UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL

TEMA:

CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL

AUTORA: **María Verónica De Segovia Vera**

TUTORA: **Blga. Mireya Pozo Cajas, MSc.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 4

Guayaquil, 8 de agosto del 2019

Señor Ingeniero
Vinicio Macas Espinosa. MSc.
DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL *de la estudiante María Verónica De Segovia Vera, indicando 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,

MSc. Mireya Pozo Cajas
C.I. 0909378432

RECIBIDO
HORA
15:10
Herlinda Flores Freire

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 5

RÚBRICA DE EVALUACIÓN TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL
Autor: María Verónica De Segovia Vera

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.
ESTRUCTURA ACADÉMICA Y PEDAGÓGICA	**4.5**	**4.5**
Propuesta integrada a Dominios, Misión y Visión de la Universidad de Guayaquil.	0.3	0.3
Relación de pertinencia con las líneas y sublíneas de investigación Universidad / Facultad/ Carrera	0.4	0.4
Base conceptual que cumple con las fases de comprensión, interpretación, explicación y sistematización en la resolución de un problema.	1	1
Coherencia en relación a los modelos de actuación profesional, problemática, tensiones y tendencias de la profesión, problemas a encarar, prevenir o solucionar de acuerdo al PND-BV	1	1
Evidencia el logro de capacidades cognitivas relacionadas al modelo educativo como resultados de aprendizaje que fortalecen el perfil de la profesión	1	1
Responde como propuesta innovadora de investigación al desarrollo social o tecnológico.	0.4	0.4
Responde a un proceso de investigación – acción, como parte de la propia experiencia educativa y de los aprendizajes adquiridos durante la carrera.	0.4	0.4
RIGOR CIENTÍFICO	**4.5**	**4.5**
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	1	1
El trabajo expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece, aportando significativamente a la investigación.	1	1
El objetivo general, los objetivos específicos y el marco metodológico están en correspondencia.	1	1
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos y permite expresar las conclusiones en correspondencia a los objetivos específicos.	0.8	0.8
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.7	0.7
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	**1**	**1**
Pertinencia de la investigación	0.5	0.5
Innovación de la propuesta proponiendo una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.5	0.5
CALIFICACIÓN TOTAL *	**10**	**10**

* El resultado será promediado con la calificación del Tutor Revisor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.

Mireya Pozo Cajas MSc.
No. C.I. 0909378432

fecha:8-08-2019

RECIBIDO
HOR/
15:11
Herlinda Flores Freire

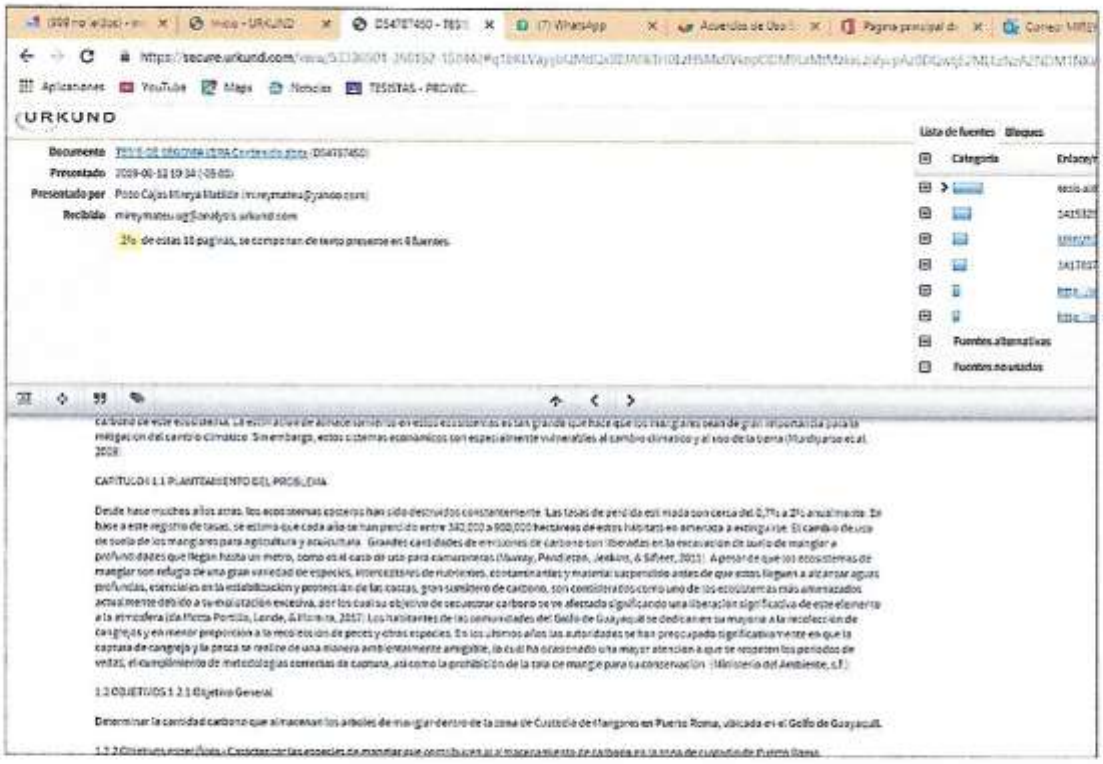
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 6

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado MIREYA POZO CAJAS MSc, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por MARÍA VERÓNICA DE SEGOVIA VERA C.C.:0931308423, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA AMBIENTAL.

Se informa que el trabajo de titulación: CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL *ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 2% de coincidencia.*



https://secure.urkund.com/view/53330501-358152-158442#q1bKLVayijbQMdQxBBJA0kTH0EzHSMc0VkepODM9LzMtMzkxLzlVycpAz8DQwtjE2MLEzNzA2NDM1NKwFgA=

Mireya Pozo Cajas MSc.
C.I. 0909378432

RECIBIDO
HORA
16:11
Herlinda Flores Frui

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 7

Guayaquil, 23 de Agosto del 2019

Señor Ingeniero
Vinicio Macas Espinosa. MSc.
DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la ***REVISIÓN FINAL*** *del Trabajo de Titulación* ***CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL*** *de la estudiante* ***María Verónica De Segovia Vera.*** *Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimento de los siguientes aspectos:*

Cumplimiento de requisitos de forma:

- *El título tiene un máximo de 23 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 el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que la estudiante ***María Verónica De Segovia Vera*** *está apta para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.*

Atentamente,

JOHNI BUSTAMANTE ROMERO PHD.

C.I. 0702172487

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Naturales CERTIFICO

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 8

RÚBRICA DE EVALUACIÓN MEMORIA ESCRITA TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: *CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL*
Autor(s): *Maria Verónica De Segovia Vera*

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.	COMENTARIOS
ESTRUCTURA Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA	3	3	
Formato de presentación acorde a lo solicitado	0.6	0.6	
Tabla de contenidos, índice de tablas y figuras	0.6	0.6	
Redacción y ortografía	0.6	0.6	
Correspondencia con la normativa del trabajo de titulación	0.6	0.6	
Adecuada presentación de tablas y figuras	0.6	0.6	
RIGOR CIENTÍFICO	6	6	
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	0.5	0.5	
La introducción expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece	0.6	0.6	
El objetivo general está expresado en términos del trabajo a investigar	0.7	0.7	
Los objetivos específicos contribuyen al cumplimiento del objetivo general	0.7	0.7	
Los antecedentes teóricos y conceptuales complementan y aportan significativamente al desarrollo de la investigación	0.7	0.7	
Los métodos y herramientas se corresponden con los objetivos de la investigación	0.7	0.7	
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos	0.4	0.4	
Factibilidad de la propuesta	0.4	0.4	
Las conclusiones expresa el cumplimiento de los objetivos específicos	0.4	0.4	
Las recomendaciones son pertinentes, factibles y válidas	0.4	0.4	
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.5	0.5	
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1	1	
Pertinencia de la investigación/ Innovación de la propuesta	0.4	0.4	
La investigación propone una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.3	0.3	
Contribuye con las líneas / sublíneas de investigación de la Carrera/Escuela	0.3	0.3	
CALIFICACIÓN TOTAL* 10		10	

*** El resultado será promediado con la calificación del Tutor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.**

Johni Bustamante Romero Ph.D.
No. C.I. 0702172487

Fecha: 23 de Agosto del 2019

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 10

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	MARÍA VERÓNICA DE SEGOVIA VERA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	POZO CAJAS MIREYA MATILDE MSC. BUSTAMANTE ROMERO EDGAR JOHNI PHD.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES		
TERCER NIVEL:	INGENIERÍA AMBIENTAL		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERA AMBIENTAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 DE SEPTIEMBRE DEL 2019	**No. DE PÁGINAS:**	57
ÁREAS TEMÁTICAS:	CIENCIAS AMBIENTALES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	CARBONO AZUL, MANGLARES, CAMBIO CLIMÁTICO, ECUACIONES ALOMÉTRICAS, ACUERDOS DE USO SUSTENTABLE		

RESUMEN/ABSTRACT:
Los ecosistemas de manglar nos brindan importantes beneficios tanto ecológicos como económicos, son grandes sumideros de carbono, llegando a superar a los bosques terrestres. El objetivo de este estudio fue realizar una estimación del almacenamiento de carbono de los árboles de mangle del noroeste de la Isla Mondragón, Golfo de Guayaquil, área perteneciente a la Asociación 21 de Mayo mediante Acuerdo de Uso Sustentable y Custodia de Manglar. Se establecieron dos transectos y dos parcelas donde se tomaron mediciones de diversos parámetros alométricos. Se determinó la estructura del bosque y mediante ecuaciones alométricas previamente establecidas se estimó la biomasa acumulada de los árboles, tanto biomasa aérea (árbol) como subterránea (raíces), además se determinó la especie de mangle capaz de acumular mayores cantidades de carbono. La zona corresponde a un bosque de manglar de tipo ribereño, bastante desarrollado estructuralmente y dominada por *Rhizophora sp*. (mangle rojo), con presencia de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germains* (mangle negro). La acumulación de carbono en los cuatro sitios tuvo un promedio de 147,83 Mg C/ha (Megagramos de carbono por hectárea). *Rhizophora sp.* fue la especie que presentó mayores cantidades de carbono almacenado, tanto por su dominancia como por su morfología. Esto demuestra la importancia de la conservación del ecosistema de manglar mediante estrategias ejecutadas por el Gobierno, así como, la capacidad de los manglares como almacenamiento de carbono para combatir el cambio climático.

ADJUNTO PDF:	■ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** 593 980592210	**E-mail:** desegoviav@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:** Blga. Miriam Salvador Brito MSc.	
	Teléfono: 3080777 - 3080758	
	E-mail: info@fccnnugye.com miriam.salvadorb@ug.edu.ec	

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 11

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

*Habiendo sido nombrado **JOHNI BUSTAMANTE ROMERO PH.D**, tutor revisor del trabajo de titulación **CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL**, certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por **MARÍA VERÓNICA DE SEGOVIA VERA**, con C.I. No. **0931308423**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniera Ambiental, en la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.*

Guayaquil, 23 de Agosto del 2019

JOHNI BUSTAMANTE ROMERO PH.D
C.I. No. 0702172487

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 12

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS

Yo, **MARÍA VERÓNICA DE SEGOVIA VERA** *con C.I. No. 0931308423, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es* ***CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL*** *son de mi absoluta propiedad y* ***responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN****, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente*

Verónica De Segovia

MARÍA VERÓNICA DE SEGOVIA VERA
C.I. No. . 0931308423

UNIVERSIDAD DE G... Facultad de Ciencias ... CERTIFICO 26/8/2016

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

ANEXO 13

CUANTIFICACIÓN DE CARBONO AZUL EN LA ZONA DE CUSTODIA DE MANGLARES DE LA ASOCIACIÓN 21 DE MAYO EN PUERTO ROMA, GOLFO DE GUAYAQUIL

Autor: *María Verónica De Segovia Vera*

Tutor: *Mireya Pozo Cajas, MsC.*

Resumen

Los ecosistemas de manglar nos brindan importantes beneficios tanto ecológicos como económicos, son grandes sumideros de carbono, llegando a superar a los bosques terrestres. El objetivo de este estudio fue realizar una estimación del almacenamiento de carbono de los árboles de mangle del noroeste de la Isla Mondragón, Golfo de Guayaquil, área perteneciente a la Asociación 21 de Mayo mediante Acuerdo de Uso Sustentable y Custodia de Manglar. Se establecieron dos transectos y dos parcelas donde se tomaron mediciones de diversos parámetros alométricos. Se determinó la estructura del bosque y mediante ecuaciones alométricas previamente establecidas se estimó la biomasa acumulada de los árboles, tanto biomasa aérea (árbol) como subterránea (raíces), además se determinó la especie de mangle capaz de acumular mayores cantidades de carbono. La zona corresponde a un bosque de manglar de tipo ribereño, bastante desarrollado estructuralmente y dominada por *Rhizophora sp*. (mangle rojo), con presencia de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germains* (mangle negro). La acumulación de carbono en los cuatro sitios tuvo un promedio de 147,83 Mg C/ha (Megagramos de carbono por hectárea). *Rhizophora sp.* fue la especie que presentó mayores cantidades de carbono almacenado, tanto por su dominancia como por su morfología. Esto demuestra la importancia de la conservación del ecosistema de manglar mediante estrategias ejecutadas por el Gobierno, así como, la capacidad de los manglares como almacenamiento de carbono para combatir el cambio climático.

Palabras Claves: carbono azul, manglares, cambio climático, ecuaciones alométricas, Acuerdos de Uso Sustentable.

ANEXO 14

QUANTIFICATION OF BLUE CARBON IN THE MANGROVE CUSTODY AREA OF THE ASOCIACIÓN 21 DE MAYO IN PUERTO ROMA, GULF OF GUAYAQUIL

Author: *María Verónica De Segovia Vera*

Advisor: *Mireya Pozo Cajas, MsC.*

Abstract

Mangrove ecosystems provide us with important ecological and economic benefits, they are large carbon sinks, surpassing terrestrial forests. The objective of this study was to estimate the carbon storage of mangrove trees in the northwest of Mondragón Island, Gulf of Guayaquil, an area belonging to the Asociación 21 de Mayo through Acuerdo de Uso Sustentable y Custodia de Manglar. Two transects, and two plots were established where measurements of various allometric parameters were taken. The structure of the forest was determined and by previously established allometric equations. The accumulated biomass of the trees was estimated, both aerial (tree) and underground biomass (roots), in addition the mangrove species capable of accumulating greater amounts of carbon was determined. The area matches to a mangrove forest of riverine type, structurally developed and dominated by *Rhizophora sp.* (red mangrove), with the presence of *Laguncularia racemosa* (white mangrove) and *Avicennia germains* (black mangrove). Carbon accumulation at all four sites averaged 147.83 Mg C / ha (Megagrams of carbon per hectare). *Rhizophora sp*. was the species that presented the highest amounts of stored carbon, both for its dominance and for its morphology. This demonstrates the importance of the conservation of the mangrove ecosystem through strategies implemented by the Government, as well as the capacity of these forests as carbon storage to combat climate change.

Keywords: blue carbon, mangroves, climate change, allometric equations, Acuerdos de Uso Sustentable.

DEDICATORIA

A mi mamá por todas sus enseñanzas y por el amor que nos brindó.

A mi papá, mis hermanos Andrés y Samuel.

A Sofía María.

AGRADECIEMIENTO

Le agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta más.

A mi familia por todo su apoyo, en especial a mi papá por su fortaleza, sabiduría y entusiasmo para ayudarnos en todo.

A mi tutora Mireya Pozo Cajas, a los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales y Víctor Monroy-Rivera por compartir sus conocimientos.

A mis compañeros del Proyecto de Vinculación con la Comunidad y cangrejeros de la comunidad de Puerto Roma por brindarme su apoyo en el trabajo de campo.

