TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

# FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

## CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

# "ESTIMACIÓN DE CARBONO EN LA NECROMASA DEL BOSQUE SECO EL CAÑONCILLO"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

José Roberto Verano Cachay (0000-0003-2372-5445)

Asesor:

María De Los Ángeles La Torre Cuadros (0000-0001-9325-3186)

Co Asesor:

Esteban Álvarez Dávila (0000-0001-9032-0099)

Lima – Perú

2022



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 26 de julio del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

| |
|---|
| Presidente: Mg. Blgo. Wilbert Cruz Hilacondo |
| Miembro: Mg. Ing. Haydee Miriam Ramos León |
| Miembro: Mg. Blga. Karen Ilse Eckhardt Rovalino |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**"ESTIMACIÓN DE CARBONO EN LA NECROMASA DEL BOSQUE SECO EL CAÑONCILLO"**

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **José Roberto Verano Cachay**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dra. María De Los Ángeles La Torre Cuadros

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (X) calificar a:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tesista: José Roberto Verano Cachay | | | Nota (en letras): (15) Quince |
| Aprobado ( x ) | Aprobado - Muy buena ( ) | Aprobado - Sobresaliente ( ) | Desaprobado ( ) |

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

**Mg. Blgo. Wilbert Cruz Hilacondo**
**Presidente**

**Mg. Ing. Haydee Miriam Ramos León**
**Miembro 1**

**Mg. Blga. Karen Ilse Eckhardt Rovalino**
**Miembro 2**

**Dra. María De Los Ángeles La Torre Cuadros**
**Asesor**

## ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR**

**DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS**

Lima, 06 de noviembre del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación**
**Universidad Científica del Sur**
**Presente. –**

De nuestra consideración,

Yo: **Jose Roberto Verano Cachay**, estudiante/egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis **María de Los Ángeles La Torre Cuadros** y el co asesor **Esteban Álvarez Dávila**, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: **Estimación de carbono en la necromasa del bosque seco el Cañoncillo**, sustentado para obtener el título de Ingeniero Ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [1], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

| | | |
|---|---|---|
| **Firma tesista**<br>**DNI: 73042161** | **Firma del asesor de tesis**<br>**DNI: 08881376** | **Firma del co-asesor de tesis**<br>**Pasaporte: BC763113** |

[1] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

**INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD**

**Título del documento evaluado.** Estimación de carbono en la necromasa del bosque seco El Cañoncillo

**Autores.** Jose Roberto Verano Cachay.

**Mecanismo de revisión de originalidad.** Evaluación con Turnitin (ID 2209407568).

**Resultado de la evaluación.** 5%

**Revisado por.** Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

**Comentarios sobre la revisión.** Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Estimación de carbono

INFORME DE ORIGINALIDAD

| 5% | 3% | 1% | 2% |
|---|---|---|---|
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Submitted to Universidad Cientifica del Sur<br>Trabajo del estudiante | 2% |
| 2 | www.researchgate.net<br>Fuente de Internet | 1% |
| 3 | agris.fao.org<br>Fuente de Internet | <1% |
| 4 | archive.org<br>Fuente de Internet | <1% |
| 5 | worldwidescience.org<br>Fuente de Internet | <1% |
| 6 | www.salta.gov.ar<br>Fuente de Internet | <1% |

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

## DEDICATORIA

A mis padres Edgar Roberto Verano Castillo y Karin Giovanna Cachay Ponce; por apoyarme constantemente en cumplir mis objetivos y brindarme sus consejos para culminar mis proyectos. Gracias por su amor y comprensión.

A mi hermana Maricielo Verano Cachay por compartir mis triunfos e impulsarme a crecer como persona y profesional.

A toda la familia Cachay Ponce; por inculcarme desde pequeño los valores, apoyarme en todos mis proyectos y, sobre todo, por el gran ejemplo de unidad que representan para mí.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**AGRADECIMIENTOS**

Mis profundos y sinceros agradecimientos a mis asesores Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros y Dr. Esteban Álvarez Dávila por su valiosa orientación en la elaboración del estudio realizado.

