

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes  
y su relación con la capacidad de secuestro de carbono y  
valoración económica durante las estaciones del año**

**TESIS**

**Para optar el grado académico de Doctor en:**

**Ciencias ambientales**

**Mg. Marco Antonio Zapata Cruz**

**Tumbes, 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes  
y su relación con la capacidad de secuestro de carbono y  
valoración económica durante las estaciones del año**

**Tesis aprobada en forma y estilo por:**

Dr. Hidalgo Mogollón, Auberto

**PRESIDENTE**

Dr. Merino Velásquez, Jesús

**SECRETARIO**

Dr. Alburqueque Viera, Francisco

**MIEMBRO**

Dr. Sánchez Suárez, Héctor Alfredo

**MIEMBRO**

Dra. Vieyra Peña, Enedia Graciela

**MIEMBRO**

**Tumbes, 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes  
y su relación con la capacidad de secuestro de carbono y  
valoración económica durante las estaciones del año**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido  
y forma:**

Mg. Zapata Cruz, Marco Antonio

  
AUTOR

Dr. García Seminario, Ramón

  
ASESOR

**Tumbes, 2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**

Licenciada

Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD

**ESCUELA DE POSGRADO**

**Tumbes-Perú**

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**

En Tumbes, siendo las dieciséis horas del cinco de julio del dos mil veintidós, se reunieron mediante la modalidad virtual por la plataforma [meet.google.com/jnj-gtsa-edp](https://meet.google.com/jnj-gtsa-edp), los miembros del jurado designados con la Resolución N° 087-2021/UNTUMBES-EPG-D, del 17 de agosto del 2021: Dr. Auberto Hidalgo Mogollón (presidente), Dr. Jesús Merino Velásquez (secretario), Dr. Francisco Alburquerque Viera (miembro), Dra. Enedia Graciela Vieyra Peña (miembro) y Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suárez (miembro), para proceder al acto de sustentación y defensa de la tesis titulada: **Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes y su relación con la capacidad de secuestro de carbono y valoración económica durante las estaciones del año**, presentada por el Mg. Marco Antonio Zapata Cruz, para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales. Actuó en la condición de asesor, el Dr. Ramón García Seminario.

Concluido el acto de sustentación y defensa, absueltas las preguntas formuladas y efectuadas las correspondientes observaciones, el jurado calificador decidió declarar: APROBADA la tesis, por unanimidad con el calificativo de MUY BUENO en conformidad con lo normado en el artículo 91. del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las diecisiete horas, se dio por concluido el indicado acto académico y en expresión de conformidad se procedió a la suscripción de la presente acta.

Tumbes, 05 de julio de 2022.

Dr. AUBERTO HIDALGO MOGOLLÓN  
DNI N° 00250460  
<http://orcid.org/0000-0003-2921-4523>

PRESIDENTE

Dr. JESÚS MERINO VELÁSQUEZ  
DNI N° 00240085  
<http://orcid.org/0000-0003-3301-4487>

SECRETARIO



---

Dr. FRANCISCO ALBURQUEQUE VIERA  
DNI N° 03605124/  
<http://orcid.org/0000-0002-7468-5386>  
MIEMBRO



---

Dra. ENEDIA GRACIELA VIEYRA PEÑA  
DNI N° 00217076  
<http://orcid.org/0000-0001-6541-7075>  
MIEMBRO



---

Dr. HÉCTOR ALFREDO SÁNCHEZ SUAREZ  
DNI N° 02837861  
<http://orcid.org/0000-0003-2395-5056>  
MIEMBRO



---

Dr. RAMÓN GARCÍA SEMINARIO  
DNI N° 03683221  
<http://orcid.org/0000-0003-0756-0935>  
ASESOR

C.c. Jurado de Tesis (5), Asesor (1), sustentante (1), UI (2)

## Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes y su relación con la capacidad de secuestro de carbono y valoración económica durante las estaciones del año

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.untumbes.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>pmcarbono.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>www.uaim.edu.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>studylib.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.uv.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>tesis.pucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>doaj.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>



9	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	< 1 %
10	<a href="http://revistas.unimagdalena.edu.co">revistas.unimagdalena.edu.co</a> Fuente de Internet	< 1 %
11	<a href="http://unfcc.int">unfcc.int</a> Fuente de Internet	< 1 %
12	<a href="http://udoagricola.orgfree.com">udoagricola.orgfree.com</a> Fuente de Internet	< 1 %
13	<a href="http://www.intechopen.com">www.intechopen.com</a> Fuente de Internet	< 1 %
14	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
15	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	< 1 %
16	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	< 1 %
17	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
18	<a href="http://www.congreso.gob.pe">www.congreso.gob.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
19	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Fuente de Internet	< 1 %
20	<a href="http://bibliotecadigital.univalle.edu.co">bibliotecadigital.univalle.edu.co</a> Fuente de Internet	< 1 %



21	<a href="http://manglar.uninorte.edu.co">manglar.uninorte.edu.co</a> Fuente de Internet	< 1 %
22	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	< 1 %
23	"Inventarios Forestales Nacionales de América Latina y el Caribe", Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021 Publicación	< 1 %
24	<a href="http://camjol.info">camjol.info</a> Fuente de Internet	< 1 %
25	<a href="http://ecologicalprocesses.springeropen.com">ecologicalprocesses.springeropen.com</a> Fuente de Internet	< 1 %
26	<a href="http://geox.udistrital.edu.co">geox.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	< 1 %
27	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	< 1 %
28	<a href="http://www.asepelt.org">www.asepelt.org</a> Fuente de Internet	< 1 %
29	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
30	<a href="http://www.actualidadambiental.pe">www.actualidadambiental.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %

---

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 15 words

A handwritten signature or scribble consisting of several overlapping, dark lines, possibly representing the initials 'P.F.' or a similar set of initials.

### **Dedicatoria:**

A Dios Bendito con todo mi amor, por su santa bendición.

A mi Padre y en especial a mi Madre, como recuerdo de su amor, cariño y la dedicación que supieron brindarme. Gracias.

Con amor y cariño a mi esposa e hijos, por su paciencia y dedicación.

# CONTENIDO

	Página
RESUMEN.	xii
ABSTRACT.	xiii
1. INTRODUCCIÓN.	15
2. REVISIÓN DE LITERATURA.	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Bases teórico-científicas.	26
2.3. Definición de términos básicos.	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	31
3.1. Localidad y periodo de ejecución	31
3.2. Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis.	32
3.3. Población, muestra y muestreo.	32
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.	34
3.5. Valoración Económica.	38
3.6. Procesamiento y análisis de datos.	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	40
5. CONCLUSIONES.	67
6. RECOMENDACIONES Y PROPUESTA.	68
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	73
8. ANEXOS	90

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1: Área de estudio, ecosistema manglar en Puerto Pizarro.	32
Figura 2: Ubicación de parcelas de muestreo del ecosistema de manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú).	34
Figura 3: Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP de cada biotipo.	41
Figura 4: Número de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.	42
Figura 5: Volumen de ejemplares de tres biotipos de mangle por DAP.	43
Figura 6: Volumen de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.	44
Figura 7: Biomasa de ejemplares de tres biotipos de mangle por el DAP.	45
Figura 8: Biomasa y valoración económica de <i>R. mangle</i> .	45
Figura 9: Biomasa y valoración económica de <i>A. germinans</i> .	46
Figura 10: Biomasa y valoración económica de <i>L. racemosa</i> .	46
Figura 11: Biomasa y valoración económica de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> .	47
Figura 12: Biomasa de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.	48
Figura 13: Captura de carbono en Zona A y valoración económica.	48
Figura 14: Captura de carbono en Zona B y valoración económica.	49
Figura 15: Captura de carbono en Zona C y valoración económica.	50
Figura 16: Captura de carbono en las Zonas A, B y C y Valoración Eco.	50

Figura 17: Incremento de biomasa de <i>L. racemosa</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	54
Figura 18: Incremento de biomasa de <i>L. racemosa</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	55
Figura 19: Incremento de biomasa de <i>A. germinans</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	56
Figura 20: Incremento de biomasa de <i>A. germinans</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	57
Figura 21: Incremento de biomasa de <i>R. mangle</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	58
Figura 22: Incremento de biomasa de <i>R. mangle</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	59

## INDICE DE ANEXOS

### TABLAS

Tabla 1. Parcelas de muestra según el área de manglar.	33
Tabla 2. Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP en cada zona.	70
Tabla 3. Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP de biotipo.	70
Tabla 4. Volumen de ejemplares de mangle por DAP de biotipo.	91
Tabla 5. Volumen de ejemplares de mangle según DAP por zona.	91
Tabla 6. Biomasa de ejemplares de mangle según DAP de cada biotipo.	92
Tabla 7. Captura de carbono por <i>R. mangle</i> y valoración económica.	92
Tabla 8. Captura de carbono de <i>A. germinans</i> y valoración económica.	92
Tabla 9. Captura de carbono de <i>L. racemosa</i> y valoración económica.	93
Tabla 10. Captura de carbono de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosas</i> juntas y su valoración económica.	93
Tabla 11. Biomasa de ejemplares de mangle por DAP en cada zona.	94
Tabla 12. Captura de carbono en Zona A y valoración económica.	94
Tabla 13. Captura de carbono en Zona B y valoración económica.	95
Tabla 14. Captura de carbono en Zona C y valoración económica.	95
Tabla 15. Captura de carbono en Zona A B C Juntas y valoración económica.	96
Tabla 16. Incremento de biomasa de <i>R. mangle</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	96
Tabla 17. Incremento de biomasa de <i>R. mangle</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	97
Tabla 18. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>R. mangle</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	98
Tabla 19. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>R. mangle</i> en la población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	99
Tabla 20. Incremento de biomasa de <i>A. germinans</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	101

Tabla 21. Incremento de biomasa de <i>A. germinans</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	102
Tabla 22. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>A. germinans</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	102
Tabla 23. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>A. germinans</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	104
Tabla 24. Incremento de biomasa de <i>L. racemosa</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	105
Tabla 25. Incremento de biomasa de <i>L. racemosa</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	106
Tabla 26. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>L. racemosa</i> en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	107
Tabla 27. Incremento de biomasa y valoración económica de <i>L. racemosa</i> en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).	108

## **FIGURAS**

Figura 23. Bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	110
Figura 24: Evaluando los ejemplares de mangle de Puerto Pizarro.	110
Figura 25. Saliendo y trasladándonos a otra zona del bosque del manglar de Puerto Pizarro.	111
Figura 26. Trabajo de campo en zona del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	111
Figura 27. Midiendo el área de una parcela del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	112
Figura 28. Ejemplar de <i>R. mangle</i> del bosque del manglar de Puerto Pizarro.	113

Figura 29. Ejemplar de <i>L. racemosa</i> del bosque del manglar de Puerto Pizarro.	114
Figura 30. Ejemplares de <i>A. germinans</i> del bosque del manglar de Puerto Pizarro.	115
Figura 31. Midiendo altura de ejemplar de <i>R. mangle</i> del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	116
Figura 32. Clinómetro para medir altura del árbol del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	117
Figura 33. Equipo multiparámetros y potenciómetro para medir parámetros ambientales del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	117
Figura 34. Bosque con la presencia de aves del ecosistema del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).	118

# Los biotipos del bosque del manglar de Puerto Pizarro – Tumbes y su, relación con la capacidad de secuestro de carbono y valoración económica durante las estaciones del año

Marco Antonio Zapata-Cruz<sup>a</sup> Ramón García-Seminario<sup>b</sup>

## RESUMEN

El ecosistema del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú) con sus biotipos más abundantes *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, concibe diversos bienes y servicios al ambiente, entre estos, la captura de carbono, se requiere de información básica para implementar medidas en su utilización, con estrategias de mitigación y valoración por el importante servicio ambiental que ofrecen. El objetivo fue cuantificar y valorar económicamente la reserva de carbono por biotipo durante las estaciones climatológicas. El área de estudio fue de 830,14 ha, la muestra de campo estuvo constituida por 41 parcelas de 1 ha. La metodología de la investigación comprendió los protocolos utilizados por Kauffman et al. (2013) para carbono de manglar, y las tablas de volúmenes para tres especies de mangle utilizadas por Prestegui (2014). Utilizando ecuaciones alométricas, no se utilizó el método destructivo. Los árboles de *R. mangle*, conservaron los árboles de mayor DAP (Diámetro a la altura del pecho) y capturaron el 6,02% del Carbono, como incremento durante las estaciones, durante el verano se capturó el mayor porcentaje promedio 2,72%, (respecto a la biomasa inicial), los árboles de 15,0 a 19,9 cm de DAP capturaron el 3,26% durante el verano. Por biotipo la mayor captura de carbono se dio en *L. racemosa*, a continuación *A. germinans* y *R. mangle*. Las tres especies almacenaron carbono en 86,5 t/ha CO<sub>2</sub> e valorizado en \$ 5 023,6/ha. Estos valores expresan su importancia para que los beneficios puedan ser utilizados con los actuales mecanismos de mercado y ayuden al trabajo local de preservación. El resultado expresó que la biomasa y la reserva de carbono tuvieron mayor incremento en verano, según la dimensión diamétrica y la población de cada biotipo y la mejor estación climatológica fue verano.

Palabras clave: biomasa aérea, dióxido de carbono equivalente, ecuaciones alométricas, Carbono almacenado total, dimensión diamétrica, servicio ambiental.

- a. mzapatac@untumbes.edu.pe Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar. Universidad Nacional de Tumbes.
- b. rgarcia@untumbes.edu.pe Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Tumbes.

# **The biotypes of the mangrove forest of Puerto Pizarro - Tumbes and their, relationship with the carbon sequestration capacity and economic valuation during the seasons of the year**

Marco Antonio Zapata-Cruz<sup>a</sup> Ramón García-Seminario<sup>b</sup>

## **ABSTRACT**

The ecosystem of the mangrove forest of Puerto Pizarro (Tumbes, Peru) with its most abundant biotypes *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa*, conceives various goods and services to the environment, among them, the capture of carbon to implement basic information, such as measures for its use in mitigation strategies and the important environmental service they offer. The objective was to quantify and economically assess the carbon stock by biotype during the seasons of the year. The study area was 830,14 ha, the field sample consisted of 41 plots of 1 ha. The research methodology included the protocols used by Kauffman et al. (2013) for mangrove carbon, and volume tables for three mangrove species used by Prestegui (2014). Using allometric equations, the destructive method was not used. The *R. mangle* trees conserved the largest population with trees with the highest DBH (Diameter at breast height) and captured 6,02% of the Carbon, as an increase during the seasons, during the summer the highest average percentage was captured (2,72%, with respect to the initial biomass), trees from 15 to 19,9 cm DAP captured 3,26% during the summer. By biotype, the highest carbon capture occurred in *L. racemosa*, followed by *A. germinans* and *R. mangle*. The three species stored carbon in 86,5 t CO<sub>2</sub> e ha<sup>-1</sup> valued at \$5 023,6 ha<sup>-1</sup>. These values express their importance so that the benefits can be used with current market mechanisms and help local preservation work. The result expressed that the biomass and the carbon reserve had a greater increase in summer, according to the diameter dimension and the population of each biotype and the best climatological season was summer.

Keywords: aerial biomass, equivalent carbon dioxide, allometric equations, total carbon stored, diametric dimension, environmental service.

- a. [mzapatac@untumbes.edu.pe](mailto:mzapatac@untumbes.edu.pe) Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar. Universidad Nacional de Tumbes.
- b. [rgarcia@untumbes.edu.pe](mailto:rgarcia@untumbes.edu.pe) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Tumb

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un alto nivel de contaminación por diversas fuentes, que están generando un progresivo aumento de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmosfera, como causante principal del efecto invernadero que afectan a todos los seres vivos del planeta (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2019), lo que preocupa a la comunidad científica.

El ecosistema manglar tiene importancia muy especial, no solo por el aspecto ambiental y económico (Castillo et al., 2018), sino que va más allá, por los beneficios que otorga a la sociedad, incluyendo capturar Carbono como servicio (Donato et al., 2011; Mcleod et al., 2011). Aunque, el manglar ocupa sólo el 0,5% del área costera mundial, aporta entre el 10 al 15% (24 Tg C/año) al almacenamiento de carbono de los sedimentos costeros y exporta del 10 al 11% del carbono terrestre particulado al océano. Su contribución desproporcionada al secuestro de carbono es una forma de conservación, rehabilitación y contribución para mitigar el efecto invernadero disminuyendo la emisión de gases (Alongi, 2014).

El Perú cuenta de una extensión aproximada de 4 500 ha de bosque manglar, sin embargo, existen amenazas, como son la presencia de empresas camaroneras que ya han causado una severa deforestación, afectando el ecosistema y arrojando desechos líquidos con sólidos en suspensión de cultivos acuícolas; la sobre explotación de moluscos y crustáceos por extracción, la producción de desechos sólidos y líquidos en las comunidades cercanas y los agroquímicos utilizados en la

agricultura. Estas actividades antropogénicas están conduciendo a una disminución rápida de una importante población del bosque manglar; como está sucediendo en los países del Pacífico Oriental Tropical, donde, en los últimos 40 años, más del 40% de su población ha desaparecido, debido a las razones descritas, además, de que sus beneficios no se han valorado adecuadamente (Tanner et al., 2019; Sannigrahi et al., 2020).

En el Perú y específicamente en el litoral de Tumbes, existen pocos estudios científicos realizados en cuanto a asimilación, almacenamiento y valoración económica de carbono en el ecosistema manglar, donde predominan tres biotipos principales: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* que ofrecen importante servicio ambiental. Por ello, resultó de enorme necesidad realizar esta investigación, cuyo objetivo fue, cuantificar y valorar económicamente la reserva de carbono en los biotipos del bosque de manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú) durante las estaciones del año, lo que permitirá obtener información necesaria que, motive la realización de futuros proyectos considerando la oferta de bonos por carbono.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

En captura de carbono, los humedales, entre los cuales se considera el bosque de manglar, son los ecosistemas más productivos, proporcionan servicios importantes y realizan una función ecológica para respaldar la economía, brindan apoyo en forma indirecta y corrientemente no es reconocido. Al respecto Moreno-Martínez et al. (2021) expresaron que la existencia de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, están relacionadas básicamente al sistema hídrico que ostenta el suelo, la salinidad y el pH, la captura de carbono fue aéreo y también edáfico y osciló de 41,5 Mg/ha a 165 Mg/ha relacionado a la magnitud de cuanto son afectadas estas especies. Pérez-Peña & Robles-Jarero (2020) evaluaron la condición estructural del bosque de manglar constituida por *R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*, encontraron que el mayor desarrollo fue en el estero con borde-continental, y los árboles jóvenes, cuya altura media fue de 6,17 m, el DAP fue de 19,21 cm. Según Ortiz (2003) en condiciones ambientales favorables el crecimiento en altura, para *R. mangle*, fue entre 3,6 y 5,1 cm/mes, en situaciones adversas creció en 1,56 cm/mes, y *L. racemosa* fue 6,6 cm/mes de altura y de 2,92 cm/mes, el crecimiento en diámetro en *R. mangle*, fue entre 0,17 y 0,08 cm/mes. Suyadi (2020) estudió las características del paisaje y la vegetación de mangle el cual varió entre las condiciones hidrodinámicas, mientras que el sustrato del manglar no tuvo variación significativa con la distancia a partir del mar, dominado por arcilla y lodo (3,9 - 63  $\mu\text{m}$ ), las medias fueron: salinidad: 34,1 ups, la temperatura de 29,3 °C, el oxígeno disuelto de 3,2 mg/l y la reserva de carbón sobre el suelo fue de  $752 \pm 17,6$  Mg C/ha y según Harishma et al. (2020)

reportaron que el promedio de biomasa acumulada en el bosque del manglar de Kerala fue de  $117,11 \pm 1,02$  t/ha (la biomasa aérea fue  $80,22 \pm 0,80$ , y la biomasa subterránea fue  $36,89 \pm 0,23$  t/ha), entre los biotipos encontrados tenemos, *Avicennia marina* con la mayor biomasa (162,18 t/ha) y la menor biomasa se observó en *Sonneratia alba* (0,61 t/ha) con una reserva de carbono promedio de 139,82 t/ha equivalente a 513,13 t/ha CO<sub>2</sub> e con almacenamiento de vegetación y suelo de 58,56 t C/ha y 81,26 t C/ha respectivamente. Según Suyadi et al. (2020) utilizando ecuaciones alométricas, estimaron las existencias de carbón sobre el suelo y los beneficios económicos en toda la región de Auckland, de 40,2 Mg C/ha con más del 75% contenido en la biomasa de los árboles. incluyendo árboles, plántulas, neumatóforos y desechos leñosos, en total el carbón sobre el suelo almacenado en la Región fue de 384 451 Mg C equivalente a USA \$ 70 millones. Para Thorhaug et al. (2019) la productividad de carbono de manglar se incrementó con la temperatura al sur de la cuenca, las existencias son altas, para las 650 482 ha estuvo en 196,88 Tg, (México). Existe carbono orgánico acumulado por mangle de 112,74 Tg más 84,14 Tg de EE. UU, la existencia en la profundidad (sedimentos) fue superior a 366,78 Tg (costa central de Veracruz / Tabasco). Según Komiyama et al. (2019) hubo una relación significativa entre el cambio estacional, en la salinidad del agua en el suelo y el crecimiento del tronco de *Avicennia alba*, se incrementó durante las lluvias, esto causó oscilaciones en los porcentajes salinos de la tierra y posiblemente en la cantidad de nutrientes y permitió el mejor desarrollo del tronco durante las lluvias. Según Kathiresan et al. (2019) *Rhizophora mucronata* acrecentó su desarrollo con la podadura, mostrando efecto en la altura en un 16,3% en la planta podada, contra un control sin podar. Fatoyinbo et al. (2018) cuantificaron las existencias de C (tanto por encima como por debajo del suelo) y cambios para calcular con precisión las emisiones y secuestro, al comparar Lidar H100 la Biomasa aérea promedio osciló entre 192 Mg/ha hasta 252 Mg/ha, sugieren utilizar Lidar H100 para predecir Biomasa aérea, el total de la Biomasa aérea del Lidar inventariando

mangle para el área de 6 654 ha fue de 1 350 902 Mg con una Biomasa aérea promedio de 203 Mg/ha  $\pm$  166 Mg/ha. Según Ccoropuna (2017) reportó que el total de carbono que se almacenó respecto al total de área del bofedal de Chalhuanca, fue calculada para el área de 882,54 ha, resulto que fue 795 415, 65 t CO<sub>2</sub>, el C/g en muestra de la biomasa aérea fue mayor (49,11%), y a continuación el carbono orgánico del suelo (43,05%), y bajo el suelo la biomasa fue de 42,53% y de 1,99% para el suelo mineral, pero el almacenamiento de C entre los diversos depósitos fue significativamente diferente, debido a que el suelo secuestra cantidades mayores de éste 218,28 t C/ha (equivale al 90%), y a continuación, bajo el suelo con la biomasa de 19,72 t C/ha (equivalente al 8%), y la parte aérea tiene una biomasa de 4,77 t C/ha (equivalente al 2%). Kamruzzaman y Osawa (2017) reportaron que la biomasa aérea y la biomasa subterránea aportaron a la biomasa total de manglar con el 68,49% y 31,51%, respectivamente, y esto es casi igual a los sistemas de manglar en las zonas oligohalinas. Según Adame et al. (2015) las islas con colonias permanentes de aves tienen la mayor cantidad de nutrientes en el suelo, que son utilizados por los árboles de mangle y les permiten superar las limitaciones de nutrientes los aportes son estacionales, con mayores aportes durante la temporada de anidación. Adame et al. (2013) cuantificaron las existencias de Carbono, midiendo la biomasa aérea y subterránea, la madera caída y el C del suelo, los manglares altos tenían las mayores existencias de C de 987  $\pm$  338 Mg/ha los medianos con 623  $\pm$  41 Mg/ha, los enanos con 381  $\pm$  52 Mg/ha y marismas 177  $\pm$  73 Mg/ha, y el C del suelo comprendió la mayoría de las reservas de C del ecosistema (78–99%), los humedales costeros de Sian Ka'an, que cubren 172 176 ha pueden almacenar 43,2 a 58,0 millones de Mg de C, con su clima de verano de 1 588 mm (media anual), la temperatura de 26 °C, con rango anual entre 20 y 31 °C y recibe frecuentes tormentas tropicales y huracanes. Flores y Luna (2011) concluyeron, que las capturas totales para carbono estimadas en 2 972 ha en el Manglar de Tumbes, evaluada en el Santuario Nacional, en 2 128,27

ha, registró 34 764 396,6 t de carbono fijados por el bosque existente. valorizados en \$ 104 293 188 como precio mínimo y un valor de \$ 1 216 753 881 como valor máximo. Según Valdés et al. (2011) reportaron para suelos pertenecientes a rodales de *L. racemosa* con *R. mangle* en Nayarit, alta cantidad de carbono orgánico, en un tenor de 106,7 Mg C/ha y la menor cantidad fue de la asociación de *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*, de 73,7 t C/ha; pero no tuvieron significancia, los mangles conservan la mayor cantidad de Carbono, alcanzando hasta 1 023 toneladas de Carbono por hectárea (Donato et al, 2011), por lo que debe ser considerado de importancia en las tácticas de amortiguación del cambio climático por medio de reforestación (Kauffman et al., 2010). Por su parte Moreno et al. (2010) manifiesto, que el predominio estacional de la captura de carbono en plantas de mangles fue indiscutible, las mareas influenciaron significativamente, alcanzó el mayor almacenamiento en las épocas de Nortes y secas, el secuestro del carbono fue mayor en bosques de suelos anegados con dominio de mangle rojo en comparación con parcelas inundadas esporádicamente, con dominio de mangle botoncillo. Concluyó que los suelos arenosos y neutros con predominio de mangle rojo, tienen mejor potencial de secuestro de carbono. De la Peña et al. (2010) estimaron la biomasa aérea total, el carbono almacenado y de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) para cada biotipo y zona, el bosque de manglar pudo alcanzar un almacenamiento entre 6,9 y 45,7 t C/ha (entre la Luna y la Rinconada). Hernández (2009) indicó que, los humedales en su suelo, captan el carbono por intermedio de plantas, éstas fijan el CO<sub>2</sub> atmosférico y lo transforman en carbono orgánico, reportando producciones de 0,4 a 32,0 Mg C/ha\*año en distintas ciénagas y los suelos saturados con agua, beneficia el acopio del carbón al reducir la desintegración del material orgánico. Según, Lovelock et al. (2007) al estudiar el rol de los nutrientes en el crecimiento de los manglares, encontró que, la sedimentación, incrementó el área de hábitat y estimuló el crecimiento, en los estuarios

con altas cargas de sedimentos, el enriquecimiento con N provocó un mayor crecimiento de los manglares.