A los amigos que hice durante mi tiempo en la Universidad, a mis amigas del colegio que todavía conservo, gracias por tantas risas, buenos momentos y compañía en momentos difíciles.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Mg C/ha: Megagramos de carbono por hectárea

DAP: Diámetro a la altura del pecho

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

MAE: Ministerio del Ambiente

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

SIG: Sistema de Información Geográfica

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I 3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.2 OBJETIVOS 4
1.2.1 Objetivo General 4
1.2.2 Objetivos específicos 4
1.3 JUSTIFICACIÓN 5
1.4 HIPÓTESIS 6
CAPITULO II 7
2.1 ANTECEDENTES 7
2.2 MARCO TEÓRICO 10
2.2.1 Carbono Azul 10
2.2.2 Cambio climático 11
2.2.3 Ecosistema de Manglar 11
2.2.4 Ciclo del Carbono en Ecosistemas 12
2.2.5 Almacenamiento de carbono en ecosistemas costeros 13
2.2.6 Concesión de manglares 13
2.2.7 Servicios ecosistémicos 14
2.2.8 Ecuaciones alométricas 14
2.3 MARCO LEGAL 15
CAPÍTULO III 17
3.1 ÁREA DE ESTUDIO 17
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS 19
3.2.1 Caracterización de especies mediante medición de parámetros alométricos 19
3.2.1.1 Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP) 19
3.2.1.2 Medición de la altura total de los árboles 20
3.2.1.3 Medición y cálculo del área de copa 20
3.2.1.4 Herramientas utilizadas 22
3.2.2 Metodología 23
3.2.3.1 Metodología de Transectos 23
3.2.3.2 Metodología de Parcelas Circulares 24
3.2.3 Medición de reservas de carbono de los árboles 26
3.2.4 Análisis de datos 28
CAPITULO IV 29
4.1 RESULTADOS 29

4.1.1 Características estructurales del bosque de manglar 29
4.1.1.1 Densidad (ind/ha) 29
4.1.1.2 Área basal (m^2/ha) 30
4.1.1.3 Altura (m) 31
4.1.1.4 Área de copa 35
4.1.1.5 Índice de Valor de Importancia (IVI) 35
4.1.1.4 Regeneración Natural 35
4.1.2 Existencia de carbono aéreo y subterráneo de árboles 36
4.1.3 Comparación de almacenamiento de carbono entre especies 37
DISCUSIÓN 39
CONCLUSIONES 43
RECOMENDACIONES 44
BIBLIOGRAFÍA 45
ANEXOS 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Áreas de manglares a nivel global 7
Figura 2: Modelo del Ciclo del Carbono 13
Figura 3: Mapa de Área de Estudio-Isla Mondragón 18
Figura 4: Medición del DAP según variaciones en la especie 20
Figura 5: Medición del área de copa de los árboles 21
Figura 6: Método de “cuadrante a un punto central” 23
Figura 7: Criterios para contabilización de árboles en parcelas circulares 25
Figura 8: Diseño del área de estudio 26
Figura 9: Densidad de individuos-Transectos 29
Figura 10: Densidad de individuos-Parcelas Circulares 30
Figura 11: Densidad de individuos 30
Figura 12: Área basal de individuos 31
Figura 13: Área basal según clase diamétrica 31
Figura 14: Altura de individuos 32
Figura 15: Perfil de vegetación Transecto 1 40
Figura 16: Perfil de vegetación Transecto 2 33
Figura 17: Perfil de Parcela Circular 1 41
Figura 18: Perfil de Parcela Circular 2 34
Figura 19: Existencia de Carbono de los árboles en cada sitio de estudio 37

Figura 20: Comparación de almacenamiento de carbono por especie 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Marco Legal aplicable 15
Tabla 2: Herramientas empleadas en campo 22
Tabla 3: Tipos Fisonómicos del bosque de manglar 24
Tabla 4: Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa área de los árboles registrados en el área de estudio 26
Tabla 5: Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa subterránea de los árboles registrados en el área de estudio 27
Tabla 6: Cálculo de área de copa de los árboles 35
Tabla 7: Índice de Valor de Importancia (IVI) 35
Tabla 8: Regeneración natural de especies 36
Tabla 9: Carbono aéreo y subterráneo almacenado 36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Herramientas empleadas 51
Anexo 2: Hojas de campo 52
Anexo 4: Medición de parámetros en campo 53
Anexo 5: Observaciones en campo 54
Anexo 6: Análisis estadístico 56

INTRODUCCIÓN

A través de los años muchos científicos se han preguntado cómo es que, en hábitats de manglar, un ambiente poco consolidado y húmedo pueden desarrollase árboles de gran tamaño y con una forma muy peculiar. Esto atrae a curiosidad de muchos botánicos y ecologistas a investigar su estructura y funcionamiento (Komiyama, Ong, & Poungparn, 2008).

Los manglares han adoptado diversas características morfológicas, fisiológicas y reproductivas como presencia de raíces, uso eficiente de agua, nutrientes, hojas de gran dureza y de color verde durante todo el año, entre otros, para poder desarrollarse en suelos saturados de agua salina. Aunque su estructura forestal es simple si lo comparamos con bosques de ecosistemas terrestres, los beneficios que nos brindan son incomparables (Alongi, 2018).

Esta vegetación crece principalmente en áreas litorales en suelos, pobres en oxígeno, lodosos e influenciados por inundaciones de manera periódicas. Poseen una representación menor al 1% del área total de bosques tropicales y subtropicales (Donato et al., 2011).

Adicionalmente, el ecosistema de manglar brinda diversos beneficios ecosistémicos, tales como la captura de sedimentos, el ciclo de nutrientes, la protección costera contra eventos climatológicos. Es el refugio de cuantiosos organismos considerados importantes tanto ecológica como económicamente. El valor económico de los servicios ecosistémicos tiende a ser variable debido a factores biofísicos de las zonas de manglar y por las situaciones socioeconómicas de los beneficiarios (Cifuentes, Rivera, Magaña, Velásquez, & Danilo, 2018)

Por esta razón, el ecosistema de manglar es considerado como uno de los ecosistemas más valiosos del planeta. Debido a su alta productividad, son un recurso tanto ecológico como económico inigualable en el cual diversas especies de invertebrados, algas, reptiles, aves y mamíferos pueden desarrollarse (Valle, Osorno-Arango, & Gil-Agudelo, 2011).

Se conoce que los manglares están ubicados en aproximadamente el 75% de la línea costera mundo, entre las latitudes 25º N y 25º S y están adaptados a sitios que se caracterizan por presentar salinidades fluctuantes, altas temperaturas y substratos anaeróbicos. Debido a esto, el bosque de manglar asume un papel importante en la funcionalidad de los ecosistemas costeros tropicales, además de esto, tiende a ser un exportador neto de materia orgánica (Merecí, 2017).

La capacidad de almacenamiento y secuestro de carbono por parte de los manglares nos proporciona beneficios mundiales y valor económico, debido a que este ecosistema puede mitigar los efectos del cambio climático (Rivera-Monroy, Kristensen, Lee, & Twilley, 2017).

Para tener una mejor comprensión del ciclo del carbono son de gran importancia estudios sobre la estructura y funcionalidad de los bosques tropicales debido a que estas variables están relacionados entre sí, como es el caso de los manglares. Una manera para evidenciarlo es por medio de la estimación de la biomasa de los árboles, debido a que los boques tropicales presentan mayor concentración de biomasa aérea que poseen los árboles terrestres (Vieira et al., 2008).

Aunque estas funciones son consideradas importantes, estas se encuentran poco cuantificadas. Tenemos por ejemplo las investigaciones sobre de la capacidad de almacenamiento de carbono en estos ecosistemas. Esta estimación se conoce que llega a ser tan alta y permite que manglares sean considerados de gran importancia para la mitigación del cambio climático. (Murdiyarso et al., 2010).

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace muchos años atrás, los ecosistemas costeros han sido destruidos constantemente. Las tasas de pérdida estimada son cerca del 0,7% a 2% anualmente. En base a este registro de tasas, se estima que cada año se han perdido entre 340,000 a 980,000 hectáreas de estos hábitats con amenaza a extinguirse. Grandes cantidades de emisiones de carbono son liberadas en la excavación de suelo de manglar a profundidades que llegan hasta un metro, como es el caso de uso para camaroneras (Murray, Pendleton, Jenkins, & Sifleet, 2011).

A pesar de que los ecosistemas de manglar son refugio de una gran variedad de especies, interceptores de nutrientes, contaminantes y material suspendido antes de que estos lleguen a alcanzar aguas profundas, esenciales en la estabilización y protección de las costas, gran sumidero de carbono, son considerados como uno de los ecosistemas más amenazados actualmente debido a su explotación excesiva, por los cual su objetivo de secuestrar carbono se ve afectado significando una liberación significativa de este elemento a la atmósfera (da Motta Portillo, Londe, & Moreira, 2017)

En los últimos 50 años, alrededor de un tercio de los bosques de manglar del mundo disminuyeron, favoreciendo la creación de camaroneras y demás actividades agrícolas (Cifuentes et al., 2018). Según la FAO (2007) desde 1980 se ha perdido aproximadamente entre el 20 y 35% del área de manglar a nivel global debido a la tala de bosque y el cambio de uso de suelo. Además, otros de los principales actores de la reducción del manglar son las poblaciones que habitan dentro de los 100 km de la línea costera los cuales llegan a representar al 37% de la población global.

Los habitantes de las comunidades del Golfo de Guayaquil se dedican en su mayoría a la recolección de cangrejos y en menor proporción a la recolección de peces y otras especies. En los últimos años las autoridades se han preocupado significativamente en que la captura de cangrejo y la pesca se realice de una manera ambientalmente amigable, lo cual ha ocasionado una mayor atención a que se respeten los periodos de vedas, el cumplimiento de metodologías

correctas de captura, así como la prohibición de la tala de mangle para su conservación (Ministerio de Ambiente, 2014).

Los bosques de mangles en Ecuador abarcan aproximadamente 157 094 ha y están ubicados a lo largo de la costa pacífica del país (Cornejo, 2014). Sin embargo, estos sistemas económicos son especialmente vulnerables al cambio climático y al uso de la tierra.

Dada la tala indiscriminada de manglar, se creó un Acuerdo Ministerial en el 2014 suministrando a las organizaciones que han firmado Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de Manglar con el Ministerio del Ambiente, incentivos económicos directos mediante el programa “Socio Manglar”. Esta estrategia nacional permite la protección de al menos 100 000 ha de manglar en un plazo máximo de cuatro años, que además ha promovido a la realización de investigaciones sobre el rol de manglares como mitigadores al cambio climático e implementación de estrategias de conservación. (Altamirano, 2012)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar la cantidad carbono que almacenan los árboles de manglar dentro de la zona de Custodia de Mangares en Puerto Roma, ubicada en el Golfo de Guayaquil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las especies de manglar que contribuyen al almacenamiento de carbono mediante la medición de parámetros alométricos.
- Estimar la biomasa aérea y subterránea de las especies de manglar en la zona de Custodia de Puerto Roma.
- Comparar diferencias de almacenamiento de carbono entre las especies identificadas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad para tratar de disminuir la destrucción de hábitats mediante mecanismos de incentivos económicos permitiendo reducir las emisiones de efecto invernadero. Para esto se han creado un comercio de emisiones y creación de mercados de “carbono” operando desde que se aprobó mediante el Protocolo de Kioto por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, sin embargo, no se ha tomado la completa atención hacia los ecosistemas costeros como ahora con el impulso de los “bonos azules”, los cuales actúan de manera similar a bonos verdes pero enfocados a las costas. (Murray et al., 2011)

Estos ecosistemas se consideran importantes en el almacenamiento de carbono ya que reportan valores entre 800 a 1000 Mg C /ha en regiones de Asia (Donato et al., 2011). De la misma manera, las tasas de almacenamiento de carbono orgánico en suelos de manglar ocurren a través de la acumulación de biomasa de los árboles con tasas de 1,32 y 2,03 Mg C /ha año a nivel global (Breithaupt, Smoak, Smith, Sanders, & Hoare, 2012).

Por ejemplo, los manglares del Pacífico Centroamericano son capaces de almacenar alrededor de 570 Mg C ha^{-1} y los de la costa Caribe almacenan hasta 1000 Mg C ha^{-1}. En muchos casos el carbono en suelos de manglares representa entre el 81% y 94% del carbono total del ecosistema. Esta cualidad hace valiosos a estos ecosistemas sobre todo para la creación de estrategias de mitigación al cambio climático (Bhomia, Kauffman, & McFadden, 2016).

Por lo tanto, realizar la medición del carbono en manglares favorece a un mayor grado de conocimiento y evidencia del potencial de mitigación al cambio climático y de esta forma poder definir estrategias que fortalezcan la protección e incremento de este tipo de ecosistema. La información generada brinda conocimiento científico acerca de la importancia del manglar en la mitigación y adaptación al cambio climático (Wetlands International, 2017).

De esta manera se recalca la importancia de evaluar las existencias de carbono, en donde hoy en día existen muchos métodos y herramientas para estimarlo, sin embargo, en nuestro país no se están realizando los estudios

suficientes, si analizamos el potencial investigativo que se puede aprovechar de nuestro ecosistema.

La realización este estudio forma parte del proyecto de Vinculación con la Comunidad denominado “Generación de Información Geográfica en las comunidades rurales de la provincia del Guayas” a cargo de la Facultad de Ciencias Naturales. La comunidad Puerto Roma tiene por medio de la Asociación de Pescadores Cangrejeros 21 de Mayo un área de manglar bajo la modalidad de Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de Manglar otorgada por el Ministerio del Ambiente.

1.4 HIPÓTESIS

La cuantificación de carbono azul es significativa en los árboles de mangle del noroeste de la Isla Mondragón pertenecientes al Acuerdo de Uso Sustentable Custodia de Manglar de la Asociación de pescadores 21 de Mayo en Puerto Roma.

CAPITULO II

2.1 ANTECEDENTES

Desde hace pocos años temática sobre el carbono azul como reductor de impactos del cambio climático ha estado vigente. A partir del año 2009 comenzó un aumento en los estudios sobre las reservas de carbono en una variedad de hábitats que usualmente no eran tan estudiados, como son los ecosistemas estuarinos y humedales marinos, tales como pastos marinos, marismas y bosques de manglar (Alongi, 2018).

La mayor biodiversidad y cantidad de especies en el bosque de manglar se encuentra ubicado en el continente asiático (Fig. 1). Se conocen más de 50 especies, y se dividen en dos grupos: el Viejo Mundo (Indo-Oeste-Pacífico, IWP), donde se encuentra el mayor porcentaje de área de bosque de manglar y el Nuevo Mundo (Atlántico-Este-Pacifico, AEP), así como los manglares de África Occidental. (Murray et al., 2011; Rivera-Monroy et al., 2017).

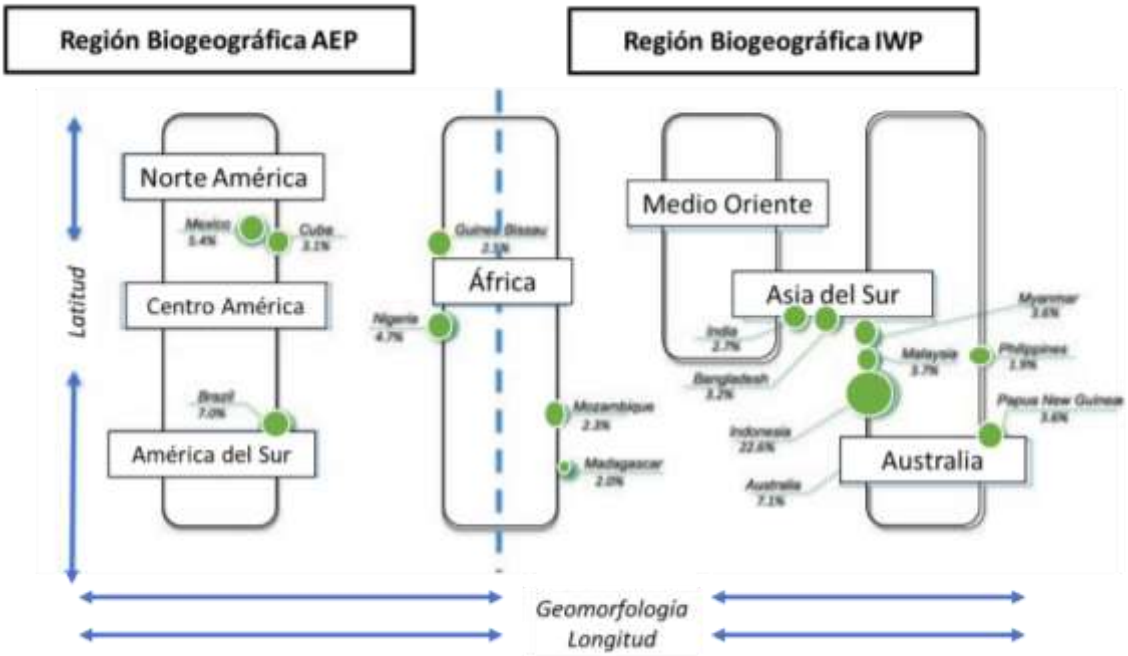


Figura 1: Áreas de manglares a nivel global
Fuente: (Rivera-Monroy et al., 2017)

Por otro lado, muchos años antes ya existían estudios sobre la cuantificación de carbono a nivel de ecosistemas costeros. En los cuales existen

varios métodos como el método directo mediante el cual midiendo variables del bosque de manglar como diámetro a la altura del pecho y altura total. Luego talar y realizar una relación entre peso seco y variables se pueden determinar ecuaciones alométricas como es el caso del estudio de Fromard et al. (1998) realizado en la Guyana Francesa.

