



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES
UBICADOS JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS, CANTÓN
GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS

AUTOR: Kerlly Isamar Freire Mallea

TUTOR: Blga. Mireya Matilde Pozo Cajas, MSc.

GUAYAQUIL, ABRIL 2022



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES UBICADOS
JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS, CANTÓN GUAYAQUIL,
PROVINCIA DEL GUAYAS**

AUTOR: Kerlly Isamar Freire Mallea

TUTOR: Blga. Mireya Matilde Pozo Cajas, MSc.

GUAYAQUIL, ABRIL 2022

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN	
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Determinación de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, cantón Guayaquil, provincia del Guayas
AUTOR:	Freire Mayea Kerlly Ysamar
REVISOR /TUTOR:	Dr. Wilson Orlando Pozo Guerrero PhD Blga. Mireya Pozo Cajas, MSc.
INSTITUCIÓN:	Universidad De Guayaquil
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad De Ciencias Naturales
TERCER NIVEL:	Ingeniería Ambiental
GRADO OBTENIDO:	Ingeniera Ambiental
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Abril, 2022
	No. DE PÁGINAS:82
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciencias Naturales
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Manglar, Carbono azul, Biomasa aérea
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	
<p>Los manglares proporcionan una serie Servicios Ambientales a las comunidades humanas establecidas en las zonas costeras, además dentro de los servicios es la fijación de carbono. El propósito del siguiente trabajo de titulación consistió en determinar la concentración de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, los cuales forman parte de la Reserva de Producción de Fauna De Manglares El Salado del cantón Guayaquil, provincia de Guayas. Para el estudio se seleccionaron 4 puntos de muestreos. Para poder obtener el valor de carbono se utilizaron dos métodos, primero a través del cálculo de la biomasa aérea y en segundo mediante el análisis de laboratorio por el método de Walkley-Black. Se determinó que la cantidad de carbono se encuentra dentro de los rangos mundial de fijación de C, siendo 1298,45 mg C/ha.</p>	

Abstract

Mangroves provide a series of environmental services to human communities established in coastal areas, in addition to providing a series of ecosystem services. The purpose of the following titling work was to determine the concentration of blue carbon in mangroves located next to the town of Las Garzas, which are part of the El Salado Mangrove Fauna Production Reserve in the Guayaquil's city, Guayas province. Four sampling points were selected for the study. To obtain the carbon value, two methods were used, first through the calculation of the aerial biomass and the second through laboratory analysis by the Walkley-Black method. It was determined that the amount of carbon is within the global range of C fixation, being 1298,45 mg C/ha

ADJUNTO PDF:	SI X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0967398435	E-mail: kerlly.freirem@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Msc. Jenny Rosero Lozano	
	Teléfono: (04) 308-0777	
	E-mail: info@fccnugye.com	

ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

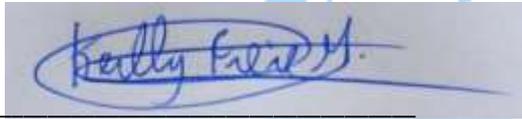
FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERIA

AMBIENTAL

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo **KERLLY YSAMAR FREIRE MAYEA**, con C.I. No. 1206731745, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **DETERMINACION DE CARBONO AZUL EN LOS MANGLARES UBICADOS EN LA CIUDADELA LAS GARZAS,CANTON GUAYAQUIL,PROVINCIA DEL GUAYAS**, son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



KERLLY YSAMAR FREIRE MAYEA

C.I. 1206731745

ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **Blga. Mireya Pozo Cajas, MSc.**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **Kerlly Isamar Freire Mallea**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniería Ambiental.

Se informa que el trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES UBICADOS JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio **Urkund**, quedando el 3 % de coincidencia.



Curiginal

Document Information

Analyzed document	KERLLY TESIS FINAL 20 DE MARZO 22 URKUND .docx (D130946173)
Submitted	2022-03-20T21:22:00.0000000
Submitted by	Pozo Cajas Mireya-Matilde
Submitter email	mireymateu@yahoo.com
Similarity	3%
Analysis address	mireymateu.ug@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL / TESIS JUAN VERA RIVERA.docx Document TESIS JUAN VERA RIVERA.docx (D64985277) Submitted by: mireymateu@yahoo.com Receiver: mireymateu.ug@analysis.arkund.com	9
SA	Articulo científico Secuestro de carbono de Andrade y Barrera.docx Document Articulo científico Secuestro de carbono de Andrade y Barrera.docx (D126781198)	1

<https://secure.arkund.com/view/125069959-498111-732033#/>



Firmado electrónicamente por:
**MIREYA
MATILDE POZO**

Blga. Mireya Pozo Cajas, MSc.
C.I. 0909378432
FECHA: 19/03/2022

ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE - TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

Guayaquil, 19 de marzo del 2022

Sr. Ing. Vinicio Macas Espinosa, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -



De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES UBICADOS JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS., es de la estudiante Kerlly Isamar Freire Mallea , indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, CERTIFICO, para los fines pertinentes, que la estudiante está apta para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**MIREYA
MATILDE POZO**

Blga. Mireya Pozo Cajas, MSc.
C.I. 0909378432
FECHA: 19/03/2022

ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Sr. Ing. Vinicio Macas Espinosa, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES UBICADOS JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS de la estudiante Kerlly Isamar Freire Mallea. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 18 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 7 años. La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**WILSON ORLANDO
POZO GUERRERO**

Dr. Wilson Orlando Pozo Guerrero, PhD
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. 0400440590
FECHA:3/04 /2022

ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERIA

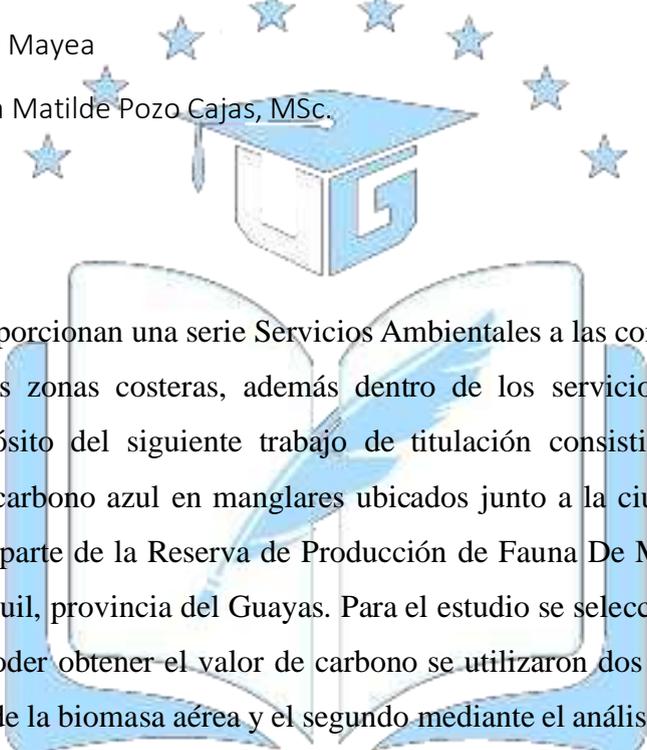
AMBIENTAL

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN REALIZADO

Autor: Kerlly Freire Mayea

Tutor: Blga. Mireya Matilde Pozo Cajas, MSc.

Resumen



Los manglares proporcionan una serie Servicios Ambientales a las comunidades humanas establecidas en las zonas costeras, además dentro de los servicios es la fijación de carbono. El propósito del siguiente trabajo de titulación consistió en determinar la concentración de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, los cuales forman parte de la Reserva de Producción de Fauna De Manglares El Salado del cantón Guayaquil, provincia del Guayas. Para el estudio se seleccionaron 4 puntos de muestreos. Para poder obtener el valor de carbono se utilizaron dos métodos, primero a través del cálculo de la biomasa aérea y el segundo mediante el análisis de laboratorio por el método de Walkley-Black. Se determinó que la cantidad de carbono encontrada se encuentra dentro de los rangos mundial de fijación de C , siendo $1298,45 \text{ mg } C/ha$.

Palabras Claves: Manglar, Carbono azul, Biomasa aérea.

ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERIA

AMBIENTAL

TITLE OF DEGREE WORK CARRIED OUT

Author: Kerlly Freire Mayea

Advisor: Blga. Mireya Matilde Pozo Cajas, MSc.

Abstract

Mangroves provide a series of environmental services to human communities established in coastal areas, in addition to providing a series of ecosystem services. The purpose of the following titling work was to determine the concentration of blue carbon in mangroves located next to the town of Las Garzas, which are part of the El Salado Mangrove Fauna Production Reserve in the Guayaquil's city, Guayas province. Four sampling points were selected for the study. To obtain the carbon value, two methods were used, first through the calculation of the aerial biomass and the second through laboratory analysis by the Walkley-Black method. It was determined that the amount of carbon found is within the global range of C fixation, being *1298,45 mg C/ha*

Keywords: Mangrove, Blue carbon, Aboveground biomass

DEDICATORIA

A mi familia, pero en especial a mi mama, mi hermana quienes han sabido apoyarme en todo momento.

A mi esposo e hijo que son un pilar fundamental en mi vida y que me han ayudado a mejorar cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre darme las fuerzas para seguir, a mi mami que ha sido mi motor más grande en la vida, a mi hermana por enseñarme q en la vida todo se puede.

También agradezco a mi docente Tutora Mireya Pozo Cajas por compartir sus conocimientos y apoyarme con este trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.2. JUSTIFICACIÓN	7
1.3. HIPÓTESIS	9
1.4. OBJETIVOS.....	9
1.4.1. <i>General</i>	9
1.4.2. <i>Específicos</i>	9
CAPÍTULO II	10
2.1. ANTECEDENTES	10
2.2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.2.1. <i>Cambio climático</i>	12
2.2.2. <i>Calentamiento global</i>	13
2.2.3. <i>Efecto invernadero</i>	13
2.2.4. <i>Dióxido de carbono</i>	15
2.2.5. <i>Ciclo del carbono</i>	15
2.2.6. <i>Ecosistema de manglar</i>	16
2.2.7. <i>Servicios ecosistémicos del manglar</i>	17
2.2.8. <i>Ciclo y fijación del carbono en ecosistemas de manglar</i>	17
2.2.9. <i>Carbono azul</i>	20
2.3. MARCO LEGAL	22
CAPÍTULO III	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. <i>Área de Estudio</i>	24
3.2. <i>Diseño experimental</i>	25
3.3. <i>Metodología</i>	27
3.3.1. <i>Determinación de reservas de carbonos en el manglar</i>	27
3.3.1.1. <i>Caracterización de especies mediante medición de parámetros alométricos</i>	28
3.3.1.1.1. <i>Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)</i>	28
3.3.1.1.2. <i>Medición de la altura total de los árboles</i>	30
3.3.1.1.3. <i>Medición y cálculo del área de copa</i>	30
3.3.1.1.4. <i>Cálculo de biomasa aérea</i>	31
3.3.1.1.5. <i>Medición de las reservas de carbono por parámetros alométricos</i>	31
3.3.2. <i>Metodología de campo</i>	32
3.3.2.1. <i>Agua</i>	32
3.3.2.1.1. <i>Medición de Parámetros fisicoquímicos in-situ</i>	32
3.3.2.2. <i>Sedimentos</i>	33

3.3.2.2.1. Recolección, almacenamiento y transporte de muestras. ...	33
3.3.3. Metodología de Laboratorio	34
3.3.3.1. Determinación de Carbono	34
3.4. Análisis de datos estadísticos	34
CAPÍTULO IV.....	36
4. RESULTADOS	36
4.1. <i>Características estructurales del bosque de manglar.....</i>	<i>36</i>
4.1.1. Densidad (ind/ha).....	36
4.1.2. Área basal (m ² /ha)	37
4.1.3. Altura (m)	39
4.1.4. Área de Copa.....	40
4.1.5. Índice de Valor de Importancia (IVI).....	41
4.2. <i>Biomasa y carbono aéreo almacenado</i>	<i>41</i>
4.3. <i>Comparación de almacenamiento de carbono azul entre especies</i>	<i>43</i>
4.4. <i>Contenido de Carbono en sedimentos</i>	<i>45</i>
4.5. <i>Correlación de los parámetros físicos – químicos del agua entre el período de diciembre del 2021 a febrero del 2022 en la zona de estudio.</i>	<i>47</i>
4.5.1. Oxígeno Disuelto (OD).....	48
4.5.2. Temperatura	48
4.5.3. pH	49
4.5.4. Salinidad	49
4.5.5. Sólidos totales disueltos (TDS).....	50
CAPÍTULO V.....	53
5. DISCUSIÓN.....	53
CAPÍTULO VI.....	57
6.1. CONCLUSIONES	57
6.2. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución global de los ecosistemas de carbono azul.....	21
Figura 2. Mapa de la zona de manglar ubicado en la ciudadela Las Garzas...	25
Figura 3. Mapa de puntos de muestreo en sedimentos en la zona de manglar junto a la ciudadela Las Garzas-Guayaquil.....	27
Figura 4 Ficha de Registro de datos obtenidos	28
Figura 5. Medición del DAP según variaciones en la especie	29
Figura 6 Medición de DAP en campo	30
Figura 7 Toma de parámetros físico - químicos del agua.....	33
Figura 8 Muestras enviadas a laboratorio.....	34
Figura 9. Densidad de individuos por transectos.	37
Figura 10 Densidad de individuos por transectos de <i>Rhizophora harrisonii</i>	37
Figura 11. Área Basal de individuos.	38
Figura 12 Área Basal por individuos de la especie <i>Rhizophora harrisonii</i>	38
Figura 13. Área basal de acuerdo con las clases diamétricas.	39
Figura 14. Altura de individuos por transecto.....	39
Figura 15 Comparación de altura de individuos totales y de la especie <i>Rhizophora harrisonii</i>	40
Figura 16. Existencia de carbono aéreo por transectos.....	43
Figura 17. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W	44
Figura 18. Comparación de almacenamiento de carbono por especie	45
Figura 19. Diagrama de cajas de las concentraciones de C por punto de muestreo	47
Figura 20 Oxígeno Disuelto por meses de muestreo.....	48
Figura 21 Temperatura por meses de muestreo.....	49
Figura 22 pH medido por meses de muestreo.....	49
Figura 23 Salinidad medido por meses de muestreo.....	50
Figura 24 TDS medido por meses de muestreo	50
Figura 25 Correlación entre temperatura y pH.....	52
Figura 26 Correlación entre temperatura y TSD.....	52
Figura 27 Correlación entre temperatura y OD.....	52
Figura 28 Correlación entre OD y TSD.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa nacional relacionada al tema de estudio	23
Tabla 2. Puntos de muestreo seleccionados en agua y sedimentos.....	26
Tabla 3. Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa área de los árboles de mangle.....	31
Tabla 4 Número de Individuos por transectos y especies.....	36
Tabla 5 Área Basal de individuos por transectos	38
Tabla 6. Cálculo del área de copa de los árboles de mangle.....	40
Tabla 7 Cálculo del área de copa de los árboles de <i>Rhizophora harrisonii</i>	41

Tabla 8. Índice de Valor de Importancia (IVI).....	41
Tabla 9. Biomasa aérea por transecto y especie	42
Tabla 10 Carbono almacenado por transecto y especie	42
Tabla 11. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W de datos de Carbono aéreo por especie.....	43
Tabla 12. Análisis ANOVA de un solo factor.....	44
Tabla 13. Concentración de C en sedimentos.	45
Tabla 14. Estadística Descriptiva de las concentraciones de C por punto de muestreo	46
Tabla 15. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W de las concentraciones de C.	46
Tabla 16. ANOVA de un solo factor para contenido de C por punto de muestreo	47
Tabla 19. Análisis de correlación entre los parámetros fisicoquímicos de agua con carbono en sedimento	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MEDICIONES REALIZADAS EN CAMPO	66
ANEXO 2 FICHA DE REGISTRO PARA MEDICIONES DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN AGUA.....	67
ANEXO 3 RESULTADOS DE LABORATORIO.....	68
ANEXO 4 PRUEBAS DE NORMALIDAD POR PARÁMETROS.....	69

INTRODUCCIÓN

El efecto invernadero, de acuerdo a Shaftel et al., (2021), es un proceso natural en el que el calor es atrapado cerca de la superficie de la Tierra por los gases de efecto invernadero con la finalidad de estabilizar la temperatura del planeta. Sin embargo, en el último siglo, las actividades antrópicas han interferido en el equilibrio energético del planeta, principalmente por la quema de combustibles fósiles que añaden dióxido de carbono en la atmósfera.

Los gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono, metano y óxidos nitrosos, siendo gran parte de sus emisiones producto de las actividades humanas; dichos gases están alterando de forma rápida y drástica el clima de la Tierra, tales como: temperaturas más cálidas provocan temporadas de incendios más largas y destructivas, los cambios en los patrones de precipitación provocan inundaciones en algunas zonas y sequías en otras y la acidificación de los océanos amenaza la vida marina en todo el mundo (Kaushik et al., 2020).

El dióxido de carbono (CO₂), según IPCC, (2001), es el principal gas de efecto invernadero, su concentración en la atmósfera es el resultado de un ciclo entre diferentes reservas de carbono: El CO₂ es el producto de la oxidación del carbono de estas reservas cuyas concentraciones han aumentado un 31% desde el inicio de la era industrial, pasando de 280 a 360 ppm.

Este flujo que inició a partir de la revolución industrial, de acuerdo a IPCC, (2001) sigue creciendo y ha sido suficiente para ocasionar el calentamiento global y el desequilibrio resultante en el sistema climático; una parte de estas emisiones es reabsorbida por sumideros de carbono, tales como: las plantas, el océano y el suelo; por lo cual, las cantidades de carbono liberadas a la atmosfera son inferiores a las concentraciones que son absorbidas por los sumideros (ClientEarth, 2020).

La problemática radica, según Penke, (2021), en que la humanidad en la actualidad está produciendo emisiones de carbono en proporciones mayores a los que la naturaleza puede procesar; por tal motivo, los científicos afirman que las plantas y los océanos pronto alcanzarán un límite en su capacidad de absorción, se estima que para el 2050, la superficie de los océanos estará completamente saturada de CO₂.

A pesar de lo mencionado, de acuerdo a Kaushik et al., (2020), los ecosistemas terrestres y oceánicos actúan como amortiguadores naturales que limitan el aumento de CO₂ en la atmósfera al absorber y secuestrar casi la mitad del CO₂ emitido, limitando hasta cierto punto el calentamiento global.

Estas soluciones de almacenamiento natural frenan el cambio climático de manera más eficaz que cualquier tecnología humana, como son: las fábricas de almacenamiento de carbono, las cuales absorben alrededor de 0,003% de CO₂ al año, pero las actividades antropogénicas están destruyendo cada vez más sumideros naturales, dañando una de las herramientas más exitosa que existe para detener una catástrofe climática (Penke, 2021).

Los bosques no son los únicos ecosistemas con capacidad natural para luchar contra el cambio climático, según Bra, (2021), existen diversos ecosistemas costeros eficaces en el secuestro del dióxido de carbono, tales como: manglares, praderas marinas y marismas; el carbono que capturan y almacenan estos ecosistemas costeros se conoce como carbono azul, se ha estimado que dichos ecosistemas pueden almacenar hasta 10 veces más carbono que las selvas tropicales.

