

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN**  
**AMBIENTAL**



**Estimación del carbono azul almacenado en el ecosistema  
manglar de la Región Tumbes**

**TESIS**

**Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con  
Mención en Gestión Ambiental**

**Autora: Br. Fiorella Ramírez Guevara**

**Tumbes, 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN**  
**AMBIENTAL**



**Estimación del carbono azul almacenado en el ecosistema  
manglar de la Región Tumbes**

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

**Br. Ramírez Guevara Fiorella (Autora)**

**Mg. Bermejo Requena Luis Alberto (Asesor)**

**ORCID: 0000-0001-5294-7034**

**Mg. Ramos Pocomucha Dely Luz (Co Asesora)**

**Tumbes, 2022**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



### Estimación del carbono azul almacenado en el ecosistema manglar de la Región Tumbes

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

Dr. Miguel Antonio Puestas Chully (Presidente)

ORCID: 0000-0003-1979-9572

Dr. Javier Mijahuanca Infante (Secretario)

ORCID: 0000-0002-5701-3967

Mg. Marco Antonio Zapata Cruz (Miembro)

ORCID: 0000-0002-9018-280X

Tumbes, 2022

# COPIA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN



**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 18 horas del 03 de noviembre del dos mil veintidós, se reunieron mediante la modalidad virtual por la plataforma zoom, los miembros del jurado conformado con la Resolución Directoral N° 0190-2021/UNTUMBES-EPG-D, del 15 de junio de 2021: Dr. Miguel Antonio Puestas Chully (presidente), Dr. Javier Mijahuanca Infante (secretario), Mg. Marco Antonio Zapata Cruz (miembro), para proceder al acto de sustentación y defensa de la tesis titulada: "Estimación del carbono azul almacenado en el ecosistema manglar de la región Tumbes" presentada por la maestrante Fiorella Ramírez Guevara; para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental.

Actuó en la condición de asesor, el Mg. Luis Alberto Bermejo Requena

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 BUENA, 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 19 horas y 45 minutos, se dio por concluido el indicado acto académico y en expresión de conformidad se procedió a la suscripción de la presente acta.

Tumbes, 03 de noviembre de 2022.

**Dr. Miguel Antonio Puestas Chully**  
DNI N° 02660522  
ORCID N° 0000-0003-1979-9572  
PRESIDENTE

**Dr. Javier Mijahuanca Infante**  
DNI N° 00227398  
ORCID N° 0000-0002-5701-3967  
SECRETARIO

**Mg. Marco Antonio Zapata Cruz**  
DNI N° 00219827  
ORCID N° 0000-0002-9018-280X  
MIEMBRO

**Mg. Luis Alberto Bermejo Requena**  
DNI N° 02642832  
ORCID N° 0000-0001-5294-7034  
ASESOR

## **Dedicatoria**

Gracias a Dios por darme las fuerzas y  
cuidado en las visitas de campo y  
laboratorio y la sabiduría para culminar  
este logro, a mi familia por el apoyo  
brindado.

A mis padres Pedro y Margarita por  
complacerse en lo forjado como la  
persona que soy en la actualidad,  
muchos de mis logros se los debo a ellos  
entre los que incluye este. Me formaron  
con reglas, me motivan constantemente  
para alcanzar mis empeños.

A mi esposo Josué Santa Cruz M. por  
acompañarme en todo el proceso desde  
campo hasta el laboratorio y darme  
ánimos de culminar con éste importante  
trabajo de investigación.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Iniciativa de Pesquerías Costeras – América Latina y al Consorcio Manglares del Noroeste del Perú por haber financiado mi trabajo de investigación. Así mismo a la Ing. Liliana Reaño por el constante seguimiento al trabajo de investigación.

Agradezco a Wilfredo Rugel de la Asociación de Extractores Artesanales de Productos Hidrobiológicos Los Tumpis – AEXAPROH, la Asociación Comunal para el desarrollo Sostenible de los Manglares El Bendito – ACODESOM y Asociación del Centro Poblado El Bendito del Santuario Nacional de los Manglares de Tumbes (ACP El Bendito) en especial al extractor de recursos hidrobiológicos Jhon K. Puse Arroyo por su apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional de Tumbes por darme las facilidades en el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Escuela Profesional Ingeniería Forestal y Medio Ambiente.

Agradezco al Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro por sus aportes académicos brindados.

Agradezco a mi asesor Mg. Luis Alberto Bermejo y co-asesora Mg. Dely Luz Ramos por el constante apoyo y aportes a la investigación.