En particular en nuestro país, a fines del siglo XVI la madera de mangle era muy utilizada para la construcción de viviendas, quillas y sobrequillas de barcos. Durante el siglo XIX se taló árboles de mangle para proveerse de pilotes que serían utilizados en la cimentación de edificios construidos en áreas fangosas, los mismos que tenían alturas de 20 a 40 metros con diámetro de más 40 DAP para proveer de maderas para los artes de pesca; para obtención de leña y carbón vegetal (Bodero, 2005).

La industria camaronera inicia a fines de los años sesenta, cuando empieza la explotación de las pampas salinas o salitrales para la implementación de piscinas camaroneras y luego se amplía a las zonas del bosque de manglar y al final se posesionan en tierras altas, en los ochenta había crecido en un 600%, posicionando al Ecuador entre los primeros exportadores del mundo del camarón blanco (Machado, 2013).

Una de las iniciativas que ha tenido éxito para la conservación del Manglar y aprovechamiento sustentable de los recursos asociados a él. Sin embargo, el otorgamiento de Derechos de Uso a los usuarios ancestrales, con la expedición del Decreto Ejecutivo N° 1102 de 1999; que estableció la posibilidad que comunidades ancestrales y usuarios ancestrales del manglar puedan solicitar el manejo del bosque de manglar en uso sustentable y custodia del mismo.

En enero de 2000 el Ministerio del Ambiente mediante el Acuerdo Ministerial No 172, estableciendo el instructivo para el otorgamiento de los Acuerdos de Uso Sustentable del Manglar, a favor de comunidades y usuarios ancestrales (Altamirano, 2012).

La Corporación Coordinadora Nacional para la Defensa del Ecosistema Manglar del Ecuador (C-CONDEM) quién vela por la recuperación, conservación y defensa del ecosistema manglar, expreso en una carta dirigida a la presidenta

de WWF del 15 de Junio del 2001, y dice ¨El ecosistema manglar, en el Ecuador está declarado como un Bien Nacional de Uso Público y como Patrimonio Forestal del Estado; a pesar de ser un ecosistema protegido y altamente frágil, actualmente está destruido en más del 70%, denuncias por tala del manglar, por contaminación de aguas, por taponamiento de esteros, aparte de violación a los derechos humanos por parte de la industria camaronera (Bodero, 2005).

En agosto de 2010 el Ministerio del Ambiente con el fin de actualizar los procedimientos de aprobación y concesión de los Acuerdo de Uso y Custodia de Manglar a favor de comunidades ancestrales y usuarios tradicionales, expide el Acuerdo Ministerial 129, el mismo que es reformado un año después mediante Acuerdo Ministerial 144. Una de estas solicitudes, desde 2008 la viene gestionando la Asociación de Cangrejeros y pescadores Artesanales 21 de Mayo Puerto Roma, de la comunidad Puerto Roma, para que se les otorgue el bosque de manglar ubicado en el sector noroeste de la isla Mondragón. En Marzo de 2012 se presentó el Plan de Manejo para el Uso Sustentable y Custodia de 1374,33 hectáreas de Bosque de Manglar del sector Noroeste de la Isla Mondragón, Golfo de Guayaquil (Altamirano, 2012).

Bajo este acuerdo se realizar un Proyecto de Vinculación a la Sociedad con la Asociación 21 de Mayo del 2019 para ejecutar las actividades planificadas dentro del Plan de Manejo que ellos tienen dentro de la Concesión de; Manglares, se lo ejecuta mediante un convenio entre la Asociación y la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Mediante Acuerdo Ministerial No. 198 del 9 de julio de 2014, el Ministerio del Ambiente del Ecuador creo “Socio Manglar “ un nuevo capítulo del Programa Socio Bosque, diseñado fundamentalmente para proporcionar incentivos económicos directos a las comunidades costeras para la conservación de manglares (MAE, 2014).

En nuestro país del mismo modo se han realizado estudios sobre carbono azul. Merecí, (2017) realizó una cuantificación de carbono azul en el Golfo de Guayaquil en la cual evaluó el bosque de manglar encontrados en diferentes estratos, un bosque de manglar muy desarrollado, uno intermedio y otro influenciado por las camaroneras, así como evaluó la variación del

almacenamiento de carbono de acuerdo con los distintos usos de suelo a través de los años.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Carbono Azul

El término “Carbono Azul” se puede definir como la capacidad de los ecosistemas oceánicos de secuestrar y almacenar carbono costero. Este término fue denominado por primera vez de esta manera en noviembre del año 2009 en el informe llamando “Carbono Azul: El Papel de los Océanos Saludables en la Fijación de Carbono” en colaboración especial con organismos como PNUMA, la FAO y la UNESCO. Su objetivo fue de resaltar la importancia de los océanos y sus ecosistemas asociados para regular el clima del planeta, así como hacer un hacer hincapié a los responsables políticos sobre las acciones pertinentes sobre la adaptación y mitigación al cambio climático (Alongi, 2018).

De manera específica, se refiere al carbono que se almacena, secuestra o libera en la biomasa o sedimentos de los ecosistemas costeros. Estos incluyen los ecosistemas de manglares, marismas y pastos marinos. Las marismas están ubicadas en la zona intermareal superior inundadas de forma regular por las mareas, predomina la vegetación resistente a la sal, tales como hierbas, arbustos bajos o pastos marinos. Estos hábitats tienen la capacidad de secuestrar de dos a cuatro veces más carbono que los bosques terrestres (Howard, Hoyt, Isensee, Pidgeon, & Telszewski, 2014; Murray et al., 2011).

Al igual que el carbono acumulado en ambientes terrestres, el carbono azul queda almacenado en la biomasa vegetal viva por duraciones cortas como años hasta décadas. Sin embargo, los suelos costeros tienen la capacidad de secuestrar el carbono de forma considerable y permanecer almacenado por periodos muy largos, desde siglos a miles de años, a diferencia con los ecosistemas terrestres. Esto es debido a que en los sistemas terrestres los suelos poseen una alta disponibilidad de oxígeno permitiendo la oxidación aeróbica microbiana del carbono, liberándolo de vuelta a la atmósfera. Por otro lado, los suelos de ecosistemas costeros se encuentran saturados con agua, de esta forma mantienen un estado anaeróbico y aumenta continuamente de forma

vertical a gran velocidad, dando lugar a un secuestro continuo de carbono a través del tiempo (Howard et al., 2014).

2.2.2 Cambio climático

Una de las principales razones por las cuales existe un cambio climático en nuestro planeta, es debido al aumento de la cantidad de gases de efecto invernadero y liberación de partículas en la atmósfera. Su origen proviene de la quema excesiva de combustibles fósiles, los cuales liberan dióxido de carbono y otros gases (“carbono marrón”), así como material particulado (“carbono negro”). Otras emisiones provienen de la industria agrícola principalmente el ganado, incendios forestales y tala de vegetación natural. Si bien los ecosistemas naturales fijan el carbono mediante el proceso de fotosíntesis y lo almacenan (carbono verde), esta capacidad se considera reducida si se la compara con las emisiones actuales de gases de efecto invernadero (Nellemann et al., 2009).

2.2.3 Ecosistema de Manglar

Los manglares son hábitats de transición entre ecosistemas terrestres y marinos. Influyen principalmente en los gradientes latitudinales, en la salinidad, provisión de nutrientes y el régimen de las mareas, estos son muy comunes en regiones tropicales y subtropicales. Su contribución es importante en los ciclos de nutrientes y ciclo de metales, así como en gran parte de la producción primaria al ser criadero de peces, invertebrados y demás especies (da Motta Portillo et al., 2017).

Los árboles de mangle se desarrollan en la en las orillas de estuarios y en la zona intermareal de ambientes costeros marinos donde crecen por encima del nivel medio del mar. El crecimiento de estos árboles, al igual de palmeras, arbustos, o helechos se encuentra vinculada a las mareas dentro del hábitat (Howard et al., 2014; Murray et al., 2011).

Otro de las variables que contribuyen al desarrollo de la vegetación es la alta salinidad que presenta el ecosistema. En la cual existen especies que poseen una adaptabilidad menor en comparación con otros como el mangle

negro (*Avicennia germinans*) y el mangle jeli (*Conocarpus erectus*) (Cornejo, 2014).

En el Ecuador los manglares se extienden en el Golfo de Guayaquil, así como en la provincia de Esmeraldas y en poca cantidad en Manabí. Estos están clasificados de manera fisiográfica por tres tipos según Cornejo (2014), los cuales se describen a continuación:

1. Manglar de borde: Ubicado en franjas de las costas, influenciado por inundaciones diarias. En ocasiones son afectados por los grandes vientos que ocasionas rotura y acumulación de escombros. Vegetación dominada por *Rhizophora sp*. cuya mayor extensión se encuentra en la provincia del Guayas.

2. Manglar ribereño: Bosques altos encontrados a lo largo de desembocaduras de ríos y arroyos, el cual está influenciado en las velocidades bajas de flujo y dominado por *Rhizophora sp.* con asociaciones de *Avicennia germains* y *Laguncularia racemosa*. Se ubican principalmente en el Golfo de Guayaquil.

3. Manglar de cuenca: Situado cerca de salitrales, hacia la parte última del manglar, donde alcanzan a llegar sólo las mareas máximas. Se presentan sobre todo las especies *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. Encontrados especialmente en la provincia de Esmeraldas.

2.2.4 Ciclo del Carbono en Ecosistemas

Los manglares son considerados lugares importantes para el depósito de carbono (~10%) y la exportación de carbono (~40%) a aguas costeras adyacentes, significando una contribución importante en al biogeoquímica de carbono en la zona costera. La Figura 2 a continuación, muestra un modelo simple del ciclo del carbono para los ecosistemas oceánicos, los ecosistemas costeros dominados en los trópicos y subtrópicos por los manglares. Esta imagen resalta la importancia de la productividad neta del ecosistema de los manglares para intercambiar la atmosfera, y a su vez también realiza intercambios a través de límites con los ecosistemas terrestres y oceánicos. En la cual F es fotosíntesis (productividad bruta), R respiración, I intercambio y E entierro (Rivera-Monroy et al., 2017).

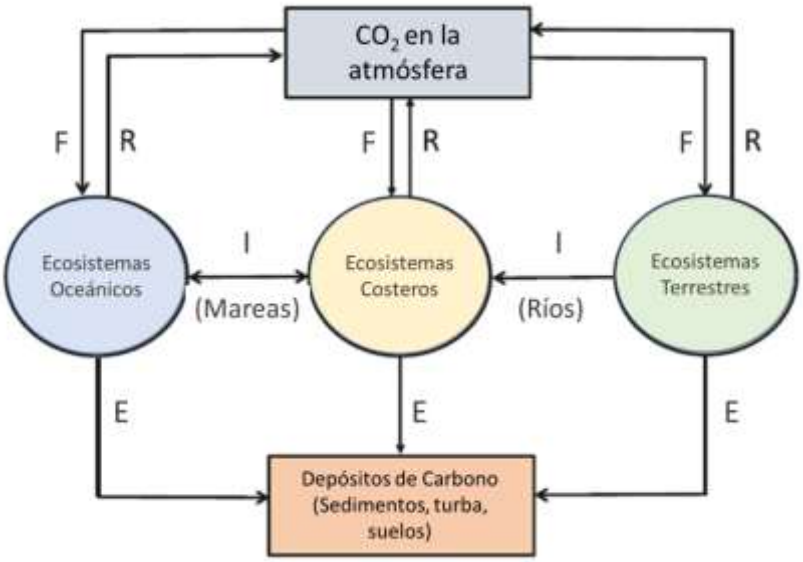


Figura 2: Modelo del Ciclo del Carbono

Fuente: (Rivera-Monroy et al., 2017)

2.2.5 Almacenamiento de carbono en ecosistemas costeros

Los ecosistemas costeros por medio de la fotosíntesis eliminan el dióxido de carbono de la atmosfera, luego a través de la respiración y oxidación devuelven un poco de esta a la atmosfera para almacenar el carbono restante en dos reservas: biomasa viva (incluye la vegetación superficial y subterránea) y carbono orgánico del suelo. La cantidad de carbono agregada a los depósitos de biomasa y carbono del suelo anual son cuantificados mediante las tasas de secuestro de carbono. Debido a que estos hábitats poseen una vegetación madura mantenido una biomasa estable, de esta manera todo el carbono secuestrado termina depositado en las reservas de carbono del suelo (Murray et al., 2011).

2.2.6 Concesión de manglares

Las concesiones de manglares en Ecuador se encuentran ubicadas a lo largo del perfil costero, ejecutadas a través del Acuerdo de Uso Sustentable y de Custodia de Manglar, su objetivo es utilizar de forma sustentable los recursos que brindan las zonas de manglar. Existen servicios ecosistemas concesionados como peces, crustáceos y moluscos, por medio de la cual se les otorga a las

comunidades ancestrales el derecho de estos, para su posterior comercialización. Las áreas de concesión incluyen única y exclusivamente las zonas de manglar ubicadas de las coordenadas determinadas en los acuerdos, y excluyen esteros, bosques, matorrales, piscinas camaroneras y poblaciones. Existen requisitos que debe cumplir una comunidad para acceder a una concesión, los cuales se encuentran establecidos en los acuerdos ministeriales 129 y 144 (Altamirano, 2012).

2.2.7 Servicios ecosistémicos

Los servicios que pueden llegar a proporcionar son de gran importancia debido a que son soportes fundamentales del ciclo de vida de la enorme biodiversidad que habitan en los ecosistemas marino costero. Se le atribuye principalmente al gran aporte de la materia orgánica que ejercen los manglares, manteniendo así a especies de importancia comercial, además entre los usos del mangle que no son tangibles al ser humano se ha reportado el aprovechamiento en forma de leña, madera y carbón, así como actividades de recreación y captura de carbono (Hernández, Molina, & Agraz, 2017).

2.2.8 Ecuaciones alométricas

Las ecuaciones alométricas son el resultado de un análisis de regresión evaluando las relaciones entre la masa (por lo general en peso seco) de los árboles acompañado de sus datos dimensionales (altura, diámetro). Se hace uso de variables tales como el DAP (diámetro a la altura del pecho) y la altura total, otras ecuaciones emplean variables independientes como la altura comercial, densidad de la madera, volumen, entre otras (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009).

La mayor parte de las ecuaciones alométricas hacen uso del diámetro a la altura del pecho de los árboles como variable independiente exclusiva por la cual es posible determinar una relación entre las variables que permiten ser medibles en campo, como es el caso del diámetro a la altura del pecho, la altura o la especie y los componentes de la biomasa del árbol (Kauffman, Donato, & Adame, 2013).

El principio de la estimación de la biomasa mediante relaciones alométricas es que parte de la tasa de crecimiento de los organismos es proporcional a otro atributo como el caso del diámetro a la altura del pecho de cada árbol el cual podría estar relacionado con su peso, por lo tanto, si la variación de los diámetros de los individuos es calculada, es mediante una ecuación de regresión que la biomasa de cada uno de los individuos puede ser estimada (Komiyama et al., 2008).

Por otro lado, la inclusión de la altura de los individuos como un segundo parámetro permite optimizar la precisión de la determinación de la biomasa de los árboles, cuya acumulación está influenciada por las condiciones propias del sitio donde se encuentra. De este modo, las ecuaciones alométricas logran suministrar una estimación más apropiada de la relación de la biomasa con las condiciones del medio si esta se formula para cada especie en particular (Gómez-Díaz, Etchevers-Barra, Monterrosos-Rivas, Campo-Alvez, & Tinoco-Rueda, 2011).

2.3 MARCO LEGAL

El marco legal aplicable utilizado para el desarrollo de esta investigación se describe en la Tabla 1:

Tabla 1: Marco Legal aplicable

No.		
1	**Constitución de la República del Ecuador; Registro Oficial No. 449: 20-0ct-2008, Ultima modificación: 13-jul-2011**	Título II: Derechos, del Capítulo Cuarto: Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades y Capítulo Séptimo Derechos de la naturaleza Título V: Organización Territorial del Estado, del Capítulo Cuarto: Régimen de Competencias Título VII: Régimen del Buen Vivir, del Capítulo Segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, de la Sección Tercera: Patrimonio Natural y Ecosistemas.