Respecto al cálculo del volumen, Ramos-Uvilla et al. (2014) confirmaron que el diámetro y la altura son excelentes y sensibles para pronosticar el volumen y se confirma con las ecuaciones y tablas de volumen como herramienta principal. Huanca y Camala (2021) utilizaron ocho modelos matemáticos, evaluaron el uso de las variables y enunciaron las ecuaciones para pronosticar esa conducta. Para comprobar la principal ecuación respecto al volumen de comercio se utilizó la clasificación de Philip (2004) ecuación utilizada para estimar el volumen de las especies utilizadas, fue del modelo Schumacher – Hall en *Apuleia leiocarpa*. Ramos-Uvilla, et al. (2014) entre aquellos modelos ensayados entre *P. lawsonii* y *P. oocarpa* se confía el de Schumacher-Hall, al resultar excelentes estadísticos y la mejor precisión para los valores de observación y estimación respecto al volumen del fuste con corteza. Prestegui (2014) utilizando como modelo Schumacher-Hall 2 ( $\text{Log}_{10} \text{VFT} = b_0 + b_1 \cdot \log_{10} D + b_2 \cdot \log_{10} H$ ) exhibió el menor índice de Furnival al contrastarlo con diferentes modelos ajustados, el volumen de 101 árboles de *L. racemosa*, 87 árboles de *R. mangle* y 112 árboles de *A. germinans*, pudieron tasarse con confiabilidad, ya que expresaron de forma segura, la relación con las variables: diámetro, altura y volumen. Según Tapia y Návar (2011) las ecuaciones de volumen, en específico la de Schumacher y Hall pronosticaron convenientemente el volumen del fuste en su totalidad, y accesitariamente la ecuación de Spurr aritmética. Según Corral-Rivas y Návar-Cháidez (2009) la ecuación de Schumacher y Hall (1933) se recomienda para bosques templados y poder hacer el cálculo del volumen para los árboles madereros, con ecuaciones del tipo potencia o logarítmico en términos de diámetro y altura deducen a conocer el volumen, la comparación de los volúmenes reales de árboles

con los estimados a partir de las ecuaciones confirma la hipótesis más allá de lo práctico. Según, Castillo et al. (2018) entre los meses de julio y diciembre de 2016, obtuvieron una estructura asociada con la vegetación del manglar, con 10 unidades de 10 ×10 m (100 m<sup>2</sup>) con la muestra del 4% calculando en total un volumen de 10,30 m<sup>3</sup> como total del rollo del árbol, siendo el mangle blanco, *L. racemosa* el que brinda el volumen mayor equivalente a 8,05 m<sup>3</sup> como rollo total del árbol. Según Sol-Sánchez et al. (2015), *A. germinans* alcanzó el volumen total de 68,3 m<sup>3</sup>/ha, las flores y frutos recolectados en periodo de lluvia, fueron de mejores características en tamaño, peso y en humedad, que los colectados en la época de seca, y se acomodaron seleccionando los valores obtenidos en base al diámetro con clases de una amplitud de 5 cm. Según Monroy-Torres et al. (2014), la ubicación característica de una floresta de manglar es con una leve tendencia de declive y con agudo accionar de las mareas, en esta zona sub litoral predomina *R. mangle*, y siempre permanece inundada, en la zona de la intermareal media predomina *L. racemosa* y los densos matorrales predominantes con *A. germinans*, y la zona supra litoral cerca de la marisma, conformada de matorrales dispersos de *A. germinans*.

Los estudios fenológicos realizados por Peña Velasco (2021); Songsom et al. (2021); Songsom et al. (2019); Pólit (2016); Garcés y Castellanos (2016) y Sol-Sánchez et al. (2015) determinaron que en *R. mangle* los propágulos, las flores y frutos recolectados en periodo de lluvia, fueron de mejores características en tamaño, peso y en humedad, que los colectados en la época de seca, fueron resistentes a las variaciones climatológicas con diferencias significativas de que los propágulos supervivan en estación seca y lluviosa, la temporada de crecimiento duró aproximadamente de 8 a 9 meses, comenzando en primavera, alcanzando su punto máximo en verano y terminando en otoño del año siguiente.

El Santuario Nacional de Tumbes, formado por el bosque Manglar presenta un clima semi-árido, y temperatura promedio de 22 a 27 °C y la humedad relativa entre 72 y 86%. presenta precipitaciones por año inferiores a los 100 mm, lluvias de tipo “monomodal” (verano) y los meses posteriores son periodos secos, a excepción de la presencia del fenómeno El Niño con aumento de lluvias, como entre los años 1997 y 1998, con niveles de 2 700 mm (ParksWatch, 2003; SNLMT - Plan Maestro 2007-2011).

Sobre, el valor económico total, según la International Carbon Action Partnership (ICAP, 2021) el estado mundial del comercio de emisiones de ICAP 2021 muestra un crecimiento significativo en la cobertura de los sistemas de comercio de emisiones (ETS) con este lanzamiento en China y una fuerte respuesta al COVID-19 entre los sistemas vigentes en todo el mundo, las emisiones globales cubiertas por un ETS casi se duplicaron en 2021, en general, un tercio de la población mundial vive ahora bajo un ETS vigente, debemos tener en cuenta que al 2017 el precio del carbono respecto al Costo Social de emisiones no fue la expresión del costo total de las medidas de atenuación dadas como políticas por la Unión Europea (ICAP, 2017). Evaluaciones realizadas por Castellón (2019) muestran que el ecosistema produce 9 bienes para la comunidad a US \$ 23 622,93 ha/año y US \$ 5 549,58 ha/año por la captura y almacenamiento, el Valor Económico Total (VET) correspondió a US \$ 310 465,79 los servicios ecosistémicos y el valor económico del crédito por el carbono de la atmosfera y suelo indicaron mayor importancia en la época de lluvias debido a las precipitaciones que favorecieron la mayor cantidad de carbono. Según Tanner et al. (2019) más de 778 000 t de C se secuestraron en los manglares de Galápagos, siendo el promedio  $211,03 \pm 179,65$  Mg C/ha valorizado en 2 940 US \$/ha o US \$ 22,838 US \$/ha de acuerdo a la valuación metodológica. Para Gamarra (2019) en Cajamarca, se calculó

la disminución de CO<sub>2</sub> vinculados claramente a proyectos forestales, en cuanto a certificaciones de emisiones reducidas (CER) factibles de conseguir, para un área terrestre específica y por la duración en tiempo de la certificación; se cuantificaron por 261 000 t CO<sub>2</sub> e en el proyecto forestal con pino radiata, con bono a precio promedio de 17,03 EUR/CER, para el VNA del proyecto se utilizó el valor de 6,40 EUR/CER y el interés del BCRP de 2,75%, alcanzó un VNA de US \$ 1 068 994,46 y la TIR de 11,89%. Según, Alatorre et al. (2019) por el punto de vista económico, al tener en cuenta el reto planteado frente al cambio del clima, demanda organizar políticas públicas, y asignar al Carbono un Costo Social, lo define al valorizar monetariamente el daño ocasionado al exponer al ambiente adicionalmente una tonelada de carbono en un momento dado, las evidencias indican potencialmente un valor de 25,83 UA \$/t del carbono a ser usados para analizar la eficiencia económica o el costo beneficio, un precio conservador por probables informes negativos, que positivos para tiempos futuros. Parry y Mylonas (2018) indicaron que, la perspectiva pan-canadiense sobre la fijación de precios del carbono, garantizan una tendencia cada vez mayor en el tiempo para disminuir las emisiones. con el precio mínimo de diez \$ de Canadá/t de CO<sub>2</sub> e desde 2018, aumentando a 50 \$ de Canadá/t el 2022, concluyendo que los costos de bienestar y los asuntos de implementación son factibles de manejar y los importes brindan distintos ingresos significativos. Aun así, el precio mínimo es mucho menor que el necesario para el 2030. Mayorca et al. (2018) indicaron que, el negocio de bonos de carbono, es usado internacionalmente, para mitigar la emisión de los gases de efecto invernadero a la atmósfera, una oportunidad de desarrollo del mercado de bonos de carbono, en la actualidad, en el Perú los proyectos REDD+ impulsan el mercado de bonos de carbono, orientado a la protección de los bosques, áreas naturales y a la reforestación. Asimismo, plantearon que el Perú se encuentra en proceso de regular las emisiones de carbono. Para Gerlagh y Liski (2013) identificar un costo social del carbono (CSC) para el futuro mayor promete certidumbre como

componente fundamental hacia la meta de innovar, las técnicas de substituir bienes y servicios intensivamente en carbono y para poder conservar los ratios de ahorrar y de inversiones futuras, asimismo, el valor óptimo del carbono es muy diferente de los valores asumidos por la externalidad negativa, el precio social del carbono desglosado del sumario de la información existente, resulta escaso para solucionar el reto presentado por el cambio climático (Ackerman y Staton 2011; CEPAL 2015). Respecto a precio de carbono en el Perú, Eguren (2020) expresó que, el problema de la variación climática crea un precio a la sociedad en su conjunto que no se refleja con el costo de bienes y servicios promotores al exponer gases de efecto invernadero y se produce a raíz de distorsiones en el mercado y es necesario considerar estas externalidades negativas, esta percepción acopia el costo al carbono, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú ha considerado el precio social del carbono en US \$ 7,17 por t CO<sub>2</sub> e, el rango de precios en iniciativas existentes oscila entre US \$ 1 y 127/ tCO<sub>2</sub> e, el 51% de las emisiones cubiertas tienen un precio menor a US \$ 10 / tCO<sub>2</sub> e, en ingresos se han recaudado aproximadamente US \$ 44 mil millones por el costo del carbono en 2018. Según Siikamäki et al. (2012) la prevención respecto a la disminución del manglar es viable para disminuir las exposiciones totales de GEI a un valor aproximado entre US \$ 4 y 10 la tonelada de CO<sub>2</sub> si el suelo presenta elevado nivel de carbono, el menor costo por crédito de resarcimiento, de 10 US \$/tCO<sub>2</sub> significaría el 60% del ofrecimiento viable global. De la Peña et al. (2010) la valoración fue entre 87,76 y 591,41 US \$/t CO<sub>2</sub> e/ha, de acuerdo a precios del Banco Mundial, por los Certificados de Emisiones Reducidas (CERs) forestales no permanentes. Kiwitt-López (2009) en América latina al 2009 hubo 791 proyectos de MDL que se registraron y validaron, 29 fueron para Perú, de los 791 proyectos, en su mayor parte fueron para Energías Renovables, asimismo hubo 129 proyectos para relleno sanitario y uno para forestación y once de reforestación. Según Justo (2009) afirmó que al 2009, el Perú ocupó el octavo lugar en el mundo al ofrecer proyectos de MDL, según Brack (2009)

el Perú es un país estratégico en el mercado de bonos de carbono y al año 2009 tuvo veinticinco proyectos de MDL en implementación, valorados en quinientos millones de dólares en las regiones de Junín, La Libertad y Ancash. García (2008) afirmó que en el Perú las centrales hidroeléctricas de: Poechos (Piura) y Santa Rosa en Chosica, recibieron en conjunto 63 mil 661 bonos en febrero 2007, en su condición de fuentes renovables de energía. El Costo Social del Carbono, se orienta a encontrar económicamente el costo producido adicionalmente por una tonelada de CO<sub>2</sub> expuesta a la atmosfera por las actividades económicas, el bienestar de la sociedad y los ecosistemas (Stern, 2007; Watkins y Downing, 2008). El cambio del clima o climático, es la externalidad negativa general emitida a la atmosfera, sin valor económico, la emisión de los gases que ocasionan efecto invernadero, deriva en cambio del clima (Stern, 2007).

## **2.2. Bases Teórico-Científicas**

La fotosíntesis. “Producción de azúcar dependiente de la luz a partir de CO<sub>2</sub>. El cloroplasto endosimbiótico es la ubicación celular para la mayor parte de este metabolismo en las plantas, pero se produce algún metabolismo adicional en el citosol para producir los azúcares que serán transportados por la planta, principalmente sacarosa y también alcoholes de azúcar, como sorbitol y manitol. La evolución de la fotosíntesis oxigenada jugó un papel importante en la oxigenación de la atmósfera de la Tierra. Lo que les permitió desarrollar sistemas bioenergéticos más eficientes” (Medrano et al., 2012, p. 9 - 19).

El cambio climático mundial, “modificaciones en el clima mundial originadas por el aumento de la proporción de gases, denominados de invernadero, en particular CO<sub>2</sub> emitidos como subproductos de las actividades humanas” (Odum y Barrett, 2006, p.519).

Efecto invernadero, “calentamiento del clima de la tierra que se atribuye al aumento de concentración de CO<sub>2</sub> y algunos otros contaminantes gaseosos en la atmosfera. Los gases invernaderos (metano, ozono, óxido nítrico y cloro fluo carbonos) absorben la radiación infrarroja emitida por la tierra al recibir calor por parte del sol y reflejan la mayor parte de la energía calorífica de nuevo hacia la tierra, dando como resultado un calentamiento mundial potencial” (Odum y Barrett, 2006, p. 519).

El ciclo del carbono, “la atmósfera es el reservorio menor de dióxido de carbono, mientras que los océanos son el reservorio principal, conteniendo hasta 50 veces más que el aire donde se almacena como depósito de bicarbonato mineral en el fondo del océano. Este último regula el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera. El ciclo opera en forma de intercambio de dióxido de carbono entre la atmósfera, la biosfera y los océanos” (De Kumar and De Kumar, 2009, p. 41).

El carbón, “es sustancialmente más abundante que el petróleo o el gas, y el depósito total es de  $7 \times 10^{12}$  toneladas métricas, lo que equivale a  $5 \times 10^{22}$  calorías. Esto es 1000 veces más que el consumo total de energía global de todos los combustibles. El defecto natural del carbón es que es un combustible sucio para quemar. En la combustión, emite dióxido de azufre, que es un gas ofensivo, forma ácido sulfúrico en

el aire y provoca lluvia ácida en lugares lejanos. Por lo tanto, presenta riesgos ambientales” (De Kumar and De Kumar, 2009, p. 41).

Sumideros de Carbono. “Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros de C por su función vital principal, la fotosíntesis. Mediante esta función, los vegetales absorben CO<sub>2</sub> que compensa tanto las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones producidas en otros procesos naturales, la descomposición de materia orgánica” (Mota et al., 2010).

Por su importancia el manglar, “simboliza un ecosistema sumamente productivo, alberga una gran diversidad biológica y suministran recursos y servicios ambientales. Tienen un trascendental rol ecológico y económico ha sido reconocido a nivel nacional e internacional. Los bosques de manglar evolucionan en las llanuras costeras de trópicos y subtropicos, básicamente junto a lagunas costeras y esteros, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos”. (Rodríguez-Zúñiga et al., 2013).

### **2.3. Definición de términos básicos**

Biotipo. “forma típica de un organismo (persona, animal o planta) que puede considerarse un modelo de su especie, variedad o raza” (Zerón, 2011, p. 22).

Biotopo, “área geográfica ocupada por conjunto de comunidades biológicas, animales y plantas que ocupan la biocenosis” (Sánchez-Cañete y Pontes, 2010, p. 275).

Biomasa. “Peso de materia viva que, de manera típica, se expresa como peso seco por unidad de área o volumen” (Odum y Barrett, 2006, p.512).

Cambio climático mundial. “Modificaciones en el clima mundial originadas por el aumento de la proporción de gases, denominados de invernadero, en particular CO<sub>2</sub> emitidos como subproductos de las actividades humanas” (Odum y Barrett, 2006, p. 513).

El ecosistema, “es la unidad funcional en ecología, formado tanto por la comunidad biótica (organismos vivos) como por el medio ambiente abiótico. Este último tiene una estrecha interacción esencial para el mantenimiento de los procesos de la vida. La interacción se lleva a cabo por el flujo de energía (energía solar) en el sistema y el ciclo de los materiales, ciclos naturales” (De Kumar and De Kumar, 2009, p. 2 y p. 9).

Ecosistemas de humedales, “Los humedales son tierras de transición entre ecosistemas y sistemas terrestres donde el agua se mantiene de 2,5 a 300 cm durante la mayor parte del año. Incluyen valiosos ecosistemas naturales que albergan una amplia variedad de plantas, animales, peces y microorganismos. Actualmente están en peligro debido a la creciente urbanización, como en el caso de la parte oriental de Calcuta” (De Kumar and De Kumar, 2009, p. 2 y p. 9).

El hábitat, “es el lugar donde vive o se encuentra un organismo (especies o poblaciones) en un ecosistema” (Sánchez-Cañete y Pontes, 2010, p. 278).

Manglares, "(bosque entre tierra y mar) Los manglares son comunidades forestales importantes en zonas de mareas o costas ecuatoriales y tropicales" (De Kumar and De Kumar, 2009, p. 11).

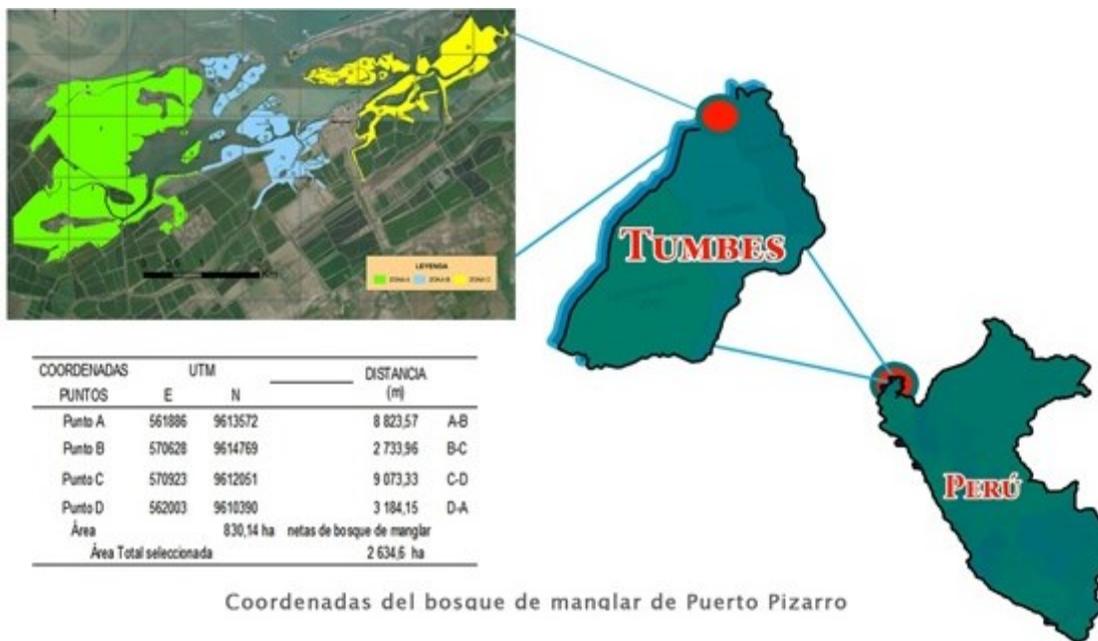
Población. "conjunto de especímenes de la misma especie que habitan un área en determinado momento" (Odum y Barrett, 2006, p. 528).

Sistema de posicionamiento mundial (SPM). "Sistema que determina las ubicaciones sobre la superficie terrestre, incluyendo longitud, latitud y altitud, por medio de señales satelitales de radio" (Odum y Barrett, 2006, p. 531).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localidad y periodo de ejecución

El Área estudiada fue el bosque manglar perteneciente a la localidad de Puerto Pizarro. (Tumbes, Perú) ubicado en la cuenca baja de la margen derecha del río Tumbes, es un ecosistema bañado por agua marina mediante dos canales de marea (Puerto Rico y Puerto Jeli). Está formado por árboles y arbustos esclerófilos de raíces fúlcreas o zancos, con neumatóforos, dominados por *Rhizophora mangle*, *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa*, también la presencia de otras especies de árboles o arbustos asociados. Es un sistema ecológico costero muy productivo, se encuentra cercado por empresas camaroneras y por la población, que la conforman aproximadamente 6 000 pobladores, el 10% de ellos se dedican a la actividad extractiva (pesca), para el consumo y comercio. Hay 14,20 km de distancia entre Tumbes y Puerto Pizarro y altitud de 4 m.s.n.m. Abarca una superficie de aproximadamente 830,14 ha de bosque de manglar, que representa el 18,45% del área de manglar de la región Tumbes, de una extensión aproximada de 4 500 ha con las que cuenta el Perú. Se localiza entre las coordenadas indicadas en la Figura 1 y 2. El periodo de ejecución fue un año, de marzo de 2018 a marzo 2019.



**Figura 1. Área de estudio, ecosistema manglar en Puerto Pizarro (Tumbes, Perú).**

### 3.2. Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

La investigación fue de tipo descriptivo, con diseño transversal para calcular la reserva de carbono de acuerdo a la biomasa existente y con diseño longitudinal para calcular el carbono capturado durante las estaciones climáticas por los biotipos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La Población estuvo compuesta por las comunidades de biotipos correspondientes a las especies: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* del bosque manglar del ecosistema de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú) comprendidas en 830,14 ha y la unidad de muestreo estuvo constituido por 41 parcelas del bosque de manglar de 01 ha y se evaluó el 25% de cada una (Tabla 1 y Figuras 1 y 2) previamente seleccionadas por las facilidades de acceso a ellas, de 0,25 ha (50 m \* 50 m) no se consideró el almacenamiento de carbono en el suelo (usado para evaluar secuestros

en periodos largos). El tamaño de muestra se trabajó con la fórmula utilizada por Bolaños (2015) basada en la propuesta de Murray y Larry (2005):

$$n = \frac{z^2 Npq}{z^2 pq + e^2 (N - 1)} \quad \dots\dots (1)$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = población (830,14 ha)

Z = coeficiente de confianza al 95% de distribución normal: 1,96

p = proporción esperada (en este caso 0,5)

q = 1-p: (0,5)

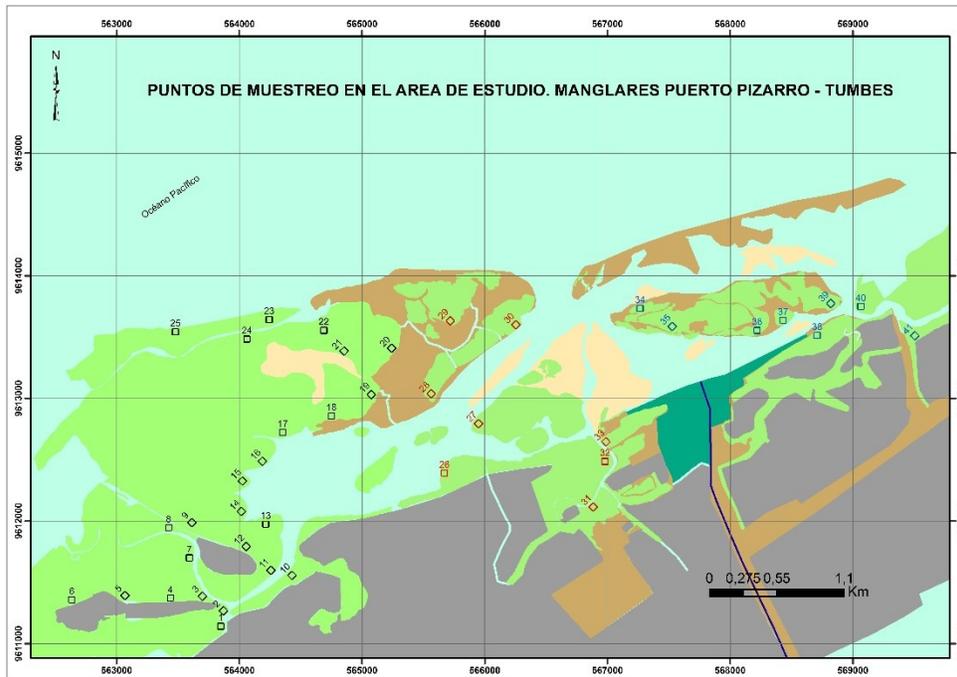
e = error permisible: 0,15

Se realizó el cálculo del Rango utilizando la siguiente fórmula:

$$R_n = \frac{Area(ha)}{T.Muestras} \quad \dots\dots\dots(2)$$

**Tabla 1. Parcelas de muestra según el área de manglar**

Zona	Área (ha)	%	N° Parcelas de muestra
A	515	62	25
B	155	19	8
C	160	19	8
Total	830	100	41



**Figura 2. Ubicación de parcelas de muestreo del ecosistema de manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú).**

La técnica empleada para el muestreo fue no probabilística por áreas, seleccionando transectos en zonas accesibles, de acuerdo a la clasificación en unidades vegetales categorizando los biotipos más representativos del bosque de manglar estudiando las especies: *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*.

### **3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizaron técnicas de observación y medición en el área de estudio, el bosque de manglar de Puerto Pizarro. El proceso de la investigación comprendió las fases:

**Campo**, donde se identificaron los tipos de mangles presentes en las zonas de estudio y se recolectaron las medidas de los ejemplares en las 41 parcelas de muestreo.

**Gabinete**, Se analizó e interpretó la información obtenida para calcular el carbono y su valoración económica.

La metodología de evaluación estuvo basada en los protocolos utilizados por: Arévalo et al. (2003) y Kauffman et al. (2013) para carbono en manglares, aceptados por la IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático por sus siglas en inglés) y las tablas de volúmenes para tres especies de mangles en Prestegui (2014), con la utilización de Ecuaciones Alométricas.

En la Fase de Campo se realizó el siguiente procedimiento metodológico: Se delimitó el área de estudio en el bosque, se realizó el inventario y medición de las características diamétricas de cada árbol. El ingreso se realizó utilizando una embarcación con motor fuera de borda. El inventario consistió en recolectar información respecto al número de árboles de cada especie por parcela de muestreo, el Diámetro a la altura del pecho (DAP) y la Altura Total (HT). Para evaluar el crecimiento, se midieron los parámetros dasométricos, básicamente el diámetro (DAP) y la altura total de los ejemplares, y se agruparon en categorías diamétricas con una amplitud de 5 cm (Sol-Sánchez et al., 2015). Para calcular la reserva de carbono por tamaño y biotipo del bosque de manglar durante las estaciones del año, se tomaron como muestra, dos ejemplares de cada biotipo y clase diamétrica existentes, y en ellos se evaluó el crecimiento en diámetro y en altura total, durante cada estación, iniciando a fines de verano, y evaluando otoño, invierno, primavera y verano entre los años 2018 y 2019.

El volumen de los árboles fue calculado con la información sobre el diámetro (DAP) y la altura total, utilizando la expresión matemática, en las tablas de volúmenes, para tres especies de mangles según Prestegui (2014), con la utilización de Ecuaciones Alométricas. Utiliza la ecuación modelo de Schumacher – Hall 2, de Schumacher and Hall (1933); confirmado por Huanca y Camala (2021); Ramos-Uvilla et al. (2014); Tapia y Návar (2011); Corral-Rivas y Návar-Cháidez (2009) y utilizada para determinar los volúmenes de las especies estudiadas, como sigue:

$$\text{Log}_{10}V = b_0 + b_1 \cdot \text{log}_{10}D + b_2 \cdot \text{log}_{10}H \quad \dots\dots\dots (3)$$

Para *R. mangle* L., con ramas

$$\text{Log}_{10}\text{VTA} = -3,87984 + 2,24256 \cdot \text{log}_{10}\text{D} + 0,21063 \cdot \text{log}_{10}\text{H} \dots\dots(4)$$

Para *A. germinans* (L.) L., con ramas

$$\text{Log}_{10}\text{VTA} = -3,700724 + 1,98372 \cdot \text{log}_{10}\text{D} + 0,41400 \cdot \text{log}_{10}\text{H} \dots\dots(5)$$

Para *L. racemosa* (L.) C.F. Geartn. con ramas

$$\text{Log}_{10}\text{VTA} = -3,65909 + 1,89133 \cdot \text{log}_{10}\text{D} + 0,49916 \cdot \text{log}_{10}\text{H} \dots\dots(6)$$

Dónde:

D = diámetro a 0,30 m para *R. mangle* y  
1,30 m en el caso de *A. germinans* y *L. racemosa*;

H = altura total;

Log<sub>10</sub> = logaritmo de base diez.