Gracias totales por este logro.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	13
CAPÍTULO I .....	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II .....	¡Error! Marcador no definido.
2. ESTADO DEL ARTE .....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Tipología de carbono .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Reservas de carbono y servicios ecosistémicos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Biomasa.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Captura de carbono .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Importancia del carbono azul.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6. Contribución a los mercados de carbono...	¡Error! Marcador no definido.
2.7. Factores que ocasionan la pérdida y depredación del ecosistema manglar .....	¡Error! Marcador no definido.
2.8. Marco legal .....	¡Error! Marcador no definido.
2.9. Características de las zonas de estudio ....	¡Error! Marcador no definido.
2.10. Antecedentes.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO III .....	¡Error! Marcador no definido.
3. MATERIALES Y METODOS .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de la información... ¡Error!	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1. Área de estudio y toma de muestras ...	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2. Tamaño de muestra por área de estudio	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO IV .....	¡Error! Marcador no definido.
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO V .....	¡Error! Marcador no definido.
5. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO VI.....	¡Error! Marcador no definido.
6. RECOMENDACIONES .....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO VII.....	¡Error! Marcador no definido.
REFERENCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.

ANEXOS ..... ¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 1.</b> Ecuaciones alométricas empleadas para determinar biomasa total sobre el suelo.....	35
<b>Cuadro 2.</b> Densidad específica de la madera para especies de manglar .....	40
<b>Cuadro 3.</b> Existencia de biomasa a nivel de componente en Kg/ha de las 3 zonas de estudio evaluadas.....	43
<b>Cuadro 4.</b> Reservas de carbono total a nivel de componente en Mg C/ha en las 3 zonas de estudio en el ecosistema manglar.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Cuota de mercado de los estándares del mercado de carbono en 2019 (Lau, 2013) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.** Diagrama de flujo para el proceso de estimación de carbono azul en el ecosistema manglar de la región Tumbes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 3.** Localización del área de estudio y sitios de muestreo.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.** Transectos de muestro en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (**Zona A**)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.** Transectos de muestro en el Área de Conservación Ambiental Manglares del Estero la Chepa – Corrales (**Zona B**)**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 6.** Transectos de muestro en el Área de Conservación Ambiental Delta del Río Tumbes Bahía de Puerto Pizarro (**Zona C**)**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 7.** “Esquema de la distribución de las parcelas de medición establecidas a lo largo de un transecto de 150 m y utilizadas para cuantificar las existencias de carbono en manglares” Kauffman et al. (2014).**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 8.** Demarcación de transectos para toma de información. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 9:** “Particularidades de algunos árboles de mangle y cómo medir su diámetro. (a) Si el árbol es bastante recto con un tronco alto, el DAP puede medirse desde el suelo paralelo al tronco. (b) Si el árbol está en una pendiente, se mide en el lado cuesta arriba. (c) Si el árbol está inclinado, se toma el DAP según la altura natural del árbol paralela al tronco. (d) Si el árbol se bifurca a 1.3 m o menos, se mide justo debajo de la horqueta. (e) Si la horqueta está muy cerca del suelo, se miden como dos árboles. (f) Para árboles con contrafuertes altos que exceden 1.3 m sobre el nivel del suelo, el diámetro del tallo usualmente se mide directamente sobre el contrafuerte”. Fuente: citado por Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2018.**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 10.** Mediciones dasométricas para determinar biomasa de árboles.  
..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 11.** Recolecta de hojarasca en las parcelas de muestreo .....¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 12.** Recolecta de muestras de suelo en intervalos de 0-15, 15-30, 30-50  
y 50-100 cm de profundidad..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 13.** Existencia de biomasa a nivel de componente en Kg/ha en las 3 zonas  
de estudio del ecosistema manglar de la región Tumbes¡Error! **Marcador no  
definido.**

**Figura 14.** Distribución de reservas de biomasa viva sobre el suelo .....¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 15.** Comparación de las existencias de carbono en las 3 zonas de estudio  
del ecosistema manglar de la región Tumbes ..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 16.** Reservas de carbono en el suelo con un nivel de intervalo de 15 – 30  
cm nivel de profundidad ..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 17.** Reservas de carbono en el suelo con un nivel de intervalo de 0-15 cm  
nivel de profundidad..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 18.** Reservas de carbono en el suelo con un nivel de intervalo de 30-50  
cm nivel de profundidad. .... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 19.** Reservas de carbono en el suelo con un nivel de intervalo de 50-100  
cm nivel de profundidad. .... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 20.** Carbono total en el suelo, determinado en la zona A.....¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 21.** Existencia de carbono del transecto 15 al 17, a 1 m de profundidad  
en la Zona A..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 22.** Existencia de carbono del transecto 1 al 5, a 1 m de profundidad en  
la Zona A..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 23.** Existencia de carbono del transecto 11 al 14, a 1 m de profundidad  
en la Zona A..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 24.** Existencia de carbono del transecto 6 al 10, a 1 m de profundidad en  
la Zona A..... ¡Error! **Marcador no definido.**

