores de materia orgánica, albergan diferentes especies de animales y microorganismos que benefician como fuente natural de alimento a las comunidades que se encuentran alrededor de estas zonas.

La información que proporcionará este proyecto sobre el impacto de la cantidad de carbono orgánico encontrado en suelos de la zona del Golfo de Guayaquil influye a la sostenibilidad de empresas acuícolas asentadas en zonas de manglar. Se espera que junto a la información depurada total de contenido del mismo en cada suelo se pueda establecer gobernanzas o normativas de conciencia en base a las áreas de sostenibilidad de estas camaroneras. Priorizando y señalando límites para la pérdida de carbón en zonas de bosques de manglar.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

- Determinar a partir del análisis de artículos científicos de relevancia y de información obtenida en el proyecto "Estimación de Carbono Orgánico en suelos de: camaroneras, manglares y tierras altas de la Zona del Golfo de Guayaquil".

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Cuantificar el contenido de carbono en los suelos de las camaroneras, de los manglares y de las tierras altas del Golfo de Guayaquil.
- Elaborar una matriz cuantitativa del contenido de carbono en los ambientes mencionados.
- Cuantificar, en base a los datos obtenidos en los ítems anteriores, la variación del contenido de carbono causados por el desarrollo de la industria camaronera en el Golfo de Guayaquil e identificar las principales implicaciones de sostenibilidad en la utilización de los bosques de manglar.

1.5 Alcance.

El proyecto integrador consiste en la Estimación de Carbono Orgánico en suelos de bosques de manglares y de camaroneras asentadas en zonas de manglares y tierras altas del Golfo de Guayaquil, para evaluar el grado de sostenibilidad y cuantificar el cambio del secuestro de carbono cuando se cambia el uso del suelo de manglar, tierras altas a camaroneras.

1.6 Marco Teórico.

1.6.1 Variación del Área de Manglar en el Golfo de Guayaquil desde Antes del Crecimiento de la Industria Camaronera.

Los bosques de manglar son ecosistemas naturales de aguas saladas y estuarinas, que crecen en la interface de la tierra considerándolos ecosistemas marino-costeros y de productiva primaria (Guido Poveda Burgos y Pedro Avilés Almeida, 2018).

Desde el año 1991 al 2006 se notaron cambios en la cobertura de bosques de manglar de la costa ecuatoriana, teniendo como impulsor de la degradación ambiental, la industria camaronera. Estudios realizados por (CLIRSEN) durante 1991, 1995, 1999 y 2006 demostraron las grandes pérdidas que experimento el Golfo de Guayaquil (Rinku Roy, 2017).

En el año de 1969 Ecuador contaba con 203.624,6 ha de manglar y en los estudios realizado en el año del 2006 se reportó 147.228,6 ha de manglar teniendo una disminución a nivel nacional de 56.395,9 ha con un 27,7 % (Manuel Bravo Cedeño, 2010).

En el año 1969 mediante levantamientos de información cartográfica el Golfo de Guayaquil contaba con 124.320,3 ha de cobertura de bosques de manglar, mientras que en el año 2006 se registraron 105.130,4 ha observándose un 15,4 % (19.189, 9 ha) de reducción en el Golfo de Guayaquil (Ministerio del Ambiente, EcoCiencia, CISP., 2001).

figura 1. 1 Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de Manglares, camaroneras y salitrales en el año 1969.



Figure 1. 1: Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de manglares, camaroneras y salitrales en 1969. **Fuente:** Osorio, 2019.

figura 1. 2 Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de Manglares, camaroneras y salitrales en el año 2006.

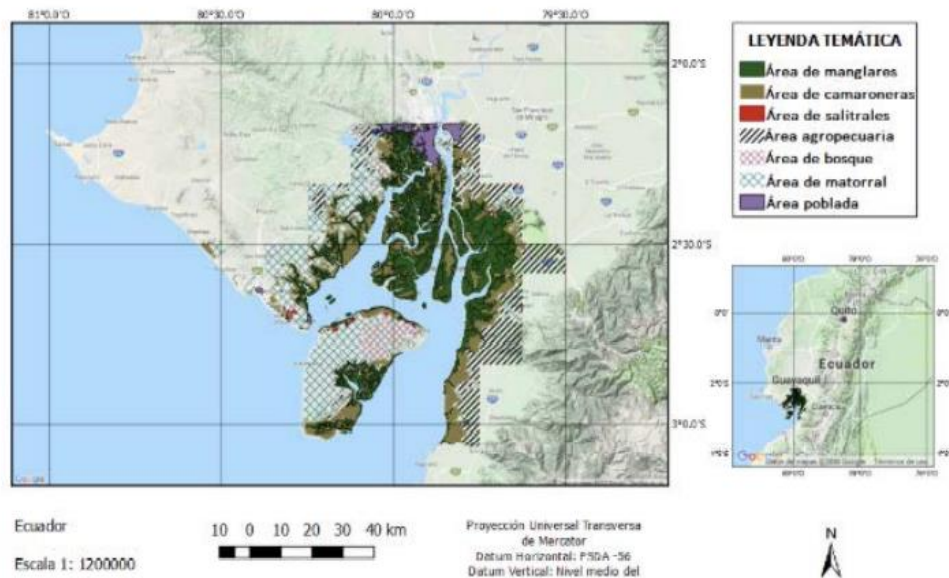


Figure 1. 2 Superficie del Golfo de Guayaquil en áreas de manglares, camaroneras y salitrales en el 2006. **Fuente:** Osorio, 2019.

El Golfo de Guayaquil se caracteriza por ser el estuario de mayor importancia para la industria camaronera, por la gran cobertura que posee de bosques de manglar, por la riqueza natural de nutrientes y especies establecidas en ese entorno. Se obtuvo la información elaborada por CLIRSEN de la variación de hectáreas de la cobertura de bosques de manglar y de la variación de superficies de hectáreas de camaroneras ubicadas en la zona del Golfo de Guayaquil para los años de estudios desde 1969 hasta el año 2006, demostrando que a medida que la industria acuícola crece la cobertura de manglar decrece. (Manuel Bravo Cedeño, 2010).

Tabla 1.1 Cobertura de Manglar y Superficie de Camaroneras (ha) en el Golfo de Guayaquil. Fuente: Manuel Bravo Cedeño, 2010.

Golfo de Guayaquil	1969	1984	1987	1991	1995	1999	2006
Cobertura de Manglar (ha)	124.320,30	119.277,50	115.784,80	109.608,80	102.108,50	104.715,50	105.130,40
Superficies de camaronera (ha)	0	51.007,50	72.838,80	88.226,40	103.366,30	103.329,00	103.446,00

Tabla 1.1 Cobertura de manglar y camaroneras en el Golfo de Guayaquil.

1.6.2 Importancia de los Manglares como Sumideros de Carbono.

Los bosques de manglar son ecosistemas únicos que se desarrollan en zonas costeras, en regiones tropicales y subtropicales de la tierra, son ecosistemas productivos de hábitats para crianza de especies y de productos agrícolas, muy útiles para la protección de las poblaciones en las zonas costeras de tormentas, oleajes y marejadas. Destacándose como sumideros de carbono atmosférico. Por esta y muchas razones más estos ecosistemas se encuentran en amenaza mundial.

Los manglares como sumideros almacenan enormes cantidades de dióxido de carbono o CO₂ de la atmósfera por unidad de superficie a diferencia de otros bosques tropicales. Grandes cantidades de densidades de carbono son almacenadas por los bosques de manglar en sus hojas, troncos, raíces y en su suelo por mucho tiempo, en capas de sedimento ricas en materia orgánica llamadas turba, ayudando a contribuir en la reducción de los gases del efecto invernadero (Aburto-Oropeza, 2016).

Se conoce que un componente esencial del ciclo global del carbono es el carbono orgánico del suelo (COS), el representa el 69,8 % del carbono orgánico del ecosistema. Luego de la descomposición de materiales orgánicos, este carbono se mantiene en el suelo. El carbono orgánico se produce gracias a organismos vivos y se pueden conservar en el suelo por décadas, siglos e incluso hasta milenios. A pesar de ello, se considera dinámico ya que puede desperdiciarse en forma de dióxido de carbono (CO₂) o metano (CH₄), por lo que es expulsado de nuevo a la atmósfera. (Ladino-Orjuela, 2011).

Los manglares cumplen funciones como el almacenamiento, transformación y exportación de materia orgánica, contribuyendo a los ciclos biogeoquímicos de diversos elementos. Almacenando carbono, el cual posee una gran importancia debido a su relación con gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄).