Log<sub>10</sub>VTA = coeficientes de predicción del volumen con ramas.

### **Biomasa arbórea**

El cálculo de biomasa arbórea para bosque manglar se realizó utilizando las ecuaciones de Smith y Whelan (2006), según el modelo de Kauffman, Donato & Adame (2013). Para las especies siguientes:

*R. mangle* L., con ramas

$$\text{Biomasa total: } \text{log}_{10} B = 1,731 \cdot \text{log}_{10} \text{DR} - 0,112 \dots\dots(7)$$

*A. germinans* (L.) L., con ramas

$$\text{Biomasa total: } \text{log}_{10} B = 1,934 \cdot \text{log}_{10} \text{DAP} - 0,395 \dots\dots(8)$$

*L. racemosa* (L.) C.F. Geartn. con ramas

$$\text{Biomasa total: } \log_{10} B = 1,930 * \log_{10} \text{DAP} - 0,441 \quad \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

DAP = es el diámetro a la altura del pecho (cm),

DR = diámetro de fuste en árboles de *R. mangle* (cm) sobre la más alta raíz aérea

Log<sub>10</sub> = logaritmo base diez.

log<sub>10</sub> B = coeficientes de predicción de la Biomasa total.

### **Estimación de carbono almacenado**

Se partió del total de la biomasa del árbol, se multiplicó con la fracción de carbono FC = 0,5 (IPCC, 1996). Cómo sigue:

$$\text{Cat} = \text{Bs} * \text{Fc} \quad \dots\dots\dots(10)$$

Dónde:

Cat = Carbono total almacenado

Bs = Biomasa

Fc = Fracción de carbono (0,5) recomendada por la (IPCC, 1996).

### **Evaluación de emisiones de CO<sub>2</sub> e**

La estimación del CO<sub>2</sub> en el bosque, es equivalente a multiplicar el peso del carbono almacenado por 3,67 según la IPCC (2004). Mil kilos de carbono fijado por un árbol corresponden a la captura de 3,67 t de CO<sub>2</sub>.

### 3.5. Valoración económica

Para valorar económicamente la reserva de carbono en los biotipos del bosque de manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú) durante las estaciones del año, se tuvo en cuenta el precio existente en el mercado, en base al carbono almacenado, en toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2 \text{ e}$ ), por los biotipos trabajados en el estudio, teniendo en cuenta el costo de la prestación por capturar carbono al ambiente y que proporciona a la humanidad, conceptualizando el almacenamiento del carbono, como la función que tienen las plantas en absorber el  $\text{CO}_2$  ambiental, y facilita reducir el  $\text{CO}_2$  y la estabilidad climática universal. Las transacciones se realizan por tonelada, en base a los precios para comprar o vender Derechos de Emisión (EUAs), tomando como referencia los precios promedios en el portal de SENDECO2 (Sistema Europeo de Negociación de  $\text{CO}_2$ ) que comunica los precios mensualmente, al cerrar el año, la media anual para EUA y el precio establecido para el Perú por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú como el Precio Social al Carbono y teniendo en cuenta lo indicado por Stern (2007), Watkiss y Downing (2008), comunicado por Lorenzo Eguren (2020), coordinador de la Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero del Ministerio del Ambiente (MINAM), conociendo que las tasaciones, continuamente no contienen costo de oportunidad del suelo, servicios básicos, manejo y colección de datos, sostenimiento y otros costos de proyecto.

Considerando que, los precios no son rígidos, y varían continuamente, la valoración económica se asignó tomando como referencia, el precio de mercado de la Unión Europea, como promedio anual del año 2021 (precio promedio anual vigente al 05/12/2021 a € 51,33 € EUR - Euro de los países miembro de la UE (SENDECO2, 2021), equivalente a 58,07 \$/t, con el valor de 1 EUR equivalente a 1,1313 USD y también se tuvo en cuenta el Precio Social al Carbono fijado por Perú (PSC de P) a través del Ministerio de Economía y Finanzas a 7,17 \$/t (precio vigente al 05/12/2021), valoración estable que fijó Perú, a través del ente correspondiente, en base al carbono

almacenado por el bosque de manglar en t/ha de CO<sub>2</sub> e (dióxido de carbono equivalente).

### **3.6. Procesamiento y análisis de datos**

La información obtenida al cuantificar y valorar económicamente la reserva de carbono en los biotipos del bosque de manglar de Puerto Pizarro (Tumbes, Perú) durante las estaciones del año, se procesó y ordenó de la siguiente manera:

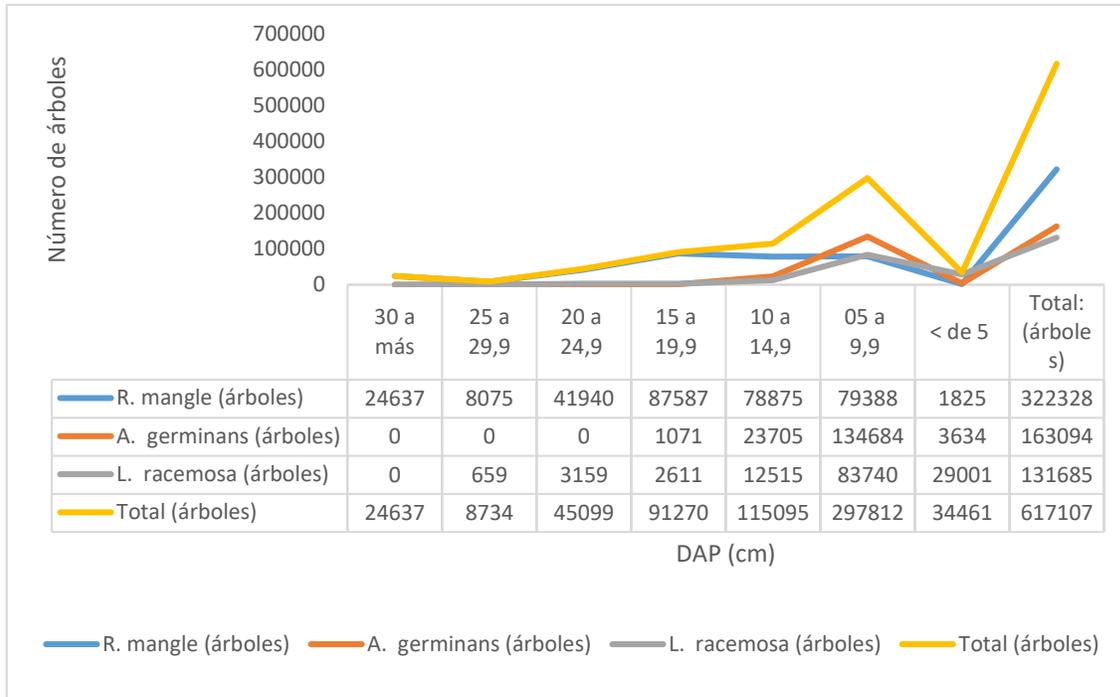
El tamaño de la muestra fue obtenido utilizando las fórmulas 1 y 2, y la ubicación se realizó utilizando GPS 76 MARK, y Google Earth. El inventario de los biotipos de mangle se realizó manualmente ingresando a las parcelas de muestreo contando y midiendo los árboles por parcela y fue ordenado y expresado en tablas y figuras de acuerdo a la dimensión diamétrica de la especie y por zonas. El volumen de los árboles fue calculado con la información de la población, para tres especies de mangle según Prestegui (2014), utilizando las Ecuaciones Alométricas 3, 4, 5 y 6. La biomasa arbórea fue calculada utilizando las ecuaciones de Smith y Whelan, 2006, según el modelo de Kauffman, Donato & Adame (2013) para las mismas especies con las fórmulas 7, 8 y 9 y fue ordenado y expresado en tablas y figuras de acuerdo a su dimensión diamétrica. El carbono almacenado fue calculado con la fórmula 10 y las emisiones de CO<sub>2</sub> e se estimaron según la IPCC (2004) evaluados y estimados para valorar económicamente la reserva de carbono en los biotipos del bosque de manglar durante las estaciones del año se realizó tomando como referencia el precio existente en el mercado de la Unión Europea y considerando que, los precios varían continuamente se tomó como referencia el día 05 de diciembre de 2021 y el precio vigente establecido para el Perú por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) como el Precio Social al Carbono (PSC de P). Todo esto expresado en figuras y cuadros, de acuerdo a la dimensión diamétrica de cada biotipo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Árboles del bosque de manglar

Se calculó la captura de carbono por los biotipos característicos del ecosistema, *R. mangle*, *A. germinans*, y *L. racemosa*, y se contabilizaron 617 107 ejemplares de los biotipos en estudio. Principales especies estudiadas también en México, Colombia y otros lugares donde se analizó el manglar (Moreno-Martínez et al., 2021; Pérez-Peña & Robles-Jarero, 2020; Valdés et al., 2011).

La especie que registró mayor número de ejemplares fue *R. mangle*, con la cantidad de 322 328 ejemplares (52,23%), mayoritariamente en la zona A, y predominaron los diámetros entre 15,0 a 19,9 cm de DAP con 87 587 ejemplares (14,19%) de la población, seguida de *A. germinans*, con 163 094 ejemplares (26,43%) y *L. racemosa*, con 131 685 ejemplares (21,34%) con predominio de *A. germinans* en la zona B (Prestegui, 2014). (figura 3) y que prevenir la disminución del manglar es viable para disminuir las exposiciones totales de GEI (Siikamäki, et al., 2012).



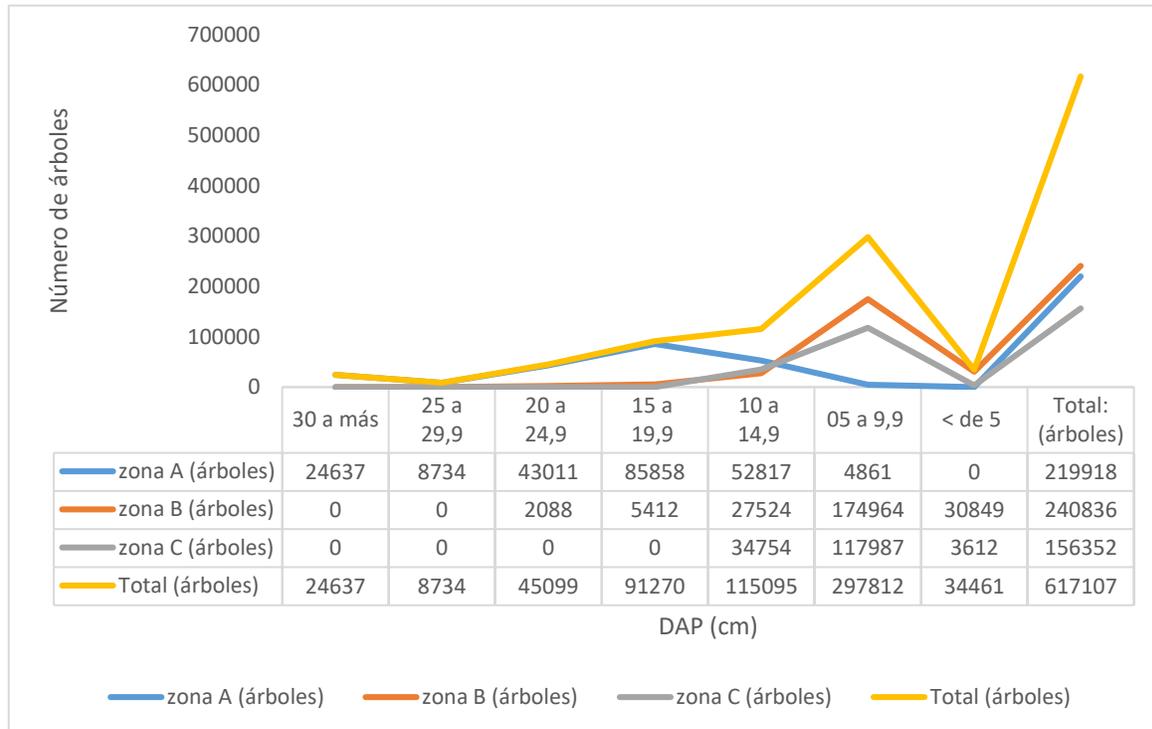
**Figura 3. Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP de cada biotipo.**

Se evaluó el crecimiento de una muestra de cada especie durante las estaciones climatológicas con el incremento promedio siguiente, *R. mangle* 0,61 cm de diámetro y 0,61 m en altura, *L. racemosa* 0,61 cm de diámetro y 0,74 m en altura y *A. germinans* con 0,32 cm de diámetro y 0,31 m de altura, durante las cuatro estaciones. Estos resultados no son iguales y difieren de Ortiz (2003) por las diferencias en cuanto a diámetro y altura.

Respecto a la división realizada por zonas, se encontraron distribuidos en, la zona A 219 918 ejemplares (35,64%), la zona B con 240 836 ejemplares (39,03%) y la zona C con 156 352 ejemplares (25,34%) de la población (figura 4), con predominio de *R. mangle* en bosque de suelo anegado coincidiendo con lo explicado por Moreno et al. (2010).

En general, en el área de estudio predominó la dimensión diamétrica de 5,0 cm a 9,9 cm con 297 812 ejemplares agrupando los tres biotipos en total con el 48,3% en las tres zonas, con el predominio de *A. germinans* coincidiendo con Sol-Sánchez et al.

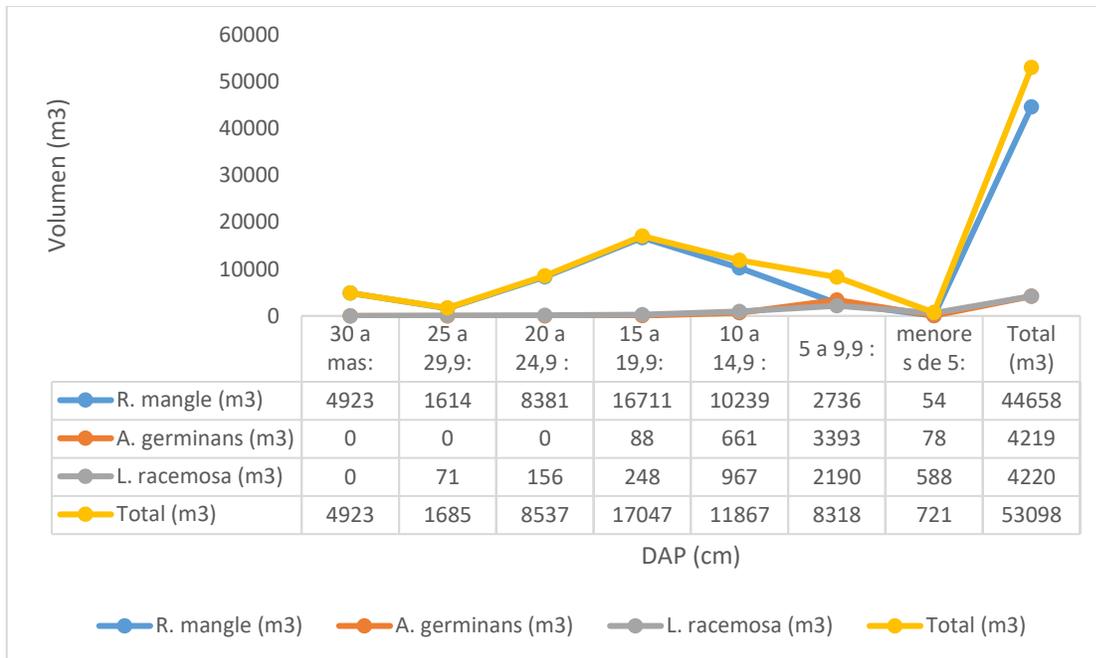
(2015) respecto a la medida diamétrica de 5,0 a 9,9 cm de DAP que contabilizó la mayor población, como lo explica Monroy-Torres et al. (2014). Según se observa en las figuras 3 y 4.



**Figura 4. Número de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.**

#### 4.2. Volumen del bosque de manglar

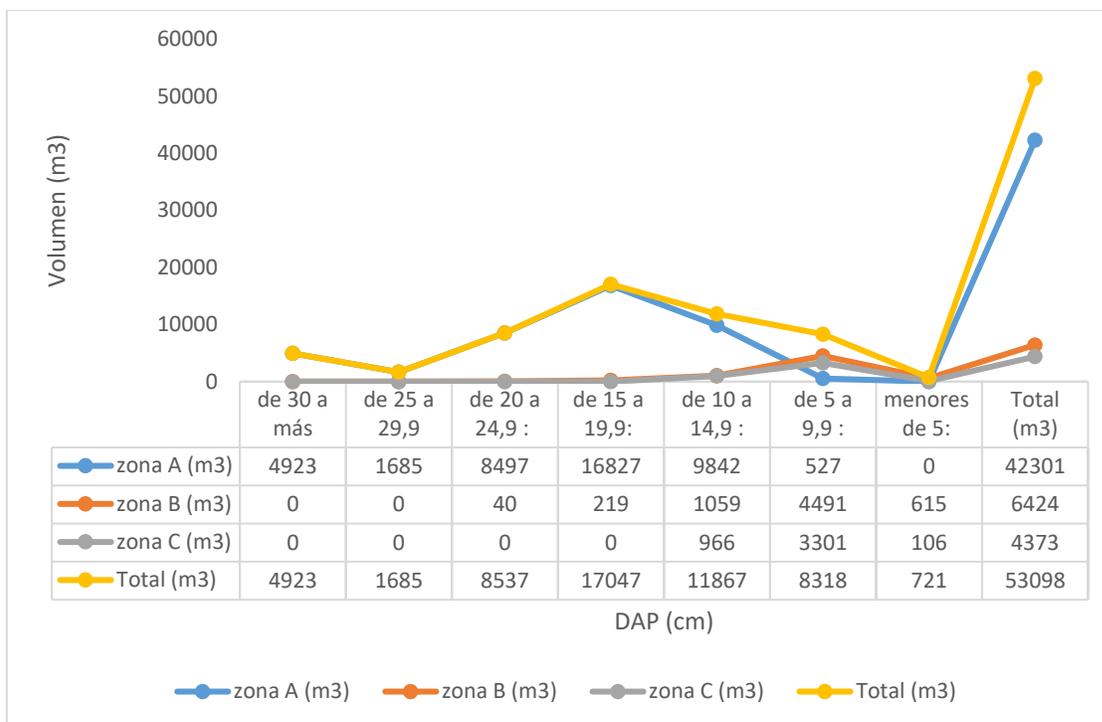
La población constituida por las 617 107 plantas de mangle, representó 53 098 m<sup>3</sup> de volumen total, según el número de ejemplares por especie, el volumen de los biotipos del bosque de manglar estuvo conformado mayoritariamente por la especie *R. mangle*, con 44 658 m<sup>3</sup> (84,1%), con predominio de la talla diamétrica de 15 a 19,9 cm (31,5%), seguido de *A. germinans*, con 4 219 m<sup>3</sup> (7,9%), y *L. racemosa*, con 4 220 m<sup>3</sup> (7,9%) (figura 5). Cálculos realizados por la sensibilidad del diámetro y la altura (Ramos-Uvilla et al., 2014) utilizando la ecuación de Schumacher y Hall (1933) (Prestegui, 2014 y (Huanca y Camala, 2021; Tapia y Návar, 2011; Corral-Rivas y Návar-Cháidez, 2009).



**Figura 5. Volumen de ejemplares de tres biotipos de mangle por DAP.**

En cuanto al análisis por zona, el mayor volumen estuvo en la zona A, con 42 301 m<sup>3</sup> (79,7%), seguido de la zona B con 6 424 m<sup>3</sup> (12,1%) y la zona C con 4 373 m<sup>3</sup> (8,2%). Generalizando, las tallas diamétricas entre mayores de 5 cm y menores de 25 cm ocuparon 45 769 m<sup>3</sup> (86,2%) del volumen total y predominó la dimensión diamétrica 15 a 19,9 cm con 17 047 m<sup>3</sup> ocupando el 32,1% del volumen total. (Figura 6).

El volumen calculado por ha en zonas fue de 64,0 m<sup>3</sup>/ha para las tres áreas, predominando la zona A con 82,1 m<sup>3</sup>/ha con presencia mayoritaria de *R. mangle*, seguido de la zona B con 41,5 m<sup>3</sup>/ha y la zona C con 27,2 m<sup>3</sup>/ha con presencia de *A. germinans* y *L. racemosa*, coincidiendo con lo encontrado por Sol-Sánchez et al. (2015), respecto a la medida diamétrica de 5,0 – 9,9 cm de DAP con la población mayor y *A. germinans* alcanzó el volumen total de 68,3 m<sup>3</sup>/ha, que difiere con lo reportado por Castillo et al. (2018) quien calculó un volumen mucho mayor para *L. racemosa* con 8,05 m<sup>3</sup> como rollo total del árbol, mientras que, los volúmenes calculados en promedio en el presente trabajo oscilaron entre 0,02 y 0,2 m<sup>3</sup>/árbol.



**Figura 6. Volumen de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.**

### 4.3. Biomasa del bosque de manglar

En total la población representó 39 137 t de biomasa, y mayoritariamente *R. mangle*, participó con 32 675 t (83,5%) equivalente a 63,4 t/ha y los ejemplares con el diámetro entre 15 a 19,9 cm con 11 629 t (29,7%) equivalente a 22,6 t/ha conservan la mayor biomasa (Figuras 7 y 8), le sigue *A. germinans* con 3 855 t (9,9%) equivalente a 24,9 t/ha (Figuras 7 y 9), ejemplares de diámetro entre 5 a 9,9 cm con 3 126 t (8,0%) equivalente a 20,2 t/ha y *L. racemosa*, con 2 606 t (6,7%) equivalente a 16,2 t/ha (Figuras 7 y 10), la mayor biomasa radica en los ejemplares con el diámetro entre 5,0 a 9,9 cm y con 1 414 t (3,6%) equivalente a 8,8 t/ha.

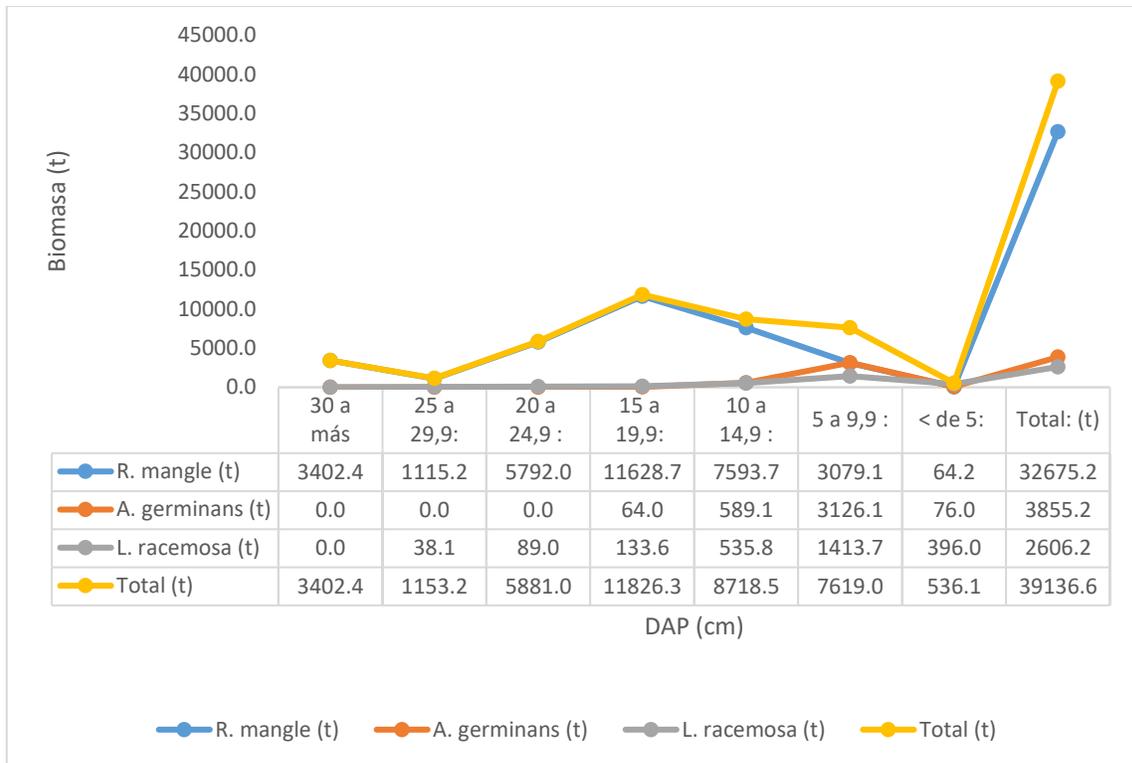


Figura 7. Biomasa de ejemplares de tres biotipos de mangle por el DAP.

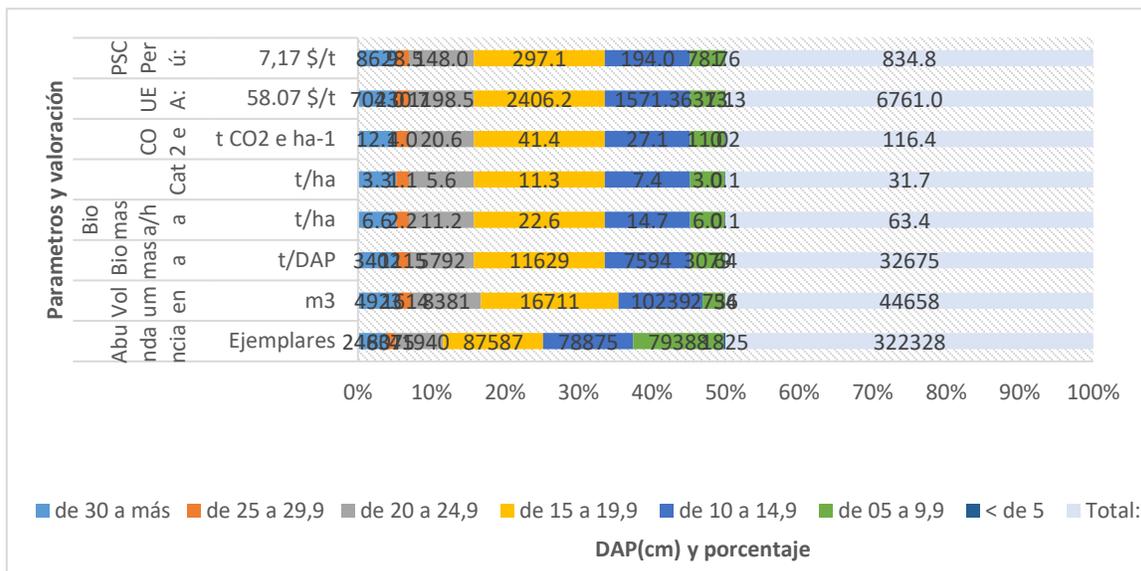


Figura 8. Biomasa y valoración económica de *R. mangle*.