2	**Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria; Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Edición Especial 2: 31-mar.-2003, Ultima Modificación: 29-mar.-2017**	Libro V de la Gestión de los Recursos Costeros
3	**Decreto Supremo No. 2939-B; Registro Oficial No. 696: 23-Oct-1978**	Prohíbe cualquier tipo de uso destructivo del manglar
4	**Acuerdo Ministerial No. 238; Registro Oficial No. 722: 6-Jul-1987**	Reforma el Acuerdo Ministerial No. 498 del 24 de Diciembre de 1986, que declara bosques protectores de manglar en la Provincia de Esmeraldas, Manabí, Guayas y el Oro.
5	**Acuerdo Ministerial No. 172; Registro Oficial No. 365: 20-Ene-2000**	Establece un instructivo para el otorgamiento de los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de manglar para las comunidades y usuarios ancestrales.
6	**Acuerdo Ministerial No. 144: 9-Ago-2011**	Reforma el Acuerdo Ministerial No. 129 del 11 de agosto 2010, mediante el cual expidió procedimiento para la aprobación y concesión de los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de Manglar a favor de comunidades ancestrales y usuarios tradicionales.
7	**Acuerdo Ministerial No. 198: 9-Jul-2014**	Expide el manual operativo para el incentivo a la conservación y uso sustentable del manglar, socio manglar.
8	**Código Orgánico Ambiental; Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017**	Libro Segundo del Patrimonio Natural, Título I: De la conservación de la Biodiversidad. Título II: Del Sistema Nacional de áreas protegidas. Titulo VI Régimen Forestal Nacional Libro Tercero, De la calidad Ambiental, Título III: Control y Seguimiento Ambiental. Libro Cuarto: Del Cambio Climático Libro Sexto: De los Incentivos Ambientales

Fuente: De Segovia, 2019

CAPÍTULO III

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio fue realizado en bosque de manglar perteneciente a la Isla Mondragón en el Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas. Aproximadamente el 95 % de sus socios integrante se dedican exclusivamente a la captura de cangrejo rojo en la zona de manglar (Rosero, 2014).

El área de manglar de concesión se encuentra ubicada en el sector Noroeste de la isla Mondragón en la parte central del Golfo de Guayaquil, que pertenece a la Parroquia Puna del Cantón Guayaquil. El área al norte y oeste limita con el Río Guayas; al este con el canal de Naranjal y las piscinas camaroneras; al sur con el área de Manglar entregada en concesión a la comunidad de Puerto la Cruz. (Altamirano, 2012)

La cobertura vegetal del área de estudio se encuentra conformada mayoritariamente por bosque de manglar, salinas y remanentes de bosque seco con vegetación tipo matorral seco. El clima de la isla Mondragón se encuentra dominado por dos épocas bien marcadas. La lluviosa que inicia en el mes enero y se extiende hasta mediados de mayo; y la seca que inicia en la segunda quincena del mes de mayo y termina en diciembre. La temperatura media anual fluctúa entre 23 a 26 °C y la precipitación promedia varia anualmente entre 500 y 1000 milímetros. (Altamirano, 2012)

Mediante el uso de la herramienta de *Google Earth* se visualizó de manera preliminar la Isla Mondragón previo a la salida de campo para situar de la mejor manera el área a estudiar. De la misma forma la zona fue elegida para beneficio de la realización de diversos estudios a futuro, debido a que en el sitio la recolección de cangrejos es reducida a causa de que se encuentra ubicada cerca de una camaronera, en la cual el ingreso es limitado, a diferencia de las demás zonas de la isla donde existe un libre acceso para las actividades diarias de los cangrejeros.

Posteriormente, por medio del uso de sistemas de información geográfica (ArcGIS 10.3) con ayuda de imágenes satelitales disponibles en línea (*Bing Maps*) se realizó la delimitación de los del área de estudio a evaluar (Fig. 3).

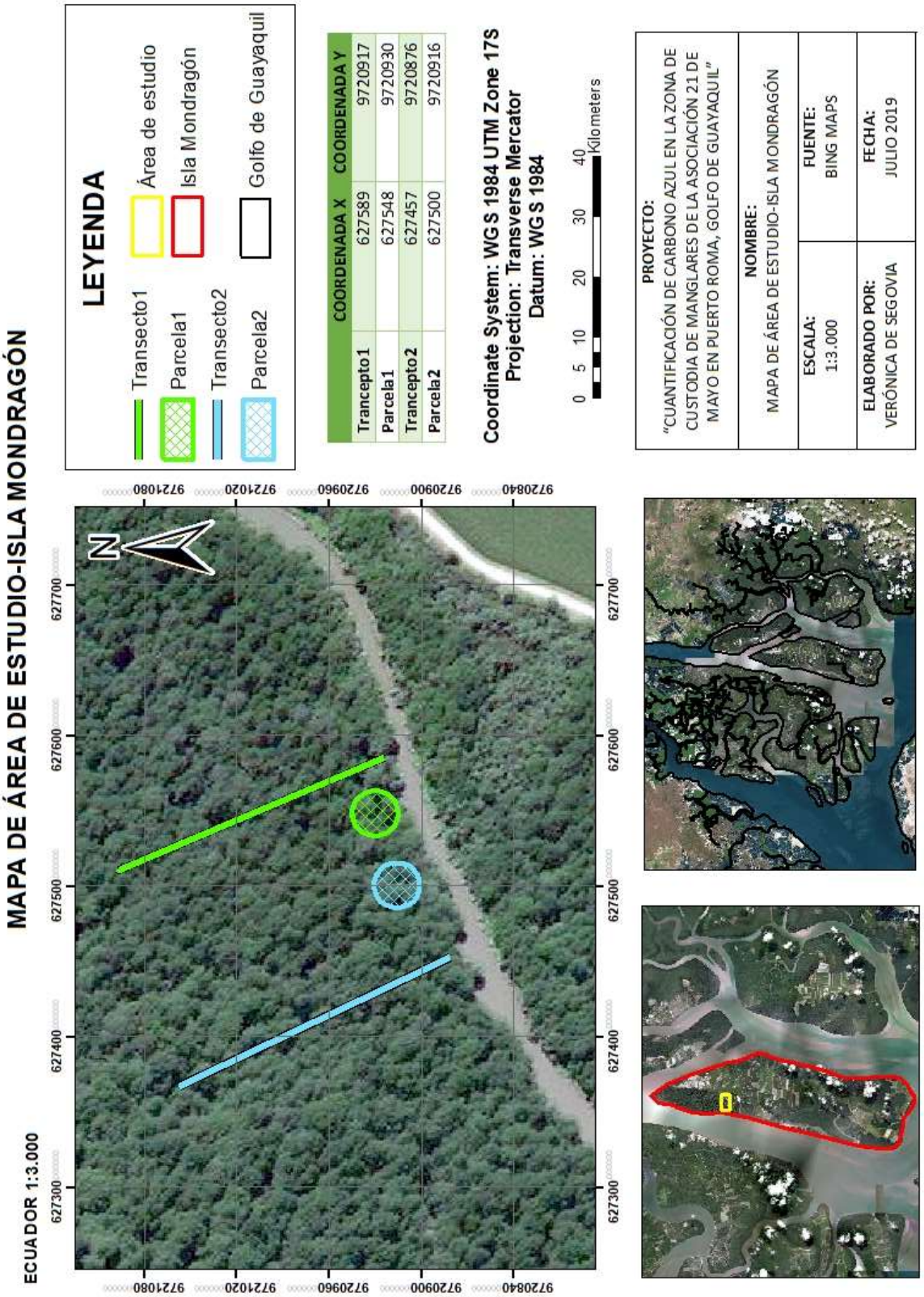


Figura 3: Mapa de Área de Estudio-Isla Mondragón

Fuente: De Segovia (2019)

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Caracterización de especies mediante medición de parámetros alométricos

Para la realización de esta investigación fue necesario medir diversos parámetros alométricos los cuales resultaron en la evaluación de la estructura del bosque de manglar, así como en la estimación de la biomasa aérea de la zona, estos son los siguientes:

3.2.1.1 Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro a la altura del pecho o principalmente conocido como DAP, es una variable básica cuyo propósito es estimar el área basal de cada especie, de igual manera la dominancia en las comunidades. También puede ser usado para calcular tasas de crecimiento de diversos individuos, así como calcular el almacenamiento de carbono. Existen diversas formas para realizar esta medición, el uso de la cinta diamétrica es la más adecuada, debido que esta proporciona el valor real del DAP. Sin embargo, se lo puede realizar mediante el uso de una cinta métrica común, en la cual luego de obtener los valores medidos en campo se realiza la conversión a diámetro mediante la división del valor obtenido con la cinta métrica para $\pi = 3.1416$ (Rodríguez-Zúñiga et al., 2018).

Por lo tanto, luego de delimitar el área de estudio, se procedió a medir el DAP de los individuos mediante una cinta métrica. En la cual se realizó la medición de la circunferencia de los árboles a una altura referencial de 1,30 metros desde el nivel del suelo hacia arriba.

Es importante considerar la correcta colocación de las herramientas de medición, especialmente cuando es realizado en bosque de manglares debido a diferencias en la forma del tronco (Fig. 4). Esto es muy común en las especies de mangle rojo, cuando se presentó tal caso, se realizó la medición del DAP a 30 cm por encima de la última raíz aérea. Cuando se observó una bifurcación en el árbol debajo de los 1,30 m se midieron todos los troncos que presentaba el árbol y se obtuvo el promedio. En caso contrario, si la bifurcación se encontraba por encima de la altura del pecho, este se medía como un solo tronco. Por último

en caso de presencia de árboles torcidos estos fueron medidos con la cinta métrica perpendicularmente a la inclinación (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1986).

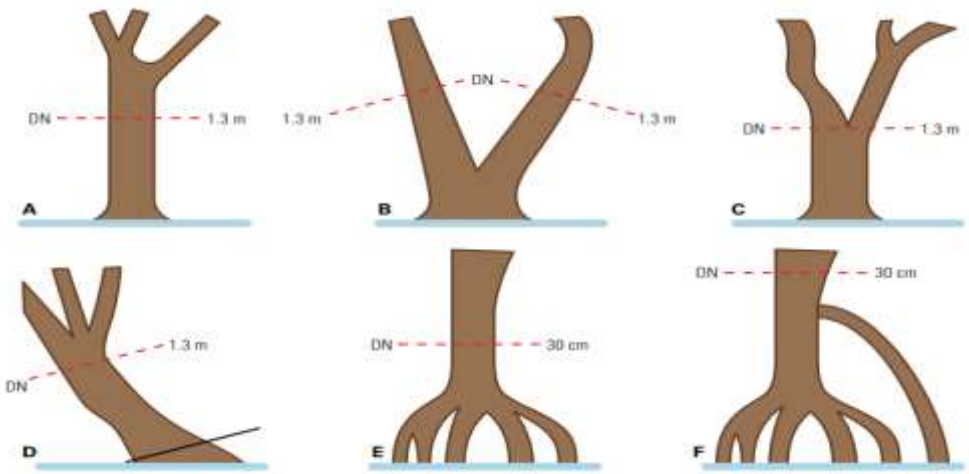


Figura 4: Medición del DAP según variaciones en la especie
Fuente: (Rodríguez-Zúñiga et al., 2018)

3.2.1.2 Medición de la altura total de los árboles

La altura total es considerada un parámetro básico principalmente utilizada en la medición de varios índices ecológicos, para estimación de la biomasa y caracterización de la estructura (Komiyama, Poungparn, & Kato, 2015).

La obtención de la altura total de los individuos consistió en la medición en línea recta que va desde el suelo hasta la finalización de la copa del árbol mediante el uso de un clinómetro de marca Häglof, la cual fue realizada por una sola persona para disminuir el error de lectura. La importancia de esta variable radica en que es un indicador de la productividad del ambiente (Rodríguez-Zúñiga et al., 2018).

3.2.1.3 Medición y cálculo del área de copa

La estimación del área de copa es otra variable que se utiliza para caracterizar la estructura del manglar. Las modificaciones en la copa de los árboles son indicadores de efectos a largo plazo del cambio climático. La

cobertura de la copa además se la puede usar para la interpretación de imágenes satelitales o monitorear las condiciones del bosque (Kauffman et al., 2013).

Existen diversos métodos para efectuar la medición del área de la copa, en este estudio se estimaron los dos diámetros mayores del árbol de manera perpendicular considerándolos como el eje mayor (W1) y eje menor (W2) (Fig. 5). Se utilizó una brújula para realizar una orientación N-S y luego de E-O de forma correcta, luego se realizó la medición lo más cercana al tronco posible (Rodríguez-Zúñiga et al., 2018).

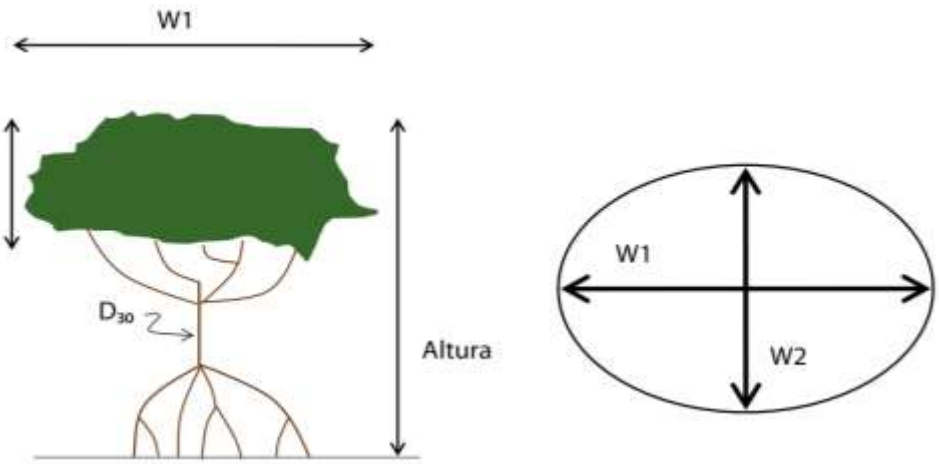


Figura 5: Medición del área de copa de los árboles

Fuente: (Kauffman et al., 2013)

Por lo tanto, mediante las mediciones realizadas en campo de la longitud y ancho de la copa, primero se debe calcular el diámetro de copa de cada individuo por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde:

DC = diámetro de copa

W1 = longitud máxima (m)

W2 = ancho de la copa (m), perpendicular a W1

La estimación del área de copa se representa en metros cuadrados (m^2), esta es la medición de la proyección vertical de la copa de cada árbol sobre el suelo. Se calcula a partir del diámetro de la copa mediante la siguiente ecuación:

$$AC = \frac{\pi (DC)^2}{4}$$

Donde:

AC = área de copa (m^2)

π = 3.1416

DC = diámetro de copa (m)

3.2.1.4 Herramientas utilizadas

Para realizar un correcto levantamiento de información en campo, fue necesaria la utilización de diversas herramientas (Anexo 1), mediante las cuales permitan que los resultados obtenidos sean veraces y confiables. A continuación, en la Tabla 2 se detallan las herramientas que fueron de utilidad para realizar la toma de datos en el campo:

Tabla 2: Herramientas empleadas en campo

Herramienta	Descripción
GPS (Garmin)	Herramienta de posicionamiento global que permite la determinación de la posición del área de estudio.
Cinta métrica	Permite la medición de la circunferencia de los árboles, así como delimitación de las parcelas y transectos.
Clinómetro (Häglof)	Herramienta que permite realizar la medición de la altura de los árboles desde su base hasta la copa del mismo.
Cintas reflectivas	Instrumento que permite la visualización de los límites del área de estudio, mediante su colocación en estacas.
Brújula	Instrumento para determinar el rumbo, la cual permite la medición del diámetro de copa en dirección N-S y E-O

Fuente: De Segovia (2019)

Para realizar la toma de datos se emplearon las respectivas hojas de campo (Anexo 2) las cuales son instrumentos que permite la recopilación detallada del levantamiento de la información y datos obtenidos de las mediciones realizadas en el área.

3.2.2 Metodología

Para realizar la determinación de reservas de carbono de los árboles se realizaron dos tipos de muestreo con una réplica de cada uno para obtener resultados confiables usando la metodologías que habitualmente son usadas en investigaciones forestales y para medir carbono en manglares, esto se realizó basándose en los métodos empleados por los autores Kauffman & Cole (2010) y Donato et al. (2011). El diseño de muestreo de este estudio corresponde a un muestreo probabilístico de tipo aleatorio debido su selección fue realizada de forma al azar, recomendada para estudios a escala regional o local.

3.2.3.1 Metodología de Transectos

La metodología para establecer los transectos en el área de estudio se basó en el método de “cuadrante a un punto central” realizado por Cottam y Curtis (1956), adaptado para su uso en manglares por Cintrón y Schaeffer-Novelli (1986). Este consiste en la ubicación de dos transectos de 20 puntos en total. (Fig. 6) En cada uno de estos puntos situados a una distancia de 10 metros, fueron colocadas estacas fijadas al suelo.