**Figura 25.** Carbono total en el suelo, determinado en la zona B.....¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 26.** Existencia de carbono del transecto 1 al 4, a 1 m de profundidad en la **Zona B** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 27.** Carbono total en el suelo, determinado en la zona C.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 28.** Existencia de carbono del transecto 9 al 11, a 1 m de profundidad en la **Zona B** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Figura 29.** Existencia de carbono del transecto 5 al 8, a 1 m de profundidad en la **Zona B** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Transectos de muestreo inicio y fin ubicados en la Zona A (SNLMT) del ecosistema manglar de la región Tumbes. Datum WGS 84 – 17S .....	61
<b>Anexo 2.</b> Transectos de muestreo inicio y fin ubicados en la Zona B (ACA MECH-C) del ecosistema manglar de la región Tumbes.....	62
<b>Anexo 3.</b> Transectos de muestreo inicio y fin ubicados en la Zona B (ACA MDRT-BPP) del ecosistema manglar de la región Tumbes.....	62
<b>Anexo 4.</b> Existencia de carbono total en el suelo (Mg C/ha), pH, Salinidad y conductividad eléctrica según el intervalo evaluado en la <b>Zona A</b> .....	63
<b>Anexo 5.</b> Existencia de carbono total en el suelo (Mg C/ha), pH, Salinidad y conductividad eléctrica según el intervalo evaluado en la <b>Zona B</b> .....	65
<b>Anexo 6.</b> Existencia de carbono total en el suelo (Mg C/ha), pH, Salinidad y conductividad eléctrica según el intervalo evaluado en la <b>Zona C</b> .....	65
<b>Anexo 7.</b> Panel fotográfico .....	67

## RESUMEN

El ecosistema manglar de Tumbes constituye una muestra representativa de este tipo de ecosistemas en el Perú, brindando servicios ecosistémicos de provisión, regulación, cultural y soporte. Sin embargo, la deforestación de este tipo de bosques se encuentra fomentando el decrecimiento y hasta la pérdida de los servicios ecosistémico como es el de acumulación de carbono. El objetivo principal es estimar el almacenamiento de carbono azul de la biomasa aérea viviente, biomasa no viviente y carbono del suelo del ecosistema manglar de la región Tumbes abarcando 5 213,4 ha. La metodología consistió en establecer parcelas circulares ubicadas a lo largo de un transecto de medición de 150 m de longitud a partir de la orilla del manglar, realizando medidas de diámetros de fuste, alturas de árboles, estado de necromasa, regeneración natural, hojarasca y extracción de suelo. La distribución de los 31 transectos se realizó en base a un muestreo dirigido teniendo como criterio la accesibilidad principalmente y tratando de cubrir toda el área. Para el cálculo se utilizaron ecuaciones alométricas y las muestras de suelo se llevaron a un analizador de carbono orgánico total soluble (TOC). Dentro de los resultados el carbono azul estimado para bosque manglar de 51 252 508,88 MgC y carbono orgánico total de 11 174,45 ± 744,92 Mg C/ha. El ecosistema manglar en la región Tumbes que a la vez es parte de la Reserva de Biósfera del Noroeste Amotapes – Manglares, tiene potencial para posicionarse a nivel internacional como sumidero de carbono de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio; por ello es importante la creación de áreas de conservación.

***Palabras Clave: Áreas de conservación ambiental, carbono azul, ecosistema de manglar, muestreo dirigido, servicios ecosistémicos***

## **ABSTRACT**

*The mangrove ecosystem of Tumbes is a representative sample of this type of ecosystem in Peru, providing provisioning, regulating, cultural and support ecosystem services. However, the deforestation of this type of forest is promoting the decrease and even the loss of ecosystem services such as carbon accumulation. The main objective is to estimate the blue carbon storage of the living aerial biomass, non-living biomass and soil carbon of the mangrove ecosystem in the Tumbes region covering 5 213.4 ha. The methodology consisted of establishing circular plots located along a measurement transect 150 m long from the edge of the mangrove, measuring stem diameters, tree heights, necromass status, natural regeneration, leaf litter and soil extraction. The distribution of the 31 transects was carried out based on a directed sampling with accessibility as the main criterion and trying to cover the entire area. Allometric equations were used for the calculation and the soil samples were taken to a total soluble organic carbon (TOC) analyzer. The estimated blue carbon for mangrove forest was 51 252 508.88 MgC and total organic carbon was 11 174.45 ± 744.92 Mg C/ha. The mangrove ecosystem in the Tumbes region, which is also part of the Northwest Amotapes - Mangroves Biosphere Reserve, has the potential to position itself internationally as a carbon sink according to the results obtained in this study; therefore, it is important to create conservation areas.*

*Keywords: Environmental conservation areas, blue carbon, mangrove ecosystem, targeted sampling, ecosystem services*