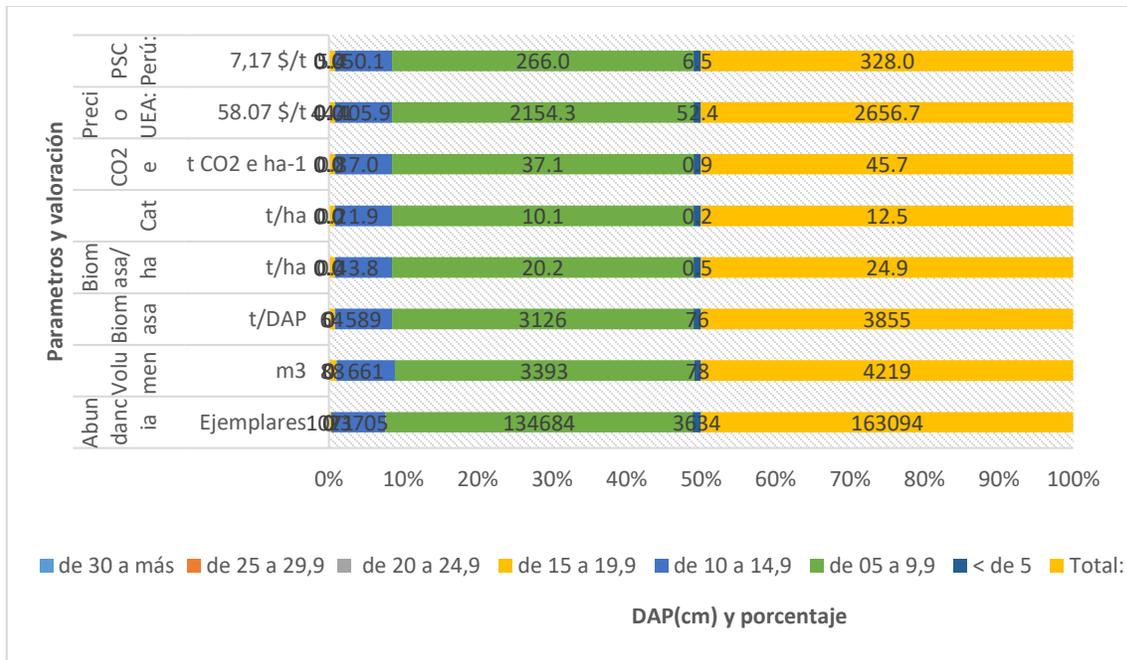


Figura 9. Biomasa y valoración económica de *A. germinans*.

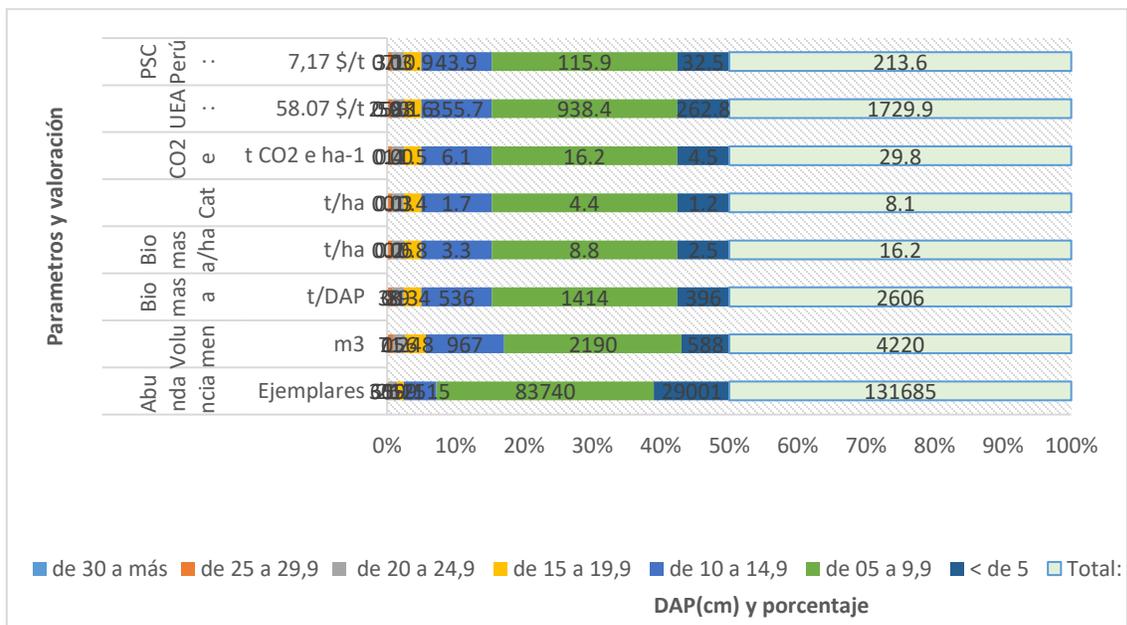
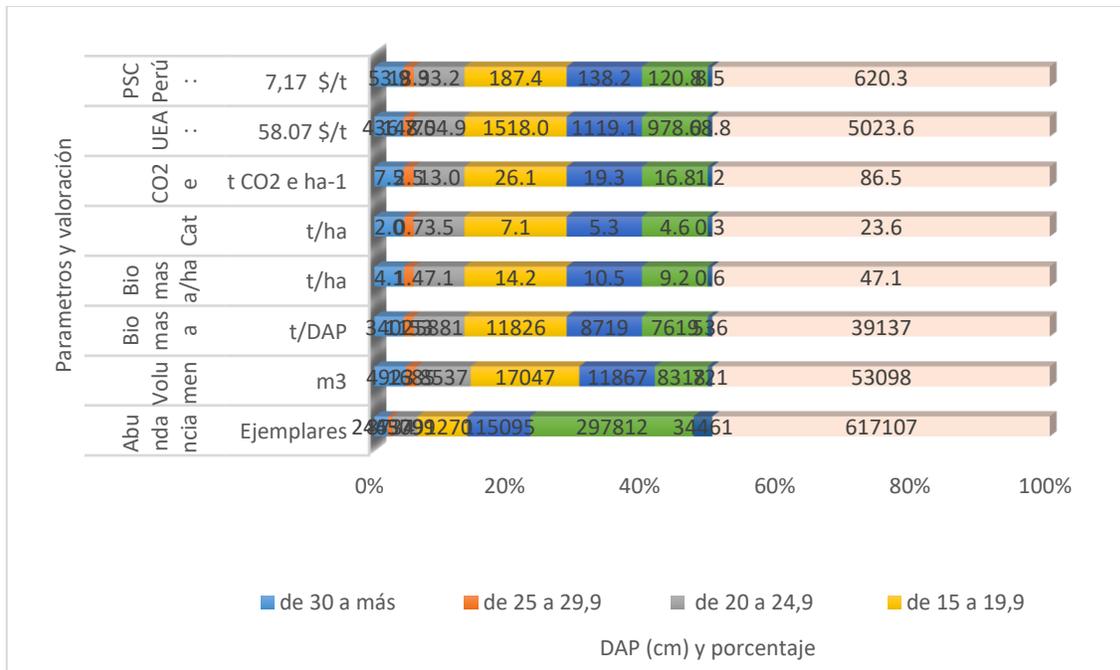


Figura 10. Biomasa y valoración económica de *L. racemosa*



**Figura 11. Biomasa y valoración económica de *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*.**

En las zonas, la biomasa se encontró distribuida en 28 978 t (74,0%) equivalente a 56,3 t/ha en la zona A (Figuras 12 y 13); 6 020 t (15,4%) equivalente a 38,9 t/ha para la zona B (Figuras 12 y 14) y 4 138 t (10,6%) equivalente a 25,8 t/ha para la zona C (Figuras 12 y 15). En general fue de 39 137 t equivalente a 47,1 t/ha, como biomasa de las tres zonas y la medida diamétrica 15 a 19,9 cm del DAP representó 11 826 t (30,2%) equivalente a 14,2 t/ha de la biomasa total (Figura 16). Predominando *R. mangle*. Estos resultados de biomasa obtenidos se deben considerar de mucha importancia, teniendo en cuenta que son específicos para los tres biotipos más importantes de mangle existentes en el litoral de Puerto Pizarro, y que constituyen los más representativos en el ecosistema manglar, puesto que la evaluación ha sido determinada para cada uno de ellos. Considerando que, el área es relativamente pequeña y menos poblada, comparada con ecosistemas del mismo tipo a nivel mundial y que además, tiene la presión antrópica de la actividad langostinera, la pesca y el turismo, los datos de la biomasa obtenida son muy significativos, al considerarla como la captura aérea de carbono, coincidiendo con Moreno-Martínez et al. (2021), Harishma et al. (2020), Tanner et al. (2019), Thorhaug et al. (2019), Kamruzzaman

(2017), Flores y Luna (2011), Valdés et al. (2011) y Hernández (2009), al sustentar el aporte de la biomasa aérea en el carbón azul total del manglar al igual que Ccoropuna (2017) quien afirmó que el Carbono en la biomasa aérea es mayor, a continuación el suelo orgánico, biomasa bajo del suelo y el suelo mineral, en controversia con quienes apuestan por la reserva en el suelo, como la mayor proporción, (Suyadi et al., 2020; Adame et al., 2013).

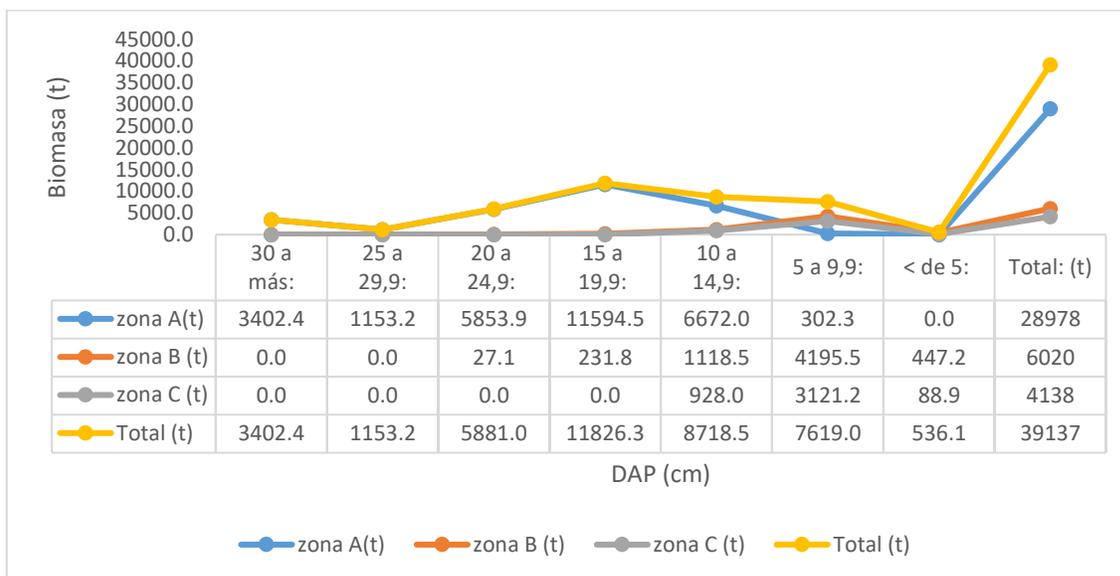


Figura 12. Biomasa de ejemplares de tres biotipos de mangle por zona.

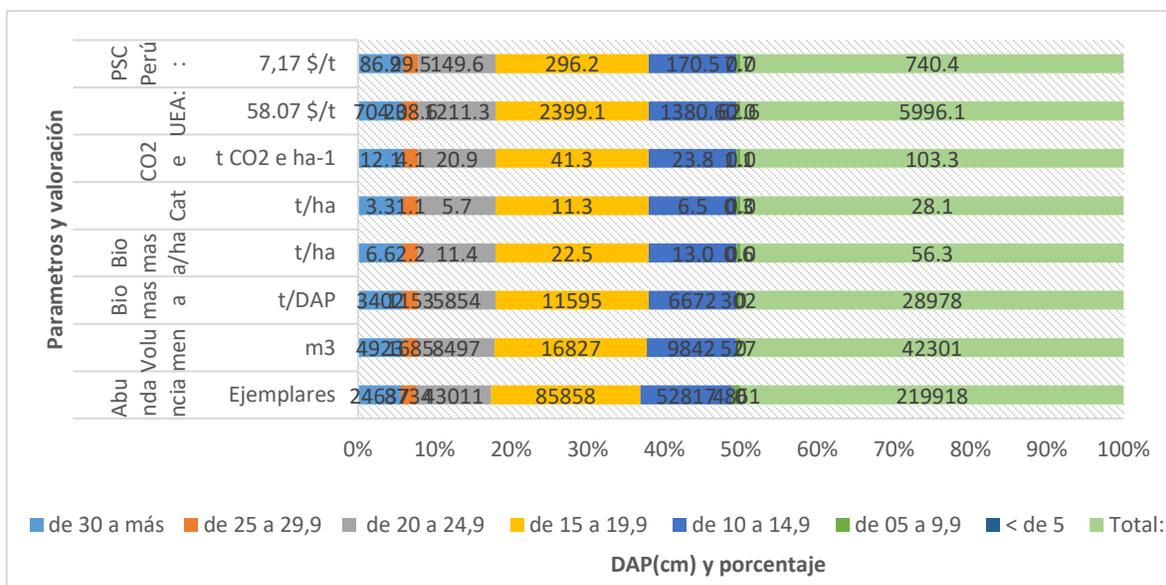


Figura 13. Captura de carbono en Zona A y valoración económica.

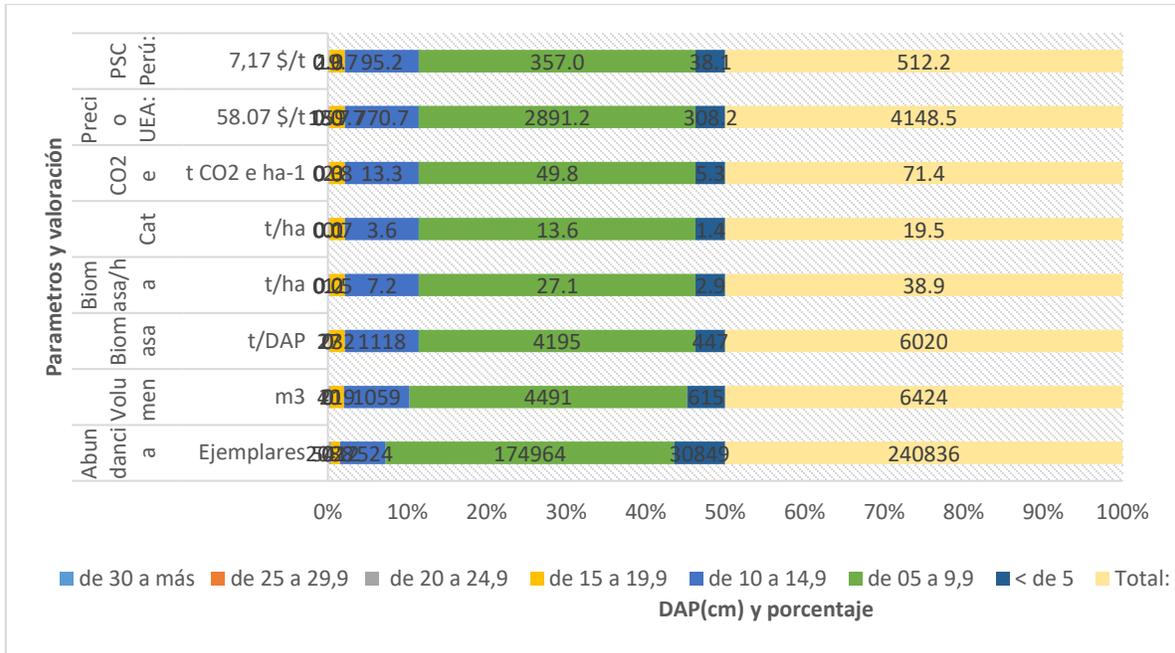


Figura 14. Captura de carbono en Zona B y valoración económica.

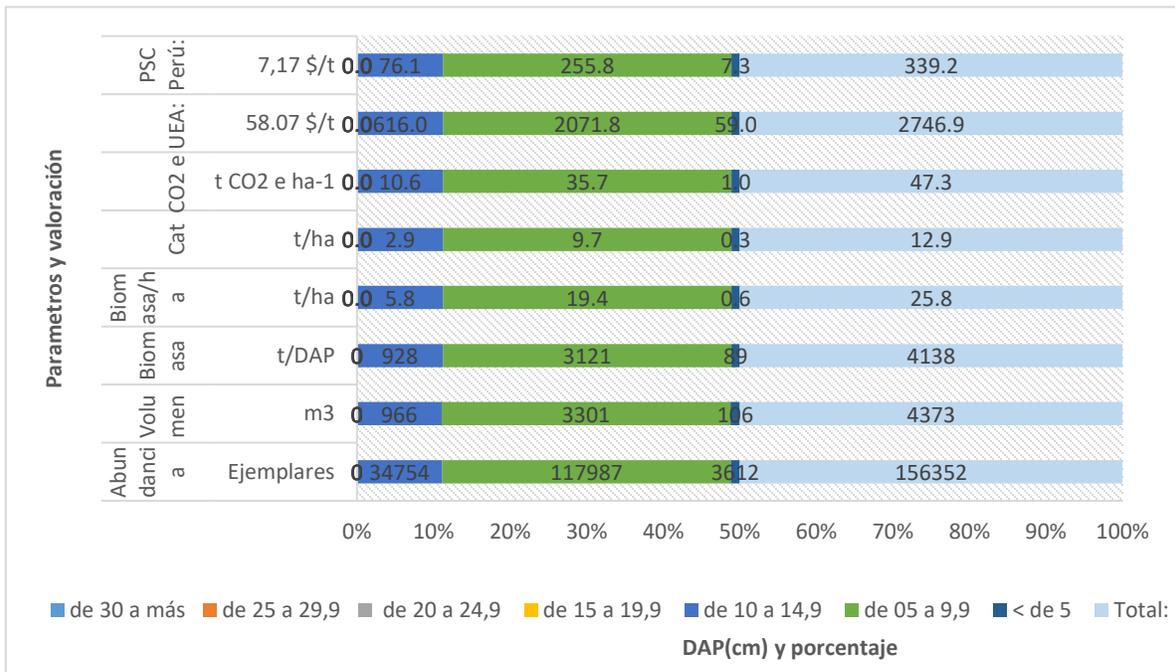


Figura 15. Captura de carbono en Zona C y valoración económica.

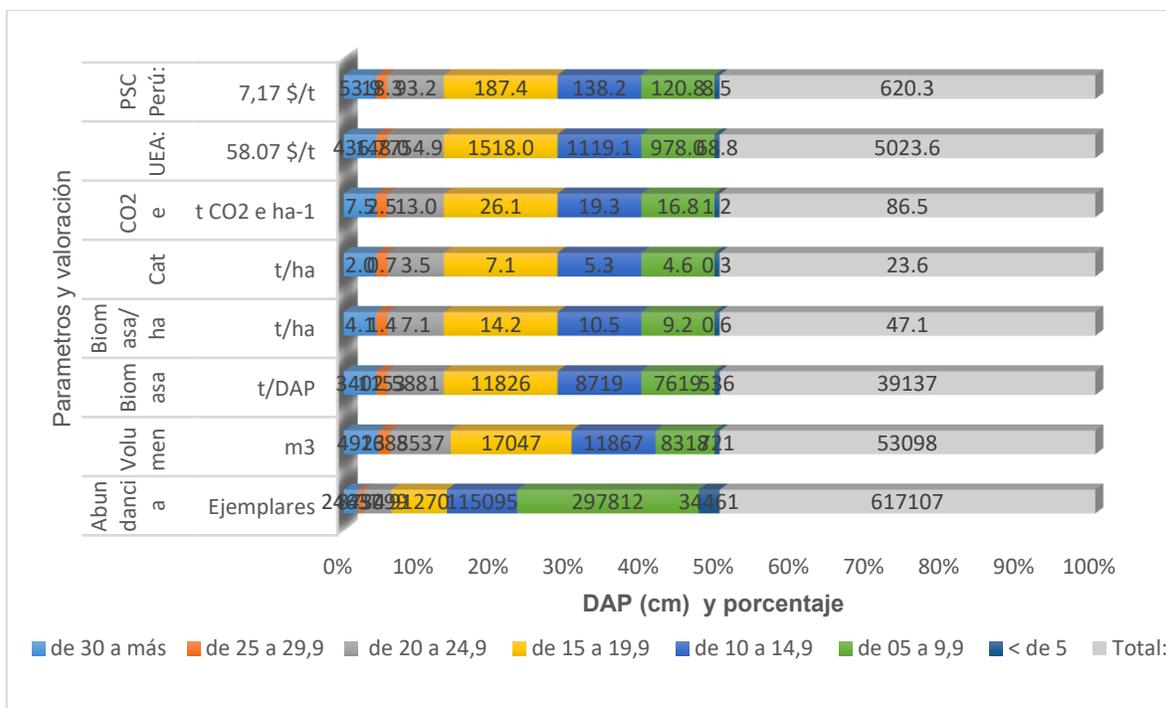


Figura 16. Captura de carbono en las Zonas A, B y C y su valoración económica.

#### 4.4. Carbono almacenado por biotipo

La cuantificación del carbono expresó el predominio de *R. mangle* sobre *A. germinans* y *L. racemosa*, por su población y el DAP mayores, con 31,7 t/ha de carbono almacenado equivalente a 116,4 t/ha de CO<sub>2</sub> e (expresado en toneladas por hectárea de dióxido de carbono equivalente). La dimensión diamétrica 15 a 19,9 cm de DAP participó con la mayor captura, con 11,3 t/ha de carbono almacenado, equivalente a 41,4 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 8), seguida por *A. germinans* con 12,5 t/ha de carbono almacenado equivalente a 45,7 t/ha de CO<sub>2</sub> e, la mayor concentración la generó la talla diamétrica 5,0 y 9,9 cm con 10,1 t/ha de carbono almacenado equivalente a 37,1 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 9) y en menor proporción *L. racemosa* contribuyó con 8,1 t/ha de carbono almacenado, equivalente a 29,8 t/ha de CO<sub>2</sub> e respectivamente, con predominio de las tallas entre 5,0 y 9,9 cm de DAP quienes participaron con 4,4 t/ha por captura de carbono equivalente 16,2 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 10).

El rango de captura entre las tres especies estuvo entre 29,8 t/ha de CO<sub>2</sub> e de *L. racemosa* y 116,4 t/ha de CO<sub>2</sub> e de *R. mangle*. La cuantificación del carbono en cada

zona, expresó que la zona A, almacenó 28,1 t/ha de carbono equivalente a 103,3 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 13), le sigue la zona B con 19,5 t/ha en carbono almacenado equivalente a 71,4 t/ha CO<sub>2</sub> e (Figura 14) y en tercer lugar, la zona C quien participó con 12,9 t/ha de carbono almacenado equivalente a 47,3 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 15). En general las tres zonas, almacenaron 23,6 t/ha equivalente a 86,5 t/ha de CO<sub>2</sub> e, predominando las dimensiones entre 15 a 19,9 cm de DAP con 7,1 t/ha equivalente a 26,1 t/ha de CO<sub>2</sub> e (Figura 16), estos resultados se encuentran en el rango reportado por De la Peña et al. (2010) en el bosque manglar de la CGSM que pudo acopiar de 6,9 t/ha de C (La Luna) a 45,7 t/ha de C (Rinconada).

Teniendo en cuenta que Puerto Pizarro, es una área relativamente pequeña y no necesariamente protegida, pero es menor que lo encontrado por Suyadi (2020) quien estudió la reserva de carbón sobre el suelo que fue de  $752 \pm 17,6$  Mg C/ha y Harishma et al. (2020) con  $117,11 \pm 1,02$  t/ha también afirmó que la biomasa aérea es mayor que la subterránea y que Según Ccoropuna (2017) indicó que el carbono total acumulado es mayor en la biomasa aérea. Pero la cantidad de carbono almacenado difiere significativamente entre los diversos sumideros pero también por talla y diámetro, pero está en el rango encontrado por Moreno-Martínez et al. (2021) y concordando con Pérez-Peña & Robles-Jarero (2020) quienes reportaron que el mayor desarrollo estuvo en el estero con borde-continental, y los árboles jóvenes, como el caso nuestro, en la zona A y con árboles de 15 a 19,9 cm de DAP, Según lo reportado por Hernández (2009), encontrando producciones de 0,4 a 32 Mg C/ha\*año en distintos humedales, pero Suyadi et al. (2020) apostó por la reserva en el suelo, como la mayor proporción, al igual que Adame et al. (2013), en todos los sitios, el carbono del suelo comprendió la mayoría de las reservas de carbono del ecosistema entre 78% y 99%.

#### **4.5. Carbono almacenado por dimensión diamétrica de los biotipos, durante las estaciones del año**

En base a la capacidad de captura de Carbono de cada biotipo, por su dimensión diamétrica relacionado con la población existente y por estación climatológica se obtuvieron los siguientes resultados:

Con el promedio de las medidas tomadas a los árboles estudiados en la muestra durante la evaluación en las cuatro estaciones climatológicas, los mejores incrementos de biomasa por dimensiones diamétricas, se encontraron en *L. racemosa* que según los incrementos calculados en la muestra, alcanzaron a 0,032 t el 6,5%, el Cat de 0,0158 t/ha equivalente a 0,0580 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones, y verano la mejor estación para el crecimiento y almacenamiento de carbono, repartidas para cada estación en el siguiente orden, 1,0% en otoño, 1,3% en invierno, 1,7% en primavera y 2,6% en verano (Figura 17).

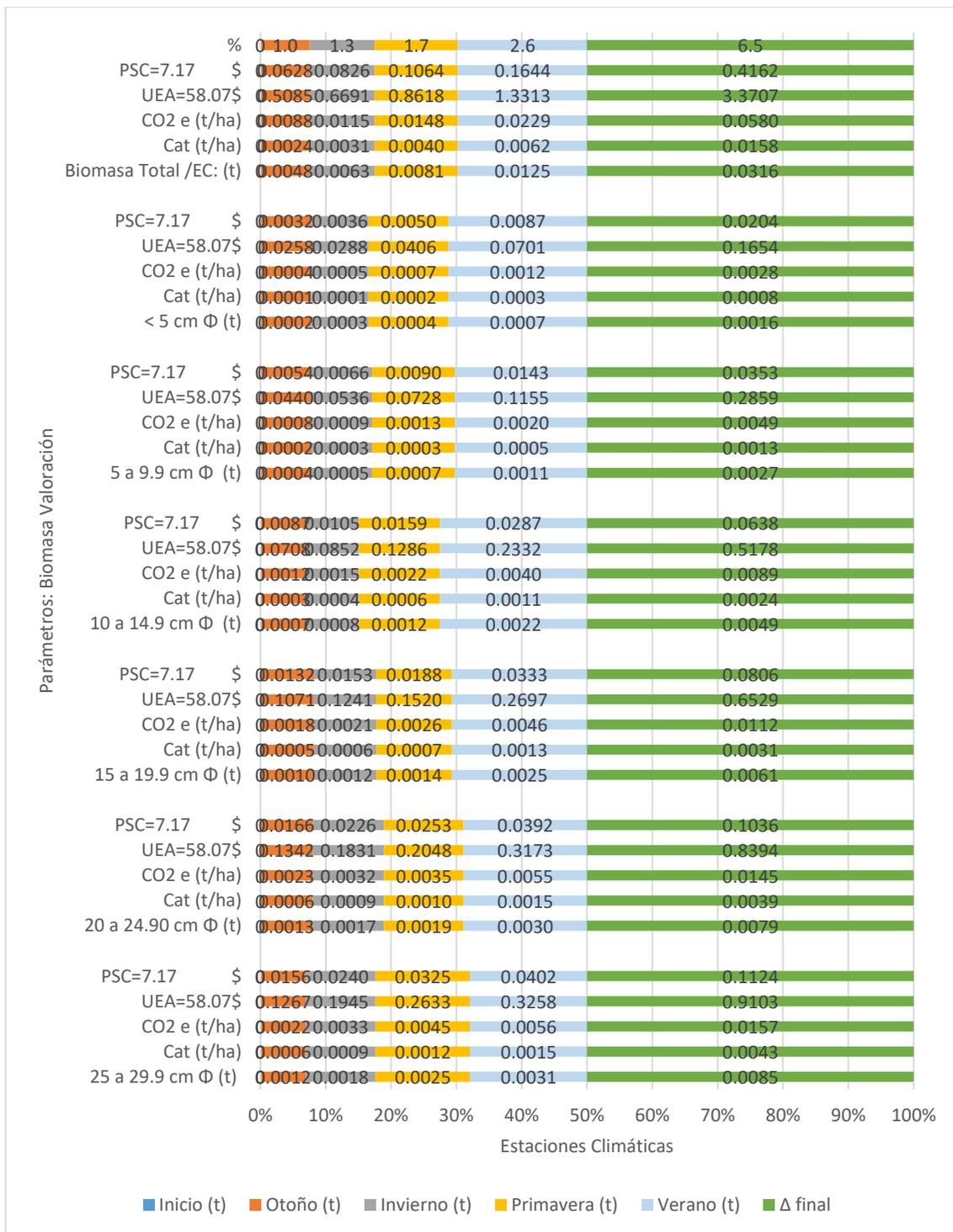
El cálculo en la población del bosque, el incremento fue de 376,9 t el 13,6%, el Cat de 188,4 t/ha y 691,6 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones con el promedio de 13,6%, siendo verano la mejor estación para el crecimiento, concordante con Thorhaug et al. (2019) al plantear que la productividad de carbono de los manglares se incrementa con la temperatura, este porcentaje es repartido para cada estación en el siguiente orden, 2,1% en otoño, 2,5% en invierno, 3,4% en primavera y 5,6% en verano (Figura 18).