A diferencia de la mayoría de los sistemas terrestres, que alcanzan el equilibrio de carbono en el suelo en cuestión de décadas, la deposición de dióxido de carbono en los sedimentos de los ecosistemas costeros puede continuar durante milenios. Sin embargo, cuando estos ecosistemas costeros se degradan o destruyen pueden convertirse en fuentes de dióxido de carbono debido a la oxidación de la biomasa y del suelo orgánico (ROC, 2021b).

En la última década, conforme a ROC, (2021a), los científicos y los responsables políticos han presionado para proteger el carbono almacenado en los humedales costeros, conocido como carbono azul; el objetivo es hacer frente al cambio climático al mismo tiempo que se protegen los ecosistemas que proveen diversos servicios a las comunidades, pero cumplir la finalidad mencionada requiere de leyes, fuentes financieras, participación activa de entidades y comunidades; sin embargo, en la actualidad aún es complicado de gestionar.

Los ecosistemas de carbono azul no sólo previenen el cambio climático, sino que también protegen a las comunidades costeras de sus efectos nocivos, la subida del nivel del mar y las inundaciones, y proporcionan importantes hábitats para la vida marina. Lamentablemente, los seres humanos pasan continuamente por alto los beneficios de estos increíbles ecosistemas y los están destruyendo a un ritmo alarmante; se calcula que cada minuto se pierden hasta tres campos de fútbol de hábitats costeros (Bra, 2021).

Los bosques de manglar son asociaciones anfibias de plantas leñosas arbóreas o arbustivas, con una alta tolerancia a la salinidad. Se encuentran ubicados al nivel del mar dentro de la zona de influencia directa de las mareas, en los estuarios y desembocaduras de los ríos. Estos ecosistemas reciben el nombre de manglar debido a que su especie vegetal dominante se conoce comúnmente con el nombre de “mangle”. Los manglares son ecosistemas importantes que suministran agua, comida, forraje, medicina y miel; también son hábitats para muchas especies, tales como: cocodrilos, serpientes, delfines, aves, entre otros. Una amplia variedad de peces y mariscos dependen también de estos bosques; además, su presencia ayuda a proteger a los arrecifes de coral de los sedimentos de las tierras altas (Cornejo, 2014).

Los manglares, conforme lo descrito por Morgan, (2018), proporcionan una serie de servicios ambientales a las comunidades humanas establecidas en las zonas costeras, proveen una serie de servicios ecosistémicos, tales como: actuar como barreras contra tormentas, protegiendo las zonas interiores de las inundaciones y la erosión al disipar la energía de las grandes olas, ayudan a filtrar los contaminantes del agua de los ríos y atrapan el exceso de sedimentos antes de que lleguen al océano.

Otros servicios ecosistémicos de los bosques de mangle son: servir como sitios de anidación de aves y criaderos de peces teniendo un gran impacto en las economías locales, incentivo del turismo y en la producción de alimentos; así mismo, tienen un gran impacto en el clima, puesto que tienen gran capacidad de almacenamiento de carbono 4 veces mayor que los bosques tropicales, a pesar de encontrarse sólo en zonas tropicales y cubrir menos del 3% de la extensión de la selva amazónica (Morgan, 2018).

La realización del presente trabajo de investigación, acorde a ROC, (2021), es importante porque permite generar información actualizada y a nivel local sobre el carbono azul en los campos de la ciencia, la conservación y la política.

Así mismo, permitirá conocer las capacidades de almacenamiento de los manglares y dar a conocer la relevancia y beneficio de este tipo de ecosistemas costeros para las comunidades del sitio, ya que la reserva de manglares del Salado conforma una zona vital para el establecimiento de la flora y fauna nativa, así como su gran valor paisajístico, estético y recreativo que tiene, más aún al estar dentro de la ciudad más grande y poblada del país, es decir de Guayaquil (International Touristic Platform, s/f).

El propósito del siguiente trabajo de titulación consistió en determinar la concentración de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, los cuales conforman parte de la Reserva de Producción de Fauna De Manglares El Salado del cantón Guayaquil, provincia del Guayas, mediante la caracterización de especies con parámetros alométricos, cuantificación de biomasa aérea de las diversas especies de mangle y comparación de concentraciones de carbono azul por especie.

CAPÍTULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El efecto invernadero, acorde a Collins, (2021), es un fenómeno natural que ayuda a mantener el nivel medio de temperatura en la superficie terrestre; cuando la radiación no se refleja al espacio, es retenida por los gases de efecto invernadero de la atmósfera, aumentando así la temperatura del planeta.

A pesar de ser un fenómeno natural esencial para el clima de la tierra con el transcurso de los tiempos se ha convertido en una problemática a nivel global, puesto que las actividades antropogénicas como: la industria, la agricultura, la ganadería intensiva o el transporte ha aumentado la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera (IBERDROLA, 2021).

El sector ganadero, de acuerdo a ONU y Banco Mundial, (2006), genera más gases de efecto invernadero, produce 18% más de CO₂ a diferencia del sector del transporte; el sector ganadero es responsable del 9% el CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales.

Entre los principales gases de efecto invernadero producidos y emitidos hacia la atmósfera de forma desmedida según IBERDROLA, (2021), se tienen: el dióxido de carbono y el metano como consecuencia de la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas, provocando así la retención de más calor y el incremento medio de la temperatura global de alrededor de 1°C en comparación con la era preindustrial.

El dióxido de carbono conocido como CO₂ no es considerado un contaminante atmosférico tradicional, pero desempeña un papel importante en el efecto invernadero; el cambio climático global impulsado por las emisiones de dióxido de carbono podría afectar directamente a la salud respiratoria humana (Somma, 2021).

Desde 1990 a 2019, según EPA, (2021), el efecto total de calentamiento de los gases de efecto invernadero atribuidos por el ser humano a la atmósfera al planeta aumentó un 45% asociándose el efecto de calentamiento únicamente al dióxido de carbono en 36%. El dióxido de carbono representa

aproximadamente tres cuartas partes de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global.

A medida que el ritmo del cambio climático aumenta, conforme lo describe Collins, (2021), más amenazado estará el equilibrio de los ecosistemas, científicos han establecido que un aumento de la temperatura media mundial por encima de 1,5°C provocarías cambios extremos en el clima y tendría un impacto directo, tales como:

Derretimiento de los casquetes polares, los cuales desempeñan un papel crucial en el reflejo de la energía solar, subida del nivel del mar y la inundación de las ciudades costeras de todo el mundo, condiciones meteorológicas extremas como el aumento de huracanas y monzones, veranos más cálidos con olas de calor cada vez más frecuentes, inviernos más húmedos, migración de animales y humanos que se verán obligados a desplazarse para sobrevivir al cambio climático en sus hábitats habituales (Collins, 2021).

Un informe del banco mundial, según Collins, (2021), sugiere que hasta 150 millones de personas tendrían que emigrar debido al cambio climático para el año 2050; también habría un incremento de la desertificación de las tierras fértiles, lo que supone una mayor presión en el proceso de producción de alimentos a nivel mundial.

El calentamiento global ha alterado la duración de la temporada de cultivos; los cambios de temperaturas y estaciones están influyendo en la proliferación de insectos, malas hierbas invasoras y enfermedades que afectan a los cultivos mientras que en el ámbito de la ganadería se está presenciando afectaciones a especies importantes en cuestiones de: reproducción, metabolismo y enfermedades (IBERDROLA, 2021).

El efecto invernadero, según IBERDROLA, (2021), también afecta directamente a la salud humana a través de: la escasez de alimentos, puesto que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) afirma que el cambio climático pone en riesgo la disponibilidad de alimentos y la producción agrícola afectando gravemente a África Subsahariana y al sur de Asia.

Además de los problemas derivados directamente de la contaminación, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que el calentamiento global hará que enfermedades infecciosas como la malaria, el cólera o el dengue se extiendan a muchas zonas del planeta. Por otro lado, el calor extremo aumentará y agravará los problemas cardiovasculares y respiratorios (IBERDROLA, 2021).

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, conforme a lo descrito por Sabine, (2014), las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el hombre han incrementado de manera desmesurada llegando a concentraciones alarmantes para el planeta.

Entre la época preindustrial y actualmente, la temperatura media de la tierra ha aumentado 1°C y aproximadamente dos tercios de ese calentamiento se han producido en las últimas décadas, si las tendencias de calentamiento global continúan este ritmo, se estima que llegará a superar 1,5°C de los niveles preindustriales entre 2030 y 2050 (Sabine, 2014).

Los efectos del cambio climático están repercutiendo en zonas frágiles del planeta de una manera indiscutible provocando consecuencias trágicas para el medio ambiente; sin embargo, se plantean soluciones que incluyen la extracción del dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y el agua con el entierro por hábitats vivos en sedimentos del suelo (Thorhaug et al., 2020).

Una de las soluciones, según MacKenzie et al., (2021), es el establecimiento de bosques de manglares, los cuales poseen un importante papel en cuanto al ciclo del carbono, ya que estos mitigan el cambio climático al reducir las emisiones de dióxido de carbono.

Los ecosistemas de manglar, acorde lo publicado por Costa, Ezcurra, y Aburto, (2016), proveen una serie de servicios ecológicos y de soporte, siendo la acumulación de carbono (C) a largo plazo uno de sus servicios de mayor importancia a nivel mundial; los manglares al funcionar como sumideros de carbono, retiran y almacenan carbono de la atmósfera, donde el exceso de CO₂ está impulsando el cambio climático global.

Entre los diferentes sumideros de carbono que existen, los manglares son particularmente productivos y almacenan más carbono por unidad de superficie

que otros bosques tropicales. Gran parte de este carbono se almacena por mucho tiempo en capas de sedimentos, ricas en materia orgánica, llamadas turba. Algunos estudios han intentado estimar reservas de carbono en manglares a escala global, pero no investigan la variabilidad en el almacenamiento de carbono en el suelo debajo de un mismo manglar (Costa et al., 2016).

Así mismo, pueden almacenar grandes cantidades de carbono autóctono y alóctono en los sedimentos donde la hipoxia y las inundaciones inhiben la degradación microbiana de la materia orgánica, dando como resultado que el carbono secuestrado en los sedimentos del manglar pueda conservarse allí durante miles de años, siempre y cuando este no haya sido perturbado, convirtiéndose finalmente en un sumidero clave a largo plazo de carbono (Gu et al., 2021; MacKenzie et al., 2021).

En las últimas décadas estudios realizados por Jennerjahn, (2021), han resaltado la importancia cuantitativa del almacenamiento de carbono en los manglares con la finalidad de mitigar el cambio climático, primordialmente determinando la capacidad de almacenamiento de carbono a través de la estimación de la biomasa de los mangles, ya que estos poseen mayor concentración de biomasa aérea en comparación con los árboles terrestres.

Las altas concentraciones de almacenamiento de carbono que posee esta clase de ecosistema según Farzanmanesh et al.; MacKenzie et al., (2021), han llevado a que los manglares tengan una mayor importancia como hábitat de carbono azul, debido a que puede atenuar y adaptarse al cambio climático.

Sin embargo, este tipo de ecosistema ha disminuido en gran parte en diversas regiones del mundo debido a causas naturales y causas antropogénicas, provocando liberación de CO₂, por lo que se han realizado iniciativas de conservación y restauración del carbono azul, buscando minimizar las emisiones de los gases de efecto invernadero a través de la protección y restauración del ecosistema de manglar (Farzanmanesh et al., 2021; MacKenzie et al., 2021).

La densidad de árboles, conforme lo describe Velázquez et al., (2019), influye significativamente en el contenido del carbono aéreo de los manglares; la

estructura del bosque de manglar está relacionada con la producción de biomasa arbórea, y por lo tanto, el almacén de carbono del componente arbóreo.

Po lo tanto, al ser los ecosistemas de mangle un recurso natural relevante para el ser humano en cuanto a la captura de carbono, es esencial protegerlo y preservarlo, por esta razón es necesario la realización de este proyecto de titulación, ya que permitirá conocer: la capacidad de almacenamiento de carbono, generar información con respecto a la biomasa productiva del sitio, realizar un inventario ecológico de las especies de manglar existentes en la zona y determinar el estado actual de los sustratos de manglar.

Adicionalmente, contar con la base de datos de la capacidad de almacenamiento de carbono en la zona de estudio permitirá fortalecer la importancia de su conservación como área protegida.

1.3. HIPÓTESIS

La biomasa aérea del ecosistema de manglar ubicado en la ciudadela Las Garzas del cantón Guayaquil es uniforme en todos los puntos de muestreo tomados en el área y la capacidad de almacenamiento de carbono se encuentra dentro del rango de retención de carbono de los ecosistemas de manglar.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Determinar la concentración de carbono azul en manglares ubicados junto a la ciudadela Las Garzas, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

1.4.2. Específicos

Caracterizar las especies presentes en el ecosistema de manglar ubicado junto a la ciudadela Las Garzas a través de parámetros alométricos.

Cuantificar la biomasa aérea de las diferentes especies de manglar presentes en el área de estudio.

Comparar las concentraciones de carbono azul almacenados por cada especie identificada.

Calcular el contenido de carbono en los sedimentos de manglar de la zona de estudio.

CAPÍTULO II

2.1. ANTECEDENTES

Los manglares, de acuerdo a Terra, (2020), conforman ecosistemas costeros que cubren aproximadamente 50 millones de hectáreas y se encargan del secuestro y almacenamiento del carbono. Sin embargo, la degradación de este tipo de ecosistema ha conllevado a efectos perjudiciales para la salud ambiental y humana.

Por esta razón, los países se han visto en la necesidad de crear políticas y estrategias nacionales, así como, la iniciativa internacional del carbono azul con la finalidad de mitigar el cambio climático a través de la conservación y restauración de los ecosistemas marino costeros a cargo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la comisión oceanográfica intergubernamental (Terra, 2020).

Los estudios referentes al carbono azul en ecosistemas estuarinos y humedales marino – costeros tuvieron su auge en el año 2009, ya que estos hábitats no poseían información previa. (D. M. Alongi, 2018; Segovia, 2019).

A nivel internacional se registran varios estudios en México, entre los cuales están los realizados en el Golfo de México en zonas de manglar de tipo ribereño por (Herrera Silveira et al., 2016), los cuales poseen una capacidad de captura de carbono superior a 1200 Mg C/ha mientras que las investigaciones ejecutadas en 32 unidades de muestreo de especies ribereñas ubicadas en la reserva La Encrucijada, Chiapas donde se estimó un almacenamiento de carbono arbóreo de 87 Mg C/ha en un ecosistema predominante de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* (Velázquez, Tovilla, Romero, y Navarrete, 2019).

La cuantificación de carbono orgánico y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* en Boca de Uchire, laguna de Unare, Venezuela determinó que el mayor potencial forestal de carbono almacenado se presenta en la especie *Conocarpus erectus* con 2,73 Mg C/ha en suelo (Núñez, Pérez, Calderón, y Rivas, 2021).

De acuerdo a lo publicado por Yepes et al., (2016), en la bahía de Cispatá, localizada en el caribe continental de Colombia, se realizaron ecuaciones alométricas con la finalidad de estimar el contenido de carbono en los ecosistemas de manglar fue de 129,69 Mg/ha es decir 10,12 Mg C por hectárea y se estima que el potencial de carbono almacenado es de 555795,93 Mg C en base a la biomasa aérea.

Se han realizado algunos estudios de almacenamiento de carbono en el país principalmente en el zona de custodia de manglares y áreas protegidas tal es el caso de la provincia de Esmeraldas en donde estudios realizados en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Del Río Esmeraldas se registró la capacidad de captura de carbono de 446,94 ton de CO₂ en especies de mangle rojo (Bruno, 2019).

El carbono almacenado en los suelos de manglar, según Bhomia, Kauffman, y McFadden, (2016), conforman entre un 81 a 94% del carbono total del ecosistema, haciéndolos valiosos para la creación de estrategias de mitigación del cambio climático. En Ecuador, el golfo de Guayaquil posee el 67% de los manglares del país, por tal motivo, es necesario conocer la capacidad de secuestro de carbono que estos poseen (Paula Tagle, 2020).

A escala local, en la ciudad de Guayaquil, de acuerdo a lo publicado por Pita, (2020), la captura de carbono de la especie de mangle rojo en el área nacional e recreación Isla Santay es de 743,81 t/ha con estimaciones de captura de 186503,55 toneladas de carbono en todo el área.

Otro estudio realizado por (Merecí Guamán, 2017), cuantificó las densidades de carbono en manglares y camaroneras del Golfo de Guayaquil, cuyos estratos registraron 320,95 Mg C/ha y 419,45 Mg C/ha, respectivamente mientras que las camaroneras presentaron densidades inferiores a 81,91 Mg C/ha siendo los suelos del ecosistema de mangle el más representativo en un 80% con respecto al almacenamiento de carbono.

En la zona de custodia de Puerto Roma en el Golfo de Guayaquil, se realizaron estimaciones de almacenamiento de carbono de los árboles de mangle del noroeste de la Isla Mondragón en cuatro sitios obteniéndose una media de 147,83 Mg C/ha (**Megagramos** de carbono por hectárea). Siendo la

especie *Rhizophora sp.* La especie con capacidades de almacenamiento superior debido a su dominancia y morfología (Segovia, 2019).

Así mismo, en la zona de custodia Cerrito Los Morreños de Puerto Libertad se ha realizado la cuantificación de carbono azul en las especies de manglar presentes en la zona mediante la aplicación de parcelas circulares y transectos con metodología de cuadrante a punto central, obteniendo que el 76% de carbono fijado se encuentra presente en el suelo y que los manglares aledaños a la comunidad fijan alrededor de 247,10 Mg C/ha (Vera, 2020).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cambio climático

El cambio climático, según Denchak y Turrentine, (2021), es la variación significativa de las condiciones meteorológicas medias durante varias décadas o más siendo la tendencia a largo plazo es lo que diferencia el cambio climático de la variabilidad meteorológica natural mientras que para la ONU, (s/f), se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y patrones climáticos.

Los cambios en el clima pueden ser de origen natural, por ejemplo, las variaciones del ciclo solar, las erupciones volcánicas y los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen natural. Sin embargo, a partir del siglo XIX, las actividades humanas se han convertido en la principal causa del cambio climático debido a la quema de combustibles fósiles, tales como: el carbón, el petróleo y el gas, la quema de dichos combustibles generan emisiones de gases de efecto invernadero (NASA, 2022).

Conforme lo indica Denchak y Turrentine, (2021), la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos demostró que las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso no tienen precedentes en comparación con los últimos 800.000 años, siendo la proporción de dióxido de carbono en la atmósfera el principal contribuyente del cambio climático del planeta, el cual ha aumentado un 46% desde la época preindustrial.

Las consecuencias del cambio climático van más allá del aumento de la temperatura del planeta, también comprende: sequías intensas, escasez de agua, incendios forestales graves, aumento desmedido del nivel del mar,

inundaciones, derretimiento de los casquetes polares, tormentas catastróficas y disminución de la biodiversidad (ONU, s/f).

Así mismo, el cambio climático, conforme lo establece la NASA, (2022), puede afectar al ser humano en temas referentes a: la salud, la capacidad para cultivar alimentos, las viviendas, la seguridad y trabajo; actualmente el nivel del mar y la intrusión de agua salada ha ocasionado el desplazamiento de comunidades enteras y las sequías prolongadas han puesto en riesgo la seguridad alimentaria.