Por estas y muchas razones, el carbono orgánico del suelo (COS) es relevante en el ciclo del carbono ya que conforma el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS), la cual coopera básicamente en el ciclo de nutrientes, la estabilización de la estructura del suelo, la aireación, productividad, infiltración,

humedad y almacenamiento de agua, aspectos esenciales que garantizan la salud, fertilidad y la producción de alimentos (Herrera, y otros, 2016).

Cabe recalcar que la pérdida de carbono orgánico de suelo (COS) es considerado un indicador del grado de degradación del suelo, lo que significa que, si se posee un mayor contenido de COS, el suelo tendrá salud y calidad mayores en comparación con un suelo que posee un bajo contenido de COS.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA.

2.1 Área de Estudio.

2.1.1 Golfo de Guayaquil.

La zona de estudio del presente proyecto se ubica geográficamente en la Zona del Golfo de Guayaquil (GG), ubicado entre Cabo Blanco y la Puntilla de Santa Elena perteneciente a la Provincia del Guayas, Ecuador. Se localiza entre las latitudes $2^{\circ} 0'$ y $3^{\circ} 23'$ Sur, la longitud $81^{\circ} 00' 30''$ oeste, y es considerada como zona de drenaje de las cuencas hidrográficas con una extensión de $13,711 \text{ km}^2$, en donde 11.711 km^2 son de actividad acuícola y 1.990 km^2 pertenecen al ambiente continental. (Solórzano, 2001).

El Estero Salado y el Río Guayas son los cuerpos de agua que rodean el Golfo de Guayaquil, destacándose como zona de mayor producción de pesca artesanal (Merritt R. Stevenson, 1981).

Figura 2. 1 Golfo de Guayaquil

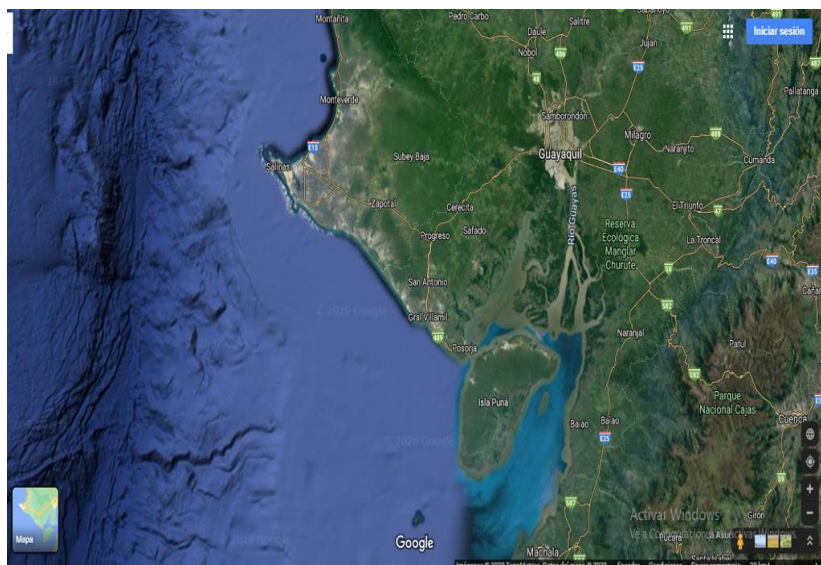


Figura 2. 1 Vista Satelital del Golfo de Guayaquil.
Fuente: Google Maps, 2020.

El Estuario Interior del Río Guayas está compuesto de diferentes hábitats como: manglares, salitrales, tierras altas (ambientes en que se ha desarrollado la industria camaronera o la actividad acuícola) y un sin número de especies abióticas y bióticas. El perfil costero ecuatoriano está compuesto de una variedad de plantas y animales existentes dentro de los Bosques de manglar, teniendo

entre las más conocidas a las siguientes especies vegetales (Betancourt Vera; Murillo Erazo, 2018)

Tabla 2.1 Especies de manglar presentes en el Estuario del Golfo de Guayaquil. Fuente: Betancourt Vera; Murillo Erazo, 2018.

Manglares presentes en el Golfo de Guayaquil
Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i> , <i>R. racemosa</i>)
Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>)
Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i> var. <i>Glabriflora</i>)
Mangle jeli o botón (<i>Conocarpus erectus</i>)

Tabla 2.1 Especies de manglares en el Golfo de Guayaquil.

2.1.2 Asentamientos de Camaroneras en Manglares, Tierras altas y Salinas en el Golfo de Guayaquil.

El crecimiento de las áreas camaroneras del país se encuentra asentadas en la zona del Golfo de Guayaquil sobre zonas de manglar, salitrales y tierras altas. Mediante el estudio realizado en el siguiente artículo por CLIRSEN en el año 2006 se pudo conocer la cobertura de granjas acuícolas:

“Interpretación del Estudio Multitemporal (CLIRSEN 1969-2006) de las Coberturas de Manglar, Camaroneras y Áreas Salinas en la Franja Costera del Ecuador Continental”.

Publicado por Manuel Bravo Cedeño en el año 2010.

Este estudio se basó de la información realizada por CLIRSEN sobre la cobertura de superficies de manglares, camaroneras y salinas de seis estuarios principales para los años 1991, 1995, 1999 y 2006 de toda la franja costera continental, mediante técnicas de procesamiento, análisis digital de imágenes de satélites por radar, imágenes Landsat y fotografía aérea infrarroja. Para conocer las cartas

temáticas de cada estuario, se procedió a observar las imágenes satelitales de los seis estuarios en estudio (Manuel Bravo Cedeño, 2010).

En la zona del Golfo de Guayaquil se encuentra la mayor concentración de bosques de manglar del país, representando el 71,4 % de la superficie total de manglares del Ecuador que equivale a 105.130,4 ha.

La industria camaronera en el Golfo de Guayaquil, en el año 2006 poseía 103.445,95 ha de piscinas, cuya ubicación corresponde a las siguientes áreas (Manuel Bravo Cedeño, 2010).

Tabla 2.2 Asentamientos de camarónicas en manglares, salitrales y tierras altas en el Golfo de Guayaquil. Fuente: Manuel Bravo Cedeño, 2010.

Golfo de Guayaquil	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Asentadas en manglar	14.189,91	14,4
Asentadas en salitrales	38.441,11	39,05
Asentadas en tierras altas	45.814,93	46,54

Tabla 2.2 Asentamientos de camarónicas en manglares, salitrales y tierras altas.

Gráfico 2. 1 Hectáreas de superficies de camarónicas ubicadas en zonas de manglar, salitrales y tierras altas en el Golfo de Guayaquil.

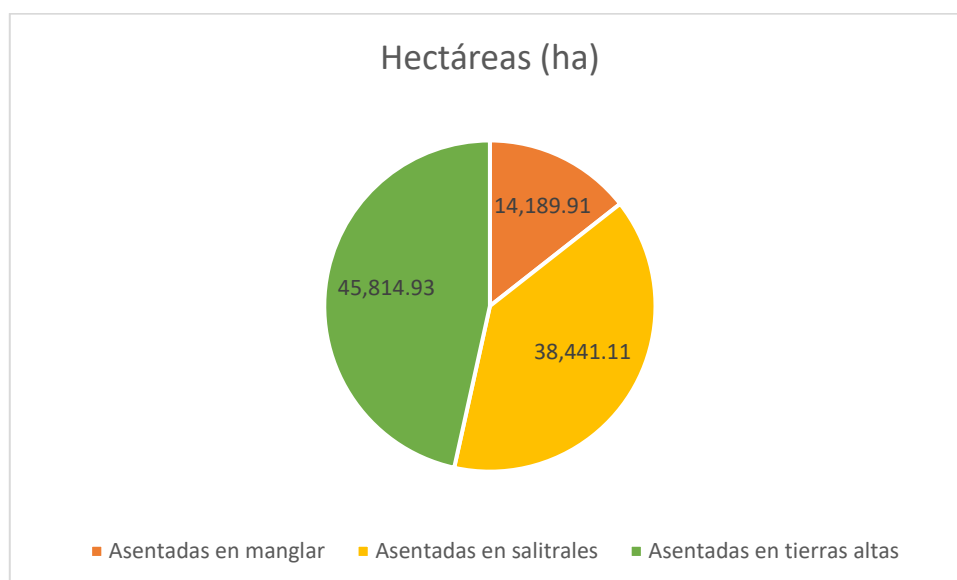
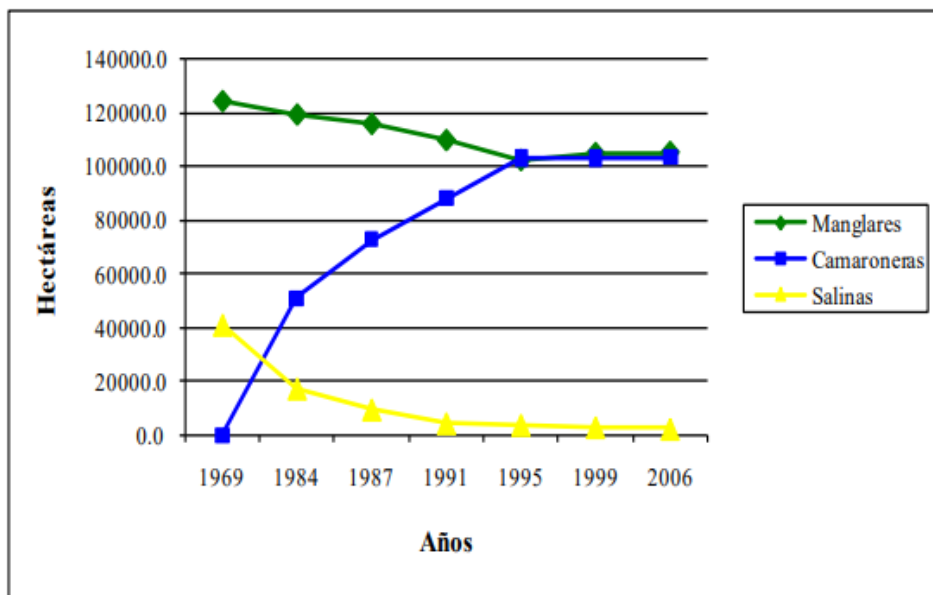