Seguido en importancia por *A. germinans* que alcanzaron un incremento de 0,0089 t el 5,9%, el Cat de 0,004 t/ha y 0,016 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones, siendo verano la mejor estación para el crecimiento y almacenamiento de carbono, repartidas para cada estación del siguiente orden, 0,9% en otoño, 1,2% en invierno, 1,5% en primavera y 2,3% en verano (Figura 19),

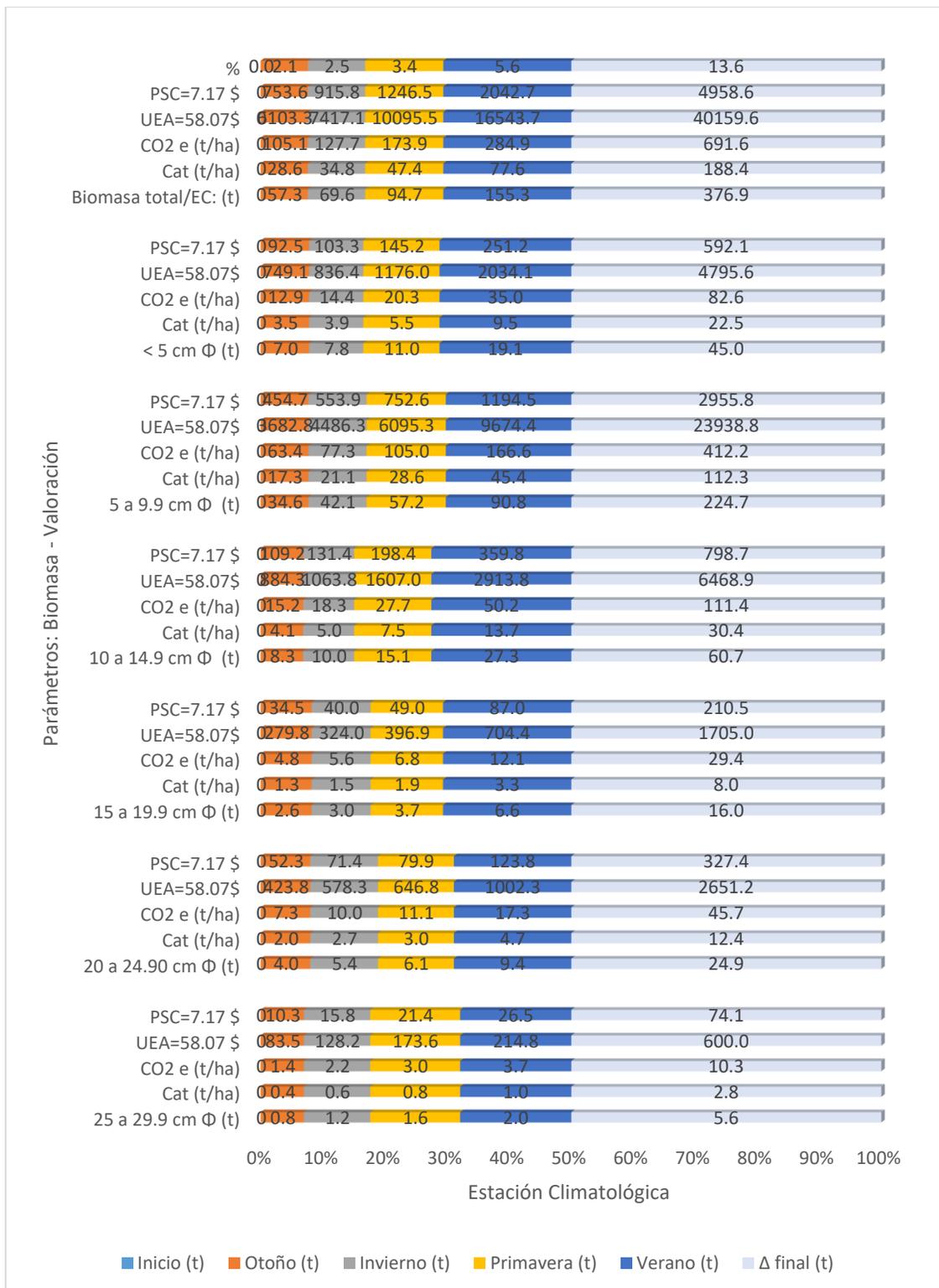
En la población calculada, el incremento fue de 316,0 t el 9,4% el Cat de 158,0 t/ha y 579,9 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones con el promedio general de 9,4%, siendo verano la mejor estación para el crecimiento y almacenamiento de carbono, repartidas para cada estación del siguiente orden, 1,2% en otoño, 1,9% en invierno, 2,6% en primavera y 3,7% en verano (Figura 20). Tal como lo explica Komiyama et al. (2019) que hubo una relación significativa entre el cambio estacional y el crecimiento del tronco de *Avicennia alba*, se incrementó durante las lluvias.

Finalmente *R. mangle* que según los incrementos calculados en la muestra alcanzaron un incremento de 0,046 t el 5,0%, el Cat de 0,230 t/ha y 0,084 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones con respecto a la biomasa inicial, siendo verano la mejor estación para el crecimiento y almacenamiento de carbono, repartidas para cada estación en el siguiente orden, 0,7% en otoño, 0,9% en invierno, 1,2% en primavera y 2,2% en verano (Figura 21),

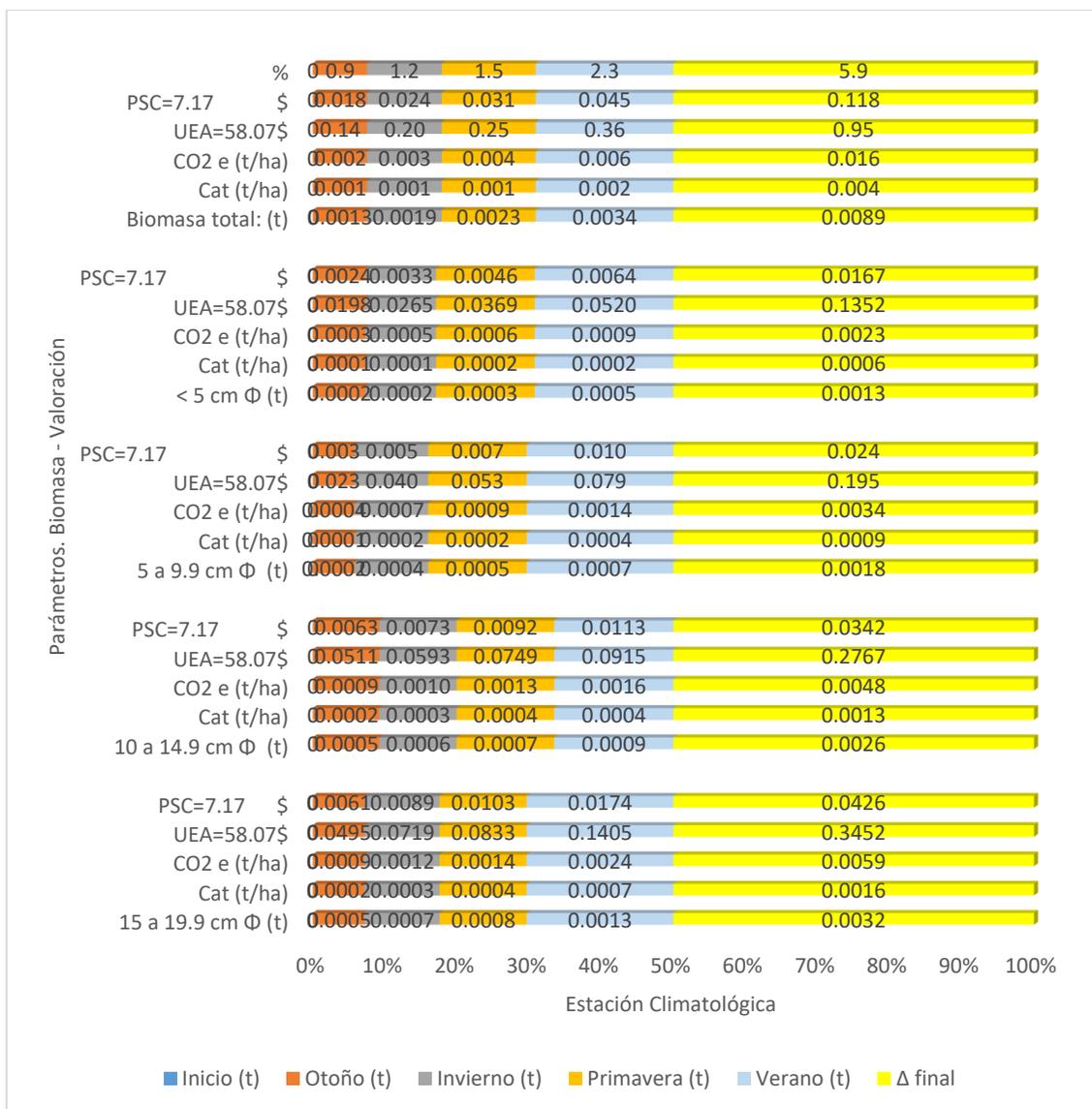
En la población calculada existente, el incremento fue de 1 927,8 t el 6,0%, el Cat de 963,9 t/ha y de 3 537,6 t/ha de CO<sub>2</sub> e durante las cuatro estaciones con el promedio general de 6%, siendo verano la mejor estación para el crecimiento, repartidos estos porcentajes para cada estación en el siguiente orden, 0,7% en otoño, 1,1% en invierno, 1,5% en primavera y 2,7% en verano (Figura 22). Estos niveles de crecimiento podrían incrementar un proyecto técnico de podadura tal como lo explica Kathiresan et al. (2019) para *Rhizophora mucronata*.



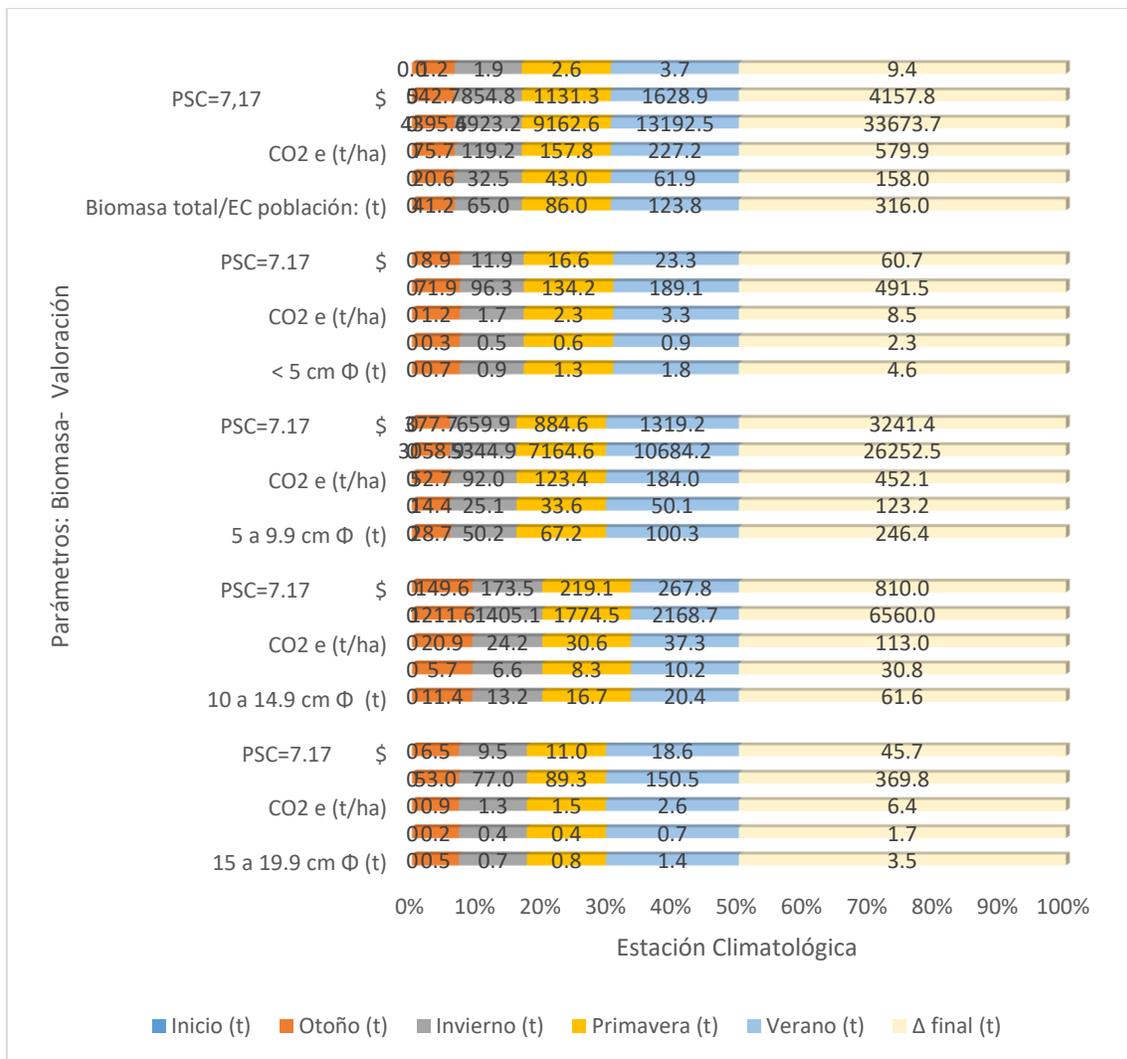
**Figura 17. Incremento de biomasa de *L. racemosa* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**



**Figura 18. Incremento de biomasa de *L. racemosa* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**



**Figura 19. Incremento de biomasa de *A. germinans* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**



**Figura 20. Incremento de biomasa de *A. germinans* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**

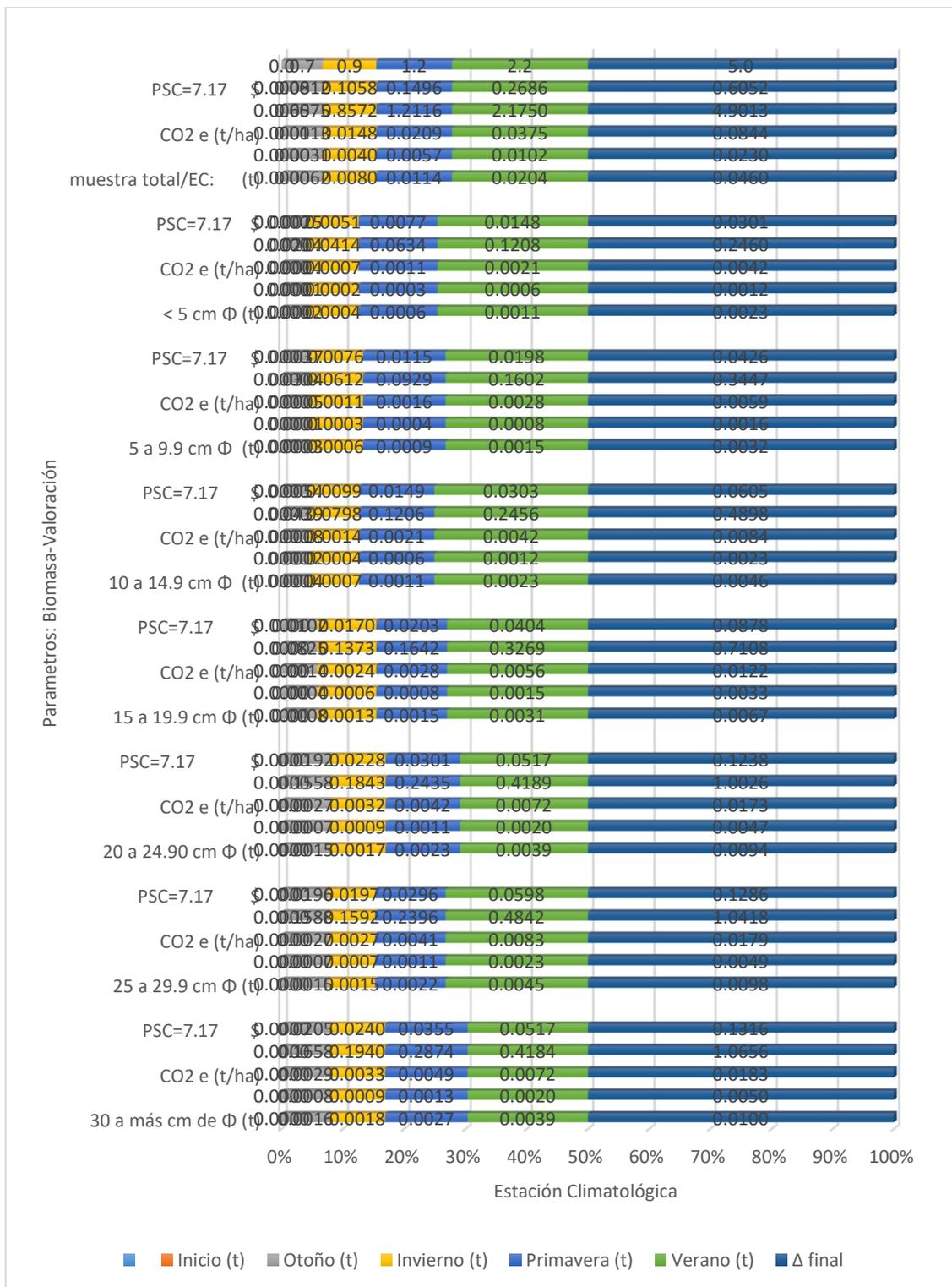
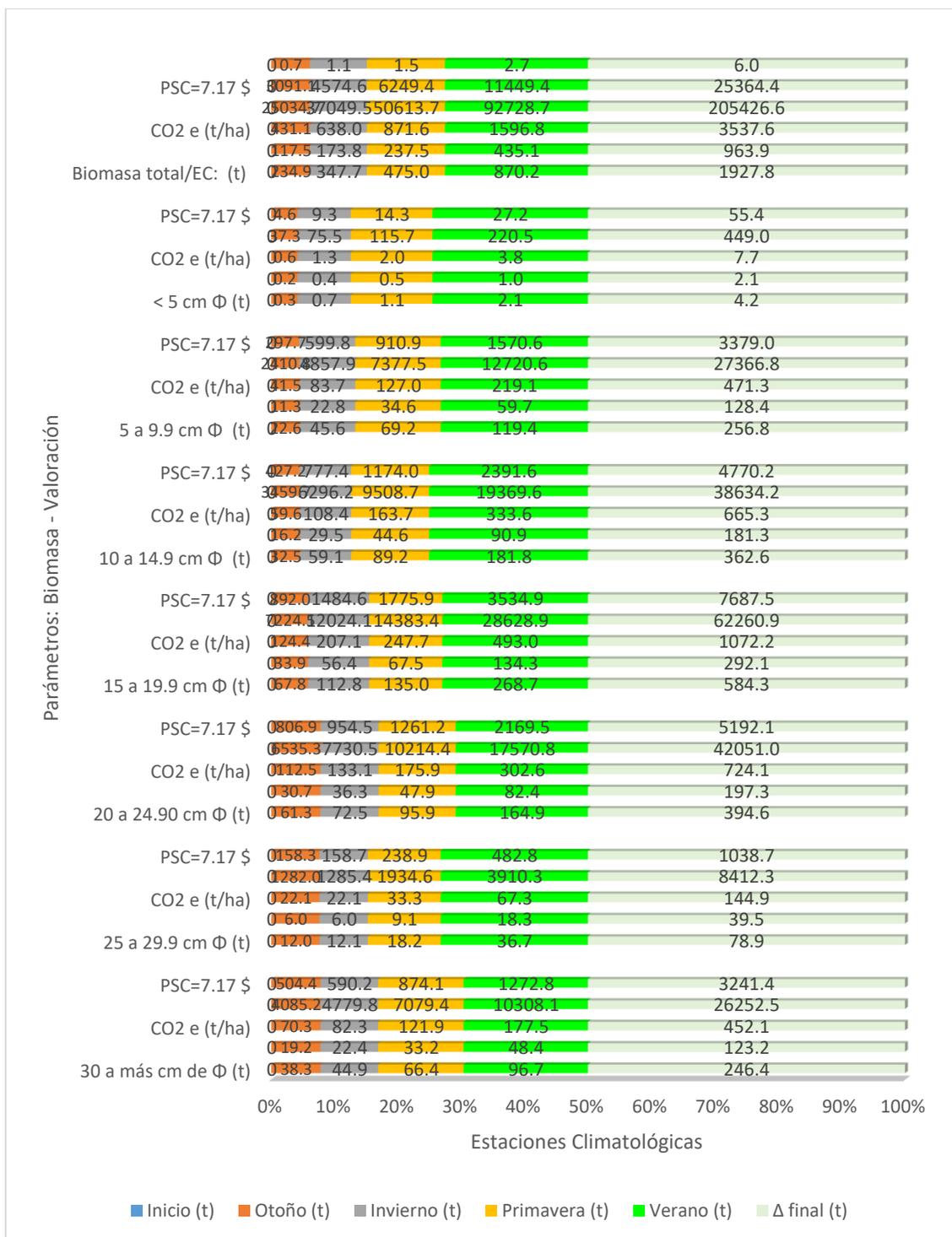


Figura 21. Incremento de biomasa de *R. mangle* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).



**Figura 22. Incremento de biomasa de *R. mangle* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**

#### 4.6. Valoración económica de la reserva de carbono en los tres biotipos del manglar

##### a. Valoración de la biomasa existente

En las figuras 8, 9 y 10 se muestran los valores para cada biotipo por DAP existente, en base a estos cálculos, el análisis dio como resultado que *R. mangle* (figura 8) obtuvo la mayor captura de 116,4 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de 6 761,0 US \$/ha en el mercado de UEA y 834,8 US \$/ha, según el PSCP.

Las mayores dimensiones diamétricas que predominaron son la dimensión 15,0 a 19,9 cm de diámetro, y por su mayor población y dimensión diamétrica tienen la mayor biomasa y cantidad de Carbono total almacenado (Cat) de 11,3 t/ha y 41,4 t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto, la mayor valoración de acuerdo al precio del mercado. Si comparamos la población de ejemplares por dimensión diamétrica, la mayor captura la realizaron los árboles de mayor diámetro.

Lo mismo ocurre con *A. germinans* con una captura de 45,7 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de US \$ 2 656,7 (en el mercado de UEA) y US \$ 328,0 (según el PSCP), predominando la talla diamétrica de 05 a 9,9 cm y por su mayor población, tiene la mayor biomasa y la mayor cantidad de Carbono almacenado total (Cat) de 10,1 t/ha y 37,1 t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto la mayor valoración de acuerdo al precio del mercado (Figura 9).

*L. racemosa* con una captura de 29,8 t/ha de CO<sub>2</sub> e a un valor de US \$ 1 729,9 (mercado de UEA) y US \$ 213,6 (según el PSCP), tiene un predominio de la dimensión diamétrica de 05 a 9,9 cm y por su abundancia tiene la mayor biomasa y la mayor cantidad de Carbono almacenado total (Cat) de 4,4 t/ha y 16,2 t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto la mayor valoración de acuerdo al precio del mercado (figura 10).

Entre las tres especies almacenan 86,51 t/ha de CO<sub>2</sub> e que significan en US \$ 5 023,6 (mercado de UEA) y US \$ 620,3 (según el PSCP) con predominio de la talla diamétrica de 15 a 19,9 cm y por su mayor biomasa tiene la mayor cantidad de Carbono total almacenado (Cat) de 7,1 t/ha y 26,1 t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto la mayor valoración de acuerdo al precio del mercado (Figura 11), comparable con la valoración realizada por De la Peña, et al. (2010), la valoración fue entre US \$ 87,76 y US \$ 591,41 t/ha de CO<sub>2</sub> e, de acuerdo a precios del Banco Mundial.

Según, Suyadi et al. (2020) utilizando ecuaciones alométricas, estimaron en total el carbón almacenado sobre el suelo en 384 451 Mg C equivalente a US \$ 70 millones. Para Thorhaug et al. (2019) la productividad de carbono para 650,482 ha fue de 196,88 Tg, (México) y plantea que la existencia en la profundidad (sedimentos) es superior, y la cuantificación realizada por Flores y Luna (2011) que estimaron en US \$ 104 293 188 como precio mínimo y US \$ 1 216 753 881 como valor máximo, capturas totales para carbono, estimadas en 2 972 ha del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes evaluada en 2 128,27 ha registró 34 764 396,6 t (16,8 t/ha).

#### **b. Valoración económica de la reserva de carbono proyectada a las estaciones climatológicas**

Los resultados indican que *L. racemosa* capturó más carbono en la estación de verano, seguido por *A. germinans* y *R. mangle*; sin embargo esta última especie, registro más y mejores diámetros, desde los árboles mayores de 30 cm de DAP, diámetros que no se registraron en *L. racemosa* que se encontró desde 25 a 29,9 cm, tampoco en *A. germinans* con DAP desde 15 a 19,5 cm a menores, los registros para *R. mangle* tuvieron el mayor incremento en las dimensiones entre 15 cm y mayores de 30 cm de diámetro, entre 0,0031 t y 0,0045 t de incremento por árbol, la biomasa incrementada en 0,0031 t almacenó 0,0056 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de US \$ 0,33 (mercado de UEA) y US \$ 0,04 (según

el PSCP), y para la biomasa incrementada en 0,0045 t equivalen a 0,0083 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de US \$ 0,48 y US \$ 0,06 respectivamente, durante la estación de verano. Los menores incrementos se dieron para las dimensiones diamétricas entre, menores de 5 cm a 14,9 cm de DAP, entre 0,0011 t a 0,0023 t por árbol de muestra, los incrementos en biomasa de 0,0011 t equivalente a 0,0021 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de US \$ 0,1208 (en el mercado de UEA) y US \$ 0,0148 (según el PSCP), y los incrementos en biomasa de 0,0023 t equivalen a 0,0042 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de US \$ 0,2456 y US \$ 0,0301 respectivamente, por el incremento exclusivo durante la estación de verano (Figura 21).