Se han propuesto diversas estrategias para frenar al cambio climático, las cuales aportan beneficios económicos, mejoran la calidad de vida de las personas y protegen el medio ambiente; entre las principales estrategias se encuentra la creación de marcos y acuerdos globales para guiar el progreso a través de los objetivos de desarrollo sostenible, la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el acuerdo de París, las cuales tienen como finalidad reducir las emisiones, adaptar a la sociedad a los impactos climáticos y financiar los ajustes necesarios (ONU, s/f).

2.2.2. Calentamiento global

El calentamiento global, conforme lo descrito por la NASA, (2022), consiste en el calentamiento a largo plazo del sistema climático del planeta Tierra, el cuál fue evidenciado desde el período preindustrial comprendido entre los años 1850 a 1900 a causa de las actividades antropogénicas produciendo un aumento en los niveles de gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera del planeta.

Se calcula que, desde el periodo preindustrial, las actividades humanas han aumentado la temperatura media global de la Tierra en aproximadamente 1 grado Celsius, es decir 1,8 grados Fahrenheit, cifra que actualmente aumenta en 0,2 grados Celsius, lo que equivale a 0,36 grados Fahrenheit por década, siendo irrefutable que la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra (NASA, 2022).

2.2.3. Efecto invernadero

IPCC, (2007), indica que el sol es el responsable del clima de la tierra, puesto que irradia energía en longitudes de onda muy cortas

predominantemente en la parte visible o casi visible del espectro, tal es el caso de los rayos ultravioleta; un tercio de la energía solar que llega a la parte superior de la atmósfera terrestre se refleja directamente en el espacio en tanto que, los dos tercios restantes son absorbidos por la superficie y en menor medida, por la atmósfera.

Para equilibrar la energía entrante absorbida, el planeta debe irradiar la misma cantidad de energía al espacio, como la Tierra es más fría que el sol, irradia en longitudes de onda más largas esencialmente en la zona infrarroja del espectro; gran parte de esta radiación térmica emitida por la tierra y los océanos es absorbida por la atmosfera y devuelta a la Tierra produciéndose el efecto invernadero (NASA, 2022).

El efecto invernadero natural, según IPCC, (2007), permite posible la vida en el planeta, aunque las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques han intensificado en gran proporción el efecto invernadero natural provocando el calentamiento global.

Los dos gases más abundantes de la atmósfera, conforme lo descrito por EPA, (2021), el nitrógeno y el oxígeno, pero no ejercen casi ningún efecto invernadero a diferencia del vapor de agua y el dióxido de carbono; el metano, el óxido nitroso, el ozono y varios otros gases presentes en la atmósfera en pequeñas cantidades también contribuyen al efecto invernadero.

En las regiones ecuatoriales húmedas, el efecto invernadero es predominante debido a la presencia de grandes cantidades de vapor de agua el aire y la adición de una mínima proporción de dióxido de carbón o vapor de agua tendría un mínimo impacto directo en la radiación infrarroja descendente; sin embargo, en las regiones polares frías y secas, el efecto de un pequeño aumento de dióxido de carbono o de vapor de agua es superior (IPCC, 2007).

Varios componentes del sistema climático, especialmente los océanos y los seres vivos afectan a las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, por ejemplo, las plantas toman dióxido de carbono de la atmósfera y lo convierten en carbohidratos mediante la fotosíntesis (NASA, 2022).

2.2.4. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono, conforme lo publicado por EPA, (2021), es el principal gas de efecto invernadero emitido por las actividades humanas a pesar de encontrar este gas de forma natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la Tierra.

Las actividades antropogénicas alteran el ciclo del carbono al introducir mayores proporciones de CO₂ a la atmósfera y reducir la capacidad de los sumideros naturales de carbono como son los bosques y los suelos para eliminar y almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera (IPCC, 2007).

La principal actividad humana que emite CO₂ es la combustión de combustibles fósiles para la obtención de energía y el transporte, aunque ciertos procesos industriales y los cambios en el uso del suelo también emiten dióxido de carbono (EPA, 2021b).

2.2.5. Ciclo del carbono

El carbono, según US Department of Commerce y National Oceanic and Atmospheric Administration, (2021), es la base de toda la vida en la Tierra, es necesario para formar moléculas complejas como las proteínas y el ADN, proporciona una fuente esencial de energía, se encuentra en la atmósfera en forma de dióxido de carbono permitiendo regular la temperatura del planeta.

El ciclo del carbono es el proceso en el que los átomos de carbono se transportan constantemente de la atmósfera a la tierra y luego vuelven a la atmósfera; el planeta y su atmósfera al conformar un entorno cerrado, la cantidad de carbono en el sistema no cambia, pero el lugar donde se encuentra el carbono si cambia constantemente (US Department of Commerce y National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021).

En la tierra, acorde a US Department of Commerce y National Oceanic and Atmospheric Administration, (2021), la mayor proporción del carbono se almacena en las roca y los sedimentos mientras que el resto se encuentra en el océano, la atmósfera y los organismos vivos siendo estos los conocidos depósitos o sumideros a través de los cuales circula el carbono; el carbono se libera a la atmósfera cuando los organismos mueren, los volcanes entran en erupción, se producen incendios, los combustibles fósiles se queman, etc.

En cuanto al océano, el carbono se intercambia continuamente entre las aguas superficiales del océano y la atmósfera o se almacena durante largos periodos de tiempo en las profundidades del océano (US Department of Commerce y National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021).

2.2.6. Ecosistema de manglar

El término manglar, acorde a UN y WCMC, (2014), se refiere a varias especies de plantas que son tolerantes a las aguas saladas y que normalmente crecen en zonas intermareales de los litorales pertenecientes a las costas tropicales y subtropicales, se refiere a plantas individuales o ecosistemas enteros ocupados por manglares, este tipo de ecosistemas cubren menos del 1% de los bosques tropicales del mundo.

Los manglares son una especie vegetal adaptable a establecerse en humedales de agua dulce, salobre y salada aunque predominan en los dos últimos tipos mencionados, entre los principales mecanismos de adaptación de los manglares son: mecanismos de adaptación a la sal que les permiten filtrar más del 90% de la sal del agua de mar, mecanismos de acaparamiento de agua que les permiten acumular agua en gruesas hojas suculentas y respirar de diversas maneras utilizando partes similares a un esnórquel (AMNH, 2020).

De acuerdo a Nyanga, (2020), las especies de mangle rojo se desarrollan principalmente en masas de agua marina a diferencia del mangle negro que se establecen cerca de la zona terrestre de los estuarios, ambas especies se encuentran en zonas que reciben inundaciones y son poco profundas durante la marea alta.

Los principales requerimientos de estas especies para un buen desarrollo son: temperaturas medias mensuales más frías de más de 20°C y variaciones estacionales de temperatura inferiores a los 5°C, medio de cultivo de grano fino con costas libres de fuertes olas y corrientes de marea, gran amplitud de marea y agua salada (Nyanga, 2020).

La salud de los manglares depende principalmente del detritus que se origina en las hojas y ramas caídas, el detritus proporciona apoyo a muchas criaturas marinas, poseen una competencia de casi cero con otras plantas, puesto que muy pocas plantas pueden sobrevivir en este tipo de ecosistemas;

sin embargo hay una variedad de especies animales que pueden prosperar en estas zonas (AMNH, 2020).

2.2.7. Servicios ecosistémicos del manglar

Los manglares, conforme lo establece Mangrove Action Project, (2021), son un ecosistema de alta relevancia ecológica tanto para el funcionamiento del entorno natural como para los seres humanos, puesto que como especies establecidas en zonas costeras, los manglares actúan como barreras que impiden la erosión del suelo y protegen a las comunidades de las tormentas, también son considerados biofiltros para los nutrientes de la escorrentía de las tierras altas, tal es el caso del nitrógeno y el fósforo.

Los bosques de mangle conforman la base de una cadena alimenticia detrítica, ya que las hojas caídas proporcionan a las aguas costeras gran parte de su productividad porque contribuye a la amplia gama de especies que habitan en los manglares o los utilizan como refugios, lugares de migración o viveros, por ejemplo, diversas especies amenazadas y en peligro de extinción habitan este tipo de ecosistema, como son: tigres de Bengala, manatíes y tortugas marinas (Suranjan y Kekulandala, 2010).

De igual manera, según Suranjan y Kekulandala, (2010), en los bosques de mangle son importantes zonas de anidación, alimentación y refugio de una gran variedad de aves y especies marinas tropicales y subtropicales, tal es el caso de: peces, moluscos, camarones y crustáceos debido a que en su fase juvenil pasan parte de su vida en los humedales de manglar, también albergan serpientes, lagartos e insectos por encima de la marea.

También sustentan las redes alimentarias costeras que apoyan muchas cosechas comerciales, cosechas locales de subsistencia y otros usos sostenibles, como cosechas limitadas de madera y leña, producción local de medicamentos y otros usos locales importantes (Mangrove Action Project, 2021).

2.2.8. Ciclo y fijación del carbono en ecosistemas de manglar

El ciclo del carbono, en los ecosistemas de manglares es una vía biogeoquímica importante para comprender los vínculos entre este ecosistema forestal, la atmósfera y el océano costero adyacente; son fundamentales para el almacenamiento de carbono en los suelos y su exportación a los mares costeros

adyacentes de cantidades significativos de carbono inorgánico disuelto (CID) (Alongi, 2020).

La gran exportación de CID, según Alongi, (2020), es suficiente para que las aguas costeras adyacentes se conviertan en una fuente de dióxido de carbono a la atmósfera en latitudes tropicales y subtropicales.

Los bosques de manglares, acorde a (Alongi, 2014), tienen las mayores reservas de carbono orgánico (RCO) de todos los ecosistemas tropicales terrestres o marinos con una media global de reservas forestales totales de $738,9 \pm 27,9$ (± 1) Mg RCO/ha de los cuales el 76,5% está almacenado en el suelo, el 14,8% restante en las raíces subterráneas (Alongi, 2020b).

Las grandes cantidades de carbono orgánico reflejan una elevada productividad primaria de los manglares igual a la de los bosques tropicales húmedos de hoja perenne y a la de los arrecifes de coral, así como unas rápidas tasas de acumulación en el suelo del bosque de mangle (Donato et al., 2011).

Los manglares, conforme a Lovelock et al., (2016), funcionan como otros ecosistemas forestales en el intercambio de gases con la atmósfera, pero son como otros humedales costeros de marea en el intercambio de gases, materiales disueltos y particulados con las aguas costeras adyacentes, éstos están estrechamente vinculados a la tierra, el océano, la atmósfera y aun así almacenan grandes cantidades de RCO y otros elementos en sus suelos y biomasa forestal.

Los manglares, de acuerdo con Feller et al., (2009), tienen una serie de características ecológicas y fisiológicas únicas que les permiten utilizar y secuestrar eficazmente el carbono y los elementos nutritivos, especialmente el nitrógeno, el fósforo, el hierro y el cobre.

Las conexiones biogeoquímicas entre los manglares y las aguas mareales adyacentes son complejas, con concentraciones variables de solutos orgánicos e inorgánicos disueltos, partículas importadas y exportadas por las mareas y el bombeo de agua de los poros y la advección de agua subterránea subsuperficial (Adame y Lovelock, 2011).

Los procesos circulatorios de las mareas como: asimetría pronunciada entre las mareas de reflujo y las de crecida, siendo la marea de reflujo de menor duración pero con una mayor velocidad de la corriente que la de crecida; la fricción, la resistencia al flujo, el arrastre de las aguas de marea debido a la presencia de estructuras por encima y por debajo del suelo, el atrapamiento lateral, es decir, el agua que entra y sale de un cauce es retenida temporalmente en el bosque para ser devuelta al canal principal más tarde, y los gradientes laterales debidos a la alta evapotranspiración (Mazda y Wolanski, 2007).

Los procesos interrelacionados, conforme lo descrito por Alongi, (2020b), ejercen un control sobre el transporte y la deposición de sedimentos: bombeo de la marea, circulación baroclínica, atrapamiento de partículas en el máximo de turbidez, floculación, prisma de marea del manglar, reacciones fisicoquímicas que destruyen los flóculos cohesivos, y producción microbiana. La sedimentación de las partículas suele ser rápida en manglares en reposo dando una tasa media global de secuestro de carbono de $179,6 \pm 16,4 \text{ gC/m}^2$.

Al ocurrir una colonización inicial de una marisma, el bosque se desarrolla y acumulan sedimentos, ajustándose a: el nivel del mar, al hundimiento y al levantamiento, con el resultado neto de varios metros de suelo; a través del tiempo los depósitos son penetrados por los árboles de manglar y sus extensos sistemas de raíces, otro tipo de flora como las microalgas y fauna como: cangrejos excavadores y comunidades microbianas muy abundantes y productivas (Alongi, 2009).

El suelo del bosque, según Alongi y Mukhopadhyay, (2015), suele estar plagado de montículos, madrigueras, tubos, grietas, fisuras, raíces vivas, muertas, gruesas, finas, pelos de raíces, y capas de madera descompuesta, hojarasca, epifauna reptante y diversas formas de micro y macroalgas; los depósitos de manglares contribuyen en un 30% al almacenamiento de carbono en los márgenes costeros de las latitudes subtropicales y tropicales.

Los ecosistemas de manglares contribuyen igualmente a una parte desproporcionada de diversas formas de carbono en el océano costero en latitudes bajas aunque sólo ocupan el 1,5% de la superficie de los océanos costeros subtropicales y tropicales del mundo, los manglares representan

aproximadamente el 5% de la producción primaria neta y el 12% de la respiración del ecosistema (Alongi, 2020a).(D. Alongi & Mukhopadhyay, 2015)

Adame y Lovelock, (2011), indican que la cantidad de carbono particulado de los manglares, es decir, la hojarasca que se exporta a las aguas adyacentes, pero no está claro cuánto contribuyen los ecosistemas de manglares a la descarga de CID en las aguas costeras de baja latitud, así como las cantidades de gases de carbono que se liberan de las aguas de los manglares a la atmósfera (Alongi y Mukhopadhyay, 2015).

La cantidad de carbono del suelo que se mineraliza a lo largo de todo el horizonte del suelo es poco conocida y los conocimientos actuales se basan principalmente en las mediciones del consumo de oxígeno y la producción de CID y CO₂ en la interfaz suelo – aire – agua de la superficie (Maher, Call, Santos, & Sanders, 2018).

2.2.9. Carbono azul

El carbono azul acorde a US Department of Commerce y NOAA, (2021), es un término designado al carbono capturado por los ecosistemas oceánicos y costeros del mundo, ya que estos permiten de manera natural minimizar el impacto de los gases de efecto invernadero en nuestra atmosfera mediante el secuestro o absorción del carbono.

Los pastos marinos, los manglares y las marismas de las zonas costeras capturan y retienen carbono actuando como sumideros de carbono, dichos ecosistemas a pesar de ser más pequeños que los bosques del planeta, secuestran carbono de manera más rápida y prolongada siendo almacenado bajo tierra (IUCN, 2017).

Sin embargo, si los ecosistemas se degradan o dañan directa o indirectamente por las actividades humanas, su capacidad de sumidero de carbono se pierde o se ve afectada negativamente y el carbono almacenado en el suelo se libera ocasionando emisiones de CO₂ que contribuyen al cambio climático, por tal motivo es imprescindible la protección de los sistemas costeros (US Department of Commerce y NOAA, 2021).

Los ecosistemas sanos de carbono azul, según IOC y UNESCO, (2021), también proporcionan un hábitat para las especies marinas, apoyan las poblaciones de peces, fortalecen la seguridad alimentaria, sostienen las comunidades costeras y los medios de vida, filtran el agua que fluye hacia nuestros océanos y sistemas de arrecifes, y protegen las costas de la erosión y las mareas de tempestad, se encuentran en todos los continentes excepto en la Antártida y cubren aproximadamente 49 millones de hectáreas.

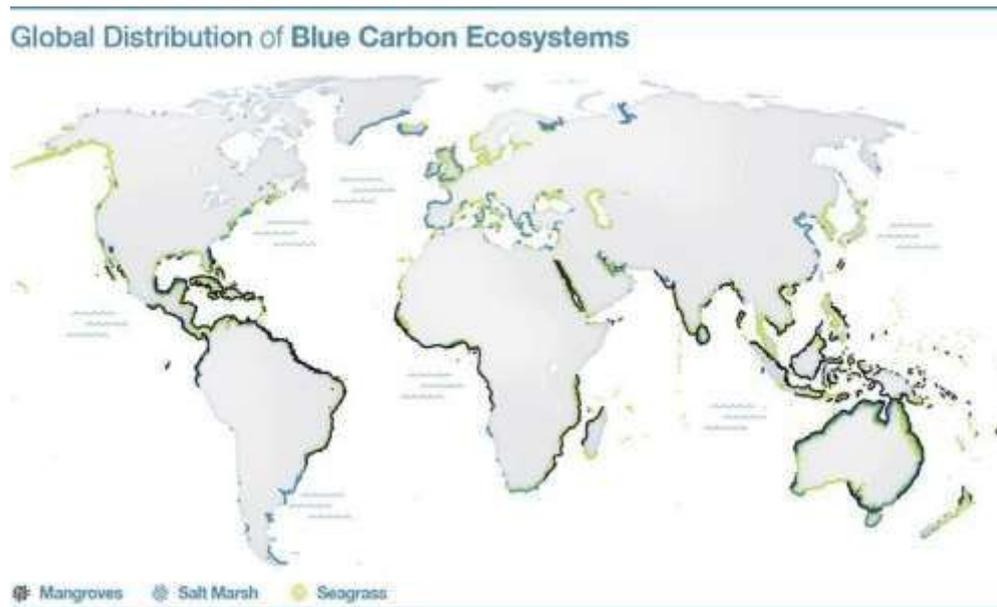


Figura 1. Distribución global de los ecosistemas de carbono azul.

Fuente: Conservation International, UNESO, y IUCN, (2019).

La conservación y restauración de los bosques terrestres, y más recientemente de las turberas han sido reconocidos como un componente importante de la mitigación del cambio climático, varios países están desarrollando políticas y programas de apoyo al desarrollo sostenible mediante iniciativas que reducen la huella de carbono asociada al crecimiento de sus economías (IUCN, 2017).

Entre las estrategias, según IOC y UNESCO, (2021), se encuentran las acciones para conservar y gestionar de forma sostenible los sistemas naturales relevantes para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), incluso a través del mecanismo de reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en los

países en desarrollo (REDD+) y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).

Estos enfoques también pueden aplicarse a los sistemas costeros que contienen ricos depósitos de carbono porque los esfuerzos de conservación pueden garantizar que los ecosistemas costeros sigan desempeñando su papel de sumideros de carbono a largo plazo ayudando a garantizar que no se produzcan nuevas emisiones debido a su pérdida y degradación, también se estimula el secuestro de nuevo carbono mediante la restauración de hábitats costeros (Conservation International et al., 2019).

Otro método para frenar los impactos del cambio climático es incorporar los humedales costeros al mercado del carbono mediante la compra y venta de compensaciones de carbono, creando un incentivo financiero para los proyectos de restauración y conservación al ayudar a aliviar los impuestos federales y estatales sobre el carbono destinados a desalentar el uso de combustibles fósiles (US Department of Commerce y NOAA, 2021).