Gráfico 2.1 Hectáreas de la infraestructura camaronera sobre manglares, salitrales y tierras altas. **Fuente:** Manuel Bravo Cedeño, 2010.

Gráfico 2. 2 Cambios en las superficies de manglares, camaroneras y salinas en el Golfo de Guayaquil.



Fuente: Manuel Bravo Cedeño, 2010.

2.2 Técnica de Investigación.

Como técnica de investigación, se realizaron análisis de artículos científicos relevantes que están relacionados con el tópico del estudio, también se elaboraron tablas comparativas, y se dieron conclusiones y recomendaciones.

2.3 Análisis de metodología de Artículos Relacionados con la Determinación del Contenido de Carbono Orgánico en los Suelos de: Manglares, Piscinas Camaroneras y Tierras Altas en el Golfo de Guayaquil.

Luego de revisar bibliografía especializada se encontraron y analizaron los siguientes artículos de cobertura de carbono orgánico en camaroneras. Manglares y tierras altas.

2.3.1 Metodología del Contenido de Carbono de Estuarios Exteriores del Golfo de Guayaquil.

2.3.1.1 Un análisis espacio-temporal de las reservas vivas de carbono y su agotamiento desde el advenimiento de la acuicultura comercial; publicado por Stuart E. Hamilton, John Lovette en el año 2015.

Cuyo resumen se detalla a continuación:

Los bosques tropicales contienen mayores reservas de carbono, captando entre 228,7 niveles de Pentagramo (Pg) C y 247 Pg C que sería un 55 % del carbono forestal a nivel mundial. Estimando que los bosques de manglar contienen entre 937 t C ha⁻¹ y 1023 t C ha⁻¹ de carbono forestal mundial.

Mediante el uso de una cuadrícula de alta resolución de 10 m por 10 m de LUCC se planteó determinar los niveles de concentración de carbono en los manglares de Ecuador. El área de estudio se enfocó en los principales estuarios costeros del Ecuador continental por su larga historia en la acuicultura de la cría de camarones en piscinas. De los estuarios seleccionados de norte a sur fueron:

- Estuario Cayapas-Mataje de la provincia de Esmeraldas.
- Estuario Muisne de la provincia de Esmeraldas.
- Estuario Cojimíes de la provincia de Manabí.
- Estuario de Chone de la provincia de Manabí.
- ***La Isla Puná y la Isla del Golfo de Guayaquil.***
- ***Región costera de la provincia del Oro.***

Del cual solo se tomarán los datos de la Isla Puná y de la Región costera de la provincia del Oro ya que forman parte del estuario exterior del Golfo de Guayaquil.

Figura 2. 2 Estuarios costeros del Ecuador Continental.

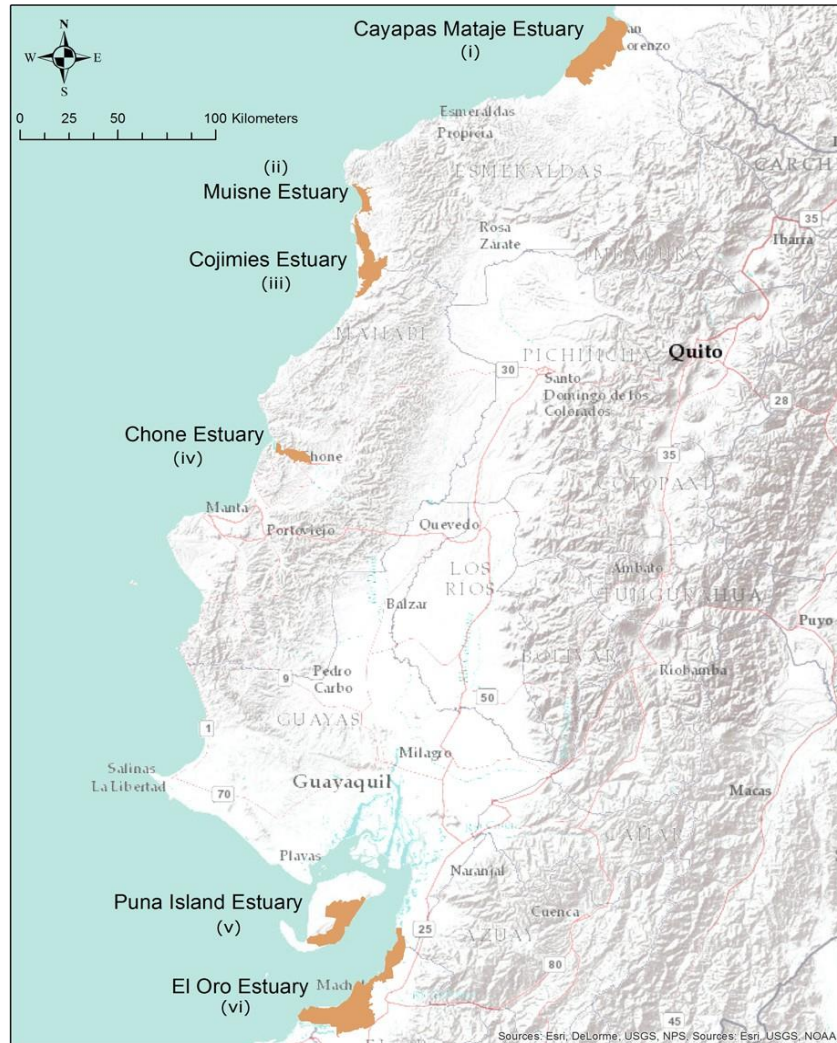


Figure 2.2: Sitios de estudio en Ecuador utilizados para encontrar los contenidos de carbono. **Fuente:** Hamilton SE, Lovette J 2015.

La investigación tuvo participación de la oficina del MAE (Ministerio del medio Ambiente) de cada provincia junto a los autores de este documento investigativo. Se usaron instrumentos con resoluciones espaciales variables entre 1m y 30 m, Aster a 15 m y Landsat a 30 m para las zonas de estudio. Los terrenos de zonas de manglares fueron observados y se les aplicó un proceso estándar de agrupaciones basadas en ISO-Datos mientras que los tanques de camarones fueron digitalizados manualmente. Las mediciones para cada estuario fueron diseñadas a base de datos analíticos e información apropiada de la cubierta terrestre (Hamilton, Stuart; Lovette, John, 2015).

2.3.2 Metodología del Contenido de Carbono en manglares y camaroneras del Golfo de Guayaquil.

2.3.2.1 Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador; publicado por Jéssica Valeria Merecí Guamán en el año 2017.

El siguiente trabajo se realizó en el Golfo de Guayaquil, donde se llevó a efecto la determinación de la cantidad de carbono que se encuentra en los bosques de mangle y en camaroneras.