Si bien *L. racemosa* individualmente alcanzó la mayor biomasa, su población fue la menor y es *R. mangle* con su mayor población (322 328 ejemplares) y mayor dimensión diamétrica la que capturó mayor carbono y predominó su crecimiento durante el verano, con el mayor incremento para la dimensión diamétrica de 15,0 cm a 19,9 cm de DAP con 87 587 ejemplares, durante la estación de verano registró el mayor incremento en biomasa, de 268,7 t/ha equivalente a 493,0 t/ha de CO<sub>2</sub> e con una valoración entre US \$ 28 628,9 y US \$ 3 535 (Figura 22), valorización por el incremento durante la estación de verano para todas las dimensiones existentes, para *R. mangle*, fue de 1 596,84 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado entre US \$ 92 729 y US \$ 11 449 respectivamente, con una biomasa total de 1 927,83 t y total de 3 537,57 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado entre US \$ 205 427 (mercado de UEA) y US \$ 25 364 (según el PSCP) (Figura 22).

Para *A. germinans*, el mayor incremento de biomasa se registró en verano, al comparar su estructura y crecimiento, en verano predominaron los incrementos siguientes, los ejemplares de 05 cm hasta 19,9 cm de diámetro, desarrollaron incrementos en biomasa, de 0,0005 t que equivalen 0,0009 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado entre US \$ 0,05 y US \$ 0,0064 respectivamente y el mayor fue de

0,0013 t equivalente a 0,0024 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado entre US \$ 0,1 y US \$ 0,01 respectivamente. (Figura 19).

*A. germinans*, con una población de 163 094 ejemplares, con predominio de la dimensión diamétrica de 5,0 cm a 9,9 cm, en verano tuvo el mayor incremento de biomasa con 100,3 t/ha equivalente a 184,0 t/ha de CO<sub>2</sub> e lo que significa una valoración entre US \$ 10 684,2 y US \$ 1 319,2 contribuyen en su población los ejemplares entre 10 cm y 14,9 cm de diámetro, incrementando para estas, la proporción final de biomasa en t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto la valoración, *A. germinans* finalizó las cuatro estaciones climatológicas, con el incremento de 316,0 t equivalente a 579,9 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado en US \$ 33 673,7 (mercado de UEA) y US \$ 4 157,8 (según el PSCP). (Figura 20).

En *L. racemosa*, el mayor incremento de biomasa también se expresó en verano, para todas las dimensiones, las dimensiones diamétricas entre 15 cm y 29,9 cm de diámetro, registraron entre 0,0025 t y 0,0031 t de incremento, equivalente a 0,0046 t/ha de CO<sub>2</sub> e y 0,0056 t/ha CO<sub>2</sub> e con una valoración entre US \$ 0,27 y US \$ 0,03 a US \$ 0,33 y US \$ 0,04 por el incremento de cada árbol de muestra entre estas dimensiones. Los menores incrementos durante la estación de verano se registraron para las dimensiones diamétricas entre, menores de 5 cm a 14,9 cm con incrementos de biomasa entre 0,0007 t y 0,0022 t equivalentes a 0,0012 t/ha CO<sub>2</sub> e y a 0,0040 t/ha de CO<sub>2</sub> e respectivamente y valorizado en US \$ 0,07 y US \$ 0,009 y para 0,0022 t de 0,0040 en t/ha de CO<sub>2</sub> e con una valoración de US \$ 0,23 y US \$ 0,03 respectivamente para cada árbol de muestra con estas dimensiones. (Figura 17).

*L. racemosa*, con una población de 131 685 ejemplares, con predominio de la dimensión diamétrica de 5,0 cm a 9,9 cm, en verano tuvo el mayor incremento de biomasa con 90,79 t/ha equivalente a 166,60 t/ha de CO<sub>2</sub> e lo que significa

una valoración entre US \$ 9 674 (mercado de UEA) y US \$ 1 195 (según el PSCP), también contribuyen por su población los ejemplares entre 10 cm y 24,9 cm de diámetro, incrementando para estas la proporción final de biomasa en t/ha de CO<sub>2</sub> e y por lo tanto la valoración, *L. racemosa* al finalizar las estaciones climatológicas, registró incremento de biomasa en 376,88 t equivalentes a 691,57 t/ha de CO<sub>2</sub> e valorizado en US \$ 40 160 (en el mercado de UEA) y US \$ 4 959 (según el PSCP) (Figura 18).

Estos valores coinciden con los indicados por Valdés et al. (2011) trabajando en la asociación de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, con 73,7 t C/ha, y para Tanner et al. (2019) más de 778,000 t de C que se secuestran en los manglares de Galápagos, de acuerdo a la valuación metodológica.

Lo que significa que el PSCP (Precio Social al Carbono fijado por el gobierno peruano) es insuficiente para resolver el desafío del cambio climático y para la protección de los bosques, áreas naturales y la reforestación, estando de acuerdo con lo expresado por Eguren (2020); CEPAL (2015); Gerlagh y Liski (2013); Ackerman y Staton (2011). Es importante la fijación de precios del carbono, pero que permita la protección de los bosques, y de acuerdo con las alternativas que plantean Mayorca et al. (2018) que sugieren negociar bonos de carbono internacionalmente y con Gamarra (2019); Alatorre et al. (2019); Parry y Mylonas (2018) con proyectos forestales, atendiendo el desafío del cambio climático.

#### **4.7. Parámetros climatológicos**

Durante la evaluación realizada en el ecosistema del bosque manglar en Puerto Pizarro presentó un clima semi-árido, y los promedios de los parámetros, en el transcurso de las estaciones climatológicas fueron: la temperatura del agua estuvo en 26,2 °C la temperatura del ambiente 25,6 °C, la salinidad en 26,3 ‰, el pH fue 7,3 y

el oxígeno de 6,5 mg/L y según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], (2021) la temperatura máxima tuvo su rango más amplio en verano entre 26,8 °C y 34,4 °C al igual que la temperatura mínima fue de 20,2 °C y 24,4°C y la humedad relativa entre 68,9% y 90,5%. Las mayores precipitaciones fueron en verano, inferiores a los 60 mm/día, y se ausentaron en las otras estaciones.

El humedal que se encuentra en la zona A, inundada y densamente poblada, se encontró dominado mayoritariamente por *R mangle*, y la acumulación de nutrientes se observó en áreas de la zona B, como la Isla de los Pájaros. La importancia de los nutrientes lo confirma con sus trabajos Hernández (2009) y Lovelock et al. (2007) quienes encontraron que, la sedimentación, incrementó el área de hábitat y estimuló el crecimiento. Según Komiyama et al. (2019) la salinidad del agua en el suelo y el crecimiento del tronco de *Avicennia alba*, se incrementó durante la temporada de lluvias y con el cambio de estación, lo que sucedió entre las estaciones de primavera y verano.

Se coincide con lo expresado por Thorhaug et al. (2019) que la productividad de carbono en el manglar se incrementa con la temperatura. Al igual que Suyadi (2020) quien estudió las características del paisaje y la vegetación de mangle y otros parámetros, la zona A refleja lo expresado por Moreno-Martínez et al. (2021); Monroy-Torres, et al. (2014), y Moreno et al. (2010) para los suelos anegados con dominio de mangle rojo y la significativa influencia de las mareas, en comparación con parcelas inundadas esporádicamente, sustentado también por Hernández (2009) respecto a la captación de Carbono, esto es concordante con la Zona A que es donde habitan la mayor población de *R mangle*.

También coincide con lo reportado por Peña Velasco (2021); Songsom et al. (2021); Songsom et al. (2019); Pólit López (2016); Garcés y Castellanos (2016) y Adame et al. (2015), quienes confirman el mejor crecimiento entre estaciones y básicamente en verano, la importancia del periodo de lluvias en las características de *R. mangle*, tal como lo encontrado en los resultados el presente estudio y el trabajo de Castellón,

(2019) y Adame et al. (2013), que confirman la importancia de las condiciones climatológicas, cálido, subhúmedo y con precipitaciones en verano de 1 588 mm (media anual), con temperatura de 26 °C, y rango anual entre 20 °C y 31 °C con frecuentes tormentas tropicales y huracanes

## V. CONCLUSIONES

1. La valoración económica del ecosistema Manglar de Puerto Pizarro realizada en base a la cuantificación del carbono capturado, difiere para cada biotipo, su población, las dimensiones diamétricas y estaciones climatológicas.
2. La captura de carbono a nivel de población y dimensión diamétrica fue mayor en el biotipo R. mangle, registrando incrementos de 3 537,6 t/ha de CO<sub>2</sub> e, superando a L. racemosa que capturó 691,57 t/ha de CO<sub>2</sub> e y A. germinans con 579,9 t/ha de CO<sub>2</sub> e.
3. La mejor estación climatológica en la captura de carbono, expresado como biomasa, fue en verano para todos los biotipos, destacando R. mangle que almacenó 1 596,84 t/ha CO<sub>2</sub> e seguido de L. racemosa y A. germinans con 284.89 t/ha CO<sub>2</sub> e, y 227,189 t/ha de CO<sub>2</sub> e, respectivamente.
4. La reserva de carbono capturado por los tres biotipos de Mangle registró en promedio un total de 86,5 t/ha de CO<sub>2</sub> e con un valor de 5 023,6 US \$/ha en el mercado de UEA y según el PSCP en 620,3 US \$/ha en el año 2021.
5. Por biotipo, R. mangle registró la más alta valoración económica, debido al mayor DAP de sus árboles con 205 426,6 US \$/ha (mercado de UEA) o en 25 364,4 US \$/ha (según el PSCP), seguido por L. racemosa con un valor de 40 160 \$/ha (mercado de UEA) o en 4 959 \$/ha (según el PSCP) y A. germinans con capturas valorizadas en 33 673,7 \$/ha (mercado de UEA) o en 4 157,8 \$/ha (según el PSCP).

## VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con estudios incrementando más áreas del ecosistema manglar, y ampliar los parámetros de evaluación a la biomasa aérea, del suelo y sub suelo para dilucidar donde está la mayor captura de carbono y valorar el bosque y su biodiversidad.
2. Realizar técnicamente un programa de poda del manglar, en busca de un mejor crecimiento, como lo sugiere Kathiresan et al. (2019).
3. Deben sumarse al análisis la inclusión de los costos sociales y ambientales en la toma de decisiones por parte de las autoridades en planes de desarrollo.
4. El gobierno peruano debería establecer un Precio Social al Carbono (PSC) más equitativo, que permita resolver el desafío del cambio climático y la protección de los bosques, áreas naturales y la reforestación, tal como lo plantean los autores citados en el texto.
5. Realizar lineamientos de acción para valorar económicamente el bosque Manglar, tomando en cuenta todos los servicios ambientales que ofrece este ecosistema: aspectos culturales, económicos y sociales., cómo recomendación se adjunta la siguiente propuesta:

## **PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE ACCIÓN PARA DARLE MAYOR VALORACIÓN ECONÓMICA AL BOSQUE DEL MANGLAR**

El Ecosistema Manglar de Puerto Pizarro de Tumbes, pertenece a la clasificación de humedales, considerándolos como, áreas saturadas con agua y de diferentes regímenes albergando diversas comunidades biológicas, y proveen de servicios.

El Ecosistema Manglar de Puerto Pizarro de Tumbes, proporciona diversos servicios ecosistémicos en base a la diversidad forestal y fauna silvestre, con diversos actores directos utilizando los ecosistemas forestales y que, son causa de conflictos de interés y excesiva utilización de algunos servicios, cómo madera, especies de fauna, etc., a costa de otros como la captura de carbono, regulación del clima, etc.

Por la importancia del ecosistema manglar para Tumbes y el país, se trata de demostrar su valor económico para promover su reconocimiento y de los servicios ecosistémicos que brindan a la población, y preservando la bio diversidad.

Valorar económicamente el manglar en Puerto Pizarro, respecto a la diversidad boscosa y sus animales silvestres forma una herramienta para la evaluación que se debe utilizar, con distintos fines y a diferentes niveles, para tomar la decisión en base a los productos que proveen al ecosistema forestal, para asegurar su utilización racional y óptimo manejo.

El Perú por poseer una biodiversidad muy importante y Tumbes en especial, lo ubican entre los primeros puestos a nivel global y su población está supeditada directamente de las funciones del mismo ecosistema, el aplicar instrumentos para fomentar políticas de conservación y aprovechamiento sostenible, incidirá directamente en la seguridad alimentaria, y en la reducción de la pobreza.

### **Objetivo 1: sustentable**

Difundir y suministrar la explotación sustentable y gestión responsable sobre su diversidad biológica, las riquezas nativas renovables, y las que no lo son, el mantenimiento del ambiente asimismo preservar el patrimonio oriundo y la cultura, el bien común y la salud de sus pobladores.

Lineamiento.

Difundir políticas para conservar, utilizar y aprovechar en forma sostenible las riquezas nativas renovables, y las no renovables y de la complejidad de organismos vivos en el ecosistema manglar.

Acciones priorizadas:

1. Promocionar y elaborar iniciativas y proyectos para inventariar y caracterizar las riquezas nativas en el ecosistema manglar.
2. Implementar las Estrategias Nacionales involucrando a los diferentes actores: respecto al bosque, sus diversas especies vivas, el cambio del clima, para la conservación del humedal, proyectos para reforestar el bosque, etc.
3. Prevaler y facilitar los proyectos para generar sapiencias técnico científico con métodos para la mejor explotación sostenible de las riquezas nativas con un buen desempeño y conducta responsable, especialmente con las áreas más presionadas socialmente.
4. Promover la recuperación de áreas sin manglar y su conservación.

5. Monitorear constantemente la utilización eficaz del ecosistema.
6. Valorar económicamente los recursos y servicios ambientales del bosque manglar ejecutando estudios y proyectos.
7. Fortalecer institucionalmente, a nivel de gobierno regional, la contribución al desarrollo de procesos de utilización y explotación sustentable a las riquezas y la diversidad biológica del ecosistema manglar, invitando la participación de las instituciones especializadas.
8. Promover y estimular los proyectos de preparación, formación técnica y de investigación con materiales para planificar y gestionar, para minimizar los componentes con vulnerabilidad.
9. Impulsar y fortalecer la formación de dirigentes con liderazgo y capacitación de gremios y sus bases y los demás actores involucrados para su participación en los procesos que permitan el aprovechamiento sostenible de los recursos y de su gestión responsable.

## **Objetivo 2**

Promover la mejora del ecosistema manglar de con equilibrio profesional comprometiendo la participación de la población y gestores públicos, privados, planificándolo adecuadamente.

Lineamiento.

Impulsar el progreso sostenible del ecosistema manglar realizando inventario, evaluación, monitoreo y reforestación del manglar.

Acciones priorizadas:

1. Promover un Inventario, como parte de una estrategia para su desarrollo utilizando instrumentos modernos, con el apoyo de la comunidad.
2. Implementar planes de evaluación del ecosistema utilizando instrumentos modernos.
3. Implementar un programa continuo de monitoreo del ecosistema de acuerdo al establecimiento de políticas y estrategias para su desarrollo y conservación.
4. Implementar e Impulsar un plan de mantenimiento y conservación del ecosistema partiendo del Inventario, para su desarrollo de acuerdo a lo establecido en las políticas y estrategias a nivel nacional.
5. Implementar un programa continuo de poda y reforestación del ecosistema de acuerdo a lo establecido en las políticas y estrategias para su perfeccionamiento y conservación establecidas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerman, F & Stanton, E. (2011). Climate Risks and Carbon Prices: Revising the Social Cost of Carbon. *Economics Discussion Papers*, No 2011-40, Kiel Institute for the World Economy. <http://www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2011-40>
- Adame, M. F., Fry, B., Gamboa, J. N. & Herrera-Silveira, J. A. (2015). Nutrient Subsidies Delivered by Seabirds to Mangrove Islands. *Marine Ecology Progress Series* 525:15–24. doi: 10.3354/MEPS11197. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0056569>
- Adame, M. F., Kauffman, J., B., Medina, I., Gamboa, J.N., Torres, O., Caamal, J.P., Reza, M. & Herrera-Silveira, J. A. (2013). Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE* 8 (2): e56569 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056569>
- Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J. Galindo, L. M., (2019). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina. Documentos de Proyectos. Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). División de Publicaciones y Servicios Web, [publicaciones.cepal@un.org](mailto:publicaciones.cepal@un.org). Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44423-costo-social-carbono-vision-agregada-america-latina>

- Alongi, Daniel M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. [Http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Marine-010213-135020](http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Marine-010213-135020) 6:195–219. doi: 10.1146/ANNUREV-MARINE-010213-135020.
- Alvarez-Cobelas, M., Cirujano, S., Rodríguez, J., Almendros, G., Rodrigo, M., García-Morato, C., Ortiz, M., Barón, M., y Sánchez, S. (2009). Fuentes y sumideros de carbono en el parque nacional de las tablas de Daimiel. Madrid. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2006-2009*. (pp.129-138). [http://www.marm.es/es/ministerio/organizacion/organismos-publicos/oapn\\_inv\\_art\\_0607\\_tcm7-143017.pdf](http://www.marm.es/es/ministerio/organizacion/organismos-publicos/oapn_inv_art_0607_tcm7-143017.pdf)
- Arévalo, L., Alegre, J. y Palm, C. (2003). Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. *Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura*. Pucallpa, Perú. p24.
- Bolaños, E. (5 de Julio de 2015). *Estadística*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: [http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tizayuca/gestion\\_tecnologica/muestraMuestreo.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf)
- Brack, A. (2009). Perú: es un país estratégico en el mercado de bonos de carbono. *Blog de Cambio Climático*. Noticias y documentos académicos sobre el cambio climático en el Perú y el mundo. <http://blog.pucp.edu.pe/item/62886/ministro-brack-peru-es-un-pais-estrategico-en-el-mercado-de-bonos-de-carbono>
- Castellón, N.R., Vitorino, M.I., Berrêdo, J.F, Gonçalves, M.A., Leão, A.M. and Caldas, P.V. (2019). Evaluation of mangrove and its role in the economy and strategy to climate change: case study of Cuiarana, Pará, in the brazilian Amazon. <https://www.scielo.br/j/rarv/a/xt7HK3dRBmnRKCTymkR3HbH/?format=pdf&lang=en>

Castillo, B., Gervasio, H., & Bedolla, R. (2018). Estructura forestal de una zona de manglar en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 66-93. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.140>

Ccoropuna, T. A. (2017). *Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado. Chalhuanca, Caylloma – Arequipa*. [Tesis para optar el título profesional de bióloga. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Perú].  
URI: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8214>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*, UN. CEPAL. 98 p  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/37310-la-economia-cambio-climatico-america-latina-caribe-paradojas-desafios-desarrollo>

Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas*. Gland (Suiza). Secretaría de la Convención de Ramsar.  
[https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/gwo\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/gwo_s.pdf)

Corral-Rivas, S. y Návar-Cháidez, J. de J. (2009). Comparación de técnicas de estimación de volumen fustal total para cinco especies de pino de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 5 - 13, 2009. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n1/v15n1a1.pdf>

De Kumar, A. and De Kumar, A. (2009). *Environment and Ecology*. New Age International, 2009.  
34903b8d2fa5@sessionmgr4007&vid=2&format=EB&lpid=lp\_vii&rid=4

- De la Peña, A., Rojas, C. A., y De la Peña, M. (2010). Valoración económica del manglar por el almacenamiento de carbono, en la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Clio América*, 4(7), 133–150. <https://doi.org/10.21676/23897848.40>  
<http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/cliоamerica/article/view/400>
- De Petre, A., Ola, U., Ali, S., y Reynero, N. (2010). Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Área captura de Carbono [online]. Argentina. pp. 7  
<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20MyE/Captura%20de%20carbono.pdf>
- Díaz, M., Castro, A. y Manjarrez, P. (2010). Mangles de Cartagena de Indias: “Patrimonio Biológico y Fuente de Biodiversidad”. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena. *Facultad de Ingenierías Programas de Tecnología e Ingeniería Ambiental*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/MANGLES-DE-CARTAGENA.pdf>
- Díaz, J.M. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7 (3), pp. 355-369
- 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>
- Doughty, C. L., Langley, J.A., Walker, W. S., Feller, I.C., Schaub, R. & Chapman, S.K. (2015). Mangrove Range Expansion Rapidly Increases Coastal Wetland Carbon Storage. *Estuaries and Coasts* 2015 39(2):385–96. doi: 10.1007/S12237-015-9993-8.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [ONU]. (2019). *Manglares, una súper solución contra el cambio climático*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/manglares-una-super-solucion-contr-el-cambio-climatico>

Eguren, L. (octubre de 2020). El precio al carbono como instrumento de descarbonización en el contexto nacional. Precio al Carbono: Situación y perspectivas internacionales. Dirección General de Cambio Climático y Desertificación. Ministerio del Ambiente. Perú. 7 de octubre de 2020. Pp. 24. [leguren@minam.gob.pe](mailto:leguren@minam.gob.pe)  
[https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2020/CE\\_Cambio\\_Climatico\\_-2020-021/files/foros\\_documentos/20\\_10\\_06\\_precio\\_al\\_carbono\\_minam.pdf](https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2020/CE_Cambio_Climatico_-2020-021/files/foros_documentos/20_10_06_precio_al_carbono_minam.pdf)

Fatoyinbo, Temilola, Emanuelle A. Feliciano, David Lagomasino, Seung Kuk Lee, and Carl Trettin. (2018). Estimating Mangrove Aboveground Biomass from Airborne LiDAR Data: A Case Study from the Zambezi River Delta. *Environmental Research Letters* 13(2):025012. doi: 10.1088/1748-9326/AA9F03.

Flores, W. y Luna, C. (2011). *Estimación del Contenido de Carbono y su Valoración Económica, del Bosque de Manglar del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, 2010*. [Tesis Para Optar El Título Profesional de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes – Perú].

Gamarra, J. (2019). *Viabilidad financiera de la obtención de Certificados de Emisiones Reducidas a través de proyectos de forestación en la región de Cajamarca*. [Tesis de maestría]. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21579>

Garcés Ordoñez, O. y Castellanos Martínez, M.L. (2016). Supervivencia de propágulos de *Rhizophora mangle* bajo tensores ambientales en el brazo Calanaca del río Ranchería, Caribe colombiano. Grupo de Investigación Territorios Semiáridos

del Caribe, Universidad de La Guajira, Maicao, Riohacha, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras [Internet]. Notas científicas 45 (2)*.  
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2016.45.2.690>  
<http://boletin.invemar.org.co:8085/ojs/index.php/boletin/article/view/690>

Garcés O., O. (2014). Patrones de crecimiento y mortalidad de los propágulos de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* para proceso de restauración en la desembocadura del río Ranchería – La Guajira. DOI:10.13140/RG.2.2.27678.54089

Gerlagh, R. y Liski, M. (2013). Carbon Prices for the Next Thousand Years. CESifo Working Paper Series 3855, CESifo Group Munich.  
<https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2014/03/carbon-prices-thousand-years.pdf>

Harishma, K. M., Sandeep, S. & Sreekumar, V. B. (2020). Biomass and carbon stocks in mangrove ecosystems of Kerala, southwest coast of India. *Ecological Processes*. Department of Forest Botany, Kerala Forest Research Institute, Peechi, Kerala 680 653, India. (2020) <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00227-8>

Herederó, L. (2011). Manglares: un escudo natural contra el cambio climático. *BBC Mundo, Medio Ambiente*.  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/04/110415\\_verde\\_manglares\\_contr\\_a\\_cambio\\_climatico\\_lh](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/04/110415_verde_manglares_contr_a_cambio_climatico_lh)

Hernández, M. E. (2009). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. Red de manejo biotecnológico de recursos, Instituto de Ecología A. C. Congregación el Haya. 91070 Xalapa, Veracruz, México. *Terra Latinoamericana* 28: 139-147.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200005)

Hernández-Sampieri, R., y Mendóza, C. (2018). *Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill. doi:ISBN 978-1-4562-6096-5

[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf)

Huanca, M. R., y Camala, W. (2021). *Ecuaciones de volumen y factor de forma para Apuleia leiocarpa (VOGEL) J.F. MACBR. y Myroxylon balsamum (L.) HARMS*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado. México.

International Carbon Action Partnership [ICAP]. (2021). *Comercio de emisiones en todo el mundo: Informe de situación 2021*. Berlín: adelphi. <https://www.adelphi.de/en/publication/emissions-trading-worldwide-status-report-2021>

International Carbon Action Partnership [ICAP]. (2017). *Emission Trading Worldwide. Status Report 2017*. Berlin: International Carbon Action Partnership, <https://icapcarbonaction.com/en/status-report-2017>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2013). *Cambio Climático 2013. Base de ciencia física. Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas*. [https://archive.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/ar5/ar5\\_wg1\\_headlines\\_es.pdf](https://archive.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. *Good Practice Guidance for LULUCF. (2004)*. Directrices para la Elaboración de los Informes Nacionales destinados al FRA 2005. Anexo 5, tablas 3A.1.8, 3.2.2, 3.2.1 y 3.2.4.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (1996). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook and Reference Manual Revised Version 1996*. UNEP, WMO. Module 1, 4, 5.

Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (2007). *Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011*. INRENA. Lima. 201 pág.

Justo, J. (08 de febrero 2008). Bonos de carbono. El Perú se consolida en el mercado de bonos de carbono, ocupa el octavo lugar a nivel mundial en su oferta de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio. *El Peruano* [http://www.pnud.org.gt/data/publicacion/HDR\\_2010ES\\_Complete.pdf](http://www.pnud.org.gt/data/publicacion/HDR_2010ES_Complete.pdf)

Kamruzzaman, M.d., Ahmed, S., & Osawa, A. (2017). Biomass and net primary productivity of mangrove communities along the Oligohaline zone of Sundarbans, Bangladesh. *Forest Ecosyst* 4:16. <https://ecologicalprocesses.springeropen.com/articles/10.1186/s13717-020-00227-8>

Kathiresan, Kandasamy, Rajendran Narendran, Kaliyamoorthy Kalidasan, and Palanisamy Dinesh. (2019). Pruning of Shoot Branches: An Efficient Technique for Stimulating the Mangrove Growth (*Rhizophora mucronata*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 17:309–12. doi: 10.1016/J.BCAB.2018.12.006.

Kauffman J.B., Donato D.C. y M.F. Adame. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. *Documento de Trabajo 117*. CIFOR, Bogor, Indonesia. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP117Kauffman.pdf)

Kiwitt-López, U. (2009). *Guía para la elaboración de proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Perú*. Para el DED y la Subgerencia de

Medio Ambiente de la Municipalidad Metropolitana de Lima.  
file:///C:/Users/usuario/Desktop/1\_pdfsam\_Gu%C3%ADa\_elaboraci%C3%B3n  
\_MDL\_en\_el\_Per%C3%BA.pdf

Komiyama, Akira, Sasitorn Pongparn, Suthathip Umnouysin, Chadtip Rodtassana, Tamanai Pravinvongvuthi, Takehiro Noda, and Shogo Kato. (2019). Occurrence of Seasonal Water Replacement in Mangrove Soil and the Trunk Growth Response of *Avicennia Alba* Related to Salinity Changes in a Tropical Monsoon Climate. *Ecological Research* 34(3):428–39. doi: 10.1111/1440-1703.12005.