2.3. MARCO LEGAL

La constitución de la República del Ecuador en el art. 71 indica el derecho de la Pacha Mama a ser respetada de manera integral, reconociendo su existencia, mantenimiento y regeneración, teniendo cualquier persona o comunidad la atribución de exigir los derechos de la naturaleza al Estado ecuatoriano mientras que en el art. 406 de la constitución se estipula la obligación del Estado de regular el manejo, conservación y restauración de los ecosistemas frágiles y amenazadas, entre los cuales se encuentran los ecosistemas de manglar (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Por otra parte, en el Código Orgánico Ambiental se describen en el art. 104 las actividades permitidas a realizar en los ecosistemas de manglar, siendo estas: control fitosanitario, fomento de la vida silvestre, turismo, actividades de recreación y tradicionales que no supongan un riesgo para el manglar, servidumbre de tránsito y otras actividades de carácter científico, artesanal o de infraestructura pública que cuenten con autorización de la autoridad ambiental nacional que ofrezcan programas de reforestación (Asamblea Nacional Constituyente, 2017).

A continuación, en la (Tabla 1.) se muestra de manera didáctica una serie de normativa legal relacionado al tema de estudio:

Tabla 1. Normativa nacional relacionada al tema de estudio.

Normativa legal	Referencia legal
	Título II
Constitución de la república del Ecuador	Capítulo IV Derechos de las comunidades
	Capítulo VII Derechos de la Pacha Mama
	Título VII
	Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales, patrimonio natural y ecosistemas
	Libro Segundo
Código Orgánico del Ambiente	Título I Conservación de la biodiversidad
	Título II Sistema nacional de áreas protegidas
	Título VI Régimen forestal nacional
	Libro Tercero
	Título III Control y seguimiento ambiental
	Libro Cuarto Cambio climático
	Libro Sexto Incentivos ambientales
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Decreto Ejecutivo 3516	Libro V Gestión de los recursos de las zonas costeras
Decreto Supremo No. 2939 B	Prohibiciones de cualquier tipo de uso destructivo del manglar
Acuerdo Ministerial No. 238	Declaración de bosques protectores de manglar en la provincia de Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro
Acuerdo Ministerial No. 198	Manual operativo para el incentivo de la conservación y uso sustentable del manglar
Acuerdo Ministerial No. 172	Instructivo para el otorgamiento de acuerdos de uso sustentable y custodia de manglar para las comunidades y usuarios ancestrales
Acuerdo Ministerial No. 144	Aprobación y concesión de los acuerdos de uso sustentable y custodia de manglares a favor de las comunidades costeras

Elaborado por: Autor.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de Estudio

Santiago de Guayaquil es la ciudad más poblada de la república del Ecuador, perteneciente a la provincia del Guayas; es un importante centro de comercio con influencia a nivel regional en el ámbito comercial, de finanzas, cultural, y de entretenimiento. Se localiza en la región litoral del país y posee una densidad poblacional de alrededor de 2'366.902 habitantes que ocupan un aproximado de 344,5km² de superficie (Aeropuerto de Guayaquil José Joaquín de Olmedo, 2021).

En cuanto al clima, según el (GAD Guayaquil, 2021), se caracteriza por ser: tropical mega térmico semi – húmedo, es decir con temperatura media anual de 25°C, precipitación total anual entre 1000 y 2000 mm y una estación seca de junio a noviembre; tropical mega térmico seco, predominan condiciones de humedad escasa, con precipitación anual de 500 a 1000 mm; y tropical mega térmico semi – árido con precipitación anual inferior a 500 mm, entre enero a abril, temperaturas elevadas y estación seca marca.

Referente a la pendiente predominan pendientes muy bajas, en el rango 0 a 12%, es decir muy planas y suaves representando el 68% del territorio; su geomorfología presenta 7 áreas homogéneas a nivel de paisajes naturales, sus unidades ambientales son: relieves estructurales y colinados terciarios, relieves litorales sedimentarios y fluvio – marinos, medio aluvial, cordillera Chongón Colonche, llanura aluvial reciente, piedemonte andino y cordillera costera Chanduy – Playas (GAD Guayaquil, 2021).

Por otra parte, es conocida como la Perla del Pacífico, ya que se caracteriza por su flora propia de la zona costera, por ser una ciudad portuaria con gran acceso a playas, la cual posee un cuerpo hídrico que fluye a través del centro de la misma, generando pequeñas vertientes de agua que atraviesan algunas zonas de la ciudad, tal es el caso del Estero el Salado, el cual colinda con la ciudadela Las Garzas (Tovar, 2021).

El área forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado con una dimensión de más de 10 mil hectáreas convirtiéndose una de las zonas mayor relevancia ecológica a nivel local como nivel internacional conforme a lo estipulado por la convención de sitios Ramsar (MAE y Subsecretaría de Gestión Marina y Costera, 2019).

La zona de estudio específica, acorde a lo descrito por Tovar, (2021), es en un ramal del estero salado ubicado junto a la ciudadela las “Garzas – Guayaquil” esta zona de manglar posee un total de 8,25 hectáreas de superficie (Figura 2.), el cual se encuentra rodeado de infraestructura urbana debido a las expansiones territoriales.



Figura 2. Mapa de la zona de manglar ubicada en la ciudadela Las Garzas.

Fuente: INEC – ESRI
Elaborado por: (Tovar, 2021).

3.2. Diseño experimental

En el área de estudio se ubicaron 4 puntos estratégicos, seleccionados específicamente de acuerdo con los trabajos de estudios realizados por Tovar y Loaiza (2021) con el fin de poder hacer un seguimiento a estos puntos a través del análisis del contenido de carbono presente en el sedimento, como también

los parámetros fisicoquímicos del agua que influencia la zona de estudio. Estos puntos fueron considerados ya que presentan ciertas particularidades, las cuales fueron descritas por Loaiza, (2021) y se encuentran especificadas en la Tabla 2, además que se las puede observar en la (Figura 3.).

Tabla 2. Puntos de muestreo seleccionados en agua y sedimentos.

Punto	Coordenada		Observaciones
	X	Y	
P1	622642	9760528	Ubicado al final del ramal. Presenta poca vegetación de manglar, existencia de una tubería de descargas de aguas lluvias.
P2	622230	9760499	Bosque de manglar abundante, también existe una tubería de descargas de aguas lluvias.
P3	622263	9760455	Gran cantidad de bosque de manglar y se encuentra en el canal del estero de Urdesa. Presencia de tubería de descarga de aguas lluvias.
P4	622211	9760386	Inicio del ramal, abundancia de bosque de manglar. Ubicado en el canal del estero de Urdesa.

Elaborado por: Autor.
Fuente: (Loaiza, 2021)



Figura 3. Mapa de puntos de muestreo en sedimentos en la zona de manglar junto a la ciudadela Las Garzas-Guayaquil.
Elaborado por: (Loaiza, 2021).

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de reservas de carbonos en el manglar

Para poder determinar las reservas de carbono en el manglar lo primero que se hizo fue ubicar los puntos donde se iban a realizar las mediciones a través del uso de un GPS, una vez encontrados los puntos, se procedió a medir el largo y ancho del transecto. De acuerdo con lo mencionado se utilizó la metodología de Transectos de banda descrita por Bennet y Humpries, (1981), por lo tanto, se hicieron tres transectos cada uno con una dimensión de 25 m de largo x 2 m de ancho, en donde cada individuo tuvo una separación mínima de 1.5 m., para evitar tomar medidas de los mismos árboles.

Para el correcto levantamiento de información en campo se utilizaron algunas herramientas específicas, las cuales ayudaron a que los resultados obtenidos sean confiables. Dentro de estas herramientas se encuentran las siguientes:

GPS, para determinar la posición de los puntos estudiados.

Cinta Métrica, para medir la circunferencia de los árboles.

Clinómetro, nos permitió realizar la medición de la altura de los árboles.

Brújula, la cual ayudo a determinar el rumbo para poder medir a copa.

3.3.1.1. Caracterización de especies mediante medición de parámetros alométricos.

Para poder realizar la caracterización de especies se realizaron mediciones de los parámetros alométricos, los cuales ayudarán a relacionar componentes o variables de difícil medición como lo son la biomasa y el área foliar, con variables más fáciles de medir como lo es la altura en metros, el diámetro con la cinta métrica para después pasar a medida diamétrica, el diámetro de la copa, con el objeto de estimar las primeras variables en función de las segundas.

Las mediciones obtenidas fueron registradas en una ficha de registro de datos, la cual se la puede observar en la Figura 4.

**DETERMINACIÓN DE CARBONO AZUL EN MANGLARES UBICADOS JUNTO A LA CIUDADELA LAS GARZAS,
CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS**

FECHA:
LUGAR:

Nº	ESPECIE	DAP (cm)	ALTURA (cm)	COPA		OBSERVACIONES
				NORTE-SUR	ESTE-OESTE	

Figura 4 Tabla de Registro de datos obtenidos

Elaborado por: Autor

3.3.1.1.1. Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para el caso del cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP), se utilizó una cinta métrica, con la cual luego de obtener los valores medidos en campo se realizó la conversión de centímetros a diámetro, para esto se midió la circunferencia de los árboles a una altura referencial de 1,30 metros desde el

nivel del suelo hacia arriba y posteriormente se dividió este valor para $\pi= 3.1416$ (Rodríguez et al., 2018).

De igual forma, tomó en cuenta la correcta colocación de la herramienta de medición, especialmente en el caso del mangle rojo, esto debido a que esta especie suele presentar algunas diferencias en la forma del tronco tal como se muestra en la (Figura 5 y 6).

Cuando se dio el caso, en el tronco del mangle se procedió a medir el DAP a 30 cm por encima de la última raíz aérea. Así mismo cuando se encontró bifurcaciones por debajo de los 1.30 m se midieron todos los troncos que presentaba el árbol y se obtuvo el promedio, y si por lo contrario la bifurcación se encontraba por encima de 1.30 m lo que se hizo fue medir como un solo tronco, para árboles torcidos y tal como lo indica Rodríguez et al., (2018) la cinta de medición se colocó perpendicularmente a la inclinación del tronco.

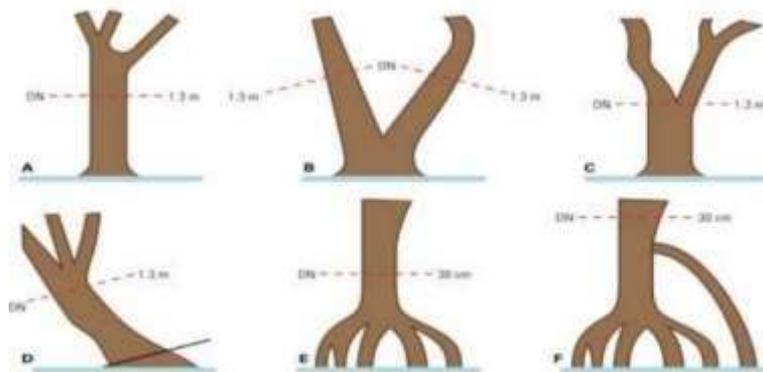


Figura 5. Medición del DAP según variaciones en la especie.

Fuente: (Rodríguez et al., 2018)



Figura 6. Medición de DAP en campo

Elaborado por: Autor

3.3.1.1.2. Medición de la altura total de los árboles

Para poder obtener esta medida se realizó la medición en línea recta desde el suelo hasta donde termina la copa del árbol a través del uso de un clinómetro (Rodríguez et al., 2018).

3.3.1.1.3. Medición y cálculo del área de copa

Para esta medición usó los dos diámetros mayores del árbol, de forma perpendicular, y se los consideró como eje mayor y menor, además también se utilizó una brújula para poder realizar la orientación N-S y E-O para por último lograr hacer la medición lo más cercana al tronco (Rodríguez et al., 2018) Para el cálculo del diámetro de la copa por individuo se utilizó la fórmula:

$$DC = \frac{W1 + W2}{2}$$

Donde:

DC= diámetro de la copa

W1= longitud máxima (m)

W2= ancho de la copa (m)

Mientras que para el cálculo del área de la copa se usó la fórmula:

$$A = \frac{DC^2}{4}$$

Donde:

AC= área de la copa

DC= diámetro de la copa

3.3.1.1.4. Cálculo de biomasa aérea

Para poder obtener la medición de las reservas de carbonos de los árboles de mangle fue primordial conocer que especie de mangle se encuentran en el área de estudio, debido a que hay ecuaciones alométricos específicas para cada una tal como lo demuestra la Tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa aérea de los árboles de mangle.

ESPECIE	BIOMASA AEREA
<i>Rhizophora sp.</i>	$B = 0,1282*(DAP)^{2,6}$
<i>Avicennia germains</i>	$B = 0,14*(DAP)^{2,4}$
<i>Laguncularia racemosa</i>	$B = 0,1033*(DAP)^{2,5}$

Fuente: (Fromard et al., 1998)

Sin embargo, para el caso de otras especies que se puedan encontrar en el transecto, también se puede utilizar la ecuación alométrica de Komiyama et al., (2005) en donde se utiliza como variables independientes la densidad de la madera por especie y el diámetro del árbol a la altura de pecho.

$$Bt = 0.251p * DAP^{2.46}$$

Donde:

Bt= Biomasa total arriba del suelo (Kg/árbol)

P= densidad de la madera por especie: *Conocarpus erectus*: 1.00 (g/cm³)

DAP= Diámetro a altura de pecho o arriba de raíz más alta.

3.3.1.1.5. Medición de las reservas de carbono por parámetros alométricos

Para la estimación de carbono de los árboles vivos se realizó una multiplicación de la biomasa por 0.47 tal como lo indica la IPCC, (2003). Además de esto también se estimó el carbono de los árboles muertos, para esto se les asignó un grado de descomposición determinado visualmente tal como lo

menciona Kauffman et al., (2013), esto con el fin de aplicar un factor de correlación para calcular la biomasa.

3.3.2. Metodología de campo

3.3.2.1. Agua

3.3.2.1.1. Medición de Parámetros fisicoquímicos in-situ.

Se realizó la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos in-situ en agua:

- pH
- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- Salinidad
- Sólidos disueltos totales

Para estas mediciones se utilizó el equipo multiparamétrico HANNA modelo HI 9829. Además, se tomó en consideración la importancia para la preservación de cada uno de los parámetros antes mencionados.

Se realizaron un total de cuatro monitoreos con horarios que variaban desde las 09:00 am hasta las 12:50 pm. Estos monitoreos se realizaron los días 6 de diciembre del 2021, 13 de diciembre del 2021, 24 de enero del 2022 y el 18 de febrero de 2022, meses que corresponden a la época lluviosa en el litoral ecuatoriano, sin embargo, en el mes de diciembre se presentaron pocas lluvias (Figura 7).

Los resultados de estos monitoreos nos permitirán conocer las condiciones que presentaba el ecosistema, en especial el del oxígeno disuelto por su importancia para la preservación de la vida acuática.



Figura 7. Toma de parámetros físico - químicos del agua

Elaborado por: Autor

3.3.2.2. Sedimentos

3.3.2.2.1. Recolección, almacenamiento y transporte de muestras.

Para realizar el análisis del contenido de carbono y nutrientes del sedimento se tomaron muestras en los cuatro puntos señalados en la (Figura 3.) el día 30 de enero. Para poder obtener las muestras se consideraron a los sedimentos superficiales de la orilla en los primeros 15 cm de profundidad, en cada uno de los puntos se tomaron muestras por triplicado en fundas Ziploc, en donde para su recolección se usaron materiales como: una lanza portátil cuyas dimensiones son 1 m de largo por 60 cm de ancho y guantes esterilizados con el fin de no contaminar la muestra.

Finalmente, las muestras fueron llevadas en una hielera a menos de 20 °C a ser analizadas en los laboratorios (Figura 8). Para el caso del análisis de carbono las muestras fueron enviadas al laboratorio Nematlab S.A y para el análisis de los nutrientes se enviaron al laboratorio Bruker.



Figura 8 Muestras enviadas a laboratorio

Elaborado por: Autor

3.3.3. Metodología de Laboratorio

3.3.3.1. Determinación de Carbono

Para este análisis el laboratorio Nematlab S.A. utilizó la metodología Walkley & Black, (1934), con Dicromato de Potasio. En el cual se usaron los siguientes reactivos:

- Solución estándar 1 N de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4) con una densidad del 1.84 g/ml
- Ácido fosfórico (H_3PO_4) del 85%
- Solución estándar de 0.5 N de Sulfato Ferroso Amónico $Fe (NH_4)_2 (SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$
- Indicador difenilamina (C_6H_5) $2NH$

3.4. Análisis de datos estadísticos

Para el análisis de datos obtenidos de las mediciones de los parámetros alométricos de los árboles de manglar se utilizó el método de Louman et al., (2001), con el fin de calcular el área basal y el número de individuos de acuerdo con su distribución diamétrica.

De igual forma se realizó el cálculo de Índice de Valor de Importancia a través de los valores obtenidos en abundancia, dominancia y frecuencia. Para el procesamiento de datos de almacenamiento de carbono también se aplicaron las fórmulas mencionadas anteriormente para el cálculo de biomasa aérea, y finalmente dichos datos fueron comparados por especie de mangle. Cabe mencionar que para el tratamiento de estos resultados se aplicó estadística básica, además de que se hizo uso únicamente del programa Microsoft Excel.

Es importante en anexos incluya punto de muestreo, parámetro y valor encontrado o calculado.

Así mismo, una vez que se obtuvieron los resultados de laboratorio, se hizo el respectivo tratamiento de los datos mediante el uso del software estadístico *PAST* versión 4.09, en donde se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk W y también el análisis de varianza de ANOVA de un solo factor con un nivel de significancia de 0,05, esto con el fin de poder conocer si existía algún tipo de diferencia significativa entre los resultados. Además, también se realizó un análisis de correlación de componente principal entre el carbono del sedimento y los parámetros fisicoquímicos del agua tomados.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Características estructurales del bosque de manglar

A través de los datos que se recolectaron en los transectos se pudo realizar un análisis estructural del bosque de manglar. En los tres transectos se midieron un total de 45 individuos, en los cuales se encontraron únicamente dos especies de mangles a ser medibles: 42 árboles de la especie *Rhizophora x harrisonii* Leechm. (mangle rojo) y 3 árboles de la especie *Conocarpus erectus* (mangle de botoncillo) (Tabla4), también se encontraron especies de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) sin embargo a estas especies no se le tomaron mediciones debido a que su diámetro era menor a 10 cm.

Tabla 4 Número de Individuos por transectos y especies

N.º Individuos	Especie
Transecto 1	
10	<i>Rhizophora x harrisonii</i> Leechm
3	<i>Conocarpus erectus</i>
Transecto 2	
15	<i>Rhizophora x harrisonii</i> Leechm
Transecto 3	
17	<i>Rhizophora x harrisonii</i> Leechm

Elaborado por: Autor.

4.1.1. Densidad (ind/ha)

Primero se evaluó la densidad de individuos por transectos. De acuerdo con los resultados los transectos analizados presentaron características similares, ya que presentaban mayor cantidad de especies con un rango de DAP de 20,1 a 30

cm. Sin embargo, en el transecto 1 se encontró el mangle que presentaba el máximo DAP que se encuentra en el rango de 60 a 70 cm (Figura 9).