El objetivo de la investigación fue obtener información en escala de tiempo y espacio acerca de los efectos antropogénicos, a fin de que las autoridades puedan diseñar una programación específica y efectiva de conservación o renovación que sean acordes con las observaciones al cambio climático por parte del país, tal como la integración de manglares como ecosistemas en NAMAs (acciones de mitigación apropiadas para cada país), en la herramienta de REDD+ o en estrategias de tácticas local.

Actualmente se conoce que los bosques de manglar tienen potencial para moderarse y adaptarse al cambio climático a través de la detención y almacenamiento del carbono. El CO₂ encontrado en el ambiente es absorbido por la vegetación de manglares mediante la fotosíntesis con una tasa de captura estimada de 24 Mg C año⁻¹, lo cual figura aproximadamente el 3% de secuestro global de carbono por los bosques tropicales.

Para continuar con la investigación, se revisó el siguiente artículo relacionado con el tema de contenido de carbono en los manglares y camaroneras:

2.3.2.1.1 Artículo I: “Determinación de reservas de carbono a nivel de ecosistema y paisaje en los manglares del Golfo de Guayaquil, Ecuador”.

Este artículo tiene como objetivo proveer una asimilación de las cantidades de carbono existentes en distintos ambientes como los manglares y las camaroneras que se encuentran en el Golfo de Guayaquil. Para esto se distinguieron dos

niveles de manglar: el intermedio (clasificado como M 1 - manglar de franja) el cual estaba compuesto por 7 islas y grande (M 2 - bosques de ríbera) que estaba compuesto por una isla, mientras que las camaroneras se registraron tomando en cuenta su forma ya sea triangular, rectangular y la cercanía a los manglares.

La metodología aplicada en el proyecto fue la de Kauffman, la cual consiste en plantear transectos lineales de 150 metros que se encuentran ubicados en la línea costera de modo perpendicular utilizando una herramienta de sistemas de información geográfica (SIG): ArcGis 10.5 y Earth Explorer, además se utilizaron mapas del uso del suelo del año 2016 para delimitar los transectos, donde se seleccionaron 29 puntos, los cuales están divididos en 17 puntos para el nivel de manglar M-1, 7 para el nivel del manglar M-2 y 5 para las camaroneras determinando la composición, la distribución y la reserva de carbono en cada una. (Merecí Guamán Jéssica Valeria, 2017).

Figura 2. 3 Ubicación de los transectos en estratos M1, M2 y Camaroneras del Golfo de Guayaquil

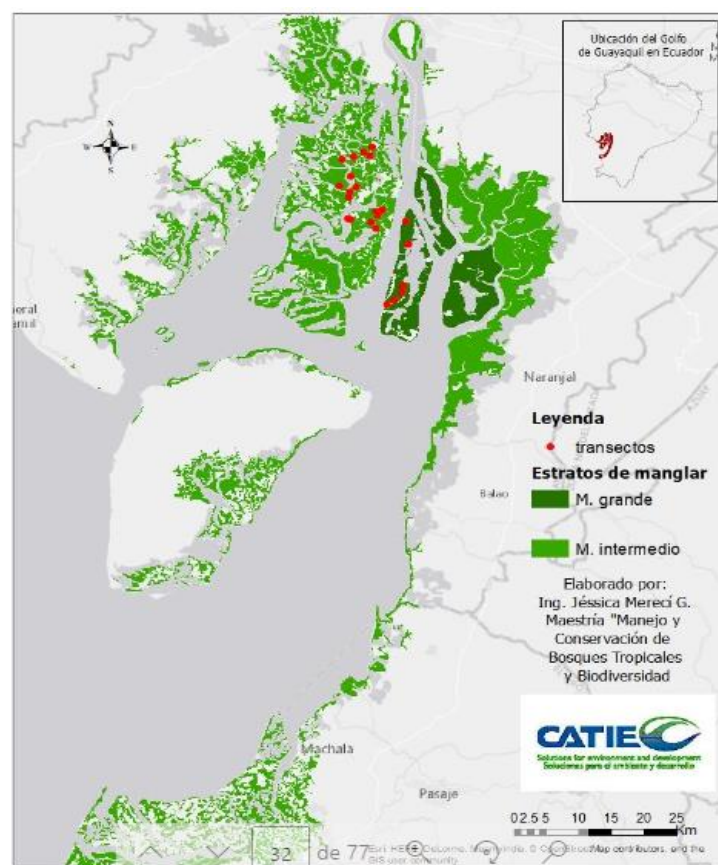


Figure 2.3: Ubicación de los transectos en los estratos M1, M2 y camaroneras del Golfo de Guayaquil. **Fuente:** Ing. Jéssica Merecí G., 2017.

En este estudio se identificó 298,013 hectáreas de bosques en el Estuario del Golfo de Guayaquil, de las cuales 134,063 ha pertenecen a ecosistemas de manglar, por el cual se realizó una división por el área basal de las estructuras de los arboles presentes en cada uno de los estratos.

Se identificaron 117,746 hectáreas de manglar en el estrato de manglar intermedio (M-1) donde se encontraron especies como *Rhizophora mangle*, también conocido como manglar rojo con un total de 99,6 % y también *Laguncularia racemosa var. Glabriflora* conocido como manglar blanco con un total 0,3 %, para el estrato de manglar grande (M-2) se encontró un 96,2 % de mangle rojo y un 3,7% de mangle blanco con un total de 16,317 hectáreas de manglar. También se identificaron un total de 163,950 hectáreas de piscinas camaroneras (Merecí Guamán Jéssica Valeria, 2017).

Tabla 2.3 Distribución total del Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Valeria Merecí Guamán. 2017.

Golfo de Guayaquil	Hectáreas (ha)
Manglar intermedio (M-1)	117,746
Manglar Grande (M-2)	16,317
Camaronera	163,95
Total	298,013

Tabla 2.3: Distribución total del Golfo de Guayaquil-Ecuador.

Gráfico 2. 3 Distribución total del Estuario del Golfo de Guayaquil- Ecuador.

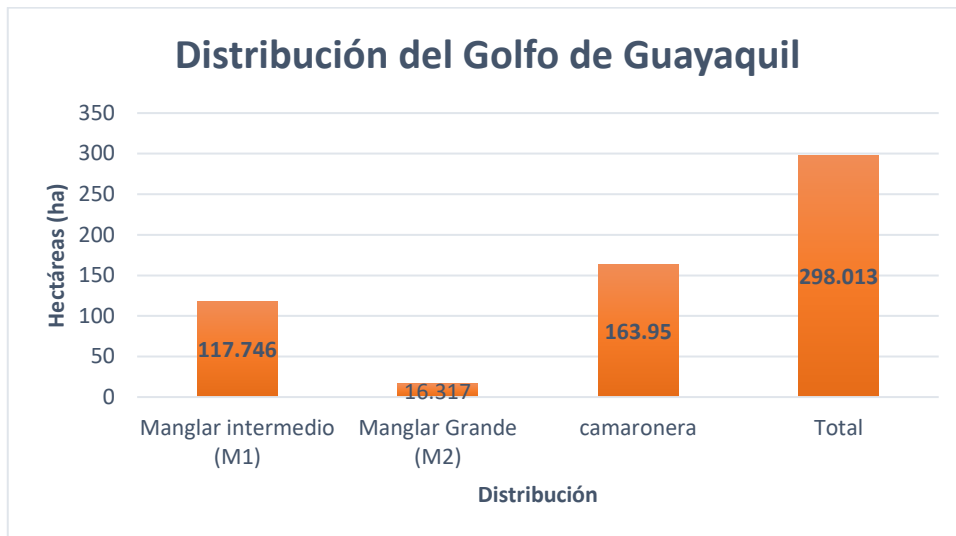


Gráfico 2.3: Distribución de número de (ha) en estrato de manglar intermedio, manglar grande y camaronerías. **Fuente:** Jéssica Merecí, 2017.

2.3.3 Metodología del Contenido de Carbono en los estanques de Acuicultura.

2.3.3.1 Secuestro de Carbono en estanques de Acuicultura; publicado por Subhendu Adhikari en el año 2020.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la tasa de acumulación de carbono (C) en diferentes estanques de acuicultura.

Para tener algo de conocimiento se tiene como introducción sobre los sedimentos encontrados en los estanques, donde se aplican productos como abonos, fertilizantes y otros desechos agrícolas con el fin de tener una mayor producción, sin embargo, estos insumos estimulan la producción de carbono orgánico mediante fotosíntesis del fitoplancton en los estanques.