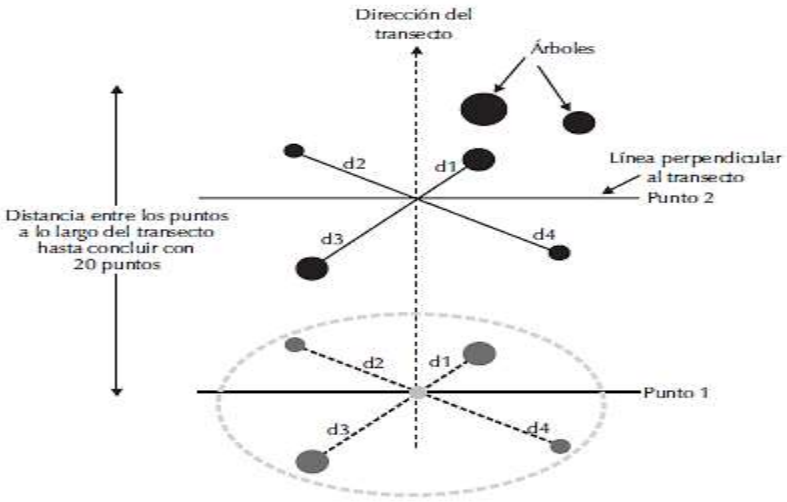


Figura 6: Método de “cuadrante a un punto central”

Fuente: (Agraz-Hernández et al., 2006)

De esta manera la estaca define cuatro cuadrantes al infinito y en cada uno de estos se midió la distancia en metros del árbol más próximo al punto, el diámetro a la altura del pecho en centímetros de los individuos con diámetro mayor a 2,5 cm. Se midió la altura y se identificó la especie. Cabe recalcar que para el posicionamiento de los puntos fuera óptimo tuvo la condición de que el árbol anteriormente medido sea diferente al del siguiente punto de acuerdo a lo descrito por Agraz-Hernández, Noriega-Trejo, López-Portillo, & Flores-Verdugo, (2006). Además, cada 30 metros se midió aleatoriamente el diámetro de copa de un individuo dentro del cuadrante.

Luego, por medio del análisis de diversos parámetros de la estructura forestal de bosque de manglar, fue posible establecer la distribución de las especies existentes, así como determinar los tipos fisonómicos, los cuales se definen mediante la siguiente Tabla 3:

Tabla 3: Tipos Fisonómicos del bosque de manglar

TIPO DE BOSQUE			
Característica	**Ribereño**	**Borde**	**Cuenca**
Densidad (rodal/ha)	1730 ± 350	5930 ± 3005	3580 ± 394
Área Basal m^2 /ha	41.5 ± 8.8	17.9 ± 2.9	18.5 ± 1.6
Especie (No./0.1 ha)	3 ± 0.4	2.0 ± 0.3	2.3 ± 0.2
Altura (m)	17.7 ± 3.7	8.2 ± 1.1	9.0 ± 0.7
Producción de hojarasca (gm^2 $año^{-1}$)	1170 ± 170	906 ± 89	730 ± 30

Fuente: (Agraz-Hernández et al., 2006)

3.2.3.2 Metodología de Parcelas Circulares

Esta metodología consistió en ubicar dos parcelas circulares de 15 metros de radio, correspondiente a un área de: 706,9 m^2, estas se situaron paralelas a la costa. Se marcaron los extremos de la circunferencia a 0, 90, 180 y 270° por medio de estacas, los cuales permitieron delimitar la parcela para la recolección de datos. El establecimiento adecuado de cada parcela es de gran importancia para definir correctamente cuáles son los árboles que están dentro de la zona a estudiar (Fig. 7). Para que un individuo sea contabilizado dentro de la parcela,

este debe de tener más del 50% de su tronco principal dentro de la circunferencia delimitada de acuerdo con los autores Kauffman et al. (2013) y Rodríguez-Zúñiga et al. (2018).

Figura 7: Criterios para contabilización de árboles en parcelas circulares

Fuente: (Rodríguez-Zúñiga et al., 2018)

De esta forma, en cada parcela delimitada se midió el diámetro a la altura del pecho, altura, y diámetro de copa de algunos individuos al azar. Se identificó la especie y estado del árbol (vivo o muerto) de todos los individuos encontrados en el área con DAP mayor o igual a 5 cm. Conjuntamente, se realizaron subparcelas de 2 metros de radio en la cual se realizó la contabilización de plántulas, a las cuales se tomó información de su altura, especie y su estado. Esto nos indica el estado de regeneración natural que posee el bosque de manglar (Kauffman & Donato, 2012).

Las parcelas circulares se realizaron a 10 metros de la orilla y a una distancia de 20 metros entre cada transecto (Fig. 8) Por medio de este diseño, fue posible realizar la estimación de la composición y estructura del bosque de manglar, así como medición de reservas de carbono, además de que son fáciles de establecer y medir (Kauffman et al., 2013).

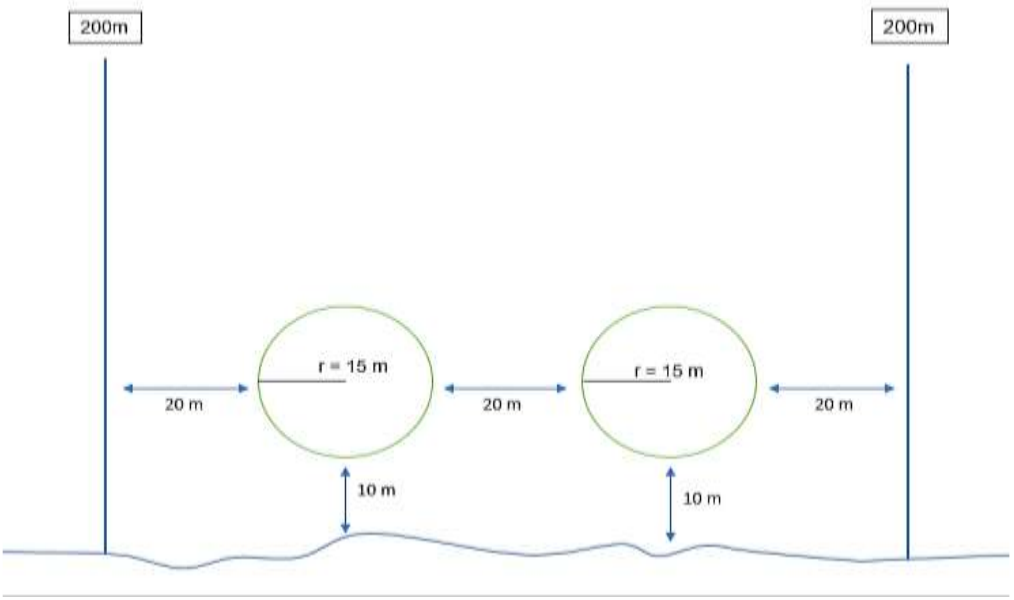


Figura 8: Diseño del área de estudio

Fuente: De Segovia (2019)

3.2.3 Medición de reservas de carbono de los árboles

Para realizar la elección de las ecuaciones alométricas adecuadas estas deben cumplir determinados criterios. Es fundamental identificar la especie de mangle a estudiar debido a que existen ecuaciones específicas para cada una de ellas (Tabla 4). Además, es recomendable que estas tengan una similitud geográfica y de clima al sitio donde va a realizarse la investigación (Howard et al., 2014).

Tabla 4*:* Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa área de los árboles registrados en el área de estudio

ESPECIE	BIOMASA AÉREA	n	r^2
Rhizophora sp.	$B = 0{,}1282*(DAP)^{2{,}6}$	9	0,92
Avicennia germains	$B = 0{,}14*(DAP)^{2{,}4}$	25	0,97
Laguncularia racemosa	$B = 0{,}1033*(DAP)^{2{,}5}$	70	0,97

Biomasa en kg, DAP: diámetro a la altura del pecho, n: número de individuos utilizados para armar la ecuación, r2: coeficiente de determinación entre biomasa y DAP.

Fuente: (Fromard et al., 1998)

De esta manera se usaron las ecuaciones alométricas de Fromard et al. (1998) realizada en la Guyana Francesa para las especies de manglar identificadas en campo, las cuales consideran como variable de cálculo al DAP de los individuos. Luego, la estimación de carbono realizada a los arboles vivos fue efectuada mediante la multiplicación de la biomasa por 0,47 (IPCC, 2003).

Por otro lado, a los árboles muertos en pie se les fue designado un grado de descomposición, las cuales mediante se determinaron visualmente en base a la metodología de Kauffman et al. (2013). El propósito del grado de la descomposición es aplicar un factor de corrección al momento de realizar el cálculo de la biomasa. En este caso los árboles en estado 1 preservan la mayor parte de ramas primarias y secundarias, por lo tanto, se multiplico por 0,98 de la biomasa obtenida. En el caso del estado 2 estas preservan mayormente sus ramas primarias pero pocas secundarias, en este caso se multiplicó por 0,8. Los individuos en estado 3 conservan solo el tronco, pocas o ninguna rama, esta se multiplico por 0,5.

Se calculó la biomasa de las raíces, mediante la ecuación especifica de Komiyama et al. (2008) en la cual es posible acudir a la base de datos mundial sobre la densidad de la madera realiza por Zanne et al. (2009). Para lo cual a la especie de *Rhizophora sp.* (mangle rojo) se utilizó la densidad de 0,89 g/cm^3, para *Avicennia germains* (mangle negro) se utilizó 0,67 g/cm^3 y para *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) se usó el valor de 0,620 g/cm^3 (Tabla 5). Estos datos fueron obtenidos de estudios en zonas tropicales de Sudamérica. Posteriormente, se le multiplico el valor de conversión a carbono, el cual fue de 0,39 (Kauffman et al., 2013).

Tabla 5: Ecuaciones alométricas para determinar la biomasa subterránea de los árboles registrados en el área de estudio

ESPECIE	BIOMASA SUBTERRÁNEA	ρ
Rhizophora sp.		0,89 g/cm^3
Avicennia germains	$B = 0{,}199*(\rho^{0{,}899})*(DAP)^{2{,}22}$	0,67 g/cm^3
Laguncularia racemosa		0,620 g/cm^3

Biomasa en kg, ρ: densidad de la madera.

Fuente: (Komiyama et al., 2008)

Luego de obtener los datos de almacenamiento de carbono de los árboles, se realizó una comparación de valores de cada especie donde se buscó a la especie de mangle que tiene la capacidad de almacenar mayores cantidades de carbono.

3.2.4 Análisis de datos

Para efectuar la caracterización de la estructura del bosque de manglar se siguió de método de Louman, Quiros, y Nilsson (2001), en el cual se calculó el área basal y número de individuos de acuerdo a su distribución diamétrica, así como se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), mediante la suma de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia. Este índice permitirá realizar una comparación del peso ecológico de cada especie identificada dentro del bosque (Curtis & McIntosh, 1951).

Una vez realizada la estimación de carbono de los árboles se empleó la herramienta estadística Minitab 19 en el cual fueron procesados los datos. La normalidad de los datos fue verificada mediante la prueba de Anderson-Darling. Por medio de la prueba ANOVA de una vía ($p<0,05$), además de pruebas de Tukey y Fisher se efectuó la comparación almacenamiento de carbono entre las especies de mangle encontradas.

CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Características estructurales del bosque de manglar

Por medio de los datos compilados de las parcelas y transectos es posible realizar un análisis sobre la estructura del bosque de manglar. En los cuatro sitios de evaluación se midieron un total de 239 individuos, en los cuales se encontraron tres especies de mangles *Rhizophora sp*. (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germains* (mangle negro).

4.1.1.1 Densidad (ind/ha)

Se evaluó la densidad de individuos diferenciando las metodologías empleadas (Fig. 9, 10). Los transectos presentaron características similares. En ambos sitos la mayor cantidad de especies se encontraron dentro de los 10 a 20 cm de DAP. Así mismo, en ambos sitios el DAP máximo que se identificó fue de entre 60 a 70 cm de DAP.

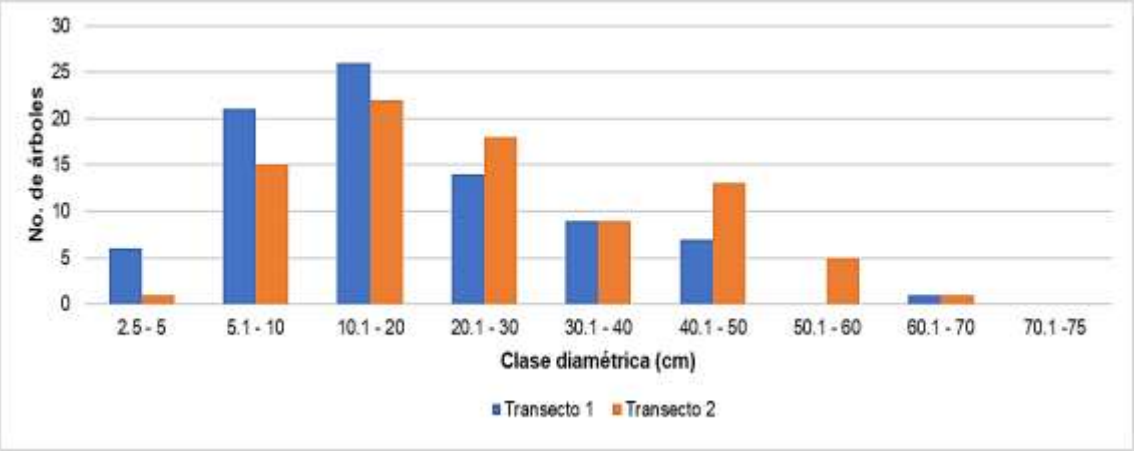


Figura 9: Densidad de individuos-Transectos

Se observó que en las Parcelas Circulares hubo diferencias en el número de individuos por clase diamétrica, la Parcela 2 presento mayor cantidad de árboles de entre 5 a 10 cm indicando que es un área de bosque más joven que los otros. Mientras que en la Parcela 1, la mayoría de los individuos se encontraron de entre 10 a 20 cm de DAP.

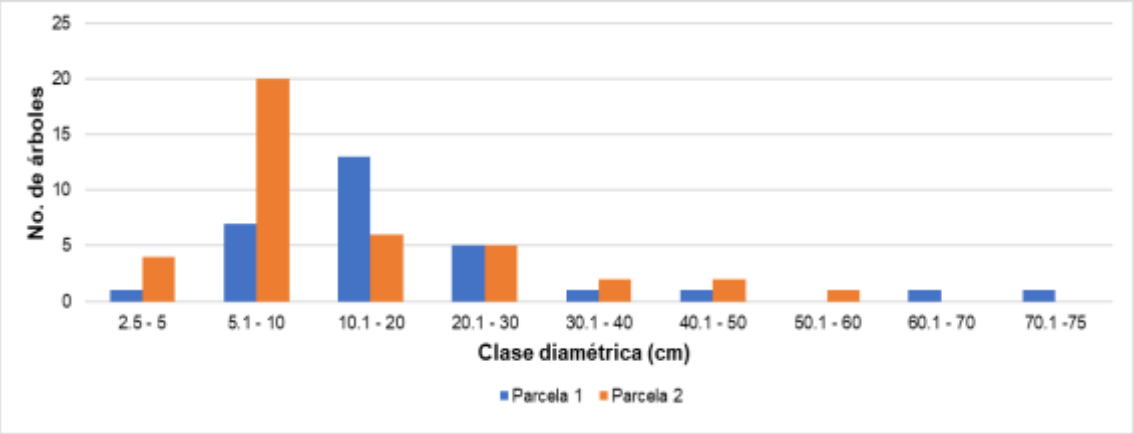


Figura 10: Densidad de individuos-Parcelas Circulares

Por lo tanto, la distribución diamétrica del bosque de manglar fue similar en tres sitios, la mayor cantidad de individuos posee un DAP de entre 10 a 20 centímetros (Fig. 11) a excepción de la Parcela 2. El DAP máximo encontrado se ubicó dentro de la Parcela 1 cuyo diámetro sobrepaso los 70 centímetros, mientras que el máximo diámetro los demás sitios se encontraron dentro del rango de 60 a 70 cm de DAP.

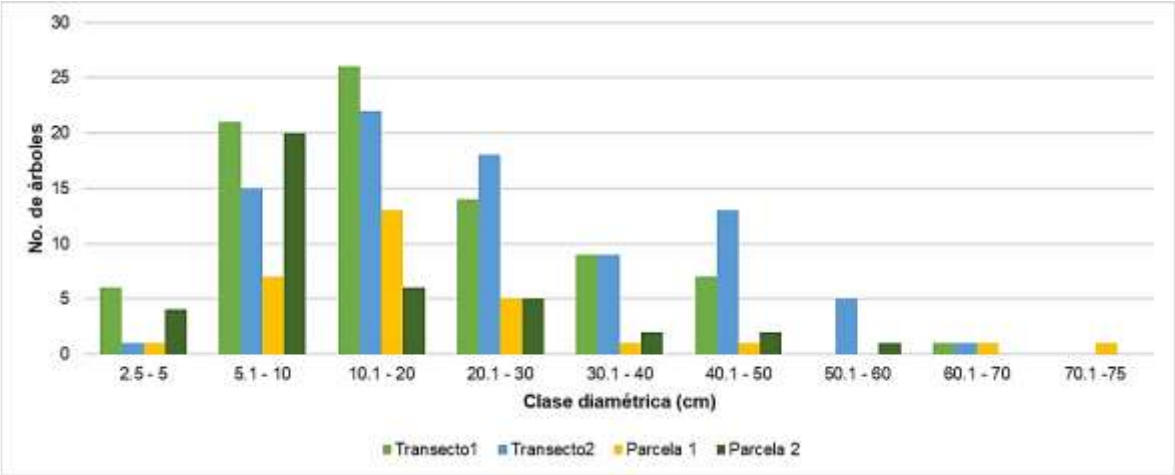


Figura 11: Densidad de individuos

4.1.1.2 Área basal (m^2/ha)

El área basal que corresponde a la suma de todos los árboles individuales por unidad de área. Dentro la zona de estudio los valores de área basal de los cuatro sitios presentaron un promedio de 16,72 ± 3,47 m^2/ha. La Parcela 1 fue la

que resultó en el valor más alto con un área basal de 20,81 m^2/ha y la menor correspondió al Transecto 1 con un área basal de 12,37 m^2/ha (Fig. 12).