Asimismo, agradezco a todas las personas que contribuyeron en la realización del estudio:

A los guardabosques del área de conservación privada Bosque Seco El Cañoncillo, en especial del Sr. Roberto Ñontol por el apoyo en campo.

El apoyo logístico del personal técnico de A Rocha Perú, Grecia Valdivia Vergaray, Flor Hidalgo Panduro y Marcos Muñoz Márquez.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

**ÍNDICE GENERAL**

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN 2

DEDICATORIA 3

AGRADECIMIENTOS 4

ÍNDICE GENERAL 5

RESUMEN 6

ABSTRACT 7

ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICAR 9

**Resumen** 9

**Materiales y métodos** 13

**Resultados** 17

**Discusión** 18

**Conclusiones** 19

**Reconocimientos** 20

**Referencias** 20

ANEXOS 35

**Evidencia del envío a revista científica (Carta o e mail de envío tras aprobar la revisión académica)** 35

**Copia de carta de aprobación académica** 36

**Copia de documento de aprobación de comité de ética** 36

**Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis** 37



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**RESUMEN**

La biomasa muerta, también conocida como necromasa, es un componente importante del bosque que actúa como reservorio de nutrientes y está relacionado directamente al ciclo de carbono; su conocimiento permite entender la dinámica de descomposición del ecosistema, ciclo de nutrientes y comprender su valor frente al cambio climático. En el Perú, los estudios que relacionan la necromasa con reservas de carbono se centran en las regiones húmedas de la Amazonía y son limitados en el caso del bosque seco. El objetivo de este trabajo fue estimar la reserva de carbono del bosque seco "El Cañoncillo" dominado por la especie *Prosopis pallida.* Se evaluó la necromasa de residuos leñosos gruesos (CWD) y detritos sobre el suelo utilizando 10 parcelas de 0.1 ha. Para una estimación precisa, este estudio obtuvo densidades en función al grado de degradación de la madera de *P. pallida* recogida en las muestras de CWD. Se estimó de 2.49 ± 0.34 tC $ha^{-1}$ de necromasa, que correspondió el 94.2 % a los CWD y el 5.8 % a los detritos. Este bosque posee una capacidad de almacenamiento de carbono de 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$, que es equivalente a 4.44 ± 0.55 $tCO_2$. $ha^{-1}$ de dióxido de carbono secuestrado. Esta cifra fue baja en comparación con bosques húmedos y reporte de otros bosques secos, lo que se relacionaría a las diferencias en la disponibilidad de agua en forma de precipitaciones.

**Palabras clave:** algarrobo; cambio climático; hojarasca; densidad de madera.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**ABSTRACT**

Dead biomass, also known as necromass, is an important component of the forest that acts as a reservoir of nutrients and is directly related to the carbon cycle; its knowledge allows understanding the dynamics of ecosystem decomposition, nutrient cycling, and its value in the face of climate change. In Peru, studies that relate necromass with carbon stocks are focused on the humid regions of the Amazon and are limited in the case of dry forest. The objective of this work was to estimate the carbon stock of the dry forest "El Cañoncillo" dominated by the *Prosopis pallida* species. The necromass of coarse woody debris (CWD) and aboveground detritus was evaluated using 10 plots of 0.1 ha. For accurate estimation, this study obtained densities based on the degree of degradation of *P. pallida* wood collected in the CWD samples. It was estimated at 2.49 ± 0.34 tC $ha^{-1}$ of necromass, 94.2 % of which corresponded to CWD and 5.8 % to detritus. This forest has a carbon storage capacity of 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$, which is equivalent to 4.44 ± 0.55 $tCO_2$. $ha^{-1}$ of sequestered carbon dioxide. This rate was low in comparison to humid forests and other dry forests reported, relating to differences in water availability in the form of rainfall.