También se conoce que los sedimentos encontrados en los estanques de acuicultura pueden ser erosionados por varios factores como la lluvia, las olas o las corrientes de agua que son usualmente generadas por los aireadores mecánicos, las intervenciones de recolección o las actividades de diferentes especies de cultivo.

Actualmente se sabe que los estanques de acuicultura pueden almacenar hasta un 0,21 % de las emisiones globales anuales de carbono (C) de alrededor de 10 Pg / año y

representan un pequeño sumidero de carbono que es un beneficio auxiliar importante en las consideraciones del presupuesto global de carbono.

Como metodología de la investigación se realizó un análisis del núcleo de los sedimentos, en estanques donde sus profundidades varían entre 1.0 y 2.5 metros. Los núcleos de los sedimentos se recolectaron de los estanques manualmente.

Las muestras de sedimento húmedo recolectadas se pesaron, y la cantidad medida se secó durante 24 horas a 105 °C, luego se pasa a enfriar en desecadores y se pesan otra vez para poder estimar la densidad aparente seca. Otra parte de las muestras de sedimento se procedieron a secar al aire, luego se pulverizaron para poder pasarlas a una pantalla de 0,25 mm y por esto fue posible analizarlas para detectar CO utilizando la técnica de oxidación con dicromato mediante el método de titulación rápida.

La tasa de acreción de Carbono orgánico se estimó multiplicando la tasa anual de acumulación de sedimento seco por la densidad aparente seca del sedimento y la concentración de OC en el sedimento.

La acumulación de OC en el suelo se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Mg C/ha} = (\%C \times \text{densidad aparente corregida} \times d \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha})/100$$

donde MgC/ha representa mega gramos de C por hectárea ((1 Mg = 10⁶ = 1 tonelada métrica), la densidad aparente del suelo se representa en mega gramo por metro cúbico y d es la profundidad medida en metros (Subhendu Adhikari, 2020).

2.3.4 Metodología del Contenido de Carbono en tierras altas (Bosque seco tropical) del Golfo de Guayaquil.

2.3.4.1 Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador; publicado V. Loayza, V. Sevilla, C. Olivera, M. Guevara, G. Olmedo, R. Vargas, C. Oyonarte, W. Jiménez en el año 2020.

En esta investigación se tuvo como objetivo realizar el Mapa Mundial de Carbono Orgánico del Suelo, el cual se pudo ejecutar mediante el mapeo digital de suelos, el contenido de COS dentro de los 30 cm de profundidad a nivel nacional, así como su

variabilidad espacial identificando los factores ambientales que intervienen en su almacenamiento y aquellas covariables que influyen en su incertidumbre respecto a su contenido.

El estudio se realizó en la República del Ecuador, donde se incluyeron 12924 perfiles para la base de datos de suelos, estos perfiles fueron tomados a 1 metro de profundidad y se recolectaron en periodos de los años 1982-1985 al 2009-2016.

Para el cálculo del COS en el suelo, se seleccionaron distintas variables como: profundidad efectiva (cm), densidad aparente (DA, g.cm-3), carbono orgánico (CO, %), materia orgánica (MO, %), y fragmentos gruesos superficiales (FG, %).

Para calcular reserva de COS en kg m-2 entre 0 y 30 cm para cada perfil de suelo se utilizó la siguiente ecuación:

$$COS = CO * DA * E * \left(1 - \left(\frac{FG}{100}\right)\right)$$

Donde se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- El contenido de carbono orgánico de suelo (g kg⁻¹) **(CO)**
- Densidad aparente (kg m⁻³) **(DA)**
- Espesor (m) **(E)**
- El contenido de fragmentos gruesos en cada perfil (%) **(FG)**

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y ANÁLISIS.

3.1 Resultados del Contenido de Carbono de Estuarios Exteriores del Golfo de Guayaquil.

3.1.1 “Las reservas de carbono de los manglares del Ecuador: Un análisis espacio-temporal de las reservas vivas de carbono y su agotamiento desde el advenimiento de la acuicultura comercial”.

Autores: Stuart E. Hamilton, John Lovette, 2015.

Gráfico 3. 1 Niveles de CC en la pre-acuicultura, total de C perdidos por la pre-acuicultura pérdidas de CC por la acuicultura hasta 2011, ganancias de CC debido a la forestación.

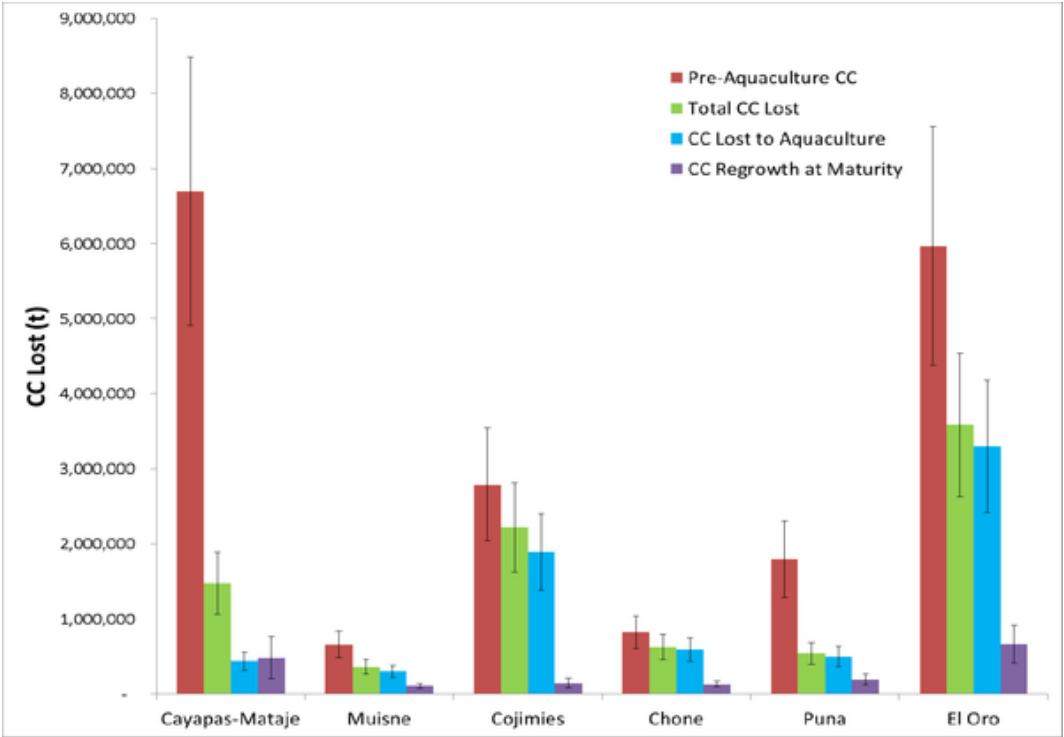


Gráfico 3.1: Niveles de CC antes y después de la acuicultura en los Estuarios costeros del Ecuador. **Fuente:** Stuart E. Hamilton, John Lovette, 2015.

En el siguiente gráfico se puede observar que de las 8.813.841 t C perdidas en todos los estuarios de estudio antes de la industria acuícola hasta la actualidad 7.014.517 t C \pm 27 % se puede atribuir al desplazamiento de los Bosques de manglar por la acuicultura, con un total de 34.500 ha de manglares aproximadamente convertidos en piscinas camaroneras. Valores calculados desde la pre-acuicultura hasta 2011.

Se estimó los valores de carbono vivo desde el advenimiento de la acuicultura en la Isla Puná y el Oro, el total de la concentración de carbono perdido, la concentración de carbono perdido por la acuicultura y la concentración de carbono en crecimiento. El Oro presento pérdidas de la concentración de Carbono orgánico de 3.585.069 t C \pm 27% y la Isla Puná registro pérdidas del Contenido de Carbono orgánico de 541.241 t C.

Los siguientes datos muestran que el Carbono vivo en los bosques de manglar de Ecuador han sido modificados e impactados por la expansión acuícola causando pérdidas del más del 80 % de carbono en los manglares cuando usan estas tierras en piscinas camaroneras (Hamilton, Stuart; Lovette, John, 2015).

Tabla 3.1 Pérdidas de CC de las zonas delimitadas del año 2011, en bosque de manglar en el estudio inicial, Ecuador. Fuente: Stuart E. Hamilton, John Lovette, 2015.