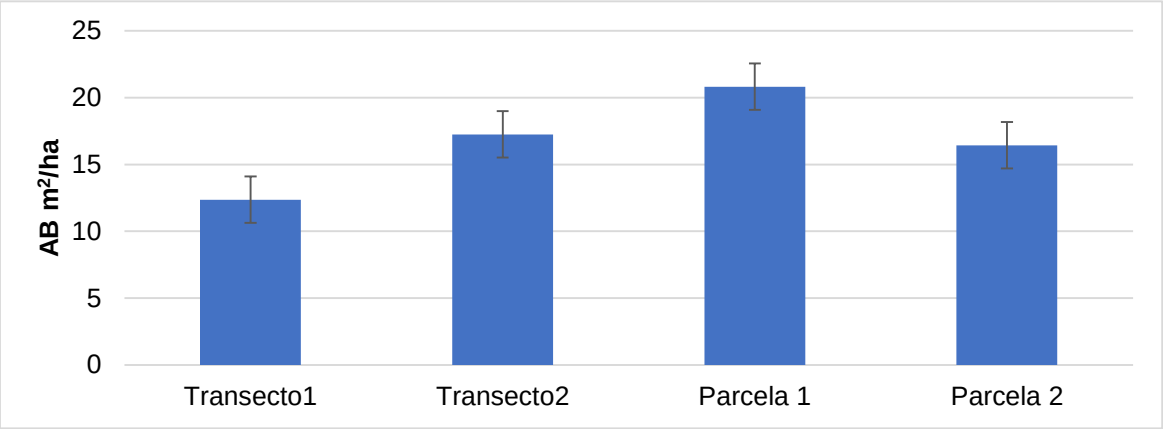


Figura 12: Área basal de individuos

La comparación de área basal en base a las metodologías empleadas se realizó mediante el análisis del área basal por hectárea (AB-1Ha), en la cual de la misma forma reflejó que la Parcela 1 posee los valores más altos de área basal. Además, evidenció que los individuos con DAP entre 60 a 75 cm representan los mayores individuos por unidad de área (Fig. 13).

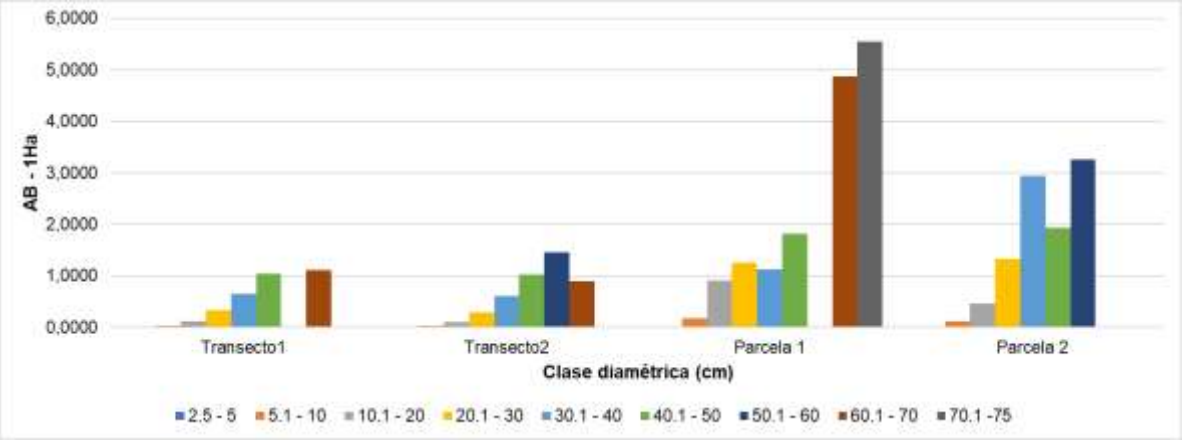


Figura 13: Área basal según clase diamétrica

4.1.1.3 Altura (m)

La altura de los manglares en los cuatro sitos de estudio presentaron un promedio de 19,13 ± 2,68 m y la altura máxima registrada es de 41 m y la menor

fue de 4 m. Las menores mediciones de altura de los individuos se encontraron dentro de la Parcela 2 (Fig. 14).

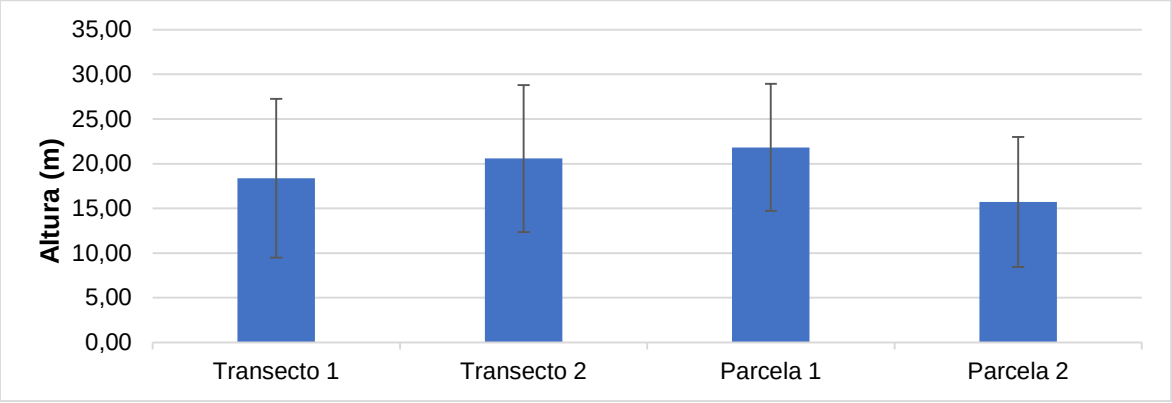


Figura 14: Altura de individuos

Además, se graficó el perfil de la distribución de los individuos en base a su altura en la cual se pueden diferenciar distintos estratos de acuerdo con la altura de los individuos, los resultados de los Transectos se graficaron de acuerdo con su distancia desde la orilla:

El Transecto 1 presentó en promedio de altura 18,38 ± 8,89 m, y la altura máxima registrada es de 39 metros. Se identificaron dos especies: *Rhizophora sp*. y *Avicennia germains.* En la cual *Avicennia germains* solo puede ser encontrada en los primeros 50 metros desde la orilla (Fig. 15).

En el Transecto 2 se registraron alturas promedio de 20,58 ± 8,22 metros en la cual la altura máxima registrada fue de 41 metros. En este sitio de estudio solo se encontró la especie de *Rhizophora sp* (Fig. 16).

La Parcela 1 registro un promedio de 21,82 ± 7,10 metros de altura, en las cuales se registraron dos especies de mangle: *Rhizophora sp*. y *Laguncularia racemosa.* La altura máxima registrada fue de 33 metros (Fig. 17).

Por último, la Parcela 2 registró datos promedios de 15,72 ± 7,27 metros, en las cuales solo se encontró la especie de *Rhizophora Mangle*, cuya altura promedio medida fue de 32 metros (Fig. 18).

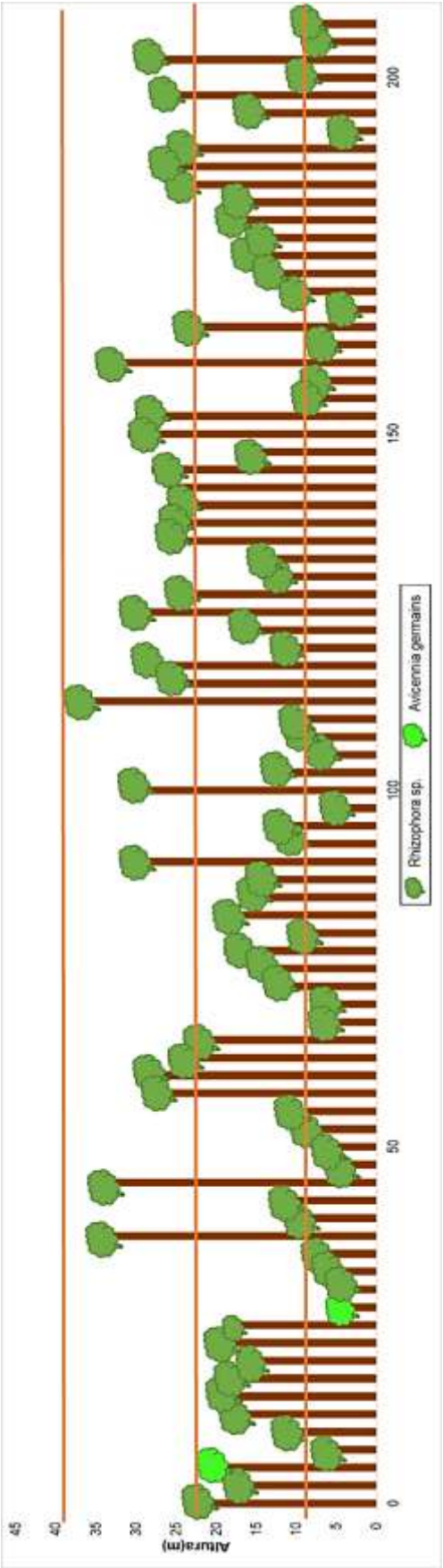


Figura 15: Perfil de vegetación Transecto 1

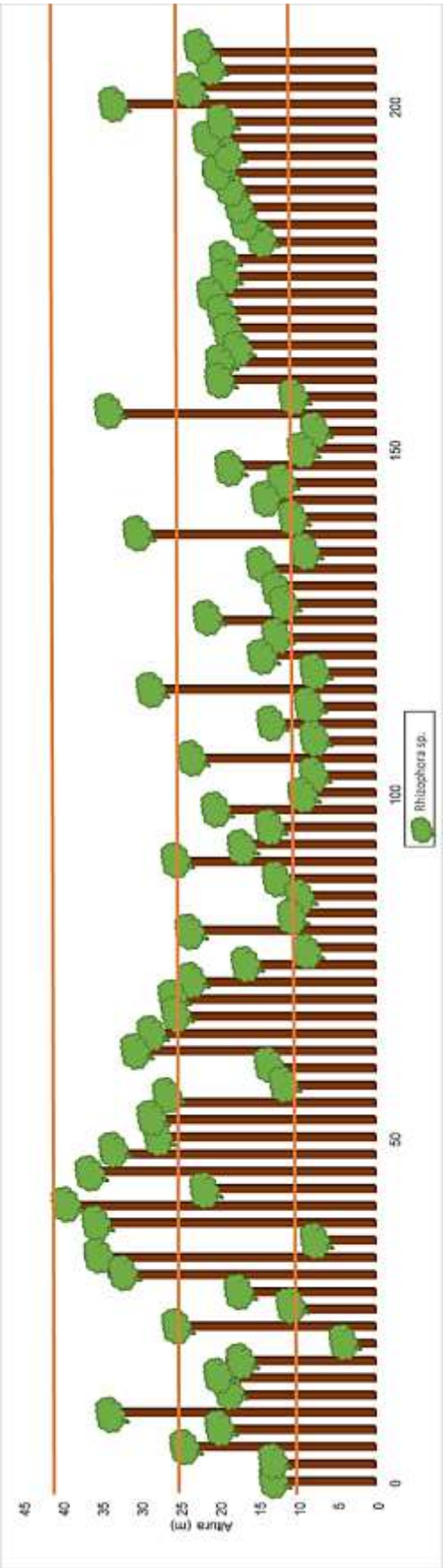


Figura 16: Perfil de vegetación Transecto 2

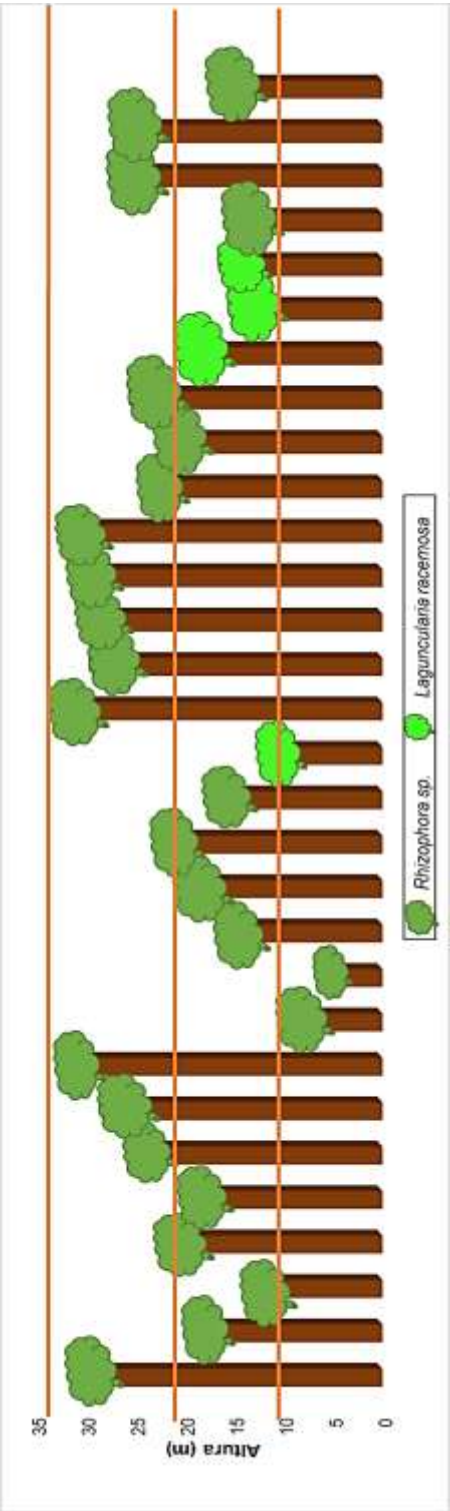


Figura 17: Perfil de Parcela Circular 1

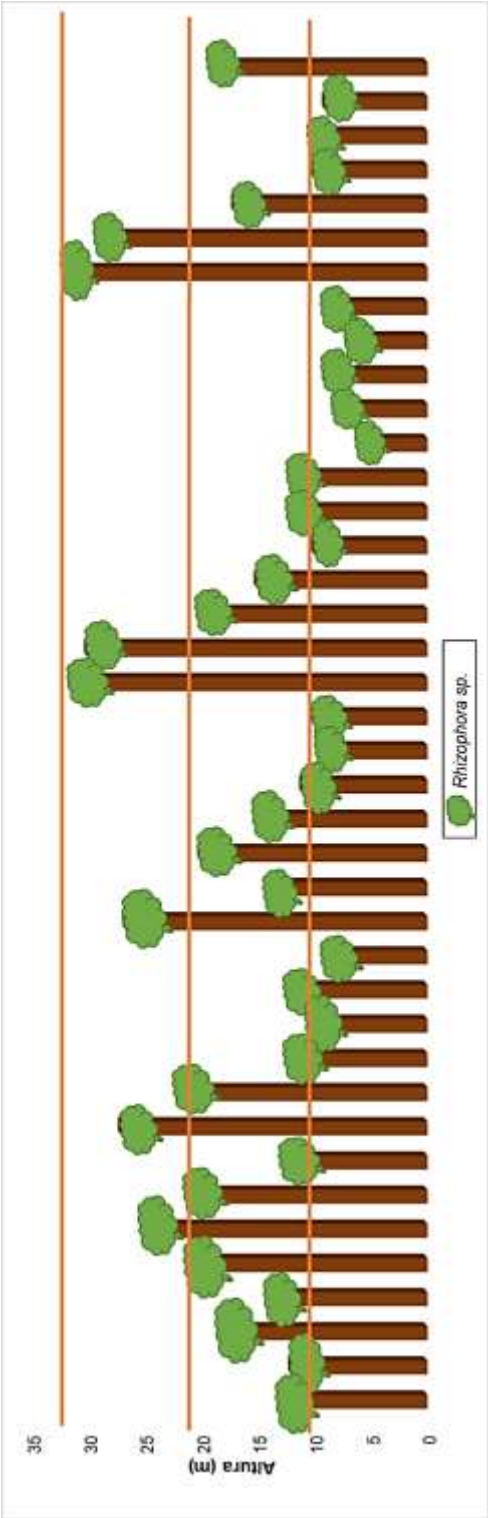


Figura 18: Perfil de Parcela Circular 2

4.1.1.4 Área de copa

Se calculó al área de copa de las especies mediante las fórmulas descritas previamente. Para ambos transectos se seleccionaron 7 individuos, para la Parcela 1 se midieron 3 árboles y en la Parcela 2 se midieron 4 árboles. En la cual de los cuatro sitios el Transecto 1 presenta los valores más altos con 68,2 m^2 y el sitio con menor área de copa fue la Parcela 1 con 28,3 m^2.