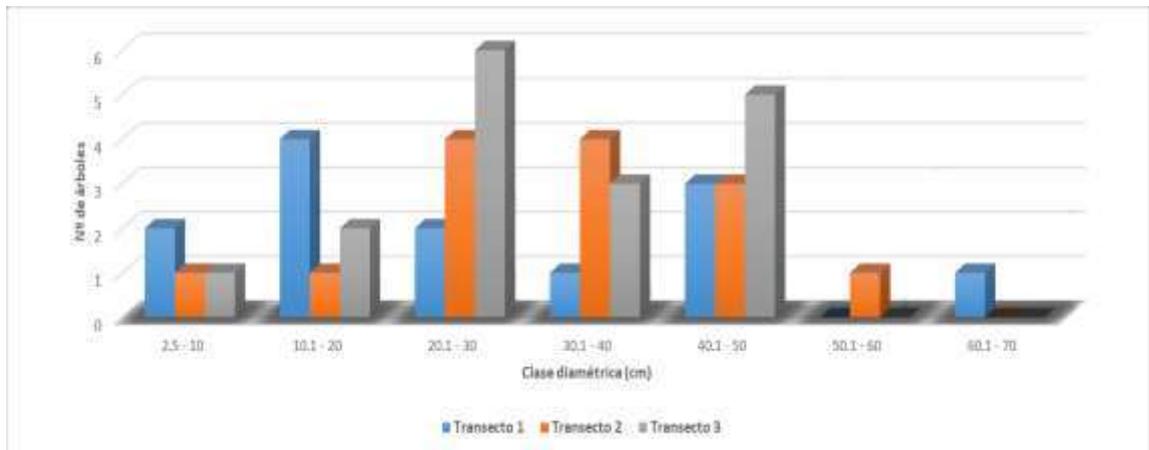


Figura 9. Densidad de individuos por transectos.

Elaborado por: Autor.

Además, en la Figura 10 se puede observar que para el caso único de la especie *Rhizophora harrisonii* Leechm, la variación ocurre en la clase diamétrica de 2.5 a 10 cm de DAP donde por cada transecto existe un 1 individuo que presente esta clase diamétrica.

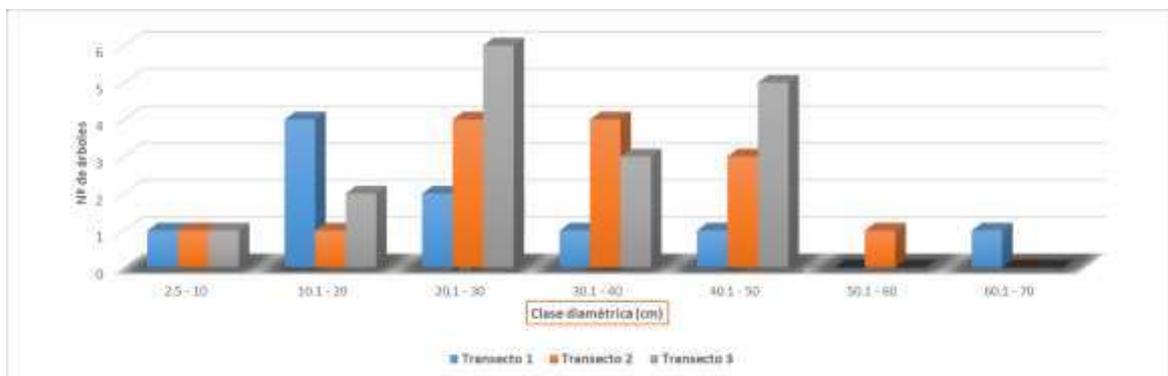


Figura 10 Densidad de individuos por transectos de *Rhizophora harrisonii* Leechm.

Elaborado por: Autor.

4.1.2. Área basal (m²/ha)

En el cálculo del área basal se hizo una sumatoria de todos los individuos de mangles monitoreados por unidad de área. En la zona de estudio el promedio de área basal fue de $4,282 \pm 0,790$ m²/ha (Tabla 5). El transecto 2 obtuvo el mayor valor de área basal siendo esta de 4,807 m²/ha, mientras que el Transecto 1 presento un área basal mínima de 3,374 m²/ha (Figura 11).

Tabla 5 Área Basal de individuos por transectos

Área Basal m ² /ha					
Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Sum.	Prom.	Desv. Est.
3,374	4,807	4,667	12,848	4,282	0,790

Elaborado por: Autor.

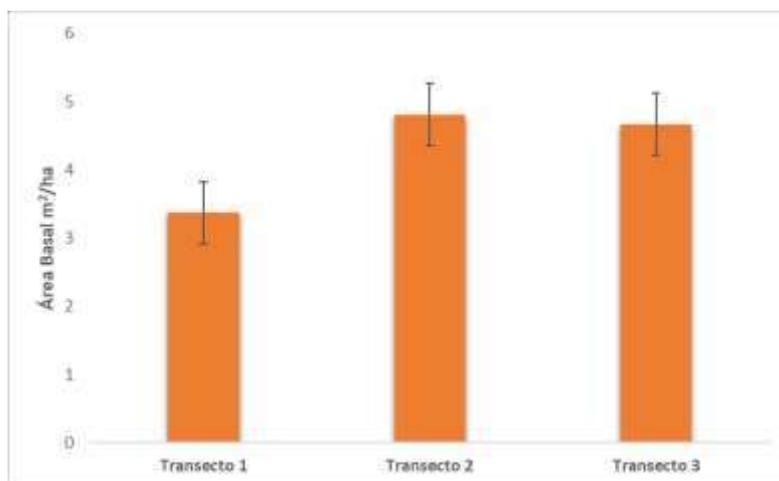


Figura 11. Área Basal de individuos.

Elaborado por: Autor.

De igual forma en la Figura 12 se puede observar la comparación entre el área basal total y la del área basal obtenida por transectos para especie de *Rhizophora xharrisonii* Leechm.

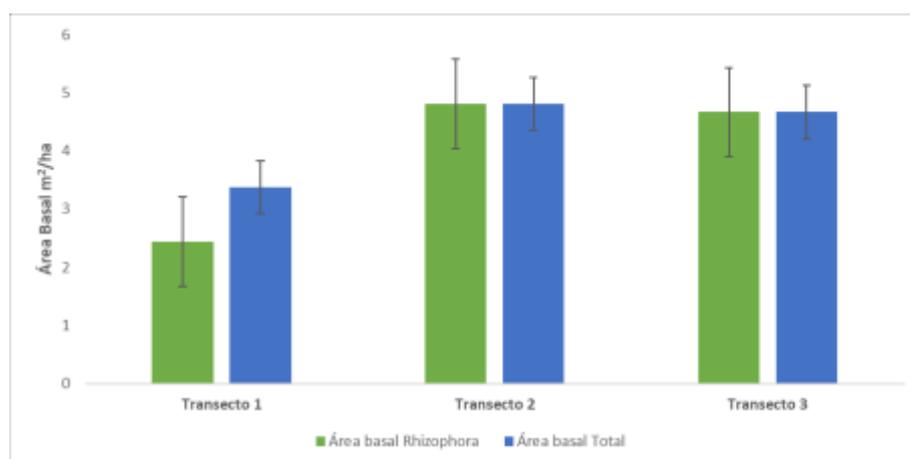


Figura 12 Área Basal por individuos de la especie *Rhizophora xharrisonii* Leechm

Elaborado por: Autor.

Para la comparación de área basal se realizó un análisis del área basal por hectárea (AB-1 Ha), a través de esta metodología se pudo observar que el

transecto 1 obtuvo los valores más altos de área basal, encontrado el máximo valor en la clase diamétrica de 60,1 a 70 cm (Figura 13).

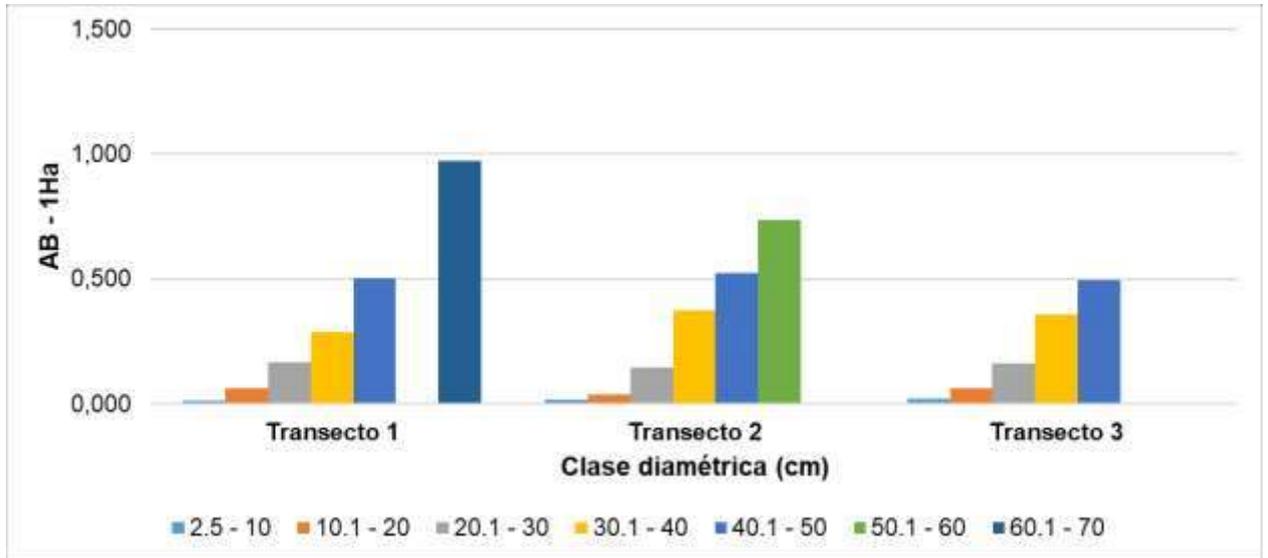


Figura 13. Área basal de acuerdo con las clases diamétricas.

Elaborado por: Autor.

4.1.3. Altura (m)

La altura de los mangles en los tres transectos analizados dio un promedio de $13,69 \pm 4,70$, en los cuales la altura máxima registrada fue de 34 m en el transecto 3, mientras que la mínima fue 3 m en el transecto 1 (Figura 14).

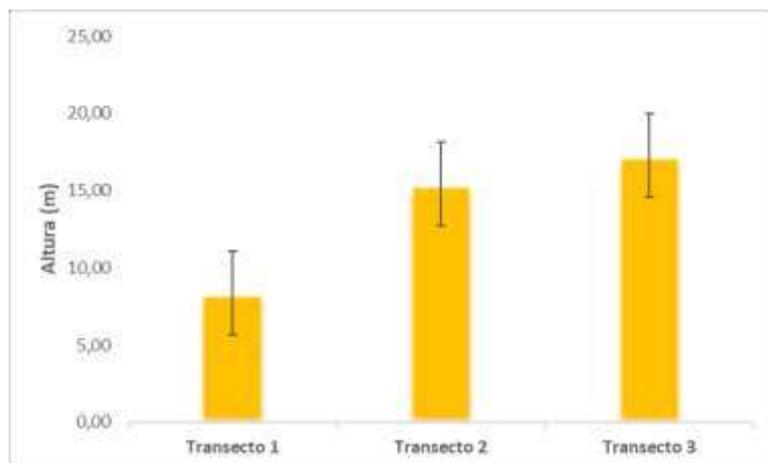


Figura 14. Altura de individuos por transecto.

Elaborado por: Autor.

Haciendo un análisis comparativo entre el promedio de la altura obtenida únicamente para *Rhizophora xharrisonii* Leechm, y la altura total, nos da como resultado que la diferencia entre ambas es mínima (Figura 15).

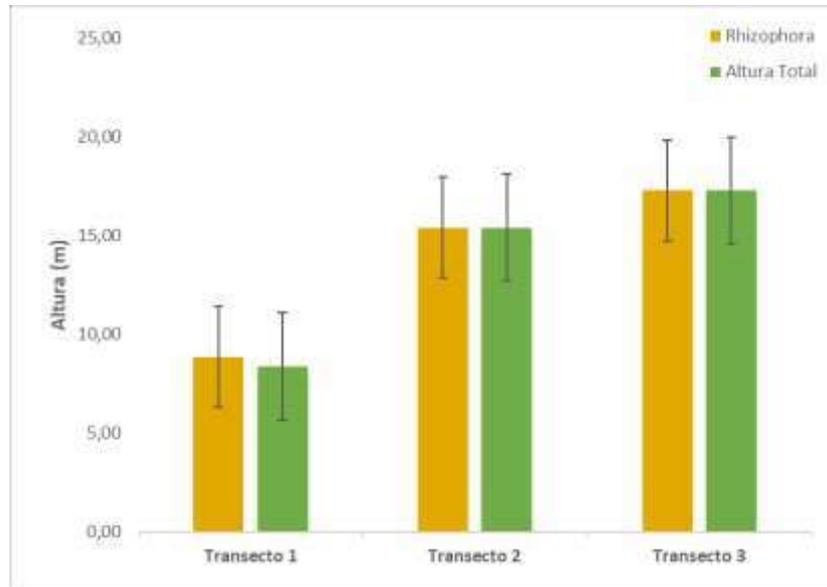


Figura 15 Comparación de altura de individuos totales y de la especie *Rhizophora xharrisonii* Leechm

Elaborado por: Autor.

4.1.4. Área de Copa

Para el área de copa se realizó el cálculo a través de fórmulas descritas previamente en la metodología. En donde por cada transecto se seleccionaron 6 individuos. Que da un valor final como resultado que el Transecto 1 contiene la mayor área de copa siendo esta 97,25 m². Por el contrario, el Transecto 2 contiene el área de copa más bajo siendo este 36,44 m² (Tabla 6).

Tabla 6. Cálculo del área de copa de los árboles de mangle.

Área de copa			
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Área de copa	97,25	36,44	71,7

Elaborado por: Autor.

También se calculó los promedios de área de copa de la especie de *Rhizophora harrisonii*, debido a que esta es la especie que tiene mayor representatividad en los transectos (Tabla 7).

Tabla 7 Cálculo del área de copa de los árboles de *Rhizophora xharrisonii* Leechm.

Área de copa			
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Área de copa	105,92	36,44	71,7

Elaborado por: Autor.

4.1.5. Índice de Valor de Importancia (IVI)

La especie que tuvo mayor índice de importancia ecológica en la zona de estudio fue la *Rhizophora harrisonii* Leechm. (Tabla 8), esto análisis de IVI se realizó únicamente en el transecto 1 debido a que es el único que presento diversidad de especies.

Tabla 8. Índice de Valor de Importancia (IVI).

TRANSECTO 1				
Especie	AR(%)	DR(%)	FR(%)	IVI
<i>Rhizophora harrisonii</i>	76,92	87,96	76,92	241,811018
<i>Conocarpus erectus</i>	23,08	12,04	23,08	58,1889824
Total	100	100	100	300

Elaborado por: Autor.

4.2. Biomasa y carbono aéreo almacenado

En total se realizaron mediciones en 45 individuos de especies de mangle en tres transectos diferentes, en los cuales su DAP fue mayor a 5 cm y en donde se encontraron dos especies diferentes de mangle. Para el caso del *Rhizophora xharrisonii* Leechm, se midieron 42 especies, mientras que para el *Conocarpus erectus* se midieron únicamente 3 árboles ubicados en el transecto 1. Para obtener los datos de carbono a través de la biomasa aérea (Tabla 9) se utilizaron

cálculos que ya fueron mencionados anteriormente, dándonos como resultados los datos mostrados en la Tabla 10:

Tabla 9. Biomasa aérea por transecto-especie.

Biomasa aérea			
	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Biomasa aérea total	7677,19	10123,29	9329,90
Biomasa aérea <i>Rhizophora harrisonii</i>	5375,66	10123,29	9329,90
Biomasa aérea <i>Conocarpus erectus</i>	767,8	0	0

Elaborado por: Autor.

Tabla 10 Carbono almacenado por transecto y especie.

Almacenamiento de carbono (Mg C/ha)

	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Carbono Aéreo Total	1252,40	1450,95	1192,02
Carbono Aéreo <i>Rhizophora harrisonii</i>	876,94	1450,95	1192,02
Carbono Aéreo <i>Conocarpus erectus</i>	375,45	0	0

Elaborado por: Autor.

Cabe señalar que de los tres transectos donde se realizaron las mediciones el Transecto 2 es el que posee mayor cantidad de carbono contenido a nivel aéreo siendo este de 1450,95 mg C/ha, mientras que el transecto 3 posee un bajo contenido de almacenamiento de carbono con 1192,02 mg C/ha, pese a esto la diferencia entre ambos almacenamientos es poco significativa (Figura 16).

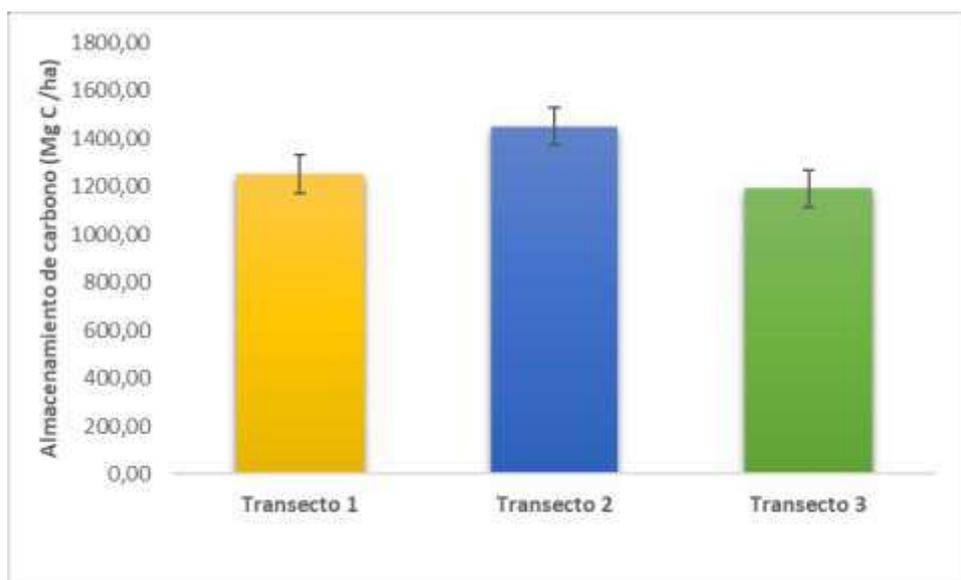


Figura 16. Existencia de carbono aéreo por transectos.

Elaborado por: Autor

El promedio de almacenamiento de los árboles de mangles en la zona de estudio es 1298,45 mg C/ha.

4.3. Comparación de almacenamiento de carbono azul entre especies

Para el análisis de comparación de almacenamiento de carbono aéreo entre especies identificadas en el área de estudio: *Rhizophora xharrisonii* Leechm y *Conocarpus erectus*, se realizó primero una prueba de normalidad a los datos, la cual fue la de Shapiro-Wilk W, con un nivel de confianza de 95%. Los resultados obtenidos de esta prueba se lo pueden observar en la Figura 17 donde se indica una distribución normal de los datos ya que estos presentaron un valor $p \geq 0,05$ (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W de datos de Carbono aéreo por especie.