Estuario	CC (t C)	CC* (t C)	CC^ (t C)	CC" (t C)	Pérdidas (2011)	Mean
Cayapas-Mataje	1.887.781	1.299.630	1.059.688	1.092.327	1.473.735	1.334.857
Muisne	450.671	309.815	263.959	259.915	355.293	321.090
Cojimíes	2.814.997	1.935.951	1.680.017	1.621.427	2.218.212	2.013.098
Chone	789.448	542.310	464.628	455.711	622.580	563.024
Isla Puna	688.025	475.251	395.717	397.241	541.871	489.059
El Oro	4.541.515	3.142.489	2.713.867	2.628.623	3.585.069	3.256.624
TOTAL	11.172.437	7.705.446	6.577.876	6.455.244	8.813.841	7.977.751

Tabla 3.1 Pérdidas de CC de las zonas delimitadas en el año 2011

3.2 Resultados del Contenido de Carbono en manglares y camaroneras del Golfo de Guayaquil.

3.2.1 Resultados de “Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador”.

Autor: Jéssica Valeria Merecí Guamán.

3.2.1 Artículo I

Determinación de reservas de carbono a nivel de ecosistema y paisaje en los manglares del Golfo de Guayaquil, Ecuador.

La estimación de carbono total sobre el suelo a nivel de ecosistema fue de 320,95 Mg C ha-1 en M-1 a 1 metro de profundidad, con la indicación de que después de los 100 metros de bosque adentro con respecto al distanciamiento del canal el contenido de carbono disminuía y con un total de 419,45 MgC ha-1 en los niveles de manglar de M-2 a 1 metro de interior. Se le atribuye las desemejanzas en el total del carbono a varios factores como las circunstancias de salinidad, procedencia de material extraño, extensión de la marea o el gasto de la fauna.

Tabla 3.2 Desigualdad en el almacenamiento de carbono en relación a la separación del estuario en el Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.

Distancia al canal (m)	C aéreo (Mg ha-1)
Manglar intermedio (M1)	
25	85,8
50	86,72
75	83,09
100	78,33
125	59,17
150	48,62
Manglar Grande (M2)	
p > 0,05	

Tabla 3.2: Desigualdad en el almacenamiento de carbono.

La estimación de Carbono bajo suelo involucra el contenido que se haya en raíces y sedimento, en la siguiente tabla se puede observar los resultados en los estratos de M1 y M2 mas el de camaroneras medidos a diferentes profundidades de 1m y 2 m. Los transectos mostraron diferentes concentraciones de C en sedimentos a diferentes

profundidades, por tal manera se nota que las capas superficiales de muestra de 1 m son más afectadas por el cambio de manglar a camaroneras.

Tabla 3.3 Diferencias de concentración de Carbono en sedimentos en el estuario del Golfo de Guayaquil- Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.

Profundidad	Manglar intermedio (M1)	Manglar grande (M2)	Camaroneras
1m	247,33 ± 21,81 Mg C ha-1	227,25 ± 26,75 Mg C ha-1	81,91 ± 13,69 Mg C ha-1
2 m	379,26 ± 30,35 Mg C ha-1	345,46 Mg C ha-1	126,98 ± 16,33 Mg C ha-1

Tabla 2.3: Diferencia de concentración de carbono en el estuario del Golfo de Guayaquil.

En el estudio realizado en las camaroneras se pudo encontrar almacenamiento de carbono con un total de 81,91 Mg C ha-1 a una profundidad de 1 metro. Asimismo, se contempló que los suelos de los manglares poseen aproximadamente el 80 % del carbono en valores de ecosistemas, así como que al realizarse la transformación a camaroneras se llega a perder más del 50 % de carbono.

En los niveles de paisaje, el rol que cumplen ambientes como los manglares como depósitos de carbono es notorio, ya que contienen más de 44 millones de Mg en el golfo, en otras palabras, 163 millones de CO₂e.

Los resultados que han sido mencionados recalcan que los manglares son ecosistemas ricos en el contenido de carbono por hectárea. (Merecí Guamán Jéssica Valeria, 2017).

Tabla 3.4 Contenido de carbono actuales a 1 metro de profundidad para los estratos de manglar y camaroneras en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Fuente: Jéssica Merecí, 2017.

Cobertura	Área (ha)	Carbono (Mg ha-1)	Carbono total (Mg C)
Manglar intermedio	117 746,00	320,95	37 790578,70
Manglar extenso	16 317,14	419,45	6 844224,37
Camaronera	153 950,49	81,91	12 610 084,64
Total	288 013,63		57 244 887,71

Tabla 3.4: Contenido de carbono a 1m de profundidad

Gráfico 3. 2 Almacenamiento de Carbono orgánico en bosques de manglar y camaroneras.

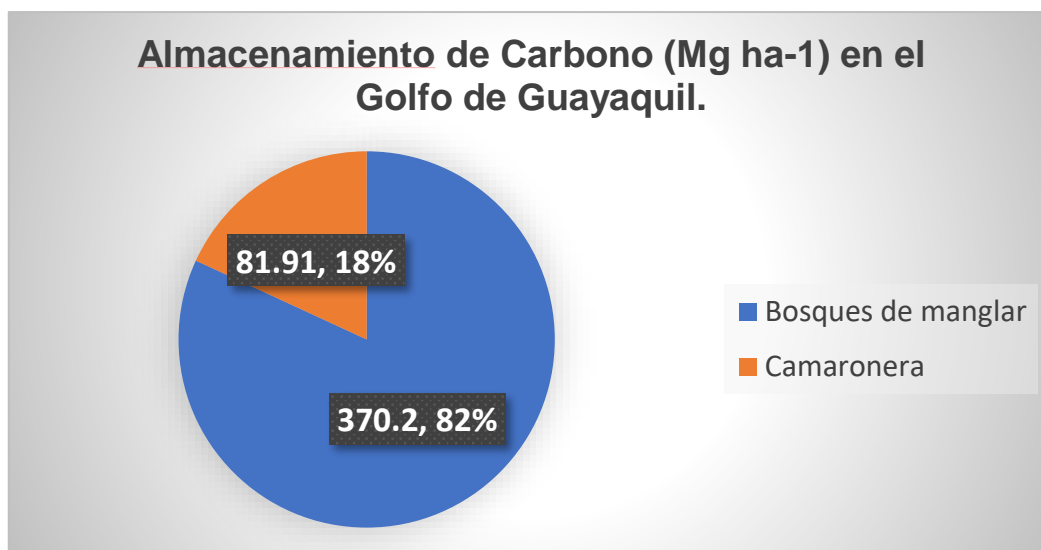


Gráfico 3.2: Niveles de CC almacenados en tierras de bosques de manglar y camaroneras en el Golfo de Guayaquil en Mg ha-1

3.3. Resultados del Contenido de Carbono en los estanques de Acuicultura.

3.3.1 Secuestro de Carbono en estanques de Acuicultura; publicado por Subhendu Adhikari en el año 2020.

Como resultados se dio que la concentración de carbono orgánico (% , g / g) en el sedimento osciló entre 1,22 y 3,66 en camarones y de 1,20 a 1,38 en langostinos de agua dulce. En general, el CO en el sedimento varió de 1,10% a 4,17% en diferentes estanques del mundo.

Tabla 3.5 Acreción de carbono a partir de los datos del análisis de núcleos de sedimentos para diferentes sistemas de acuicultura. Fuente: Subhendu Adhikari, 2020.

Especies	País	Separación de C (Mg/ha/año)
Camarón	Honduras	0.95
	India	0.97
	Tailandia	2.76

Tabla 3.5: Acreción de carbono a partir de los datos del análisis.

Y para la tasa de acumulación de carbono anual estimada a partir de la tasa de acumulación de sedimentos, la densidad aparente seca y el porcentaje de OC en el sedimento se dieron resultados que variaron de 0,95 a 2,76 Mg/ha/año en estanques de camarones y de 0,28 a 0,86 Mg/ha/año en estanques de langostinos.

Tabla 3.6 Áreas de masas de agua continentales globales y tasas y cantidades anuales de almacenamiento de CO en estos sistemas. Fuente: Subhendu Adhikari, 2020.

Cuerpo de agua	Almacenamiento de Carbono por año (Mg/ha/año)
Estanques con agua dulce	1.56
Estanques con agua salada	1.56
Cultivos en mar	0.05
Embalses agrícolas	21.20

Tabla 3.6 Áreas de masas de masas de agua continentales.

En general, la tasa de secuestro de carbono en estos estanques osciló entre 0,28 y 4,37 Mg/ha/año con un promedio de 1,56 Mg/ha/año. El cultivo de camarón en estanques de agua dulce registró 1.56 Mg/ha/año de almacenamiento de carbono. (Subhendu Adhikari, 2020).