**Keywords**: carob tree; climate change; carbon stock; litter; wood density.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICAR**

# ESTIMACIÓN DE CARBONO EN LA NECROMASA DEL BOSQUE SECO EL CAÑONCILLO (PACASMAYO, PERÚ)

# CARBON ESTIMATE IN THE NECROMASS OF THE DRY FOREST EL CAÑONCILLO (PACASMAYO, PERU)

## Resumen

La biomasa muerta, también conocida como necromasa, es un componente importante del bosque que actúa como reservorio de nutrientes y está relacionado directamente al ciclo de carbono; su conocimiento permite entender la dinámica de descomposición del ecosistema, ciclo de nutrientes y comprender su valor frente al cambio climático. En Perú, los estudios que relacionan la necromasa con reservas de carbono se centran en las regiones húmedas de la Amazonía y son limitados en el caso de bosques secos. El objetivo de este trabajo fue estimar la reserva de carbono del bosque seco "El Cañoncillo" dominado por la especie *Prosopis pallida.* Se evaluó la necromasa de residuos leñosos gruesos (CWD) y detritos sobre el suelo utilizando 10 parcelas de 0.1 ha. Para una estimación precisa, este estudio obtuvo densidades en función al grado de degradación de la madera de *P. pallida* recogida en las muestras de CWD. Se estimó de 2.49 ± 0.34 tC $ha^{-1}$ de necromasa, que correspondió el 94.2 % a los CWD y el 5.8 % a los detritos. Poseyendo una capacidad de almacenamiento de carbono de 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$, que es equivalente a 4.44 ± 0.55 $tCO_2$ $ha^{-1}$ de dióxido de carbono secuestrado. Esta cifra fue baja en comparación con bosques húmedos y reporte de otros bosques secos, lo que se relacionaría a las diferencias en la disponibilidad de agua en forma de precipitaciones.

**Palabras clave:** algarrobo; cambio climático; hojarasca; densidad de madera.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**Abstract**

Dead biomass, also known as necromass, is an important component of the forest that acts as a reservoir of nutrients and is directly related to the carbon cycle; its knowledge allows understanding the dynamics of ecosystem decomposition, nutrient cycling, and its value in the face of climate change. In Peru, studies that relate necromass with carbon stocks are focused on the humid regions of the Amazon and are limited in the case of dry forest. The objective of this work was to estimate the carbon stock of the dry forest "El Cañoncillo" dominated by the *Prosopis pallida* species. The necromass of coarse woody debris (CWD) and aboveground detritus was evaluated using 10 plots of 0.1 ha. For accurate estimation, this study obtained densities based on the degree of degradation of *P. pallida* wood collected in the CWD samples. It was estimated at 2.49 ± 0.34 tC $ha^{-1}$ of necromass, 94.2 % of which corresponded to CWD and 5.8 % to detritus. This forest has a carbon storage capacity of 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$, which is equivalent to 4.44 ± 0.55 $tCO_2$ $ha^{-1}$ of sequestered carbon dioxide. This rate was low in comparison to humid forests and other dry forests reported, relating to differences in water availability in the form of rainfall.

**Keywords**: carob tree; climate change; carbon stock; litter; wood density.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

## Introducción

La importancia de los bosques tropicales, para la gestión del cambio climático, se centra en su contribución a los ciclos del carbono y del agua (Aragão et al., 2014). En particular los bosques, almacenan la mitad del carbono forestal, estos secuestran un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Pan et al., 2013), pero debido a la deforestación y a la degradación contribuyen con un 10 % de las emisiones de GEI (Pearson et al., 2017). Por tanto, la captura de carbono que involucra a la biota es considerada un proceso de gran significación respecto a la reducción de dióxido de carbono ($CO_2$). Los cuales son liberadas al aire por procesos naturales, industriales, incendios forestales, entre otros (Manta, 2017). Estas concentraciones se han duplicado en los últimos 300 años (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018), principalmente, por las emisiones de combustibles fósiles (76 %) (Olivier y Peters, 2020). Según Snowdon et al., (2002), los almacenes de carbono se relacionan a los componentes del ecosistema forestal, de estos, los principales son la biomasa aérea y la necromasa. Esta última representa un reservorio de carbono importante, ya que representa entre el 14 % y el 40 % del reservorio total. Por ello, conocer el contenido de necromasa mejora el entendimiento de las dinámicas del bosque, evidencia cambios en la diversidad de especies e inclusive permite estimar el proceso de degradación del bosque evaluando la variable en monitoreo constante (Zaninovich et al., 2017).