	<i>Rhizophora xharrisonii</i> Leechm	<i>Conocarpus erectus</i>
N	42	3
Shapiro-Wilk W	0,9722	0,8031
p(normal)	0,3893	0,122

Elaborado por: Autor

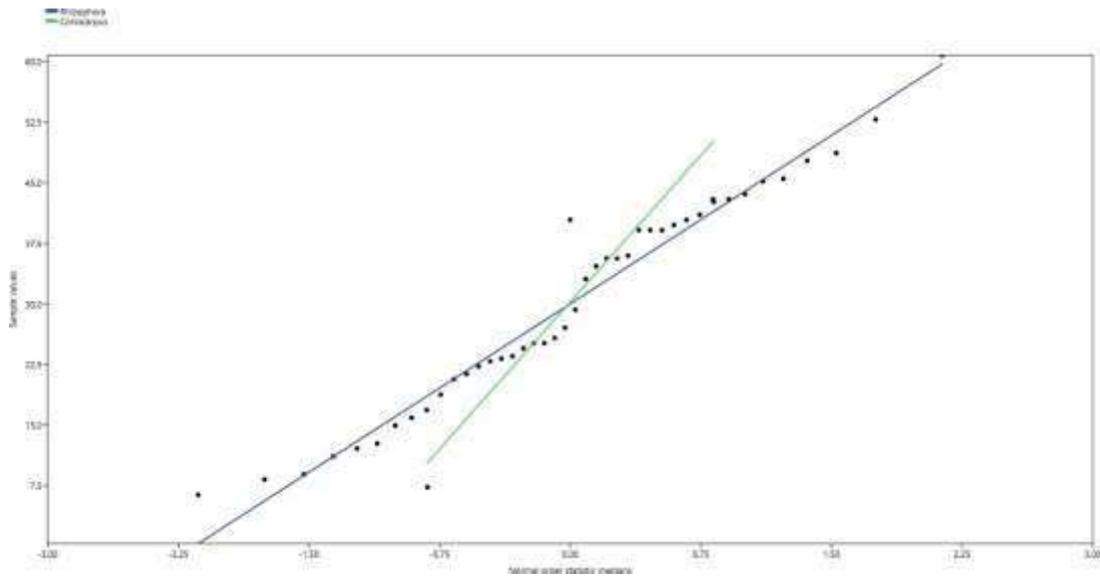


Figura 17. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W.

Elaborado por: Autor.

Al conocer la distribución normal de los datos, se continuó realizando el análisis de varianza ANOVA de un solo factor (Tabla 12). El cual dio como resultado que entre los datos existía una varianza significativa (Figura 18.).

Tabla 12. Análisis ANOVA de un solo factor.

Fuente	Sum of sqrs	GL	Mean square	Valor F	Valor p
<i>Factor:</i>	117709	1	117709	25,94	2,21E-06
<i>Error:</i>	372053	43	4537,23		
<i>Total:</i>	489762	44	1,00E-05		

Elaborado por: Autor

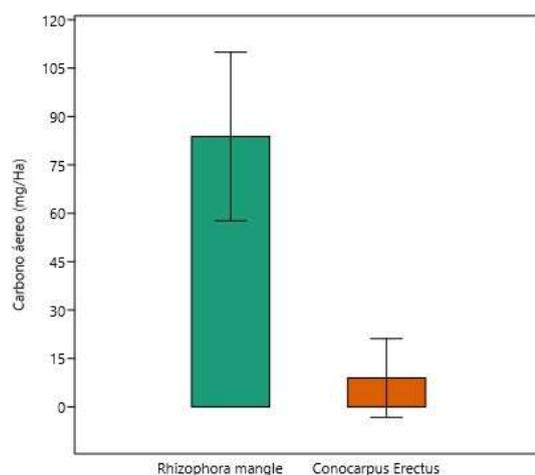


Figura 18. Comparación de almacenamiento de carbono por especie.

Elaborado por: Autor

4.4. Contenido de Carbono en sedimentos

Además de conocer el carbono aéreo presente en el área de estudio, también se realizaron análisis para determinar el contenido de carbono almacenado en los sedimentos de cada punto de muestreo, para este análisis se tomaron 3 réplicas por cada punto dándonos un total de 16 muestras a analizar (Tabla 13).

Tabla 13. Concentración de C en sedimentos.

Punto	Replica	C (%)	C (mg/kg)
P1	A1	2,37	0,0237
	B1	2,92	0,0292
	C1	4,62	0,0462
	D1	3,08	0,0308
P2	A2	6,34	0,0634
	B2	7,1	0,071
	C2	7,34	0,0734
	D2	8,47	0,0847
P3	A3	8,06	0,0806
	B3	6,55	0,0655
	C3	7,64	0,0764
	D3	8,56	0,0856
P4	A4	9,26	0,0926
	B4	9,31	0,0931
	C4	12,26	0,1226
	D4	7,2	0,072

Elaborado por: Autor.

De acuerdo con la Tabla 14, existe una pequeña variación en las medias de los puntos analizados, debido a que la media del punto 2, punto 3 y punto 4 no presentan mucha variación entre sí, sin embargo, el punto 1 es muy bajo en comparación con los otros puntos que se tiene como media $0,032 \pm 0,005$. Debido a esta pequeña variación notada a simple vista se realizó el análisis de varianza ANOVA de un solo factor.

Tabla 14. Estadística Descriptiva de las concentraciones de C por punto de muestreo

Puntos	N	Media	Error estándar		Mínimo	Mediana	Máximo	
			de la media	Desviación Estándar.				
P1	4	0,032	0,005	0,010	0,00009	0,024	0,030	0,046
P2	4	0,073	0,004	0,009	0,00008	0,063	0,072	0,085
P3	4	0,077	0,004	0,009	0,00007	0,066	0,079	0,086
P4	4	0,095	0,010	0,021	0,0004	0,072	0,093	0,123

Elaborado por: Autor.

Antes de realizar el análisis ANOVA, se hizo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk W la cual nos dio como resultado que los datos presentaban una distribución normal (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk W de las concentraciones de C.

	P1	P2	P3	P4
N	4	4	4	4
Shapiro-Wilk W	0,8871	0,9699	0,9594	0,9346
p(normal)	0,3699	0,8411	0,7752	0,6219

Elaborado por: Autor.

Una vez realizada la prueba de normalidad se hizo el ANOVA de un solo factor con el fin de conocer si realmente existía una varianza significativa del contenido de carbono entre los puntos (Tabla 16) este análisis se representó a

través de un diagrama de cajas y bigotes, grafico mediante el cual se puede observar la diferencia significativa existente con el punto 1 (Figura. 19).

Tabla 16. ANOVA de un solo factor para contenido de C por punto de muestreo.

Fuente	Sum of	GL	Mean	Valor F	Valor p
	sqrs		square		
Factor	0,008	3	0,003	16,5	0,0001478
Error	0,002	12	0,000		
Total	0,010	15			

Elaborado por: Autor

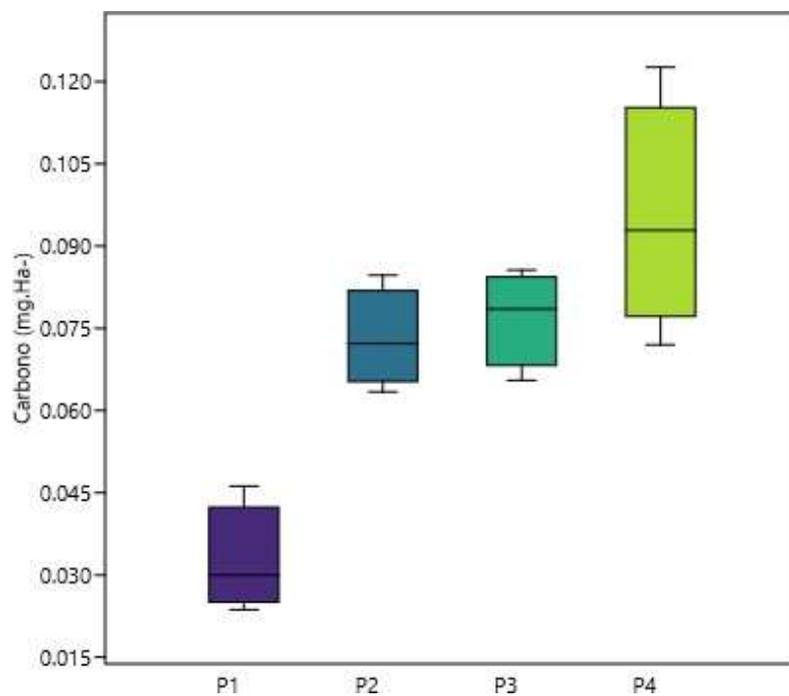


Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes de las concentraciones de C por punto de muestreo.

Elaborado por: Autor

4.5. Correlación de los parámetros físicos – químicos del agua entre el período de diciembre del 2021 a febrero del 2022 en la zona de estudio.

Lo primero que se va a analizar son las concentraciones medias de cada uno de los parámetros fisicoquímicos medidos por mes.

4.5.1. Oxígeno Disuelto (OD)

De acuerdo con lo que se puede observar en la Figura 20, las concentraciones de OD en agua presentan una varianza significativa entre los meses analizados, siendo así que el mes donde se encontró mayor varianza fue el mes de enero, que presentó medias de $2,128 \pm 0,367$ ppm OD, incluso en la figura se puede ver que ese mes presenta valores atípicos.

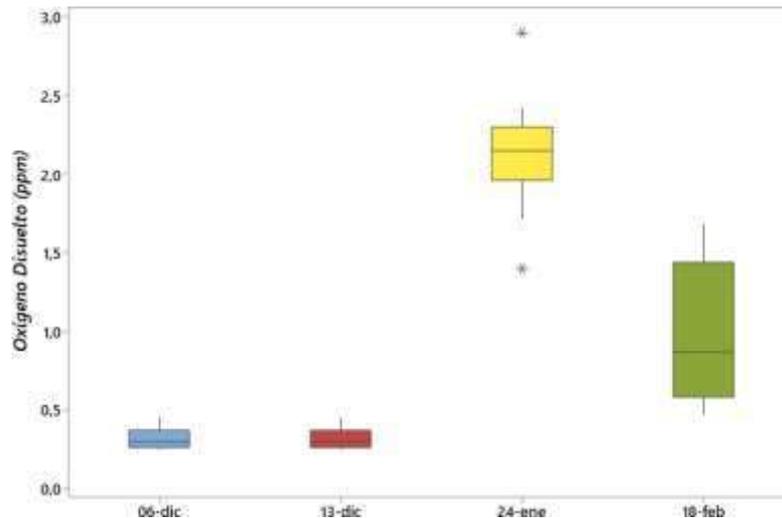


Figura 20. Oxígeno Disuelto por meses de muestreo.

Elaborado por: Autor

4.5.2. Temperatura

Para la variable temperatura sucede lo mismo, presenta variaciones en sus valores por mes de muestreo, dando como resultado que enero y febrero son los meses con más baja temperatura en el agua con $25,16 \pm 0,433$ y $25,38 \pm 0,29$ °C, incluso el mes de enero presenta valores atípicos tal como lo muestra la Figura 21.

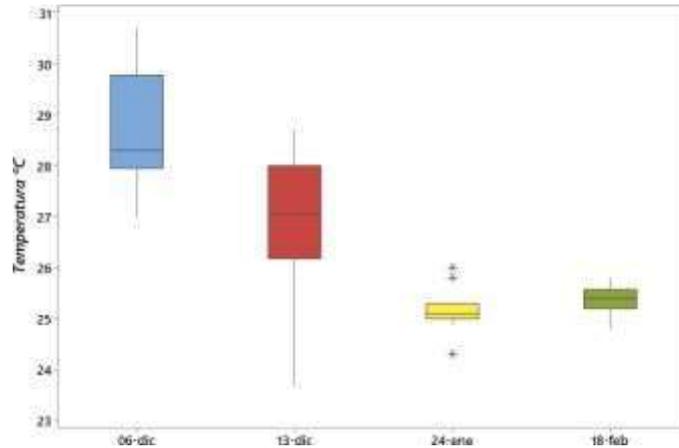


Figura 21. Temperatura por meses de muestreo.

Elaborado por: Autor

4.5.3. pH

El pH medido en el agua nos dio como resultado que existían ciertas variaciones en la medición por mes de muestreo, siendo el mes de febrero el que tuvo la media más baja de $6,955 \pm 0,053$ en cuanto a pH, sin embargo, el punto 1 y 3 presentan valores atípicos en sus mediciones tal como lo muestra la Figura 22.

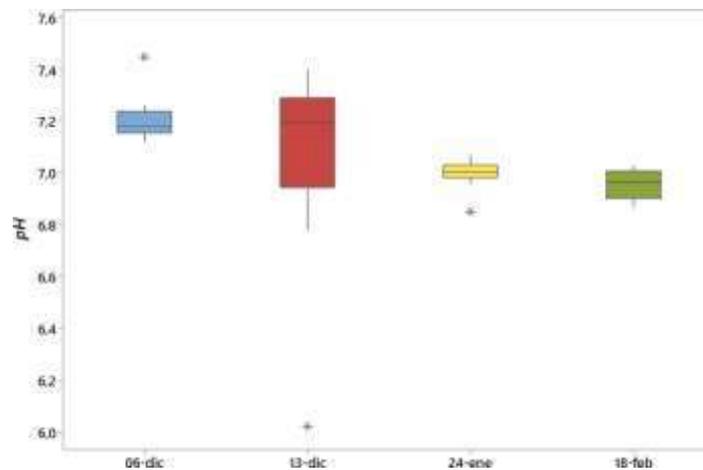


Figura 22. pH medido por meses de muestreo.

Elaborado por: Autor

4.5.4. Salinidad

La salinidad medida en cada mes de muestreo, dio como resultado que no poseía una varianza significativa, es decir sus medias se mantenían entre $122,583 \pm 0,900$ y $123,333 \pm 1,371$ g/L (Figura 23).

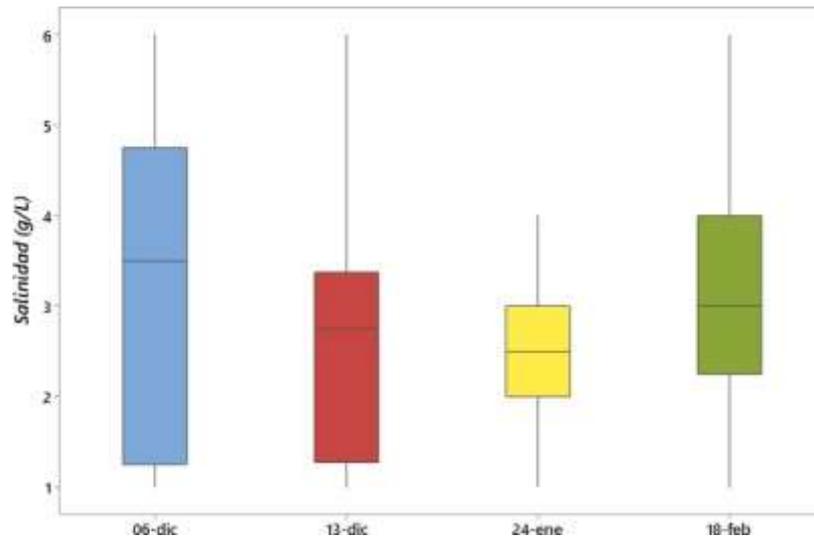


Figura 23. Salinidad medida por meses de muestreo.

Elaborado por: Autor

4.5.5. Sólidos totales disueltos (TDS)

Los sólidos totales disueltos, muestran una gran variación entre sus datos obtenidos en cada fecha de muestreo, siendo para el 06 de diciembre el valor más alto de concentración de TDS con una media de 6290 ± 1437 ppm, incluso en esta fecha se presentan valores atípicos en sus concentraciones (Figura 24).

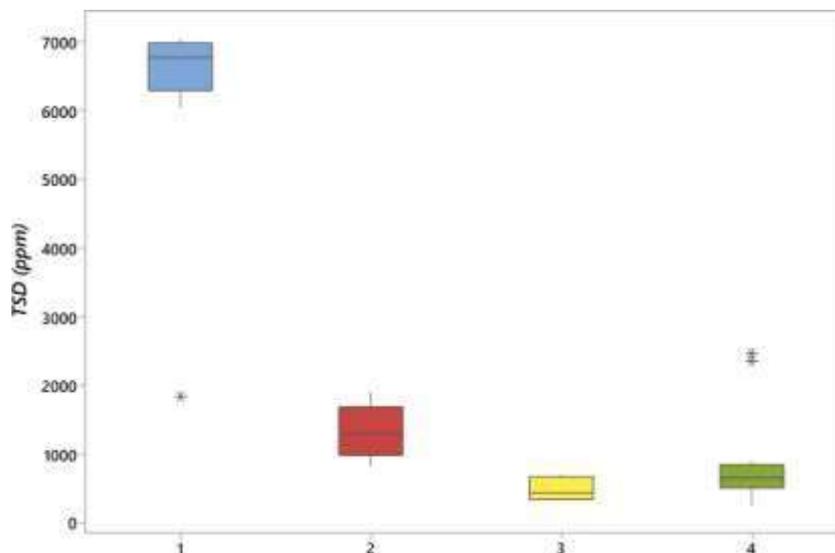


Figura 24 TDS medido por meses de muestreo.

Elaborado por: Autor

Una vez obtenidos los datos de los parámetros fisicoquímicos del agua por punto de muestreo y periodo de muestreo, se ejecutó un análisis de correlación entre cada uno de los parámetros

En la Tabla 19. se puede observar los resultados del análisis de correlación de Spearman realizados, donde el valor muestra la correlación r. Para poder entender la tabla de correlación, primero es importante explicar las escalas de interpretación que tiene este análisis de correlación, si bien hay muchas, en el presente estudio se tomó como referencia las escalas propuestas por Martínez et al., (2009).

- 0 – 0.25: Escasa o nula
- 0.26 - 0.50: Débil
- 0.51 - 0.75: Entre moderada y fuerte
- 0.76 – 1.00: Entre fuerte y perfecta

Tabla 17. Análisis de correlación entre los parámetros fisicoquímicos de agua con carbono en sedimento.

	Temperatura	pH	Salinidad	TSD
pH	0,563			
Salinidad	0,139	-0,116		
TSD	0,729	0,355	0,182	
OD	-0,591	-0,291	-0,071	-0,554

Elaborado por: Autor.

Por lo tanto, de acuerdo con la Tabla 19. las correlaciones más significativas se presentan de la siguiente forma: La temperatura posee una correlación significativa lineal con pH y TSD (Figura 25 y 26), mientras que con el oxígeno disuelto posee una relación inversa pero significativa (Figura 27). Por otro lado, también existe correlación inversa pero significativa entre el oxígeno y los sólidos disueltos totales (Figura 28).

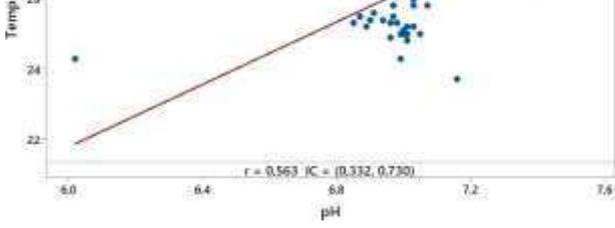


Figura 25 Correlación entre temperatura y pH
Elaborado por: Autor.