3.4 Resultados del Contenido de Carbono en tierras altas (Bosque seco tropical) del Golfo de Guayaquil.

3.4.1 Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador; publicado V. Loayza, V. Sevilla, C. Olivera, M. Guevara, G. Olmedo, R. Vargas, C. Oyonarte, W. Jiménez en el año 2020.

Mediante la ecuación utilizada, se reportó una distribución asimétrica positiva de los valores de COS y resultados entre 10.44 a 297.8 t ha⁻¹, con un promedio de 55.69 t ha⁻¹ y una desviación de 32.95 t ha⁻¹.

Como se muestra en el mapa comparando con el contenido de carbono de todo el Ecuador, la zona del Golfo de Guayaquil posee niveles de carbono entre bajos y medios con resultados entre 0 a 80 t ha⁻¹.

En las zonas con niveles bajo de carbono orgánico de suelos (COS) ($0 - 40 \text{ t ha}^{-1}$), se consideran que tienen condiciones ambientales que no dan para el desarrollo de vegetación, como es la pérdida de humedad o temperaturas altas con valores exagerados.

Los niveles medios de carbono orgánico de suelos (COS) ($40 - 80 \text{ t ha}^{-1}$) se dan en zonas que poseen temperaturas promedio, suelos moderadamente ácidos o fértiles, o condiciones de humedad. (Loayza, y otros, 2020).

Figura 3. 1 Mapa de Niveles de Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos del Ecuador.

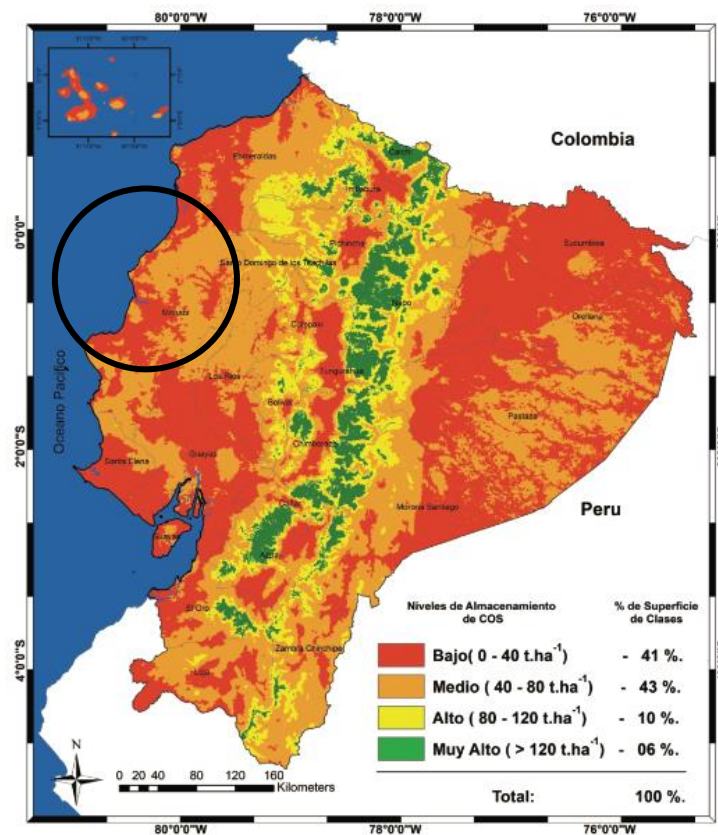


Figure 3.1 Mapa de Niveles de Almacenamiento de carbono orgánico en los suelos del Ecuador.

Tabla 3.7 Secuestro de Carbono en tierras altas del Golfo de Guayaquil. Fuente: Loayza y otros, 2020)

Cobertura	Carbono orgánico (Mg ha ⁻¹)
Tierras Altas y salitrales	(40 -80)

3.5 Análisis de resultados de artículos científicos.

Después de realizar un análisis de los resultados dados en los diferentes artículos científicos, se tomó como referencia las hectáreas ocupadas por camaroneras en el Golfo de Guayaquil en suelos de: manglares, tierras altas y salitrales distribuidos en la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Hectáreas ocupadas por camaroneras. Fuente: Manuel Braco Cedeño, 2010.

Camaroneras en el Golfo de Guayaquil	Hectáreas (ha)
Camaroneras en manglar	14.189,91
Camaroneras en tierras altas	45.441,11
Camaroneras en salitrales	38.441,11

Tabla 3.8: Hectáreas ocupadas por camaroneras.

Una vez que se finalizó los estudios del contenido de carbono en Bosques de manglar, camaroneras y tierras altas se determinó la cantidad total de almacenamiento de carbono orgánico en unidades de (Mg ha^{-1}), se procedió a la elaboración de una matriz cuantitativa con los datos obtenidos:

Tabla 3.9 Almacenamiento de carbono orgánico en manglares, camaroneras y tierras altas. Fuente: Aguayo, Pinto 2020.

Cobertura del Golfo de Guayaquil	Contenido de carbono (Mg ha^{-1})
Suelo de manglar	370,20
Camaroneras	81,091
Tierras altas y salitrales	40,00

Se tomaron los valores antes mencionados y se multiplicaron para obtener la cantidad de carbono que existía en los suelos antes de la conversión a camaroneras, se dieron los siguientes resultados:

Tabla 3.10 Cantidad de carbono antes de la conversión a camaroneras. Fuente: Aguayo, Pinto 2020.

Suelos del Golfo de Guayaquil	Carbono orgánico (Mg ha^{-1})
Manglar	5.253.104,68
Tierras altas	1.832.597,20
Salitrales	1.537.644,40
Total	8.623.346,28

Lo cual dio un total de **8.623.346,28** Mg de carbono en las tres zonas estudiadas como manglares, tierras altas y salitrales antes de la acuacultura.

Luego, se multiplicaron los valores de suelos por el contenido de carbono existente en camaronerías que es de 81,91 Mg ha⁻¹

Tabla 3.11 Cantidad de carbono existente con la llegada de camaronerías.
Fuente: Aguayo, Pinto 2020.

Suelos del Golfo de Guayaquil	Cantidad de carbono
Camaroneras en manglar	1.162.295,53
Camaroneras en tierras altas	3.752.700,92
Camaroneras en salitrales	3.148.711,32
Total	8.063.707,76

Con los resultados finales dados, se sacó un porcentaje del carbón orgánico existente en los suelos ya antes mencionados. Se obtuvo que la cantidad de carbono perdido es de un 9 %.

Tabla 3.12 Porcentaje de carbono orgánico remanente en suelos.
Fuente: Aguayo, Pinto 2020.

Perdidas de carbono orgánico en el suelo =	559.638,52 Mg ha⁻¹
% de carbón orgánico remanente en el suelo	93,51%

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones

- La industria acuícola después de la crisis camaronera de la historia de 1999 y 2005 se ha ido recuperando paulatinamente, expandiéndose hacia tierras agrícolas, zonas de manglares, salitrales y tierras altas.
- Los bosques de manglar generan aproximadamente el 15 % del total de carbono acumulado en sedimentos y raíces.
- El Golfo de Guayaquil presentó un gran cambio en las áreas de construcción de tierras a camaroneras.
- Los suelos de manglar contienen más del 80 % de Carbono orgánico a nivel de Ecosistema y que al transformar estas tierras a camaroneras se puede perder más del 50% de Carbono orgánico.
- En el artículo científico de Jéssica Merecí se obtuvo la estimación de Carbono orgánico total a nivel de ecosistema con los siguientes valores: Manglar 370,20 Mg ha⁻¹, camaroneras 81,91 Mg ha⁻¹ y tierras altas junto a salitrales 40,00 Mg ha⁻¹.
- Se elaboró una matriz cuantitativa del contenido de carbono en los manglares, camaroneras y tierras altas del Golfo de Guayaquil antes de la acuicultura, dando como resultado que en el área de manglares se encuentra el mayor contenido de carbono orgánico con valores de hasta 5.253.104,68 Mg ha⁻¹
- Se evidenció que al convertir manglares a zonas camaroneras el contenido de carbono se encuentra en 1.162.295,53 Mg ha⁻¹ de 5.253.104,68 Mg ha⁻¹, pero ese valor no es considerado estático, es decir va creciendo, debido a la cantidad de uso que existe por parte del cultivo de especies acuícolas.
- se demostró que las zonas más afectadas en el contenido de carbono se dan por el cambio de manglar a camaroneras, sin embargo, mediante el análisis de diferentes artículos científicos se pudo destacar que la pérdida de carbono por el desplazamiento directo de los bosques de manglares por la acuicultura de camarones es de 9 % y no del 15 % como se mencionaba.
- las áreas de bosque seco tropical (tierras altas) presentaron un rango de (0 – 40) mg c ha⁻¹, y al convertirse en piscinas acuícolas estas secuestraban ya 80 mg c ha⁻¹.