Tabla 6: Cálculo de área de copa de los árboles

	Transecto 1	Transecto 2	Parcela 1	Parcela 2
Área de copa (m^2)	68,2	32,4	28,3	27,6

4.1.1.5 Índice de Valor de Importancia (IVI)

La especie con el mayor índice de importancia ecológica en el área de estudio fue *Rhizophora sp.* (Tabla 6), tanto en el Transecto 1 como en la Parcela 1, los cuales fueron los únicos sitios que presentaron diversidad de especies. Además, *Rhizophora sp.* fue la única especie que estuvo presente en los cuatro sitios.

Tabla 7: Índice de Valor de Importancia (IVI)

TRANSECTO 1				
Especie	**AR(%)**	**DR(%)**	**FR(%)**	**IVI**
Rhizophora sp.	97,62	98,71	97,62	293,95
Avicennia germains	2,38	1,29	2,38	6,05
Total	100	100	100	300
PARCELA 1				
Especie	**AR(%)**	**DR(%)**	**FR(%)**	**IVI**
Rhizophora sp.	86,67	92,42	86,67	265,75
Laguncularia racemosa	13,33	7,58	13,33	34,25
Total	100	100	100	300

4.1.1.4 Regeneración Natural

La evaluación de este parámetro se aplicó en la metodología de Parcelas Circulares en la cual se denominó la letra A si esta tenía hojas y B si esta no tenía hojas. Ninguna de las especies tuvo desarrolladas raíces aéreas. En la Parcela 1 se encontraron 16 plántulas las cuales el 100% se encontraban vivas,

con un promedio de 28,3 cm de altura, un 81,3% era plántula tipo A y 18,75% tipo B, todas perteneciente al género Rhizophora sp.

En la Parcela 2 se encontraron 10 plántulas, el 90% se encontraban vivas y el 10% muertas, tuvieron un promedio de altura de 31,7 cm, un 60% eran plántulas de tipo A y 40% de tipo B.

Tabla 8: Regeneración natural de especies

Parcela 1		
Tipo de Plántulas	**A**	**B**
	81,30%	18,75%
Estado	**Vivas**	**Muertas**
	100%	0%
Altura	**Promedio (cm)**	
	28,3	
Parcela 2		
Tipo de Plántulas	**A**	**B**
	60%	40%
Estado	**Vivas**	**Muertas**
	90%	10%
Altura	**Promedio (cm)**	
	31,7	

4.1.2 Existencia de carbono aéreo y subterráneo de árboles

En total se registraron 233 individuos en los cuatro sitios, cuyo DAP fue mayor a 5 cm, 226 árboles correspondieron a la especie *Rhizophora sp*, 4 de *Laguncularia racemosa* y 1 individuo de *Avicennia germains.* Luego de realizar la sumatoria de los componentes aéreo y subterráneo de la cuantificación de carbono en arboles los datos fueron los siguientes:

Tabla 9: Carbono aéreo y subterráneo almacenado

Almacenamiento de carbono (Mg C /ha)				
	Transecto 1	**Transecto 2**	**Parcela 1**	**Parcela 2**
Carbono Aéreo	79,89	119,48	152,36	106,64
Carbono Subterráneo	23,79	34,19	41,36	33,59
TOTAL	**103,68**	**153,68**	**193,73**	**140,22**

De los cuatro sitios evaluados, la Parcela 1 corresponde a lugar donde se almacena mayor cantidad de carbono, tanto a nivel aéreo como subterráneo. La menor acumulación a nivel aéreo y subterráneo correspondió al Transecto 1 (Fig. 19).

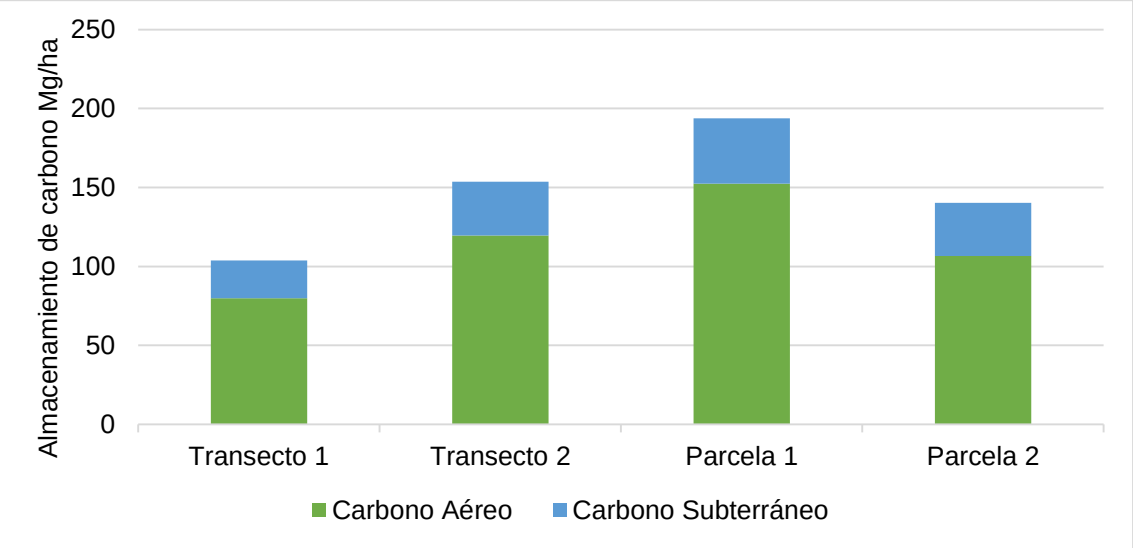


Figura 19: Existencia de Carbono de los árboles en cada sitio de estudio

El almacenamiento promedio de los árboles de mangle de los cuatro sitios fue de 147,83 Mg C /ha. De la misma forma es posible estimar la cantidad de carbono que almacenan los árboles de mangle del noroeste de la Isla Mondragón, debido a que Asociación 21 de Mayo posee 1374,33 ha de bosque, resulta en un total de 203 163,89 Mg C del componente arbóreo.

4.1.3 Comparación de almacenamiento de carbono entre especies

Se realizó el análisis del almacenamiento de carbono entre las especies identificadas en la zona de estudio (*Avicennia germains, Laguncularia racemosa Rhizophora sp*). En la cual la especie *Rhizophora sp.* además, presentó valores atípicos lo cual refleja una distribución variada entre sus individuos, sin embargo, los datos no presentan diferencias significativas. (Fig. 20)

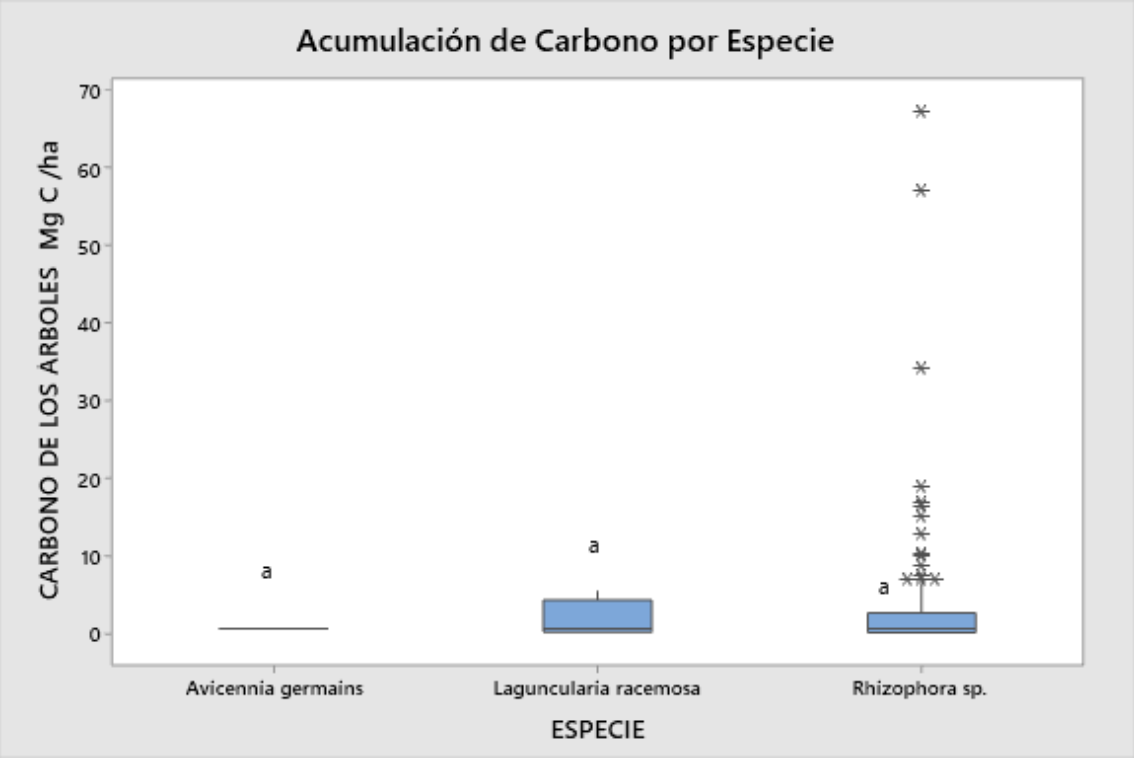


Figura 20: Comparación de almacenamiento de carbono por especie

DISCUSIÓN

Mediante el análisis de datos de densidad, área basal y altura se determinó esta área como un bosque de manglar de tipo ribereño, que cumple con las características de estar usualmente dominado por la especie de *Rhizophora sp.*, son lugares con altas descargas de aguas dulces y nutrientes, donde los bosques de manglar se encuentran desarrollados estructuralmente (Cornejo, 2014).

En la investigación realizada por Castillo (2018) sobre la acumulación de biomasa y materia orgánica en los bosques de manglar de Esmeraldas, donde *Rhizophora sp*. no era dominante, se registraron especies como *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germains*, que al igual de que este estudio, es una zona de manglar de tipo ribereño en la cual estas tres especies se encuentran asociadas y pueden adaptar a bajas salinidades.

La densidad de las especies indicó que la mayor concentración de especies posee un DAP de 10 a 20 centímetros en las cuales incluyeron las tres especies encontradas en el sitio. La Parcela 2 fue la excepción debido a que la mayoría del DAP de sus individuos era de entre 5 a 10 cm y estas sólo de *Rhizophora sp*. La densidad de individuos fue diferente entre las dos metodologías, debido a que mediante la aplicación de transectos se realizó un análisis de la estructura del bosque de manglar desde la orilla hasta los 200 metros, se tomaba la distancia entre árboles y el DAP de los árboles. Mientras que las parcelas describen datos estructurales de una zona en particular.

El área basal determinada en este estudio fue mayor en la Parcela 1 con 20,81 m^2/ha. En el estudio elaborado por Castillo (2018), se registraron valores máximos de 26,86 m^2/ha, los cuales fueron similares a las registradas en un estudio efectuado en el bosque de manglar de Gabón Norte de África Occidental donde se determinaron el área basal del lugar obteniendo un promedio de 25,4 m^2/ha (Kauffman & Bhomia, 2017).

La Parcela 1 dominada por *Rhizophora sp.* fue el sitio donde se registraron los valores más altos de DAP, por lo tanto, es el que presentó mayor área basal,

así como presentó mayor altura de sus individuos, lo que quiere decir que el sitio mayor desarrollado estructuralmente en la cual existe presencia de árboles altos.

Por otro lado, la desviación estándar de las alturas en los sitios de muestreo refleja la variedad de edad que posee el boque de manglar, dado a la diferencia de edades de los individuos por su DAP. La determinación del área de copa es considerada variable estructural secundaria, en este estudio se determinó que este parámetro no influye de manera directa con la determinación de la estructura del manglar. Debido a que la zona que presentó mayor área de copa de sus árboles fue el Transecto 1, donde se registraron los menores valores de área basal, donde la mayoría de sus individuos tuvo un DAP de entre 10 a 20 cm, así como los menores valores de almacenamiento de carbono.

Además, constituye un estrato de manglar alto debido la presencia de las 3 especies, el diámetro a la altura del pecho se encontraba con valores máximos de casi 80 cm y sobrepasaron los 30 m de altura. Este bosque de manglar en particular se encuentra mayor desarrollado verticalmente que los estudiados por Cifuentes et al. (2018) en El Salvador y por Manrow-Villalobos & Vilchez-Alvarado (2012) en Costa Rica cuya altura de los individuos oscilaron entre 10 a 12 m.

De manera general el área de estudio estuvo dominada por la especie de *Rhizophora sp.* Merecí (2017), tuvo resultados similares en su investigación de carbono azul en el ciertos lugares del Golfo del Guayaquil, en el cual determinó que esta dominancia de *Rhizophora sp.* puede estar relacionada a que la especie posee una mejor habilidad en el desarrollo de sus semillas, debido a que estas antes de caer de los arboles ya se encuentran germinadas, lo que sucede de forma distinta para las distintas especies de mangle existentes. Diversos factores como salinidad y pluviosidad influyen en que esta especie pueda desarrollarse de mayor manera.

La contabilización de plántulas reflejó que si existe alto porcentaje de a regeneración natural en las dos parcelas. En la Parcela 2 a pesar de presentar menores individuos, estos tienen mayores alturas comparadas con la Parcela 1 puede que se debe a los factores abióticos principalmente de luz y la

competencia intraespecífica de ellos. En general hubo plántulas que se encontraban sin hojas que indica que recién se estaban desarrollando.

El almacenamiento de carbono en la zona tuvo resultados promedios de 147,83 Mg C/ha, en la cual en la Parcela 1 se registró el valor más elevado, esto se da debido a que en la zona se encontraron los individuos con mayor DAP y altura en comparación con los otros sitos, por lo tanto, a mayor tamaño será mayor su capacidad de almacenamiento de carbono.

Se determinó que la especie que almacena más carbono es *Rhizophora sp*., seguida por *Avicennia sp*. El estudio realizado por Aceituno, Cifuentes, Cojom, & Bosarreyes (2016) en Guatemala determinó de la misma forma que la especie que predomina en el almacenamiento de carbono aéreo es *Rhizophora mangle,* aportando con 123,77 Mg C/ha.

La estructura que posee un bosque de manglar también influye en su almacenamiento de carbono. Da Motta Portillo, et al. (2017) realizaron un estudio en la zona de manglar en del río Piraquê-Açu, sureste de Brasil, en donde la biomasa aérea de la zona de estudio fue de 2,92 Mg C/ha, la cual es considerada baja en comparación con otros bosques de manglar. Esto se debió a que área dominada por *Laguncularia racemosa*, se encontraba todavía en desarrollo con DAP promedios de 3,8 cm y altura promedio de 4,1 m.

Por lo tanto, demuestra que la biomasa de los bosques de manglar varía según su edad, localidad, así como la dominancia de las especies encontradas (Komiyama et al., 2008).

La dominancia de una especie en particular también influye en la estimación de la biomasa. Rivera (2015) realizó una estimación de la biomasa en un sistema estuarino en México, donde la especie más dominante fue *Laguncularia racemosa* aportando con la mayor cantidad de biomasa (148,02 Mg C /ha) sin embargo, al comparar la cantidad biomasa por especie resultó en que *Rhizophora mangle* fue la que generó más de esta, aunque su presencia fuera menor. Las condiciones ambientales de cada localidad y las especies encontradas en cada área influyen en la acumulación de la biomasa (da Motta Portillo et al., 2017).

En comparación con diversos investigaciones, Manrow-Villalobos & Vilchez-Alvarado (2012), realizaron su estudio mediante el uso de ecuaciones alométricas elaboradas por Chave (2005), las cuales fueron distintas a las usadas en esta investigación. Sin embargo, determinaron que la especie que almacena más carbono es la de *Rhizophora mangle,* que en este caso represento el 80% de la biomasa en relación con las especies encontradas.