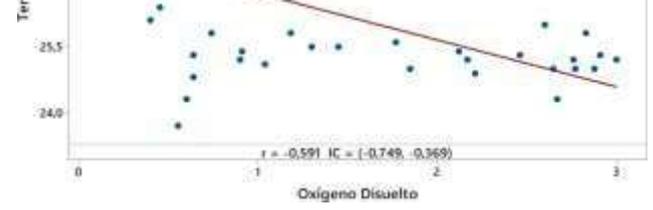


Figura 27 Correlación entre temperatura y OD
Elaborado por: Autor.

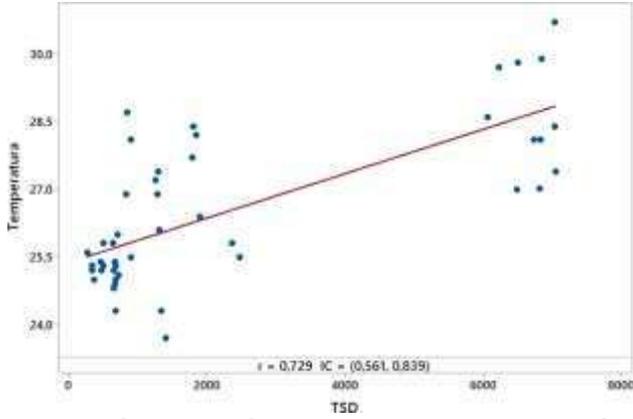


Figura 26 Correlación entre temperatura y TSD
Elaborado por: Autor.

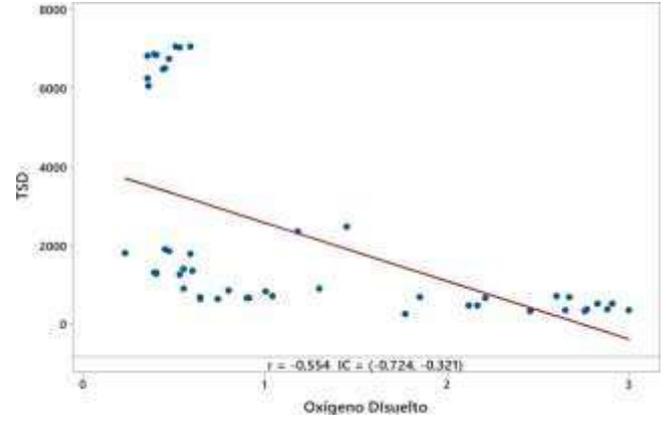


Figura 28 Correlación entre OD y TSD
Elaborado por: Autor.

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

La caracterización del bosque de manglar situado junto a la ciudadela Las Garzas en la ciudad de Guayaquil, se registraron 2 especies de manglar: *Rhizophora xharrisonii* Leechm denominado comúnmente como Mangle zapatero/rojo y *Conocarpus erectus*. Llamado como el botoncillo a diferencia de la investigación realizada por Segovia, (2019), en la zona de custodia de Puerto Roma, en el cual se identificó 3 especies de mangle: mangle zapatero/colorado/rojo, Mangle negro, Mangle blanco y Mangle negro, al igual que en el trabajo científico elaborado en el estuario río Esmeraldas (Bruno, 2019).

De acuerdo a Barrantes y Cerdas, (2015), existe una dependencia entre la presencia de especies de mangle y el tipo de sedimento del sustrato, ya que el mangle negro y blanco tienden a distribuirse en sustratos arenosos con mayor facilidad que otras especies cuya distribución es más homogénea en sustratos lodosos; esto indica que en el caso de los manglares ubicados en la ciudadela Las Garzas no presentan sustratos arenosos.

Se deduce que la zona ubicada junto a la ciudadela Las Garzas presenta solo dos especies de mangle, a las identificadas en los otros estudios debido a las condiciones existente en cada área y que en el estuario del río Esmeraldas presenta especies con distribución similar a la identificada por Segovia, (2019), debido a que poseen sustratos de sedimentos similares y las condiciones ambientales similares en comparación con la zona de Garzar porque no tienen influencia directa de un río como las dos anteriores.

En la caracterización estructural del bosque de mangle de la ciudadela Las Garzas se utilizó la metodología de transectos a diferencia de la zona de estudio de Custodia de Manglar de Puerto Roma, en la cual se utilizó la metodología de cuadrante centrado en un punto y de parcelas circulares. Por las condiciones del bosque que en el estero Garzal la Franja del bosque no es mayor de 30 metros de ancho.

Con respecto a los parámetros alométricos determinados en los manglares del área de estudio se obtuvieron los siguientes datos: DAP en un rango entre 20 a 70 cm; área basal media > 3 y < 5 m²/ha; altura mínima de 13 m y máxima de 34 m; área de copa entre 36,44 y 97,25 m² mientras que el estudio realizado por Segovia, (2019), determinó: DAP entre 10 a 70 cm; área basal media de 16,72 m²/ha; altura mínima de 4m y máxima de 41 m; área de copa entre 27,6 y 68,2 m².

En ambos casos de estudio se evidencia un índice de valor de importancia para *Rhizophora xharrisonii* Leechm, se constata la predominancia del mangle rojo a diferencia de otras especies; se infiere que los parámetros alométricos analizados en las dos investigaciones varían debido al tipo de especie de mangle, patrones de crecimiento de cada mangle, zonas de perturbación, tipo de sustrato y nutrientes asimilables.

En relación a la biomasa de carbono aéreo, se obtuvo que en la zona de estudio presenta una capacidad de almacenamiento de 1298,45 mg C/ha a diferencia de estudios realizados en: el Golfo de México y La Encrucijada en Chiapas, donde se registraron capacidades de almacenamiento de carbono aéreo de 1200 Mg/ha y 87 Mg/ha, respectivamente (Herrera Silveira et al., 2016; Velázquez et al., 2019); por lo que el área de estudio junto a la ciudadela Las Garzas evidencia un nivel superior de almacenamiento de carbono aéreo en su biomasa a diferencia de los casos de estudio analizados en el Golfo Mexicano.

Los datos registrados en el área de estudio de la Reserva de Producción de Manglares El Salado 0,018 Mg/ha, es menor a comparado con otros bosques de mangle como: Veracruz, México 969 Mg/ha; Ohio, USA 90,3 Mg/ha; Costa Rica 68,2 Mg/ha; la captura de carbono en sedimentos de bosques de mangle degradados de diversos países, cuyos valores estimados son: Nayarit, México 36,2 Mg/ha; Indonesia 28 Mg/ha; Bangladesh 16,9 Mg/ha.

Por otra parte, según lo publicado por Yepes et al., (2016), en la bahía de Cispatá, Colombia, se estimó que la capacidad de carbono almacenado en la biomasa aérea fue de 129,69 Mg/ha. Se constata que el carbono aéreo de los manglares situados próximos a la ciudadela Las Garzas en función a la biomasa es superior a las registradas en México y Colombia.

Se infiere que se evidencia mayor capacidad de almacenamiento de carbono aéreo debido a que los árboles del área de estudio son especies arbóreas mayores a 20 metros de altura y según lo indicado por Tovar, (2021), es un área de bosque maduro con presencia de manglares rojo de *Rhizophora xharrisonii* Leechm.

En tanto, estudios realizados por Segovia, (2019), indican una capacidad de almacenamiento de carbono aéreo de 114,59 Mg/ ha mientras que en la zona de estudio Garzal, la capacidad de almacenamiento de carbono y 1298, 45 Mg/ha, reflejando una mayor capacidad de almacenamiento de carbono aéreo en los manglares situados junto a la ciudadela Las Garzas.

Se infiere que la cantidad de carbono aéreo almacenado está en función a la biomasa de cada especie de mangle y estas a su vez dependerán de la composición de las especies, el efecto de los factores climáticos locales como precipitación y temperatura, las características de los suelos que determinen el crecimiento del árbol y el grado de madurez del bosque de manglar (López et al., 2016).

Cabe mencionar que la comparación de almacenamiento de carbono azul entre especies identificadas junto a la ciudadela Las Garzas presentó mayor capacidad en las especies *Rhizophora x harrisonii* Leechm, en comparación a *Conocarpus erectus*. Referente al contenido de carbono en sedimentos se registró una media de 0,07 mg/kg de carbono en los manglares situados próximos a la ciudadela Las Garzas mientras que en Puerto Roma, el carbono en sedimentos fue superior.

Se presume que los principales factores que influyen en el almacenamiento de carbono son: la estructura que posee el bosque, el tipo de especie dominante, ya que la *Rhizophora sp.* aporta mayores cantidades de biomasa a diferencia de otras especies, las condiciones ambientales de cada localidad (Segovia, 2019).

En cuanto al análisis de los parámetros físicos – químicos del agua del cuerpo hídrico adyacente a la ciudadela Las Garzas se registraron los siguientes valores: oxígeno disuelto 0,93 ppm; temperatura 26,5; pH 7,05; salinidad 2,98;

TSD 2254,9 mientras que en el estudio realizado por Tovar, (2021), en el mismo sitio estimó lo siguiente: oxígeno disuelto 3,33 ppm; temperatura 27,8; pH 7,97.

Aunque ambos estudios fueron realizados en la misma zona y en los meses de invierno noviembre del 2020 a febrero 2021, es decir en los manglares Garzal, el oxígeno disuelto es mínimo y el pH es neutro mientras que el oxígeno disuelto es mayor y el pH presenta tendencias alcalinas en los análisis de Tovar. Colocar la bibliografía de Tovar 2021,

Además, se determinó las siguientes correlaciones entre los parámetros físicos – químicos del agua: fuerte y positiva entre el pH y temperatura (0,56); débil y positiva entre salinidad y temperatura (0,14); fuerte y positiva entre Total de sólidos disueltos (TSD) y temperatura (0,73); fuerte y negativa entre Oxígeno Disuelto (OD) y temperatura (-0,59), se infiere que los cambios en la temperatura del agua condiciona que el pH del medio acuático sea ácido o alcalino y tiene una relación inversamente proporcional, es decir un incremento de temperatura conlleva a una disminución del pH y viceversa; así mismo, existe una relación inversamente proporcional entre temperatura y OD de forma negativa porque cuando aumenta la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (HACH, 2020; HANNA Instruments, s/f).

También se definió la correlación entre pH con respecto a los otros parámetros, obteniendo: débil y negativa con la salinidad (-0,12); débil y positiva con los TSD (0,35); débil y negativa con el OD (-0,29). Además, se estableció una relación entre la salinidad con el TSD y OD, siendo débil y positiva (0,18) y débil y negativa (-0,07), respectivamente mientras que la correlación entre TSD y el OD resultó ser fuerte y negativa (-0,55).

CAPÍTULO VI

6.1. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización estructural del bosque de manglar situado junto a la ciudadela Las Garzas mediante la metodología de transectos obteniéndose la presencia de 45 individuos pertenecientes a las especies de *Rhizophora xharrisonii* Leechm mangle zapatero y *Conocarpus erectus* botoncillo, siendo el transecto 1 el más distintivo porque presentó las especies de mangle con mayor DAP y área de copa, sin embargo, son los que poseen menor altura y área basal.

Se cuantificó la biomasa aérea de la zona de estudio obteniéndose que: el transecto 2 registró valores superiores de biomasa en comparación al transecto 1 y 3, también se determinó que la biomasa aérea de los mangles es directamente proporcional al almacenamiento de carbono evidenciado, es decir que, a mayor biomasa aérea, el almacenamiento de carbono es superior y viceversa.

Se determinó mediante la comparación estadística de las concentraciones de carbono azul almacenado entre especies, que existe una mayor capacidad de almacenamiento de carbono por parte de la especie *Rhizophora xharrisonii* Leechm en comparación a *Conocarpus erectus*.

Se registró que la proporción de carbono sedimentario es superior en el punto 4 con respecto a los otros 3 puntos de muestreo, también se evidenció una media total de fijación de carbono en sedimentos de 0,07 en la zona de estudio.

6.2. RECOMENDACIONES

Incentivar a las entidades competentes a la restauración y conservación de los bosques de manglar existentes en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil con la finalidad de preservar los servicios ecosistémicos que estos brindan a las comunidades.

Concientizar a los moradores de la ciudadela Las Garzas sobre el cuidado de los ecosistemas de manglar e informar sobre su importante contribución en la lucha contra el calentamiento global y el cambio climático.

Crear nuevos proyectos de investigación acerca de las capacidades de captura y almacenamiento de carbono en ecosistemas de manglar situados dentro de la zona urbana de la ciudad de Guayaquil con el propósito de generar información novedosa y actualizada a escala local.

Proponer a nivel nacional nuevos instrumentos e incentivos económicos con respecto a la valoración económica del manglar en función a la capacidad almacenamiento de carbono que estos poseen con la finalidad de crear una nueva fuente de ingresos y proporcionar alternativas para la protección de este tipo de ecosistemas.

Replicar estudios sobre la capacidad de almacenamiento de carbono en especies de *Conocarpus erectus* con el propósito de lograr una comprensión óptima sobre la contribución de este tipo de mangle en el ciclo biogeoquímico del carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Adame, M., & Lovelock, C. (2011). Carbon and nutrient exchange of mangrove forests with the coastal ocean. *Hydrobiologia*, 663(1), 23–50. <https://doi.org/10.1007/S10750-010-0554-7>
- Alongi, D. (2009). The energetics of mangrove forests. *The Energetics of Mangrove Forests*, 1–216. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4271-3>
- Alongi, D. (2020a). Carbon cycling in the world's mangrove ecosystems revisited: Significance of non-steady state diagenesis and subsurface linkages between the forest floor and the coastal ocean. *Forests*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/F11090977>
- Alongi, D. (2020b). Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation. *Sci 2020*, Vol. 2, Page 67, 2(3), 67. <https://doi.org/10.3390/SCI2030067>
- Alongi, D. M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>, 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-MARINE-010213-135020>
- Alongi, D. M. (2018). *Blue Carbon*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91698-9>
- Alongi, D., & Mukhopadhyay, S. (2015). Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas. *Agricultural and Forest meteorology*, 213, 266–272. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2014.10.005>
- AMNH. (2020). What's a Mangrove? And What Does It Do? . Recuperado el 13 de febrero de 2022, de <https://www.amnh.org/explore/videos/biodiversity/mangroves-the-roots-of-the-sea/what-is-a-mangrove>
- Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución de la República del Ecuador*. , Pub. L. No. 448 (2008).
- Asamblea Nacional Constituyente. *Código Orgánico del Ambiente*. , Pub. L. No. Registro Oficial Suplemento 983 (2017).
- Barrantes Leiva, R. M., & Cerdas Salas, A. (2015). Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del

sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63, 47–60.
<https://doi.org/10.15517/RBT.V63I1.23094>

Bhomia, R. K., Kauffman, J. B., & McFadden, T. N. (2016). Ecosystem carbon stocks of mangrove forests along the Pacific and Caribbean coasts of Honduras. *Wetlands Ecology and Management*, 24(2), 187–201.
<https://doi.org/10.1007/S11273-016-9483-1>

Bra, K. (2021). What Is Blue Carbon and Why Does It Matter? . Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de Sustainable Travel International website:
<https://sustainabletravel.org/what-is-blue-carbon/>

Bruno, K. (2019). *Evaluación del potencial de captura de carbono por la especie (Rizophora mangle) mediante ecuaciones alométrica en el refugio de vida silvestre manglares del estuario río Esmeraldas*. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil.

ClientEarth. (2020). What is a carbon sink? Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de <https://www.clientearth.org/latest/latest-updates/stories/what-is-a-carbon-sink/>

Collins, P. (2021). Greenhouse effect: Causes and consequences on the climate. Recuperado el 13 de diciembre de 2021, de Selectra website:
<https://climate.selectra.com/en/environment/greenhouse-effect>

Conservation International, UNESO, & IUCN. (2019). Mitigating climate change through coastal ecosystem management. Recuperado el 14 de febrero de 2022, de The Blue Carbon Initiative website:
<https://www.thebluecarboninitiative.org/>

Costa, M., Ezcurra, P., & Aburto, O. (2016). Los manglares almacenan toneladas de carbono. Recuperado el 13 de diciembre de 2021, de <https://datamares.org/stories/los-manglares-almacenan-toneladas-de-carbono/?lang=es>

Denchak, M., & Turrentine, J. (2021). Global Climate Change: What You Need to Know. Recuperado el 9 de febrero de 2022, de NRDC website:
<https://www.nrdc.org/stories/global-climate-change-what-you-need-know>

- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience* 2011 4:5, 4(5), 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- EPA. (2021a). Climate Change Indicators: Greenhouse Gases . Recuperado el 13 de diciembre de 2021, de <https://www.epa.gov/climate-indicators/greenhouse-gases>
- EPA. (2021b). Overview of Greenhouse Gases. Recuperado el 10 de noviembre de 2021, de Greenhouse Gas Emissions website: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Feller, I. C., Lovelock, C. E., Berger, U., McKee, K. L., Joye, S. B., & Ball, M. C. (2009). Biocomplexity in Mangrove Ecosystems. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163809>, 2(1), 395–417. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.MARINE.010908.163809>
- Herrera Silveira, J. A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61–72.
- IBERDROLA. (2021). Consequences of the greenhouse effect . Recuperado el 13 de diciembre de 2021, de <https://www.iberdrola.com/sustainability/greenhouse-effects-consequences-and-impacts>
- International Touristic Platform. (s/f). Manglares El Salado - Reserva de producción de flora y fauna. Recuperado el 24 de enero de 2022, de GpRaymi website: <https://www.goraymi.com/es-ec/guayas/guayaquil/reservas-flora-fauna/manglares-salado-reserva-produccion-flora-fauna-a0b9bbda6>
- IOC, & UNESCO. (2021). Blue Carbon . Recuperado el 14 de febrero de 2022, de <https://ioc.unesco.org/our-work/blue-carbon>
- IPCC. (2001). The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de Climate Change website: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/the-carbon-cycle-and-atmospheric->

carbon-dioxide/

IPCC. (2007). What is the Greenhouse Effect? Recuperado el 9 de febrero de 2022, de Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis website: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html

IUCN. (2017). Blue carbon . Recuperado el 14 de febrero de 2022, de ISSUES BRIEF website: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/blue-carbon>

Kaushik, A., Graham, J., Dorheim, K., Kramer, R., Wang, J., & Byrne, B. (2020). The Future of the Carbon Cycle in a Changing Climate. *Eos*, 101. <https://doi.org/10.1029/2020EO140276>

López-Reyes, L. Y., Domínguez-Domínguez, M., Martínez-Zurimendi, P., Zavala-Cruz, J., Gómez-Guerrero, A., Posada-Cruz, S., ... Posada-Cruz, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera y bosques*, 22(3), 49–60. <https://doi.org/10.21829/MYB.2016.2231456>

Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Osland, M. J., Reef, R., & Ball, M. C. (2016). *The physiology of mangrove trees with changing climate*. 149–179. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27422-5_7

Maher, D., Call, M., Santos, I., & Sanders, C. (2018). Beyond burial: lateral exchange is a significant atmospheric carbon sink in mangrove forests. *Biology letters*, 14(7). <https://doi.org/10.1098/RSBL.2018.0200>

Mangrove Action Project. (2021). Mangrove Services . Recuperado el 13 de febrero de 2022, de <https://mangroveactionproject.org/mangrove-services/>

Mazda, Y., & Wolanski, E. (2007). The Role of Physical Processes in Mangrove Environments Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems. *Terapub*.