Lovelock, C. E., Feller, I. C., Ellis, J., Schwarz, A.M., Hancock, N., Nichols, P. & Sorrell, B. (2007). Mangrove Growth in New Zealand Estuaries: The Role of Nutrient Enrichment at Sites with Contrasting Rates of Sedimentation. *Oecologia* 153(3):633–41. doi: 10.1007/s00442-007-0750-y.

Mayorca, J.P., Motta, B. A., Rios, E.I. y Tenazoa, G.I. (2018). *Oportunidades de desarrollo del mercado de bonos de carbono en el Perú*. [Tesis de grado académico de Maestro, Universidad ESAN].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12640/1405>

Mcleod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M. & Silliman, B. R. (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560. <https://doi.org/10.1890/110004>

Medrano, H., Loreto, F., & Flexas, J. (2012). Terrestrial Photosynthesis in a Changing Environment: A Molecular, Physiological, and Ecological Approach. *Cambridge University Press*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139051477.004>

- Monroy-Torres, M., Francisco Flores-Verdugo, F., y Flores-de-Santiago, F. (2014). Crecimiento de tres especies de mangle subtropical en respuesta a la variabilidad en el hidroperiodo en un tanque experimental. *Ciencias Marinas* (2014), 40(4): 263–275 <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v40i4.2455>  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v40n4/v40n4a6.pdf>
- Moreno, G., Cerón, J., Cerón, R., Guerra, J., Amador, L. y Endañú, E. (2010). Estimación del Potencial de Captura de Carbono en Suelos de Manglar de Isla del Carmen. *UNACAR TECNOCENCIA*.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/unacar-tecnociencia/articulo/estimacion-del-potencial-de-captura-de-carbono-en-suelos-de-manglar-de-isla-del-carmen>
- Moreno-Martínez, A., Álvarez-Arteaga, G., Orozco-Hernández, M.E. (2021). Heterogeneidad ambiental y alteraciones antrópicas en comunidades de manglar en el pacífico sur de México. *Revista de Ciencias Ambientales* 55(1):70-85.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v55n1/2215-3896-rca-55-01-70.pdf>
- Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C. y Carvajal, M. (2010). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la región de Murcia. Departamento de Nutrición Vegetal *CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. 30100-Espinardo, (Murcia), SPAIN.  
[http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia\\_cisc\\_espanol.pdf](http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf)
- Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens. (2005). *Estadística*. 4ta edición. Mc Graw-Hill. México, D.F.
- Odum E. y G. Barrett. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Quinta edición. Editorial Thomson. México. Pág. 600.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2005). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005*. Estudio Temático Sobre Manglares. México. Perfil Nacional. FAO Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales. *Departamento de Montes. Dirección de Recursos Forestales*. FAO, Roma, Italia.

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2019). *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord*. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>

Ortiz J. J. (2003). Reforestación de manglar en la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *XII Congreso Forestal Mundial, 2003*, Québec City. Canadá. <http://www.fao.org/3/XII/0514-B2.htm>

ParksWatch, (2003). Santuario Nacional Manglares de Tumbes.2003. <http://www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=spa&country=per&park=mtns&page=con>

Parry, I. & Mylonas, V. (2018). *Canada's Carbon Price Floor, IMF Working Paper*. Authorized for distribution by Michael Keen. © 2018 International Monetary Fund. Fiscal Affairs Department. *WP/18/42* pp.27 [https://www.researchgate.net/publication/324070566\\_Canada's\\_Carbon\\_Price\\_Floor](https://www.researchgate.net/publication/324070566_Canada's_Carbon_Price_Floor)

Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S. et al. (2012). Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One*, 7, e43542.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0043542>

Peña Velasco, R. E. (2021). *Fenología de los mangles rojos (Rhizophora mangle y R. racemosa) en la ciudad de Guayaquil, Ecuador*. [Tesis de Biólogo. Universidad de Guayaquil].

<https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/2145/1931>

Pérez-Peña, M. & Robles-Jarero, E. G. (2020). Evaluation of the mangrove system in the estero "Arroyo los Coamiles" (Punta de Mita, Nayarit, Mexico). *Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*. 6 (17) 10-16. © ECORFAN – Spain. DOI: 10.35429/JESN.2020.17.6.10.16

Pólit López, M. (2016). *Sobrevivencia de propágulos de Rhizophora mangle sembrados en vivero en el islote del río Boca de Bechepedernales (Manabí), bajo diferentes condiciones de salinidad y temperatura*. [Tesis de Grado de Magíster, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales]. <http://boletin.invemmar.org.co:8085/ojs/index.php/boletin/article/view/690>

Prestegui, A., (2014). *Tablas de volúmenes para tres especies de mangles en Barra de Tecoaapa, Marquelia, Guerrero. Tesis para título de Ingeniero Forestal*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1097>

Ramos-Uvilla, J. A., García-Magaña, J. J., Hernández-Ramos, J., García-Cuevas, X., Velarde-Ramírez, J. C., Muñoz-Flores, H. J., García Espinoza, G. G., (2014). Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de Pinus de la sierra Purhépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(23), 92-109 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Distrito Federal, México. <https://www.redalyc.org/pdf/634/63439007008.pdf>

Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez- Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M. I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta

- Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., FueyoMac Donald, L. y Galindo-Leal, C. (2013). Manglares de México/Extensión, distribución y monitoreo. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México D.F. 128 pp.  
[https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/manglares\\_de\\_mexico\\_1.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/manglares_de_mexico_1.pdf)
- Sánchez-Cañete, Francisco Javier, & Pontes Pedrajas, Alfonso (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (Nº Extraordinario),270-285  
<https://www.redalyc.org/pdf/920/92013009010.pdf>
- Sannigrahi S., Zhang Q., Pilla F., Joshi, P. K., Basu, B., Keesstra, S., ... Sen, S. (2020). Responses of ecosystem services to natural and anthropogenic forcings: A spatial regression-based assessment in the world's largest mangrove ecosystem. *Science of the Total Environment*, 715.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137004>
- Santuario Nacional los Manglares de Tumbes [SNLMT]. (2011). *Plan Maestro. 2007-2011*.  
<http://www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=spa&country=per&park=mtns&page=bio>
- Schumacher, F. and Hall, F. (1933). Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, 47(9) 719-734 Washington, D.C. Nov. 1, 1933  
<https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43968352/PDF>
- Secretaría de la Convención de Ramsar (2016). *Introducción a la Convención sobre los Humedales*. Gland, Suiza, 2016.

[https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1\\_5ed\\_introductiontoconvention\\_s\\_final.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_s_final.pdf)

Secretaría de la Convención de Ramsar (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales* (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/\\$FILE/1\\_pdfsam\\_Manual\\_convenci%C3%B3n\\_de\\_Ramsar\\_2013.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf)

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, [SENAMHI]. (2021). *Tiempo / Pronóstico meteorológico* - SENAMHI – Perú  
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>

Sistema Europeo de Negociación de CO<sub>2</sub> [SENDECO2]. (03 de diciembre de 2021). *Precios CO<sub>2</sub>*. <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

Siikamäki, J., Sanchirico, J.N., and Jardinec, S.L. (2012). Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss. *Proc Natl Acad. Sci U S A. (PNAS) Proceedings of the National Academy of the United States of America (PNAS)*. 109(36): 14369–14374.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3437861/>

Smith TJ, and Whelan KRT (2006). Development of allometric relations for three mangrove species in South Florida for use in the Greater Everglades ecosystem restoration. *Wetlands Ecology and Management* 14: 409–419.

Sol-Sánchez, Á., Sánchez-Gutiérrez, F., Hernández-Melchor, G. I., Zamora, C. L. F., Sardiñas, G. O., Rivera, C. y José, Toruño P. (2015). Volumen maderable de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) impactado por herbivoría de *Anacamptodes* sp. en Cárdenas Tabasco. *Revista Iberoamericana de*

*Bioeconomía y Cambio Climático*. 1 (1), 115-133.  
<https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2145>  
<https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/2145/1931>

Songsom, V., Koedsin W., Ritchie, R. J. and Huete A. (2021). Mangrove Phenology and Water Influences Measured with Digital Repeat Photography. *Remote Sensing* 13(2):1–18. doi: 10.3390/rs13020307.

Songsom, V., Koedsin, W., Ritchie, R.J. and Huete, A. (2019). Mangrove Phenology and Environmental Drivers Derived from Remote Sensing in Southern Thailand. *Remote Sensing* 11(8). doi: 10.3390/rs11080928.

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press Szpiro, G. (1986). Measuring risk aversion: An alternative approach. *Review of Economics and Statistics* 68 (1): 156–59

Suyadi. (2020). Characteristics of Mangrove Ecosystems in Weda Bay: Environment, Vegetation, and Aboveground Carbon Stocks. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* 618(1):012021. doi: 10.1088/1755-1315/618/1/012021.

Suyadi, Gao, J., Lundquist, C.J. & Schwendenmann, L (2020). Aboveground Carbon Stocks in Rapidly Expanding Mangroves in New Zealand: Regional Assessment and Economic Valuation of Blue Carbon. *Estuaries and Coasts* 2020 43(6):1456–69. doi: 10.1007/S12237-020-00736-X.

Tanner, Michael K., Nicolas Moity, Matthew T. Costa, Jose R. Marin Jarrin, Octavio Aburto-Oropeza, and Pelayo Salinas-de-León. (2019). Mangroves in the Galapagos: Ecosystem Services and Their Valuation. *Ecological Economics* 160 (December 2018):12–24. doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.01.024.

Tapia, J. y Návar, J. (2011). Ajuste de modelos de volumen y funciones de ahusamiento para *Pinus pseudostrobus lindl.* en bosques de pino de la sierra Madre Oriental de Nuevo León, México. *Foresta Veracruzana*, 13(2):19-28. Recursos Genéticos Forestales. Xalapa, México.

Thorhaug, A. L., Poulos, H. M., López-Portillo, J., Barr, J., Lara-Domínguez, A. L., Ku, T. C. y Berlyn, G. P. (2019). Gulf of Mexico estuarine blue carbon stock, extent and flux: Mangroves, marshes, and seagrasses: A North American hotspot. *Science of the Total Environment* 653 (2019) 1253–1261 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.011> journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

University Of Chicago. (2010). *The Chicago manual of style*. 16th edition. Chicago, USA: University of Chicago press. <http://www.chicagomanualofstyle.org/tools.html>

Valdés V. E., Valdez H. J. I., Ordaz C. V. M., Gallardo L. J. F., Pérez N. J. & Ayala S. C. (2011). Evaluación del carbono orgánico en suelos de los manglares de Nayarit. *Rev. Mex. Cien. For.* Vol. 2 Núm. 8 <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n8/v2n8a5.pdf>

Valero, S. y Restrepo, D. (2017). *Cinco superpoderes de los manglares*. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/5-superpoderes-de-los-manglares/>

Watkiss, P., Anthoff, D., Downing, T., Hepburn, C., Hope, C., Hunt, A. y Tol, R. S. J. (2006). The social costs of carbon (SCC) review—methodological approaches for using SCC estimates in policy assessment, *Final report to DEFRA*.

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/243816/aeat-scc-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/243816/aeat-scc-report.pdf)

Watkiss, P. y Downing, T. (2008). "The social cost of carbon: Valuation estimates and their use in UK policy", *The Integrated Assessment Journal*, 8(1): 85-105.

<https://www.sei.org/publications/social-cost-carbon-valuation-estimates-use-uk-policy/>

Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W., Twilley, R.R., y Day, R.H. (2014). *Mangrove swamps: sentinel ecosystem in front of the climatic change, Gulf of Mexico*. 02 (n.spe.)

Xalapa dic. 2014 versión On-line ISSN 2448-7597 versión impresa ISSN 1405-0471

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712014000500003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000500003)

Zerón, A. (2011). Biotipos, fenotipos y genotipos. ¿Qué biotipo tenemos? (Segunda parte). *Revista Mexicana de Periodontología* 2011; 2(1): 22-33.

[http://www.genotipos.\\_Que\\_biotipo\\_tenemos.](http://www.genotipos._Que_biotipo_tenemos.)

## ANEXOS

**Tabla 2: Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP en cada zona**

DAP (cm)	zona A		zona B		zona C		Zonas Juntas	
	ejemplares	%	ejemplares	%	ejemplares	%	total	%
de 30 a más	24 637	4,0	0	0,0	0	0,0	24 637	4,0
de 25 a 29,9	8 734	1,4	0	0,0	0	0,0	8 734	1,4
de 20 a 24,9	43 011	7,0	2 088	0,3	0	0,0	45 099	7,3
de 15 a 19,9	85 858	13,9	5 412	0,9	0	0,0	91 270	14,8
de 10 a 14,9	52 817	8,6	27 524	4,5	34 754	5,6	115 095	18,7
de 05 a 9,9	4 861	0,8	174 964	28,4	117 987	19,1	297 812	48,3
< de 5	0	0,0	30 849	5,0	3 612	0,6	34 461	5,6
<b>Total:</b>	<b>219 918</b>	<b>35,6</b>	<b>240 836</b>	<b>39,0</b>	<b>156 352</b>	<b>25,3</b>	<b>617 107</b>	<b>100,0</b>

**Tabla 3: Ejemplares de mangle de acuerdo al DAP de biotipo**

Especie	<i>R. mangle</i>		<i>A. germinans</i>		<i>L. racemosa</i>		Total	
	ejemplares	%	ejemplares	%	ejemplares	%	ejemplares	%
de 30 a más	24 637	4,0	0	0	0	0	24 637	4,0
de 25 a 29,9	8 075	1,3	0	0	659	0,1	8 734	1,4
de 20 a 24,9	41 940	6,8	0	0	3 159	0,5	45 099	7,3
de 15 a 19,9	87 587	14,2	1 071	0,2	2 611	0,4	91 270	14,8
de 10 a 14,9	78 875	12,8	23 705	3,8	12 515	2,0	115 095	18,6
de 05 a 9,9	79 388	12,9	134 684	21,8	83 740	13,6	297 812	48,3
< de 5	1 825	0,3	3 634	0,6	29 001	4,7	34 461	5,6
<b>Total:</b>	<b>322 328</b>	<b>52,2</b>	<b>163 094</b>	<b>26,4</b>	<b>131 685</b>	<b>21,3</b>	<b>617 107</b>	<b>100,0</b>

**Tabla 4: Volumen de ejemplares de mangle de acuerdo al DAP de biotipo**

Especie	<i>R. mangle</i>		<i>A. germinans</i>		<i>L. racemosa</i>		Total	
	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%
de 30 a más	4 923	9,3	0	0	0	0	4 923	9,3
de 25 a 29,9	1 614	3,0	0	0	71	0,1	1 685	3,2
de 20 a 24,9	8 381	15,8	0	0	156	0,3	8 537	16,1
de 15 a 19,9	16 711	31,5	88	0,2	248	0,5	17 047	32,1
de 10 a 14,9	10 239	19,3	661	1,2	967	1,8	11 867	22,3
de 05 a 9,9	2 736	5,2	3 393	6,4	2 190	4,1	8 318	15,7
< de 5	54	0,1	78	0,1	588	1,1	721	1,4
<b>Total:</b>	<b>44 658</b>	<b>84,1</b>	<b>4 219</b>	<b>7,9</b>	<b>4 220</b>	<b>7,9</b>	<b>53 098</b>	<b>100</b>

**Tabla 5: Volumen de ejemplares de mangle según DAP por zona**

DAP (cm)	zona A		zona B		zona C		Total	
	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	%
de 30 a más	4923	9,3	0	0	0	0	4923	9,3
de 25 a 29,9	1685	3,2	0	0	0	0	1685	3,2
de 20 a 24,9	8497	16,0	40	0,1	0	0	8537	16,1
de 15 a 19,9	16827	31,7	219	0,4	0	0	17047	32,1
de 10 a 14,9	9842	18,5	1059	2,0	966	1,8	11867	22,3
de 05 a 9,9	527	1,0	4491	8,5	3301	6,2	8318	15,7
< de 5	0	0,0	615	1,2	106	0,2	721	1,4
<b>Total:</b>	<b>42301</b>	<b>79,7</b>	<b>6424</b>	<b>12,1</b>	<b>4373</b>	<b>8,2</b>	<b>53098</b>	<b>100</b>

**Tabla 6: Biomasa de ejemplares de mangle según DAP de cada biotipo**

Especie	<i>R. mangle</i>		<i>A. germinans</i>		<i>L. racemosa</i>		Total		
	DAP (cm)	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%
de 30 a más		3 402	8,7	0	0,00	0	0,0	3 402	8,7
de 25 a 29,9		1 115	2,8	0	0,00	38	0,1	1 153	2,9
de 20 a 24,9		5 792	14,8	0	0,00	89	0,2	5 881	15,0
de 15 a 19,9		11 629	29,7	64	0,2	134	0,3	11 826	30,2
de 10 a 14,9		7 594	19,4	589	1,5	536	1,4	8 719	22,3
de 05 a 9,9		3 079	7,9	3 126	8,0	1 414	3,6	7 619	19,5
< de 5		64	0,2	76	0,2	396	1,0	536	1,4
Total:		32 675	83,5	3 855	9,9	2 606	6,7	39 137	100,0

**Tabla 7: Captura de carbono por *R. mangle* y valoración económica**

Especie: <i>R. mangle</i>	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO <sub>2</sub> e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	24 637	4 923	3 402	6,6	3,3	12,1	704,0	86,9
de 25 a 29,9	8 075	1 614	1 115	2,2	1,1	4,0	230,7	28,5
de 20 a 24,9	41 940	8 381	5 792	11,2	5,6	20,6	1 198,5	148,0
de 15 a 19,9	87 587	16 711	11 629	22,6	11,3	41,4	2 406,2	297,1
de 10 a 14,9	78 875	10 239	7 594	14,7	7,4	27,1	1 571,3	194,0
de 05 a 9,9	79 388	2 736	3 079	6,0	3,0	11,0	637,1	78,7
< de 5	1 825	54	64	0,1	0,1	0,2	13,3	1,6
Total:	322 328	44 658	32 675	63,4	31,7	116,4	6 761,0	834,8

**Tabla 8: Captura de carbono de *A. germinans* y valoración económica**

Especie: <i>A. germinans</i>	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO <sub>2</sub> e	Precio UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 25 a 29,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 20 a 24,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 15 a 19,9	1 071	88	64	0,4	0,2	0,8	44,1	5,4
de 10 a 14,9	23 705	661	589	3,8	1,9	7,0	405,9	50,1
de 05 a 9,9	134 684	3 393	3 126	20,2	10,1	37,1	2 154,3	266,0
< de 5	3 634	78	76	0,5	0,2	0,9	52,4	6,5
Total:	163 094	4 219	3 855	24,9	12,5	45,7	2 656,7	328,0

**Tabla 9: Captura de carbono de *L. racemosa* y valoración económica**

Especie: <i>L. racemosa</i>	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO <sub>2</sub> e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 25 a 29,9	659	71	38	0,2	0,1	0,4	25,3	3,1
de 20 a 24,9	3 159	156	89	0,6	0,3	1,0	59,1	7,3
de 15 a 19,9	2 611	248	134	0,8	0,4	1,5	88,6	10,9
de 10 a 14,9	12 515	967	536	3,3	1,7	6,1	355,7	43,9
de 05 a 9,9	83 740	2 190	1 414	8,8	4,4	16,2	938,4	115,9
< de 5	29 001	588	396	2,5	1,2	4,5	262,8	32,5
<b>Total:</b>	<b>131 685</b>	<b>4 220</b>	<b>2 606</b>	<b>16,2</b>	<b>8,1</b>	<b>29,8</b>	<b>1729,9</b>	<b>213,6</b>

**Tabla 10: Captura de carbono de *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa* juntas y su valoración económica**

Especies: <i>Juntas</i>	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO <sub>2</sub> e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	24 637	4 923	3 402	4,1	2,0	7,5	436,7	53,9
de 25 a 29,9	8 734	1 685	1 153	1,4	0,7	2,5	148,0	18,3
de 20 a 24,9	45 099	8 537	5 881	7,1	3,5	13,0	754,9	93,2
de 15 a 19,9	91 270	17 047	11 826	14,2	7,1	26,1	1 518,0	187,4
de 10 a 14,9	115 095	11 867	8 719	10,5	5,3	19,3	1 119,1	138,2
de 05 a 9,9	297 812	8 318	7 619	9,2	4,6	16,8	978,0	120,8
< de 5	34 461	721	536	0,6	0,3	1,2	68,8	8,5
<b>Total:</b>	<b>617 107</b>	<b>53 098</b>	<b>39 137</b>	<b>47,1</b>	<b>23,6</b>	<b>86,5</b>	<b>5 023,6</b>	<b>620,3</b>

**Tabla 11: Biomasa de ejemplares de mangle por DAP en cada zona**

DAP (cm)	zona A		zona B		zona C		Total	
	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%	Biomasa (t)	%
de 30 a más	3 402	8,7	0	0,0	0	0,0	3 402	8,7
de 25 a 29,9	1 153	2,9	0	0,0	0	0,0	1 153	2,9
de 20 a 24,9	5 854	15,0	27	0,1	0	0,0	5 881	15,0
de 15 a 19,9	11 595	29,6	232	0,6	0	0,0	11 826	30,2
de 10 a 14,9	6 672	17,0	1 118	2,9	928	2,4	8 719	22,3
de 05 a 9,9	302	0,8	4 195	10,7	3 121	8,0	7 619	19,5
< de 5	0	0,0	447	1,1	89	0,2	536	1,4
<b>Total:</b>	<b>28 978</b>	<b>74,0</b>	<b>6 020</b>	<b>15,4</b>	<b>4 138</b>	<b>10,6</b>	<b>39 137</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 12: Captura de carbono en Zona A y valoración económica**

Zona: A	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO2 e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha-1	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	24 637	4 923	3 402	6,6	3,3	12,1	704,0	86.9
de 25 a 29,9	8 734	1 685	1 153	2,2	1,1	4,1	238,6	29.5
de 20 a 24,9	43 011	8 497	5 854	11,4	5,7	20,9	1 211,3	149.6
de 15 a 19,9	85 858	16 827	11 595	22,5	11,3	41,3	2 399,1	296.2
de 10 a 14,9	52 817	9 842	6 672	13,0	6,5	23,8	1 380,6	170.5
de 05 a 9,9	4 861	527	302	0,6	0,3	1,1	62,6	7.7
< de 5	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0
<b>Total:</b>	<b>219 918</b>	<b>42 301</b>	<b>28 978</b>	<b>56,3</b>	<b>28,1</b>	<b>103,3</b>	<b>5 996,1</b>	<b>740.4</b>

**Tabla 13: Captura de carbono en Zona B y valoración económica**

Zona: B	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO2 e	Precio UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m3	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO2 e ha-1	58,07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 25 a 29,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 20 a 24,9	2 088	40	27	0,2	0,1	0,3	18,7	2,3
de 15 a 19,9	5 412	219	232	1,5	0,7	2,8	159,7	19,7
de 10 a 14,9	27 524	1 059	1 118	7,2	3,6	13,3	770,7	95,2
de 05 a 9,9	174 964	4 491	4 195	271	13,6	49,8	2 891,2	357,0
< de 5	30 849	615	447	2,9	1,4	5,3	308,2	38,1
<b>Total:</b>	<b>240 836</b>	<b>6 424</b>	<b>6 020</b>	<b>38,9</b>	<b>19,5</b>	<b>71,4</b>	<b>4 148,5</b>	<b>512,2</b>

**Tabla 14: Captura de carbono en Zona C y valoración económica**

Zona: C	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO2 e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m3	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO2 e ha-1	58,07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 25 a 29,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 20 a 24,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 15 a 19,9	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
de 10 a 14,9	34 754	966	928	5,8	2,9	10,6	616,0	76,1
de 05 a 9,9	117 987	3 301	3 121	19,4	9,7	35,7	2 071,8	255,8
< de 5	3 612	106	89	0,6	0,3	1,0	59,0	7,3
<b>Total:</b>	<b>156 352</b>	<b>4 373</b>	<b>4 138</b>	<b>25,8</b>	<b>12,9</b>	<b>47,3</b>	<b>2 746,9</b>	<b>339,2</b>

**Tabla 15: Captura de carbono en Zona A B C Juntas y valoración económica**

Zona: A B C Juntas	Abundancia	Volumen	Biomasa	Biomasa/ha	Cat	CO <sub>2</sub> e	UEA:	PSC Perú:
DAP (cm)	Ejemplares	m <sup>3</sup>	t/DAP	t/ha	t/ha	t CO <sub>2</sub> e ha-1	58.07 \$/t	7,17 \$/t
de 30 a más	24 637	4 923	3 402	4,1	2,0	7,5	436,7	53,9
de 25 a 29,9	8 734	1 685	1 153	1,4	0,7	2,5	148,0	18,3
de 20 a 24,9	45 099	8 537	5 881	7,1	3,5	13,0	754,9	93,2
de 15 a 19,9	91 270	17 047	11 826	14,2	7,1	26,1	1 518,0	187,4
de 10 a 14,9	115 095	11 867	8 719	10,5	5,3	19,3	1 119,1	138,2
de 05 a 9,9	297 812	8 318	7 619	9,2	4,6	16,8	978,0	120,8
< de 5	34 461	721	536	0,6	0,3	1,2	68,8	8,5
<b>Total:</b>	<b>617 107</b>	<b>53 098</b>	<b>39 137</b>	<b>47,1</b>	<b>23,6</b>	<b>86,5</b>	<b>5 023,6</b>	<b>620,3</b>

**Tabla 16: Incremento de biomasa de *R. mangle* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>R. mangle</i> X de árboles	Biomasa (t)/EC en árboles de 30 a más cm de Φ	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 25 a 29,9 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 20 a 24,90 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 15 a 19,9 cm Φ	%
<b>Biomasa inicial:</b>	0.3287	100	0.2323	100	0.1761	100	0.0941	100
<b>INICIO</b>	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
<b>OTOÑO</b>	0.0016	0.47	0.0015	0.64	0.0015	0.83	0.0008	0.82
<b>INVIERNO</b>	0.0018	0.55	0.0015	0.64	0.0017	0.98	0.0013	1.37
<b>PRIMAVERA</b>	0.0027	0.82	0.0022	0.97	0.0023	1.30	0.0015	1.64
<b>VERANO</b>	0.0039	1.19	0.0045	1.96	0.0039	2.23	0.0031	3.26
<b>Biomasa Final</b>	0.339	103.04	0.242	104.21	0.185	105.34	0.101	107.09
<b>Δ final</b>	0.0100	3.04	0.0098	4.21	0.0094	5.34	0.0067	7.09

Continúa...