Estas mismas ecuaciones fueron utilizadas en el estudio de Gross, Flores, y Schwendenmann (2014) realizado en el Golfo de Montijo en Panamá, en el cual evaluó la estructura y biomasa aérea de *Pelliciera rhizophorae* donde esta especie era la más abundante, sin embargo, la especie *Rhizophora racemosa* fue la que presentó los valores más altos de biomasa aérea.

Por otro lado, existen casos en que las ecuaciones alométricas si presentan variación en sus resultados. Bautista-Olivas, et al. (2018), realizó un estudio utilizando ecuaciones de diversos autores, en la cual las comúnmente utilizadas para áreas forestales son las que presentan mayor sobreestimación en los resultados. En cambio, las ecuaciones específicamente para el bosque de manglar tuvieron poca diferencia en sus resultados, en la cual demuestra la importancia del uso de ecuaciones alométricas propia de cada especie y que a su vez estas presenten condiciones climáticas y geográficas similares.

Por lo tanto, se acepta a hipótesis en la cual los manglares del noroeste de la Isla Mondragón aportan con cantidades significativas de secuestro de carbono debido a que el almacenamiento del carbono de los árboles de mangle del área es alto y es similar valores registrados en diversas regiones a nivel de Latinoamérica.

CONCLUSIONES

- Mediante la caracterización de las especies se determinó que la Isla Mondragón se encuentra dominada por la especie *Rhizophora sp*. (mangle rojo), también se pueden encontrar las especies *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germains* (mangle negro) las cuales se identificaron en la orilla.

- De acuerdo con los valores obtenidos de densidad, área basal y altura demuestran que esta es una zona que se encuentra bien desarrollada estructuralmente, debido a la poca intervención humana y además por la protección que se mantiene en este bosque de manglar.

- Las mediciones de parámetros alométricos permiten que el mediante el uso de modelos alométricos estimar la biomasa de los árboles de mangle a través de la relación entre el diámetro a la altura del pecho con el peso de cada individuo. Este es un método no destructivo el cual evita daños al ecosistema, así como reducir gastos monetarios.

- La biomasa estimada en el área de estudio tuvo promedios de 147,83 Mg C/ha. La acumulación de carbono en los ecosistemas de manglar está influenciada las especies que se encuentren en el área y el desarrollo estructural. En este estudio la especie con que aporta con mayor biomasa es *Rhizophora sp*. debido a que es la más abundante y que se encuentra mayor desarrollada. Es además la especie que almacena mayor cantidad de carbono en comparación con las demás especies encontradas en el área (*Laguncularia racemosa* y *Avicennia germains*).

RECOMENDACIONES

- Realizar un inventario forestal en el cual se continúe realizando los estudios de carbono tanto en el suelo como en hojarasca y madera muerta la cual resultara en la estimación de carbono a nivel de ecosistema.

- Adicionalmente, realizar los inventarios forestales a lo largo del tiempo para hacer seguimiento de como se ha hecho la conservación del bosque y comprobar si está decayendo o aumentando. Efectuar estudios de monitoreo sobre los cambios en las existencias de carbono total y emisiones de gases de efecto invernadero en el tiempo**.**

- A largo plazo crear un manual de medición de carbono azul para Ecuador, tal como se han realizado manuales a nivel de Centroamérica en la cual detallan los parámetros necesarios para la realización de la estimación de carbono azul.

- Continuar con los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de Manglar de las concesiones de manglar, las cuales preservan los bosques de manglar de cualquier amenaza externa e involucra y brinda beneficios a los habitantes de las comunidades.

- Realizar estudios para determinar las ecuaciones alométricas generales más apropiadas debido a que estas no existen para nuestra región en particular.

- Realizar un estudio de la zonificación de la estructura de manglares de acuerdo con la entrada de la marea en relación con la salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

Aceituno, M. de los A., Cifuentes, C., Cojom, J., & Bosarreyes, A. (2016). *Estimación del contenido de carbono en el componente arbóreo del ecosistema manglar en el pacífico de Guatemala*.

Agraz-Hernández, C., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., & Flores-Verdugo, F. J. (2006). *Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México*. 45. Retrieved from http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Guia_Manglar.pdf

Alongi, D. (2018). Blue Carbon Coastal Sequestration for Climate Change Mitigation. In *Springer Briefs in Climate Studies*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91698-9_5

Altamirano, M. (2012). *Plan de manejo para el Uso Sustentable y Custodia de 1374,33 hectáreas de Bosque de Manglar del sector Noroeste de la Isla Mondragón, Golfo de Guayaquil. Documento preparado por el Proyecto Usaid Costas y Bosques Sostenible para la Asociación de Cangrejer*. 244.

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

Bodero, A. (2005). El bosque de manglar de ecuador. *Director*, 1–14. Retrieved from http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890048/Concepto+Del+Manglar%2C Áreas+A+Nivel+Global+Y+En+Ecuador%2C Modificaciones+Ocurridas+Durante+Las+Últimas+Tres+Décadas.pdf/895e7778-a39b-49ec-b992-d8e50ecb2cfa;jsessionid=pnEFY-ski0iZZ4V3zn7og+rh

Breithaupt, J. L., Smoak, J. M., Smith, T. J., Sanders, C. J., & Hoare, A. (2012). Organic carbon burial rates in mangrove sediments: Strengthening the global budget. *Global Biogeochemical Cycles*. https://doi.org/10.1029/2012GB004375

Castillo, E. A. (2018). *Acumulación de biomasa y materia orgánica en el manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.*

Cifuentes, M., Rivera, C., Magaña, J., Velásquez, S., & Danilo, T. (2018). Dinámica de la cobertura del suelo y las existencias de carbono en los manglares de El Salvador. *Programa Regional de Cambio Climático*, *411*(January), 160.

Cintrón, G., & Schaeffer-Novelli, Y. (1986). Ecology and Management of New World Mangroves. In *Coastal Plant Communities of Latin America* (pp. 297–318). https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092567-7.50021-0

Cornejo, X. (2014). Árboles Y Arbustos De Los Manglares Del Ecuador. In *MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT).*

Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1930167

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*. https://doi.org/10.2307/1931725

da Motta Portillo, J. T., Londe, V., & Moreira, F. W. A. (2017). Aboveground biomass and carbon stock are related with soil humidity in a mangrove at the Piraquê-Açu River, Southeastern Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, *21*(1), 139–144. https://doi.org/10.1007/s11852-016-0482-4

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, *4*(5), 293–297. https://doi.org/10.1038/ngeo1123

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). The world's mangroves 1980-2005: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. In *FAO Forestry Paper*. https://doi.org/978-92-5-105856-5

Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J. L., & Cadamuro, L. (1998). Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: New data from French Guiana. *Oecologia*, *115*(1–2), 39–53. https://doi.org/10.1007/s004420050489

Gómez-Díaz, J. D., Etchevers-Barra, J. D., Monterrosos-Rivas, A. I., Campo-Alvez, J., & Tinoco-Rueda, J. A. (2011). ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR BIOMASA Y CARBONO EN Quercus magnoliaefolia. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, *XVII*(2), 261–272. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.117

Gross, J., Flores, E. E., & Schwendenmann, L. (2014). Stand structure and aboveground biomass of a Pelliciera rhizophorae mangrove forest, gulf of Monitjo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama. *Wetlands*, *34*(1), 55–65. https://doi.org/10.1007/s13157-013-0482-1

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., & Telszewski, M. (2014). Coastal Blue Carbon. *National Wetlands Newsletter*, *36*(1), 5–7.

IPCC. (2003). Chapter 3: LUCF Sector Good Practice Guidance. In *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*.

Kauffman, J. B., & Bhomia, R. K. (2017). Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187749

Kauffman, J. B., & Cole, T. G. (2010). Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Wetlands*, *30*(6), 1077–1084. https://doi.org/10.1007/s13157-010-0114-y

Kauffman, J. B., Donato, D., & Adame, M. F. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. *Documento de Trabajo 86*, 117. https://doi.org/10.17528/cifor/004386

Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement,*

monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. https://doi.org/10.17528/cifor/003749

Komiyama, A., Ong, J. E., & Poungparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, *89*(2), 128–137. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006

Komiyama, A., Poungparn, S., & Kato, S. (2015). *of Tropical Ecology : Common allometric equations for estimating the tree weight of Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves*. (June 2005), 471–477. https://doi.org/10.1017/S0266467405002476

Louman, B., Quiros, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en Ámerica Cetral* (p. 265). p. 265.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador), & FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador*. Retrieved from www.flacsoandes.edu.ec

Manrow-Villalobos, M., & Vilchez-Alvarado, B. (2012). *Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica*. (506), 1–18.

Merecí, J. (2017). *Evaluación de la dinámica del uso de la tierra y cuantiicación de carbono azul en bosques de manglar del Golfo de Guayaquil, Ecuador.* 66. Retrieved from http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8699

Murdiyarso, D., Donato, D., Kauffman, J. B., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2010). *Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems: a preliminary account from plots in Indonesia*. Retrieved from http://www.cifor.cgiar.org/Knowledge/Publications/Detail?pid=3233

Murray, B., Pendleton, L., Jenkins, W., & Sifleet, S. (2011). Green Payments for Blue Carbon: Economic Incentives for Protecting Threatened Coastal Habitats. *Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions*, (April), 52.

Retrieved from http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Green+Payments+for+Blue+Carbon+Economic+Incentives+for+Protecting+Threatened+Coastal+Habitats#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Green+payments+for+blue+carbon:+

Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdes, L., De Young, C., Fonseca, L., & Grimsditch, G. (2009). *Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.*

Rivera-Monroy, V. H., Kristensen, E., Lee, S. Y., & Twilley, R. R. (2017). Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective: Structure, function, and services. In *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4

Rivera, Y. (2015). *Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea del Bosque de Manglar*. Universidad Autónoma de Nayarit.

Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz-López, M. I., Villela Gaytán, S. A., & Flores, R. (2018). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala*.

Rosero, J. (2014). *Puerto Roma: Plan de Manejo para el Uso Sostenible y Custodia de 1059.2 ha de Manglar del sector entre Puerto Roma, Chupadores Chico y el río Guayas.*

Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2009). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. In *Consorcio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)*. https://doi.org/ISBN: 978-92-9059-254-9

Valle, A. G., Osorno-Arango, A. M., & Gil-Agudelo, D. L. (2011). Estructura y Regeneración Del Bosque De Manglar De La Ciénaga De Cholón, Isla Barú, Parque Nacional Natural Corales. *Bulletin of Marine and Coastal Research*, *40*(1). https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2011.40.1.105

Vieira, S. A., Camargo, P. B., Keller, M., Martinelli, L. A., Alves, L. F., Aidar, M., … Trumbore, S. E. (2008). Estimation of biomass and carbon stocks: The case of the Atlantic Forest. *Biota Neotropica*, *8*(2), 21–29. https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000200001

Wetlands International. (2017). Medición de Carbono en los Manglares de Panamá: preguntas y respuestas (Q&A). Retrieved from https://lac.wetlands.org/noticia/medicion-carbono-los-manglares-panama-preguntas-respuestas-qa/

ANEXOS

Anexo 1: Herramientas empleadas

Herramienta de localización

Instrumento de medición-cinta métrica

Herramienta de orientación-brújula

Instrumento de medición de altura-clinómetro

Anexo 2: Hojas de campo

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: _____
Fecha: _____ Responsables: _____
Latitud N= _____ Longitud E= _____
Latitud S= _____ Longitud O= _____

Punto	Cuandrante	Distancia (m)	Circunferencia (cm)	Altura (m)	Nombre vulgar	Nombre Cientifico	Observaciones

Hoja de campo (Transectos)

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: _____
Fecha: _____ Responsables: _____
Parcela: Latitud N= _____ Longitud E= _____
Latitud S= _____ Longitud O= _____

N° de árbol	Nombre vulgar	Nombre científico	Circunferencia (cm)	Altura (m)	Diametro de copa (m)		Área Basal	Observaciones
					N-S	E-O		

Hoja de campo (Parcelas circulares)

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: _____
Fecha: _____ Responsables: _____
Latitud N= _____ Longitud E= _____
Latitud S= _____ Longitud O= _____

N° de Especie	Plántula	Nombre Vulgar	Nombre Científico	Altura (cm)	Estado	Observaciones

Hoja de campo (Regeneración natural)

Anexo 3: Medición de parámetros en campo

Medición del diámetro de copa de los árboles de manglar

Medición de la altura total de los individuos

Anexo 4: Observaciones en campo

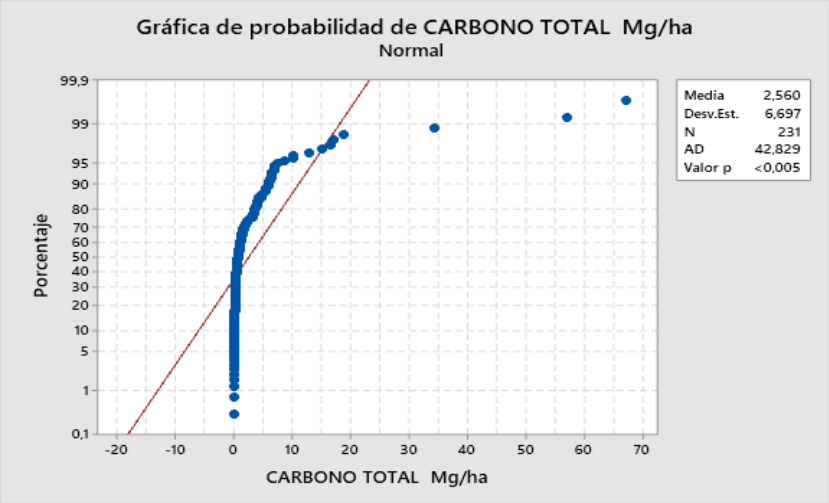
Regeneración natural del bosque de manglar

Observación de helecho de manglar (*Acrostichum speciosum*)

Estado actual del bosque de manglar

Observación de madriguera de cangrejos

Anexo 5: Análisis estadístico



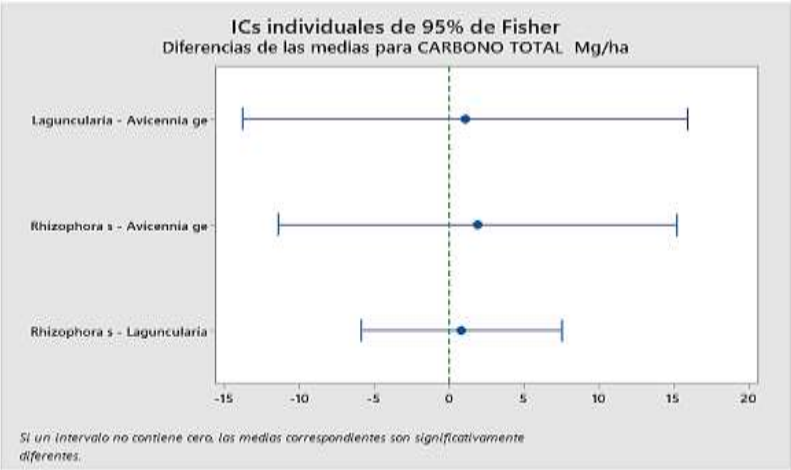
Gráfica de Prueba de Normalidad para Carbono de los árboles

Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

ESPECIE	N	Media	Agrupación
Rhizophora sp.	226	2,583	A
Laguncularia racemosa	4	1,75	A
Avicennia germains	1	0,6751	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



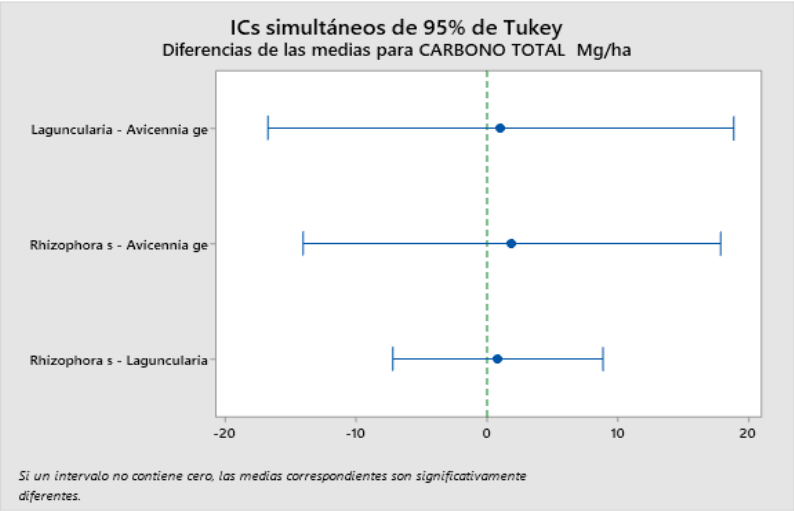
Prueba estadística de Fisher

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

ESPECIE	N	Media	Agrupación
Rhizophora sp.	226	2,583	A
Laguncularia racemosa	4	1,75	A
Avicennia germains	1	0,6751	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Prueba estadística de Tukey