Merecí Guamán, J. V. (2017). *Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantificación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador* (CATIE, Turrialba (Costa Rica)). CATIE, Turrialba (Costa Rica). Recuperado de

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8699>

Morgan, E. (2018). New study finds mangroves may store way more carbon than we thought. Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de MONGABAY website: <https://news.mongabay.com/2018/05/new-study-finds-mangroves-may-store-way-more-carbon-than-we-thought/>

NASA. (2022). Global climate change. Recuperado el 9 de febrero de 2022, de Vital Signs of the Planet website: <https://climate.nasa.gov/evidence/>

Núñez, F., Pérez, U., Calderón, M., & Rivas, F. (2021). Cuantificación del carbono orgánico y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) emplazados en Boca de Uchire, laguna de Unare, Estado de Anzoátegui, Venezuela. *Revista Geográfica de América Central*, 1. <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.13>

Nyanga, C. (2020). The Role of Mangroves Forests in Decarbonizing the Atmosphere. *Carbon-Based Material for Environmental Protection and Remediation*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92249>

ONU. (s/f). What Is Climate Change? . Recuperado el 9 de febrero de 2022, de Climate Action website: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

Paula Tagle. (2020). Carbono azul: Cuidemos los manglares de Galápagos. *El Universo*. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/larevista/2020/01/19/nota/7697340/carbono-azul-cuidemos-manglares-galapagos/>

Penke, M. (2021). Carbon sinks: How nature helps fight climate change. Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de Environment website: <https://www.dw.com/en/carbon-sinks-how-nature-helps-fight-climate-change/a-59835700>

Pita, R. (2020). *Captura de carbono del mangle rojo (Rizophora mangle) en el área nacional de recreación isla Santay*. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil.

- ROC. (2021). What is 'blue carbon' and why is it so important? . Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de Australian River Restoration Centre website: <https://riversofcarbon.org.au/what-is-blue-carbon/>
- Sabine, C. (2014). The IPCC fifth assessment report. *Carbon Management*, 5(1), 17–25. <https://doi.org/10.4155/CMT.13.80>
- Segovia, M. (2019). *Cuantificación de carbono azul en la zona de custodia de manglares de la asociación 21 de mayo en Puerto Roma, Golfo de Guayaquil* (Universidad de Guayaquil). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/44693/1/TESIS_FINAL_DE_SEGOVIA_VERA.pdf
- Shaftel, H., Callery, S., Jackson, R., & Bailey, D. (2021). What is the greenhouse effect? Recuperado el 14 de diciembre de 2021, de Climate Change: Vital Signs of the Planet website: <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>
- Somma, M. (2021). The Effects of Carbon Dioxide on Air Pollution. Recuperado el 13 de diciembre de 2021, de Sciencing website: <https://sciencing.com/list-5921485-effects-carbon-dioxide-air-pollution.html>
- Suranjan, F., & Kekulandala, B. (2010). *Ecosystem Services of Mangrove Forests*.
- Terra. (2020). La importancia del carbono azul en la actualidad. Recuperado el 2 de febrero de 2022, de <https://revistaterra.com/la-importancia-del-carbono-azul-en-la-actualidad/>
- Tovar, C. (2021). *Propuesta de mejoramiento del paisaje en la zona de manglares junto a la ciudadelas Las Garzas - Guayaquil* (Universidad de Guayaquil). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53461/1/tesis_final_Carlos_Tovar_ingenieria_ambiental.pdf
- UN, & WCMC. (2014). Mangrove. Recuperado el 12 de febrero de 2022, de Biodiversity website: <https://biodiversitya-z.org/content/mangrove--2.pdf>

US Department of Commerce, & National Oceanic and Atmospheric Administration. (2021). What is the carbon cycle? Recuperado el 9 de febrero de 2022, de <https://oceanservice.noaa.gov/facts/carbon-cycle.html#:~:text=The carbon cycle describes the,then back into the atmosphere.&text=Carbon is released back into,a variety of other mechanisms>.

US Department of Commerce, & NOAA. (2021). *What is Blue Carbon?*

Velázquez, C., Tovilla, C., Romero, E., & Navarrete, J. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>

Vera, J. (2020). *Cuantificación del carbono almacenado en el manglar del acuerdo de uso sustentable y custodia en Puerto Libertad, provincia del Guayas, Ecuador* (Universidad de Guayaquil). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UG_b08d7443368e61bac1baf0dec9feb5b

Yepes, A., Zapata, M., Bolivar, jhoanata, Monsalve, A., Espinosa, M., Sierra, P., & Sierra, A. (2016). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 913–926. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44945722036>

ANEXOS

Anexo 1 Mediciones realizadas en campo.



Medición de la copa de los árboles de mangle.



Registro de los datos obtenido en las mediciones



Identificación de especies en el área de estudio.



Medición de DAP

Anexo 2 Ficha de registro para mediciones de parámetros fisicoquímicos en agua

Determinacion de carbono azul en Managlares ubicado en las catedelas las Garzas CANTON GUAYAQUIL, PROVINCIA

LUGAR.- CIUADELA LAS GARZAS UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

FECHA:

Coordenadas		Puntos	Replica	HORA	PARAMETROS A TOMAR AGUA						MULTIPARAMETRO				
X	Y				Oxigeno %	MVORP	P.TEMP	Temperatura	PH	Salinidad	TSD	MVPH	PH	PPMDO	PSI
		Punto 1	A1												
			A2												
			A3												
		Punto 2	B1												
			B2												
			B3												
		Punto 3	C1												
			C2												
			C3												
		Punto 4	D1												
			D2												
			D3												

Anexo 3 Resultados de Laboratorio



NEMALAB S.A.®
Laboratorio de análisis agrícola

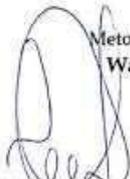
PROPIETARIO: FREIRE MALLEA KERLLY ISAMAR
PROPIEDAD: MANGLAR
SITIO: CIUDADELA LAS GRZAS
CIUDAD : GUAYAQUIL - GUAYAS

N° DE DOCUMENTO: 57249
FECHA DE MUESTREO: 30/01/2022
FECHA DE INGRESO: 05/02/2022
FECHA DE SALIDA: 15/02/2022

Resultados de Analisis Quimico de:Suelo

CODIGO	MUESTRAS	%
		CARBONO
48889	PUNTO# 1.A1	2,37
48890	PUNTO# 2.A1	6,44
48891	PUNTO# 3.A1	8,06
48892	PUNTO# 4.A1	9,26
48893	PUNTO# 1.B1	2,92
48894	PUNTO# 2.B1	7,10
48895	PUNTO# 3.B1	6,55
48896	PUNTO# 4.B1	9,31
48897	PUNTO# 1.C1	4,62
48898	PUNTO# 2.C1	7,34
48899	PUNTO# 3.C1	7,64
48900	PUNTO# 4.C1	12,26
48901	PUNTO# 1.D1	3,08
48902	PUNTO# 2.D1	8,47
48903	PUNTO# 3.D1	8,56
48904	PUNTO# 4.D1	7,20

Metodología utilizada
Walkley y Black

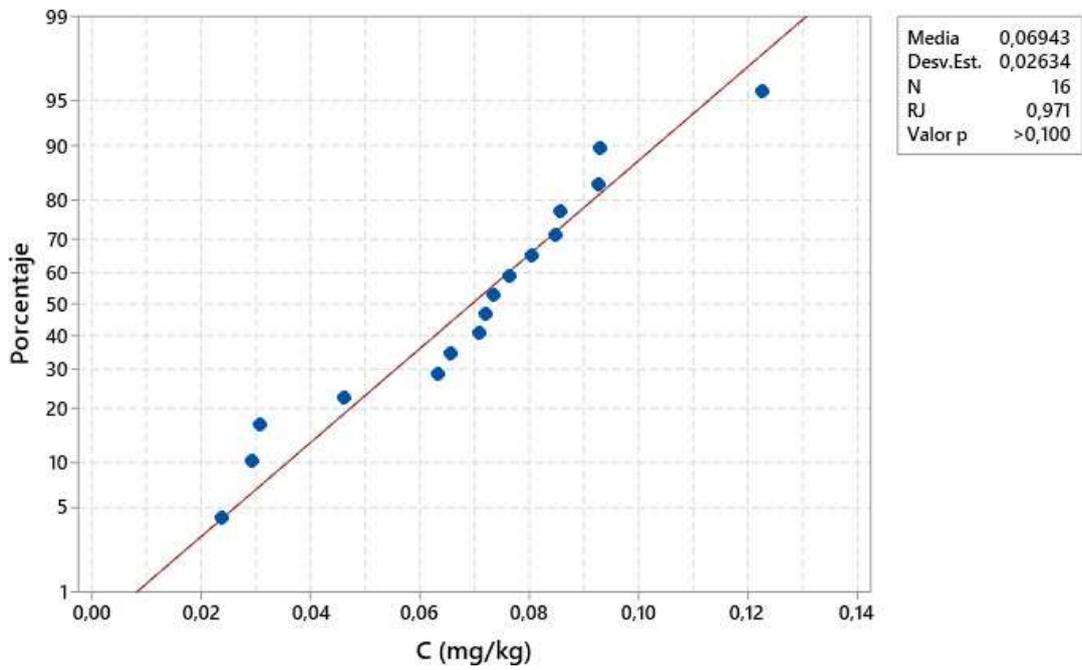

BIOC. MARTHA MOREIRA
JEFE DE LABORATORIO



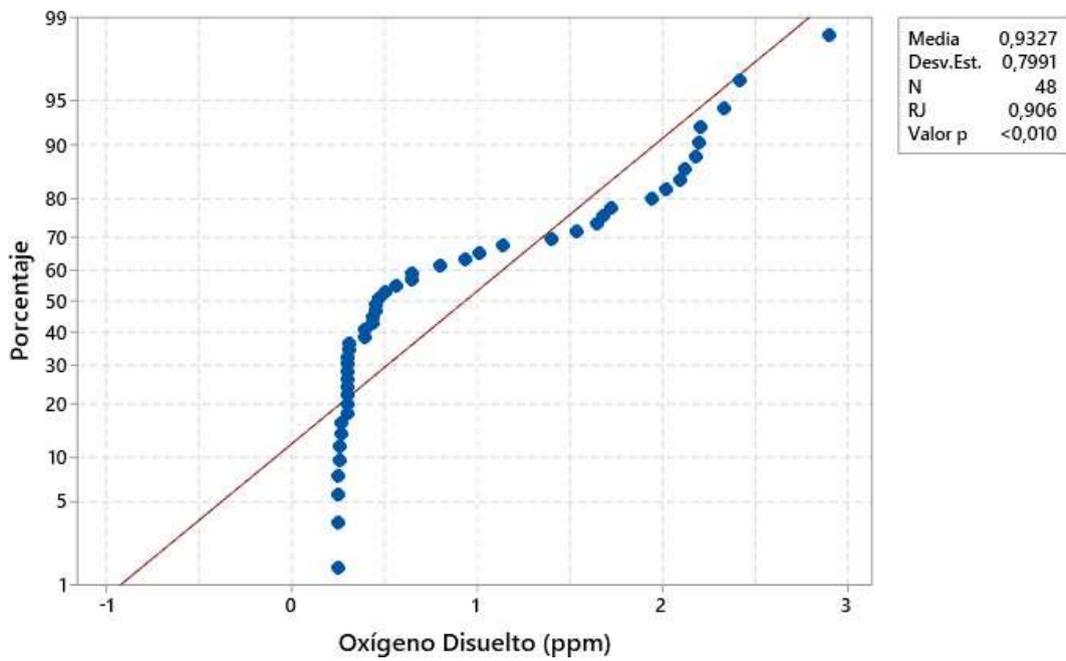

ING. NARCISA PINTADO
SERV. AL CLIENTE

Anexo 4 Pruebas de normalidad por parámetros

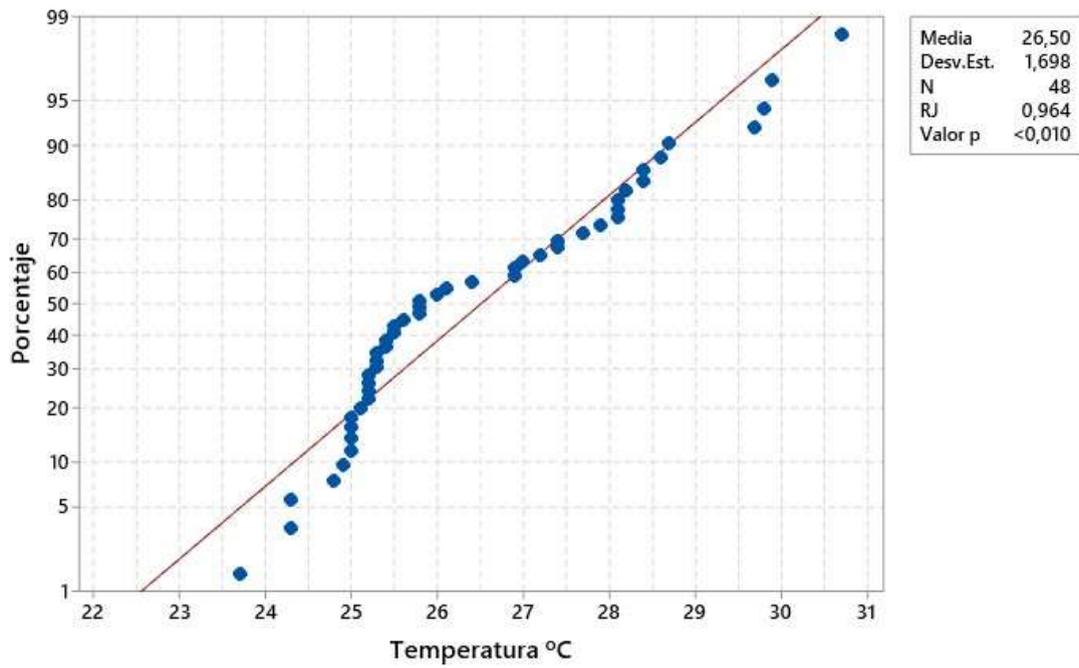
Gráfica de probabilidad de C (mg/kg)



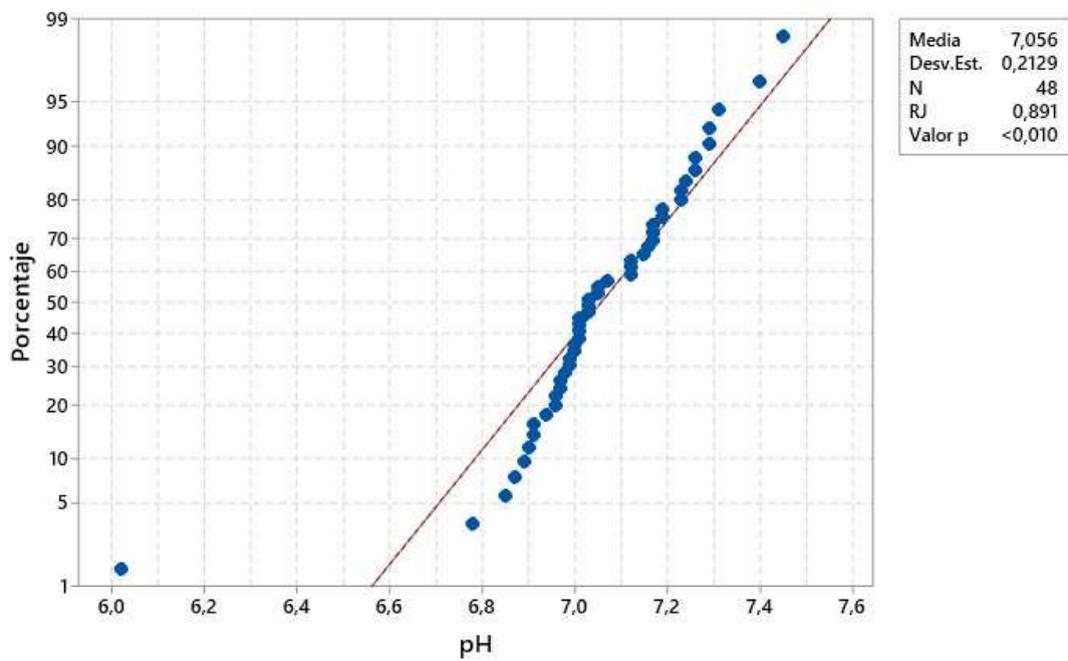
Gráfica de probabilidad de Oxígeno Disuelto (ppm)



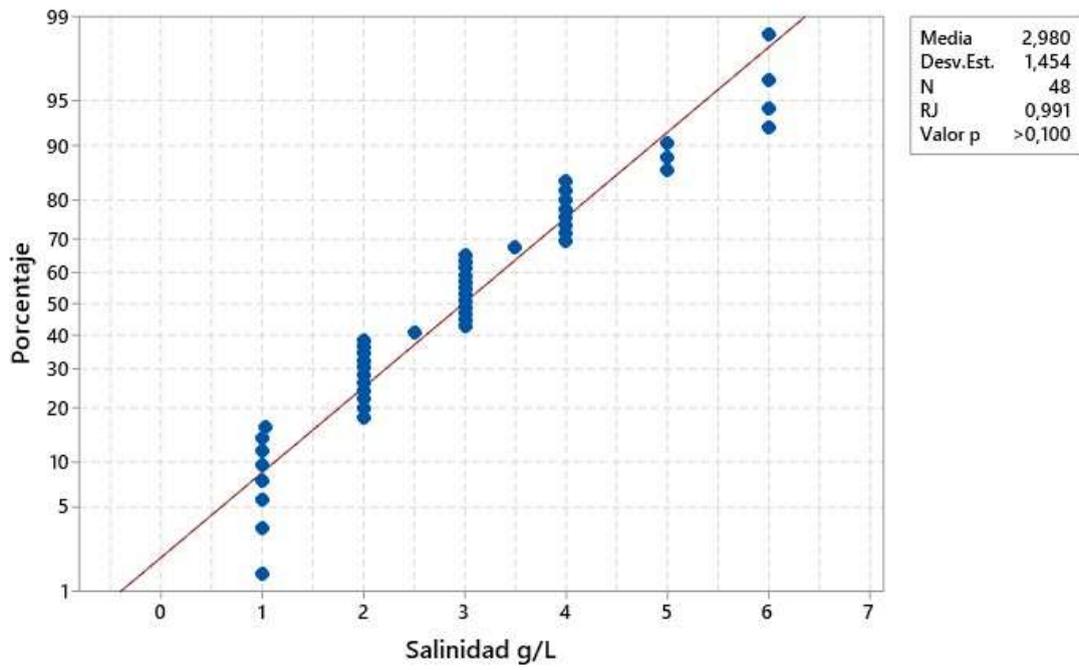
Gráfica de probabilidad de Temperatura °C



Gráfica de probabilidad de PH



Gráfica de probabilidad de Salinidad g/L



Gráfica de probabilidad de TSD (ppm)