Biomasa (t)/EC en árboles de 10 a 14,9 cm $\Phi$	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 5 a 9,9 cm $\Phi$	%	Biomasa (t)/EC en árboles < 5 cm $\Phi$	%	Biomasa total (t)/EC en árboles muestra.	%	$\bar{X}$ Biomasa de muestra (t)/EC	%
0.0573	100	0.0240	100	0.0093	100	0.922	100	0.132	100
0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.0004	0.72	0.0003	1.19	0.0002	2.06	0.006	0.67	0.001	0.67
0.0007	1.31	0.0006	2.39	0.0004	4.18	0.008	0.87	0.001	0.87
0.0011	1.98	0.0009	3.63	0.0006	6.40	0.011	1.23	0.002	1.23
0.0023	4.02	0.0015	6.27	0.0011	12.19	0.020	2.21	0.003	2.21
0.062	108.03	0.027	113.48	0.012	124.83	0.968	104.99	0.138	104.99
0.0046	8.03	0.0032	13.48	0.0023	24.83	0.046	4.99	0.007	4.99

**Tabla 17: Incremento de biomasa de *R. mangle* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>R. mangle</i> $\bar{X}$ población	Biomasa (t)/EC árboles 30 a más cm $\Phi$ 24 637 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles 25 a 29,9 cm $\Phi$ 8 075 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles 20 a 24,90 cm $\Phi$ 41 940 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles 15 a 19,9 cm $\Phi$ 87 587 árb.	%
Biomasa inicial	8098.10	100.00	1875.88	100.00	7384.14	100.00	8238.45	100.00
INICIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OTOÑO	38.34	0.47	12.03	0.64	61.33	0.83	67.80	0.82
INVIERNO	44.86	0.55	12.06	0.64	72.55	0.98	112.84	1.37
PRIMAVERA	66.44	0.82	18.16	0.97	95.86	1.30	134.98	1.64
VERANO	96.74	1.19	36.70	1.96	164.89	2.23	268.67	3.26
Biomasa Final	8344.47	103.04	1954.83	104.21	7778.77	105.34	8822.74	107.09
$\Delta$ final	246.37	3.04	78.95	4.21	394.63	5.34	584.29	7.09

Continúa...

Biomasa (t)/EC árboles 10 a 14,9 cm $\Phi$ 78 875 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles 5 a 9,9 cm $\Phi$ 79 388 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles < 5 cm $\Phi$ 1 825 árb.	%	Biomasa total (t)/EC árboles población 322 328 árb.	%	$\bar{X}$ Biomasa población (t)/EC 322 328 árb.	%
4517.60	100.00	1905.16	100.00	16.97	100.00	32036.31	100.00	4576.62	100.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32.47	0.72	22.62	1.19	0.35	2.06	234.94	0.73	33.56	0.73
59.09	1.31	45.59	2.39	0.71	4.18	347.69	1.09	49.67	1.09
89.23	1.98	69.23	3.63	1.09	6.40	474.99	1.48	67.86	1.48
181.77	4.02	119.38	6.27	2.07	12.19	870.21	2.72	124.32	2.72
4880.16	108.03	2161.99	113.48	21.18	124.83	33964.14	106.02	4852.02	106.02
362.56	8.03	256.82	13.48	4.21	24.83	1927.83	6.02	275.40	6.02

Tabla 18: Incremento de biomasa y valoración económica de *R. mangle* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)

Dimensión Diamétrica de <i>R. mangle</i> X de muestra/ dimensión.	Biomasa/EC en árboles de 30 a más cm de $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 25 a 29.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
INICIO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OTOÑO	0.0016	0.0029	0.0205	0.1658	0.0015	0.0027	0.0196	0.1588
INVIERNO	0.0018	0.0033	0.0240	0.1940	0.0015	0.0027	0.0197	0.1592
PRIMAVERA	0.0027	0.0049	0.0355	0.2874	0.0022	0.0041	0.0296	0.2396
VERANO	0.0039	0.0072	0.0517	0.4184	0.0045	0.0083	0.0598	0.4842
$\Delta$ final	0.0100	0.0183	0.1316	1.0656	0.0098	0.0179	0.1286	1.0418

Continúa...

Biomasa/EC árboles de 20 a 24.90 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 15 a 19.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0015	0.0027	0.0192	0.1558	0.0008	0.0014	0.0102	0.0825
0.0017	0.0032	0.0228	0.1843	0.0013	0.0024	0.0170	0.1373
0.0023	0.0042	0.0301	0.2435	0.0015	0.0028	0.0203	0.1642
0.0039	0.0072	0.0517	0.4189	0.0031	0.0056	0.0404	0.3269
0.0094	0.0173	0.1238	1.0026	0.0067	0.0122	0.0878	0.7108

Continúa...

Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0004	0.0008	0.0054	0.0439	0.0003	0.0005	0.0037	0.0304
0.0007	0.0014	0.0099	0.0798	0.0006	0.0011	0.0076	0.0612
0.0011	0.0021	0.0149	0.1206	0.0009	0.0016	0.0115	0.0929
0.0023	0.0042	0.0303	0.2456	0.0015	0.0028	0.0198	0.1602
0.0046	0.0084	0.0605	0.4898	0.0032	0.0059	0.0426	0.3447

Continúa...

Biomasa/EC en árboles < 5 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa muestra total/EC: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0002	0.0004	0.0025	0.0204	0.0062	0.0113	0.0812	0.6575
0.0004	0.0007	0.0051	0.0414	0.0080	0.0148	0.1058	0.8572
0.0006	0.0011	0.0077	0.0634	0.0114	0.0209	0.1496	1.2116
0.0011	0.0021	0.0148	0.1208	0.0204	0.0375	0.2686	2.1750
0.0023	0.0042	0.0301	0.2460	0.0460	0.0844	0.6052	4.9013

**Tabla 19: Incremento de biomasa y valoración económica de *R. mangle* en la población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>R. mangle</i> promedio de población	Biomasa/EC en árboles de 30 a más cm de $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$	Biomasa/EC en árboles de 25 a 29.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$
INICIO	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
OTOÑO	38.34	70.35	504	4 085	12.03	22.08	158	1 282
INVIERNO	44.86	82.31	590	4 780	12.06	22.14	159	1 285
PRIMAVERA	66.44	121.91	874	7 079	18.16	33.32	239	1 935
VERANO	96.74	177.51	1273	10 308	36.70	67.34	483	3 910
$\Delta$ final	246.37	452.08	3241	26 252	78.95	144.86	1 038	8 412

Continuación...

Biomasa/EC en árboles de 20 a 24.90 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$	Biomasa/EC en árboles de 15 a 19.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
61.33	112.54	806	6 535	67.80	124.41	892	7 224
72.55	133.12	954	7 730	112.84	207.06	1 485	12 024
95.86	175.90	1 261	10 214	134.98	247.69	1 776	14 383
164.89	302.58	2 169	17 570	268.67	493.01	3 535	28 629
394.63	724.14	5 192	42 051	584.29	1 072.17	7 687	62 260

Continua ...

Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$	Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
32.47	59.58	427	3 460	22.62	41.51	298	2 411
59.09	108.43	777	6 296	45.59	83.66	600	4 858
89.23	163.74	1 174	9 509	69.23	127.04	911	7 377
181.77	333.56	2 392	19 370	119.38	219.06	1 571	12 721
362.56	665.30	4 770	38 634	256.82	471.27	3 379	27 366

Continua ...

Biomasa/E C en árboles < 5 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$	Biomasa total/EC en árboles/ población: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$
0.00	0.00	0	0	0.00	0	0	0
0.35	0.64	5	37	234.94	431.11	3 091	25 035
0.71	1.30	9	76	347.69	638.02	4 575	37 050
1.09	1.99	14	116	474.99	871.60	6 249	50 614
2.07	3.80	27	220	870.21	1 596.84	11 449	92 729
4.21	7.73	55	449	1 927.83	3 537.57	25 364	205 427

**Tabla 20: Incremento de biomasa de *A. germinans* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>A germinans</i> X de árboles	Biomasa (t)/EC árboles de 15 a 19,9 cm $\Phi$	%	Biomasa (t)/EC árboles de 10 a 14,9 cm $\Phi$	%	Biomasa (t)/EC árboles de 5 a 9,9 cm $\Phi$	%
Biomasa inicial:	0.0862	100	0.0419	100	0.0166	100
Inicio	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.0000
OTOÑO	0.0005	0.54	0.0005	1.14	0.0002	1.2829
INVIERNO	0.0007	0.78	0.0006	1.33	0.0004	2.2416
PRIMAVERA	0.0008	0.91	0.0007	1.68	0.0005	3.0048
VERANO	0.0013	1.53	0.0009	2.05	0.0007	4.4809
Biomasa Final	0.0894	103.76	0.0445	106.20	0.0184	111.0103
Incremento final	0.0032	3.76	0.0026	6.20	0.0018	11.0103

Continúa...

Biomasa (t)/EC árboles < 5 cm $\Phi$	%	Biomasa total (t)/EC en árboles muestra.	%	$\bar{X}$ Biomasa total (t)/EC en árboles muestra	%
0.0068	100	0.1515	100	0.0379	100
0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.0
0.0002	2.73	0.0013	0.89	0.0003	0.9
0.0002	3.66	0.0019	1.22	0.0005	1.2
0.0003	5.10	0.0023	1.54	0.0006	1.5
0.0005	7.19	0.0034	2.25	0.0009	2.3
0.0081	118.69	0.1604	105.90	0.0401	105.9
0.0013	18.69	0.0089	5.90	0.0022	5.9

**Tabla 21: Incremento de biomasa de *A. germinans* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>A germinans</i> x población	Biomasa (t)/EC en árboles de 15 a 19,9 cm $\Phi$ 1 071 árb.	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 10 a 14,9 cm $\Phi$ 23 705 árb.	%	Biomasa (t)/EC en árboles de 5 a 9,9 cm $\Phi$ 134 684 árb.	%
<b>Biomasa inicial:</b>	<b>92.29</b>	<b>100</b>	<b>993.38</b>	<b>100</b>	<b>2237.61</b>	<b>100.00</b>
<b>INICIO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>OTOÑO</b>	<b>0.50</b>	<b>0.54</b>	<b>11.37</b>	<b>1.14</b>	<b>28.71</b>	<b>1.28</b>
<b>INVIERNO</b>	<b>0.72</b>	<b>0.78</b>	<b>13.19</b>	<b>1.33</b>	<b>50.16</b>	<b>2.24</b>
<b>PRIMAVERA</b>	<b>0.84</b>	<b>0.91</b>	<b>16.65</b>	<b>1.68</b>	<b>67.24</b>	<b>3.00</b>
<b>VERANO</b>	<b>1.41</b>	<b>1.53</b>	<b>20.35</b>	<b>2.05</b>	<b>100.27</b>	<b>4.48</b>
<b>Biomasa Final</b>	<b>95.76</b>	<b>103.76</b>	<b>1054.95</b>	<b>106.20</b>	<b>2483.98</b>	<b>111.01</b>
<b><math>\Delta</math> final</b>	<b>3.47</b>	<b>3.76</b>	<b>61.56</b>	<b>6.20</b>	<b>246.37</b>	<b>11.01</b>

Continúa...

Biomasa (t)/EC en árboles < 5 cm $\Phi$	%	Biomasa total (t)/EC en árboles de la población	%	$\bar{X}$ Biomasa de la población (t)/EC	%
<b>24.68</b>	<b>100.00</b>	<b>3347.97</b>	<b>100.00</b>	<b>836.99</b>	<b>100.00</b>
<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>0.67</b>	<b>2.73</b>	<b>41.25</b>	<b>1.23</b>	<b>10.31</b>	<b>1.23</b>
<b>0.90</b>	<b>3.66</b>	<b>64.97</b>	<b>1.94</b>	<b>16.24</b>	<b>1.94</b>
<b>1.26</b>	<b>5.10</b>	<b>85.99</b>	<b>2.57</b>	<b>21.50</b>	<b>2.57</b>
<b>1.77</b>	<b>7.19</b>	<b>123.81</b>	<b>3.70</b>	<b>30.95</b>	<b>3.70</b>
<b>29.30</b>	<b>118.69</b>	<b>3663.98</b>	<b>109.44</b>	<b>915.99</b>	<b>109.44</b>
<b>4.61</b>	<b>18.69</b>	<b>316.01</b>	<b>9.44</b>	<b>79.00</b>	<b>9.44</b>

**Tabla 22: Incremento de biomasa y valoración económica de *A. germinans* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**

Dimensión diamétrica de <i>A. germinans</i> X muestra/ diámetro	Biomasa/EC en árboles de 15 a 19.9 cm Φ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm Φ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
INICIO	0	0	0	0	0	0	0	0
OTOÑO	0.0005	0.0009	0.0061	0.0495	0.0005	0.0009	0.0063	0.0511
INVIERNO	0.0007	0.0012	0.0089	0.0719	0.0006	0.0010	0.0073	0.0593
PRIMAVERA	0.0008	0.0014	0.0103	0.0833	0.0007	0.0013	0.0092	0.0749
VERANO	0.0013	0.0024	0.0174	0.1405	0.0009	0.0016	0.0113	0.0915
Δ final	0.0032	0.0059	0.0426	0.3452	0.0026	0.0048	0.0342	0.2767

Continúa ...

Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm Φ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles < 5 cm Φ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA=58.07\$
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0002	0.0004	0.0028	0.0227	0.0002	0.0003	0.0024	0.01979
0.0004	0.0007	0.0049	0.0397	0.0002	0.0005	0.0033	0.02649
0.0005	0.0009	0.0066	0.0532	0.0003	0.0006	0.0046	0.03694
0.0007	0.0014	0.0098	0.0793	0.0005	0.0009	0.0064	0.05203
0.0018	0.0034	0.0241	0.1949	0.0013	0.0023	0.0167	0.13525

Continúa ...

Biomasa total en árboles muestra/EC: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa Promedio/EC en árboles	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0013	0.0025	0.0177	0.1431	0.0003	0.0006	0.0044	0.0358
0.0019	0.0034	0.0244	0.1973	0.0005	0.0008	0.0061	0.0493
0.0023	0.0043	0.0307	0.2483	0.0006	0.0011	0.0077	0.0621
0.0034	0.0063	0.0449	0.3634	0.0009	0.0016	0.0112	0.0908
0.0089	0.0164	0.1176	0.9521	0.0022	0.0041	0.0294	0.2380

**Tabla 23: Incremento de biomasa y valoración económica de *A. germinans* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**

Dimensión Diamétrica de <i>A. germinans</i> X población	Biomasa/EC árboles de 15 a 19.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$
INICIO	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0.00
OTOÑO	0.50	0.91	7	53	11.37	20.86	150	1212
INVIERNO	0.72	1.33	10	77	13.19	24.20	173	1405
PRIMAVERA	0.84	1.54	11	89	16.65	30.56	219	1775
VERANO	1.41	2.59	19	151	20.35	37.35	268	2169
$\Delta$ final	3.47	6.37	46	370	61.56	112.97	810	6560

Continúa ...

Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles < 5 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
28.71	52.68	377.69	3058.89	0.67	1.24	8.88	71.90
50.16	92.04	659.94	5344.86	0.90	1.66	11.88	96.25
67.24	123.38	884.62	7164.60	1.26	2.31	16.57	134.24
100.27	183.99	1319.19	10684.17	1.77	3.26	23.35	189.08
246.37	452.08	3241.44	26252.52	4.61	8.46	60.68	491.47

Continúa ...

Biomasa total/EC en árboles/ población: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7,17 \$	UEA= 58,07\$	Biomasa Promedio/EC en árboles: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7,17 \$	UEA= 58,07\$
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
41.25	75.69	542.71	4395.42	10.31	18.92	135.68	1098.86
64.97	119.22	854.82	6923.18	16.24	29.81	213.70	1730.80
85.99	157.79	1131.32	9162.61	21.50	39.45	282.83	2290.65
123.81	227.18	1628.90	13192.52	30.95	56.80	407.23	3298.13
316.01	579.88	4157.75	33673.74	79.00	144.97	1039.44	8418.43

**Tabla 24: Incremento de biomasa de *L. racemosa* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>L. racemosa</i> X de árboles	Biomasa (t)/EC árboles de 25 a 29,9 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC árboles de 20 a 24,90 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC árboles de 15 a 19,9 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC árboles de 10 a 14,9 cm Φ	%
<b>Biomasa inicial</b>	0.181	100	0.148	100.0	0.0916	100	0.047	100
<b>INICIO</b>	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
<b>OTOÑO</b>	0.0012	0.66	0.0013	0.85	0.0010	1.10	0.0007	1.42
<b>INVIERNO</b>	0.0018	1.01	0.0017	1.16	0.0012	1.27	0.0008	1.71
<b>PRIMAVERA</b>	0.0025	1.37	0.0019	1.30	0.0014	1.56	0.0012	2.58
<b>VERANO</b>	0.0031	1.69	0.0030	2.02	0.0025	2.76	0.0022	4.67
<b>Biomasa final</b>	0.190	104.72	0.155	105.34	0.098	106.69	0.052	110.38
<b>Δ final</b>	0.009	4.72	0.008	5.34	0.006	6.69	0.005	10.38

Continúa ...

Biomasa (t)/EC árboles de 5 a 9,9 cm Φ	%	Biomasa (t)/EC árboles < 5 cm Φ	%	Biomasa total (t)/EC en árboles muestra	%	X Biomasa total (t)/EC en árboles muestra	%
0.014	100	0.006	100	0.487	100	0.08	100
0.0000	0.00	0.0000	0.0	0.000	0.00	0.0000	0.00
0.0004	2.87	0.0002	4.2	0.005	0.98	0.0008	0.98
0.0005	3.50	0.0003	4.7	0.006	1.29	0.0010	1.29
0.0007	4.75	0.0004	6.6	0.008	1.66	0.0013	1.66
0.0011	7.54	0.0007	11.4	0.012	2.57	0.0021	2.57
0.017	118.66	0.007	126.9	0.519	106.49	0.0864	106.49
0.003	18.66	0.002	26.9	0.032	6.49	0.0053	6.49

**Tabla 25: Incremento de biomasa de *L. racemosa* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC).**

Dimensión Diamétrica de <i>L. racemosa</i> x población	Biomasa (t)/EC árboles de 25 a 29,9 cm $\Phi$ 659 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles de 20 a 24,90 cm $\Phi$ 3 159 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles de 15 a 19,9 cm $\Phi$ 2 611 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles de 10 a 14,9 cm $\Phi$ 12 515 árb.	%
<b>Biomasa inicial</b>	<b>119.32</b>	<b>100.00</b>	<b>466.07</b>	<b>100.00</b>	<b>239.22</b>	<b>100.00</b>	<b>584.97</b>	<b>100.00</b>
<b>INICIO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>OTOÑO</b>	<b>0.78</b>	<b>0.66</b>	<b>3.98</b>	<b>0.85</b>	<b>2.63</b>	<b>1.10</b>	<b>8.30</b>	<b>1.42</b>
<b>INVIERNO</b>	<b>1.20</b>	<b>1.01</b>	<b>5.43</b>	<b>1.16</b>	<b>3.04</b>	<b>1.27</b>	<b>9.98</b>	<b>1.71</b>
<b>PRIMAVERA</b>	<b>1.63</b>	<b>1.37</b>	<b>6.07</b>	<b>1.30</b>	<b>3.72</b>	<b>1.56</b>	<b>15.08</b>	<b>2.58</b>
<b>VERANO</b>	<b>2.02</b>	<b>1.69</b>	<b>9.41</b>	<b>2.02</b>	<b>6.61</b>	<b>2.76</b>	<b>27.34</b>	<b>4.67</b>
<b>Biomasa final</b>	<b>124.95</b>	<b>104.72</b>	<b>490.95</b>	<b>105.34</b>	<b>255.22</b>	<b>106.69</b>	<b>645.68</b>	<b>110.38</b>
<b><math>\Delta</math> final</b>	<b>5.63</b>	<b>4.72</b>	<b>24.88</b>	<b>5.34</b>	<b>16.00</b>	<b>6.69</b>	<b>60.71</b>	<b>10.38</b>

Continúa...

Biomasa (t)/EC árboles de 5 a 9,9 cm $\Phi$ 83 740 árb.	%	Biomasa (t)/EC árboles < 5 cm $\Phi$ 29 001 árb.	%	Biomasa total (t)/EC población 131 685 árb.	%	x Biomasa (t)/EC población 131 685 árb.	%
<b>1203.62</b>	<b>100.00</b>	<b>167.38</b>	<b>100.00</b>	<b>2780.57</b>	<b>100.00</b>	<b>463.43</b>	<b>100.00</b>
<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0,00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>34.56</b>	<b>2.87</b>	<b>7.03</b>	<b>4.20</b>	<b>57.28</b>	<b>2.06</b>	<b>9.55</b>	<b>2.06</b>
<b>42.10</b>	<b>3.50</b>	<b>7.85</b>	<b>4.69</b>	<b>69.61</b>	<b>2.50</b>	<b>11.60</b>	<b>2.50</b>
<b>57.20</b>	<b>4.75</b>	<b>11.04</b>	<b>6.59</b>	<b>94.74</b>	<b>3.41</b>	<b>15.79</b>	<b>3.41</b>
<b>90.79</b>	<b>7.54</b>	<b>19.09</b>	<b>11.40</b>	<b>155.25</b>	<b>5.58</b>	<b>25.88</b>	<b>5.58</b>
<b>1428.28</b>	<b>118.66</b>	<b>212.39</b>	<b>126.89</b>	<b>3157.45</b>	<b>113.55</b>	<b>526.24</b>	<b>113.55</b>
<b>224.65</b>	<b>18.66</b>	<b>45.00</b>	<b>26.89</b>	<b>376.88</b>	<b>13.55</b>	<b>62.81</b>	<b>13.55</b>

**Tabla 26: Incremento de biomasa y valoración económica de *L. racemosa* en muestra, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensión Diamétrica de <i>L. racemosa</i> x muestra/ diámetro	Biomasa/EC en árboles de 25 a 29.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 20 a 24.90 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$
INICIO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OTOÑO	0.0012	0.0022	0.0156	0.1267	0.0013	0.0023	0.0166	0.1342
INVIERNO	0.0018	0.0033	0.0240	0.1945	0.0017	0.0032	0.0226	0.1831
PRIMAVERA	0.0025	0.0045	0.0325	0.2633	0.0019	0.0035	0.0253	0.2048
VERANO	0.0031	0.0056	0.0402	0.3258	0.0030	0.0055	0.0392	0.3173
$\Delta$ final	0.0085	0.0157	0.1124	0.9103	0.008	0.0145	0.1036	0.8394

Continúa ...

Biomasa/EC en árboles de 15 a 19.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0010	0.0018	0.0132	0.1071	0.0007	0.0012	0.0087	0.0708
0.0012	0.0021	0.0153	0.1241	0.0008	0.0015	0.0105	0.0852
0.0014	0.0026	0.0188	0.1520	0.0012	0.0022	0.0159	0.1286
0.0025	0.0046	0.0333	0.2697	0.0022	0.0040	0.0287	0.2332
0.006	0.0112	0.0806	0.6529	0.005	0.0089	0.0638	0.5178

Continúa ...

Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles < 5 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0004	0.0008	0.0054	0.0440	0.0002	0.0004	0.0032	0.0258
0.0005	0.0009	0.0066	0.0536	0.0003	0.0005	0.0036	0.0288
0.0007	0.0013	0.0090	0.0728	0.0004	0.0007	0.0050	0.0406
0.0011	0.0020	0.0143	0.1155	0.0007	0.0012	0.0087	0.0701
0.003	0.0049	0.0353	0.2859	0.002	0.0028	0.0204	0.1654

Continúa ...

Biomasa total en árboles muestra/EC: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$	Biomasa Promedio/EC en árboles: (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17\$	UEA= 58.07\$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0048	0.0088	0.0628	0.5085	0.0008	0.0015	0.0105	0.0847
0.0063	0.0115	0.0826	0.6691	0.0010	0.0019	0.0138	0.1115
0.0081	0.0148	0.1064	0.8618	0.0013	0.0025	0.0177	0.1436
0.0125	0.0229	0.1644	1.3313	0.0021	0.0038	0.0274	0.2219
0.0316	0.0580	0.4162	3.3707	0.0053	0.0097	0.0694	0.5618

**Tabla 27: Incremento de biomasa y valoración económica de *L. racemosa* en población, por dimensión diamétrica en cada estación climatológica (EC)**

Dimensiones Diamétricas de <i>L. racemosa</i> x población	Biomasa/EC en árboles de 25 a 29.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07 \$	Biomasa/EC en árboles de 20 a 24.90 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
INICIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
OTOÑO	0.78	1.44	10.31	83.50	3.98	7.30	52	424
INVIERNO	1.20	2.21	15.83	128.20	5.43	9.96	71	578
PRIMAVERA	1.63	2.99	21.43	173.56	6.07	11.14	80	647
VERANO	2.02	3.70	26.52	214.77	9.41	17.26	124	1 002
$\Delta$ final	5.63	10.33	74.09	600.02	24.88	45.66	327	2 651

Continúa ...

Biomasa/EC en árboles de 15 a 19.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$	Biomasa/EC en árboles de 10 a 14.9 cm $\Phi$ (t)	CO <sub>2</sub> e (t/ha)	PSC= 7.17 \$	UEA= 58.07\$
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
2.63	4.82	35	280	8.30	15.23	109	884
3.04	5.58	40	324	9.98	18.32	131	1 064
3.72	6.83	49	397	15.08	27.67	198	1 607
6.61	12.13	87	704	27.34	50.18	360	2 914
16.00	29.36	211	1 705	60.71	111.40	799	6 469

Continua ...

<b>Biomasa/EC en árboles de 5 a 9.9 cm <math>\Phi</math> (t)</b>	<b>CO<sub>2</sub> e (t/ha)</b>	<b>PSC= 7.17 \$</b>	<b>UEA= 58.07\$</b>	<b>Biomasa/EC en árboles &lt; 5 cm <math>\Phi</math> (t)</b>	<b>CO<sub>2</sub> e (t/ha)</b>	<b>PSC= 7.17 \$</b>	<b>UEA= 58.07\$</b>
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
34.56	63.42	455	3 683	7.03	12.90	92	749
42.10	77.26	554	4 486	7.85	14.40	103	836
57.20	104.96	753	6 095	11.04	20.25	145	1 176
90.79	166.60	1 195	9 674	19.09	35.03	251	2 034
224.65	412.24	2 956	23 939	45.00	82.58	592	4 796

Continua ...

<b>Biomasa total/EC en árboles/población: (t)</b>	<b>CO<sub>2</sub> e (t/ha)</b>	<b>PSC= 7.17 \$</b>	<b>UEA=5 8.07 \$</b>	<b>Biomasa Promedio/EC en árboles: (t)</b>	<b>CO<sub>2</sub> e (t/ha)</b>	<b>PSC= 7.17 \$</b>	<b>UEA= 58.07\$</b>
0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0
57.28	105.10	754	6 103	9.55	17.52	126	1 017
69.61	127.73	916	7 417	11.60	21.29	153	1 236
94.74	173.85	1 247	10 096	15.79	28.98	208	1 683
155.25	284.89	2 043	16 544	25.88	47.48	340	2 757
376.88	691.57	4 959	40 160	62.81	115.26	826	6 693

## ANEXOS



**Figura 23: Bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 24: Evaluando los ejemplares de mangle de Puerto Pizarro.**



**Figura 25: Saliendo y trasladándonos a otra zona del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 26: Trabajo de campo en zona del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 27: midiendo el área de una parcela del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 28: Ejemplar de *R. mangle* del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 29: Ejemplar de *L. racemosa* del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 30: Ejemplares de *A. germinans* del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 31: Midiendo altura de ejemplar de *R. mangle* del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 32: Clinómetro para medir altura del árbol del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 33: Equipo multiparámetros y un potenciómetro para medir condiciones ambientales del bosque del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**



**Figura 34: Bosque con la presencia de aves del ecosistema del manglar de Puerto Pizarro (Tumbes).**