- Los resultados mencionados enfatizan que ecosistemas como los manglares poseen uno de los mayores contenidos de carbono por hectárea. (Merecí Guamán Jéssica Valeria, 2017)

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda incentivar el uso de nuevos métodos de cultivos como la maricultura a mar abierto, es decir el cultivo de animales directamente en el mar. Este método posee muchas ventajas como cultivos con bajo potencial contaminante, permite la recuperación de tierras degradadas, contribuye al secuestro del carbono, entre otros. (Radulovich, 2006)
- La maricultura practicada a mar abierto, se considera como la única alternativa a implementar en estos momentos a nivel mundial para poner en funcionamiento soluciones que se basan en la fotosíntesis y posteriormente en cadenas tróficas, en otras palabras, neutras en carbono. (Radulovich, 2009)

BIBLIOGRAFÍA.

- (1 de Julio de 2014). Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/islas-guayaquil-turismo-ecuador.html>
- Aburto-Oropeza, M. T. (2016). *Los manglares almacenan toneladas de carbono*. Obtenido de Los manglares almacenan toneladas de carbono.: <http://datamares.ucsd.edu/stories/los-manglares-almacenan-toneladas-de-carbono/?lang=es#viz>
- Betancourt Vera; Murillo Erazo. (Septiembre de 2018). *"Determinación de los Factores productivos que inciden en el Desarrollo económico y comercial de la Asociación de Cangrejos 6 de Julio en el Golfo de Guayaquil"*. Obtenido de "Determinación de los Factores productivos que inciden en el Desarrollo económico y comercial de la Asociación de Cangrejos 6 de Julio en el Golfo de Guayaquil": <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35666/1/TESIS-BETANCOURT%20VERA-MURILLO%20ERAZO%20original.pdf>
- DED-SENAGUA. (13 de Febrero de 2009). *Caracterización de la Cuenca del Río Guayas*. Obtenido de Caracterización de la Cuenca del Río Guayas.: https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/3_ded-senagua_capt-0_resumen-ejecutivo.pdf
- El Comercio. (s.f.). Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-nacional-camaron-refloto-fuerza.html>
- Guido Poveda Burgos y Pedro Avilés Almeida. (31 de Febrero de 2018). *Situación de los manglares de la ciudad de Guayaquil, Ecuador*. Obtenido de Situación de los manglares de la ciudad de Guayaquil, Ecuador: <https://www.eumed.net/rev/delos/31/guido-poveda3.html>
- Hamilton, Stuart; Lovette, John. (04 de Marzo de 2015). *Ecuador's Mangrove Forest Carbon Stocks: A Spatiotemporal Analysis of Living Carbon Holdings and Their Depletion since the Advent of Commercial Aquaculture*. Obtenido de Ecuador's Mangrove Forest Carbon Stocks: A Spatiotemporal Analysis of Living Carbon Holdings and Their Depletion since the Advent of Commercial Aquaculture: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118880>
- HEIFER INTERNATIONAL. (2019). *Competitividad de las comunidades del manglar en el Golfo de Guayaquil*. Obtenido de Competitividad de las comunidades del manglar en el Golfo de Guayaquil: <https://www.heifer-ecuador.org/proyecto/competitividad-de-las-comunidades-del-manglar-en-el-golfo-de-guayaquil/>
- Herrera, J., Camacho, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez, J., & Teutli, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. Yucatán, México.

- INOCAR. (2001). *Estuarios*. Obtenido de Estuarios.: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002342/inocar/pages/oceanografia/capitulo11/int_cap11_pag1.html
- Ladino-Orjuela, G. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces.
- Loayza, V., Sevilla, V., Olivera, C., Guevara, M., Olmedo, G., Vargas, R., . . . Jiménez, W. (2020). *Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador*. Ecuador.
- Lozano, Y. (2007). LOS SUMIDEROS DE CARBONO: UN ANÁLISIS DE LA POTENCIALIDAD ECONÓMICA EN UN BOSQUE DE MANGLAR DEL PACÍFICO COLOMBIANO. Colombia.
- Madero Romero Héctor Fernando. (23 de Febrero de 2015). *EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAMARÓN*. Obtenido de EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAMARÓN.: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6064/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-94.pdf>
- Manuel Bravo Cedeño. (2010). *Interpretacion Del Estudio Multitemporal (CLIRSEN 1969-2006) de las Coberturas de Manglar, Camaroneras y áreas Salinas en la Franja costera del Ecuador continental*. Obtenido de Interpretacion Del Estudio Multitemporal (CLIRSEN 1969-2006) de las Coberturas de Manglar, Camaroneras y áreas Salinas en la Franja costera del Ecuador continental.: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11985/1/Tesis%20Maestria%20Manuel%20Bravo.pdf>
- Mariano Montaña, T. S. (Octubre de 2008). *Ecosistema Guayas (ECUADOR). Medio Ambiente y Sostenibilidad*. Obtenido de Ecosistema Guayas (ECUADOR). Medio Ambiente y Sostenibilidad.: https://www.researchgate.net/publication/28797373_Ecosistema_Guayas_Ecuador_Medio_Ambiente_Y_Sostenibilidad
- Merecí Guamán Jéssica Valeria. (2017). *Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador*. Obtenido de Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador.: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8699>
- Merritt R. Stevenson. (Diciembre de 1981). *VARIACIONES ESTACIONALES EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL, UN*. Obtenido de VARIACIONES ESTACIONALES EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL, UN: <http://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/BCT.-VOL.-4-1.pdf>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (11 de Noviembre de 2020). *Ministero de Telecomunicaciones y de la sociedad de la informacion*. Obtenido de Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la informacion.: <https://www.gob.ec/mae>
- Ministerio del Ambiente, EcoCiencia, CISP. (2001). *Humedales Marinos - Costeros Cotinentales*. Obtenido de Humedales Marinos - Costeros Cotinentales.: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56577.pdf#page=24>

- Ministerio Federal de medio ambiente, p. d. (2017). *MEDICIÓN DE CARBONO EN LOS MANGLARES DE PANAMÁ: PREGUNTAS Y RESPUESTAS*. Obtenido de MEDICIÓN DE CARBONO EN LOS MANGLARES DE PANAMÁ: PREGUNTAS Y RESPUESTAS: <https://manglares.miambiente.gob.pa/index.php/extensions/noticias-del-proyecto/196-medicion-de-carbono-en-los-manglares-de-panama-preguntas-y-respuestas>
- Radulovich, R. (2006). *Cultivando el mar*. Costa Rica.
- Radulovich, R. (2009). Maricultura a mar abierto en Costa Rica. *Ambientico*.
- Rinku Roy, L. C. (November de 2017). *Anthropogenic Drivers of Mangrove Loss: Geographic Patterns and Implications for Livelihoods*. Obtenido de Anthropogenic Drivers of Mangrove Loss: Geographic Patterns and Implications for Livelihoods: https://www.researchgate.net/publication/320848965_Anthropogenic_Drivers_of_Mangrove_Loss_Geographic_Patterns_and_Implications_for_Livelihoods
- Rodríguez Crespo, G. d. (Septiembre de 2016). *LA GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL, SU FUNCIÓN FRENTE A CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES. CAMARONERAS, CASO: MANGLARES DE ECUADOR*. Obtenido de LA GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL, SU FUNCIÓN FRENTE A CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES. CAMARONERAS, CASO: MANGLARES DE ECUADOR: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus05316.pdf>
- Solórzano, R. R.-M. (2001). *The Gulf of Guayaquil and the Guayas River Estuary, Ecuador*. Obtenido de The Gulf of Guayaquil and the Guayas River Estuary, Ecuador: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-662-04482-7_18
- Subhendu Adhikari. (March de 2020). *Carbon Sequestration: Fish Ponds*. Obtenido de Carbon Sequestration: Fish Ponds: https://www.researchgate.net/publication/339899466_Carbon_Sequestration_Fish_Ponds
- Yahira Piedrahita. (23 de Julio de 2018). *Global Aquaculture Advocate*. Obtenido de Global Aquaculture Advocate: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>