En el periodo de 2010 al 2020, la pérdida de bosque a nivel mundial fue de 4.7 millones de ha. año$^{-1}$ (FAO, 2020), y en el Perú 137 mil ha.año$^{-1}$ (Global Forest Watch, s/f). La pérdida de cobertura y el cambio de uso de suelo ha generado variaciones en el balance global de carbono –51 % de las emisiones de GEI en el caso del Perú– (Ministerio del Ambiente, 2016a).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En el Perú, los bosques secos representan un área de 4.1 millones de hectáreas, equivalente a 5.6 % de los bosques del territorio (Ministerio del Ambiente, 2016b), y se encuentran distribuidos en 14 regiones. La región La Libertad representa 2.71 % de área de extensión de bosques secos (Geoservidor, 2018). Estos bosques se caracterizan por la dominancia de árboles de menor diámetro y altura en comparación con los bosques húmedos (Linares-Palomino, 2004). La ubicación geográfica de los bosques secos en el Perú genera una variación en su composición florística y dominancia de especies arbóreas (Ángulo, 2009). Siendo las zonas más áridas son dominadas del género *Prosopis* (Alvarez y Villagra, 2009; Barros, 2010; Burghardt et al., 2011; Cuentas y Salazar, 2017), conocida comúnmente como algarrobo. Esta especie se caracteriza por enraizar hasta 60 metros de profundidad para captar el agua subterránea del terreno y su extensión en el Perú abarca alrededor de 52152.6 ha (el 1.3 % del área de bosques secos) (Cuentas, 2015; Geoservidor, 2018).

En los últimos años, se viene implementando estudios en los bosques secos con respecto a carbono, disturbio y cambio climático; sin embargo, a la fecha los reportes son limitados en comparación con los bosques húmedos (Espinosa et al., 2012; Sunderland et al., 2015a; Schröder et al., 2021). En la actualidad, existe un llamado a la comunidad internacional para la inclusión de los bosques secos como una importante prioridad de conservación, debido a los altos niveles de degradación y deforestación de los pocos remanentes que existen. (Blackie et al., 2014; Dobrovolski et al., 2014; Miles et al., 2006; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010; Schröder et al., 2021, Sunderland et al. 2015b).

Los bosques secos son importantes por los múltiples recursos que la población emplea, el alto valor biológico en términos de especies de flora leñosa endémica y por el rol a nivel global en el ciclo de carbono (Escribano-Avila et al., 2017; Kvist et al., 2006; Linares-



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Palomino, 2006; Marcelo-Peña et al., 2015; Marcelo-Peña et al., 2007; Sánchez et al., 2006).

El objetivo principal de este estudio fue estimar el contenido de carbono almacenado en la biomasa muerta o necromasa por encima del suelo en el área de conservación privada (ACP) "Bosque Natural El Cañoncillo". Esta área representa un 7 % de los bosques reportados por La Libertad (7351.3 ha) (Bos, 2015; Depenthal y Meitzner Yoder, 2018; Geoservidor, 2018) y proporciona una amplia variedad de servicios ecosistémicos (SE) que son cruciales para el bienestar humano y conservación de los bosques secos tropicales.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en el "Bosque Natural El Cañoncillo" (Fig.1), de concesión privada ubicada en las coordenadas UTM (674041.57 E, 9183149.09 W), en el distrito de San José (Pacasmayo, La Libertad), el cual presenta una extensión de 1494.093 ha. Se ubica en la zona de vida del desierto premontano tropical (Ministerio del Ambiente, 2019). Presenta un clima semicálido, una precipitación pluvial anual promedio de 21.3 mm, con mayor humedad en los meses de diciembre-marzo (Martín-Alva, Florían y Díaz, 2013).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

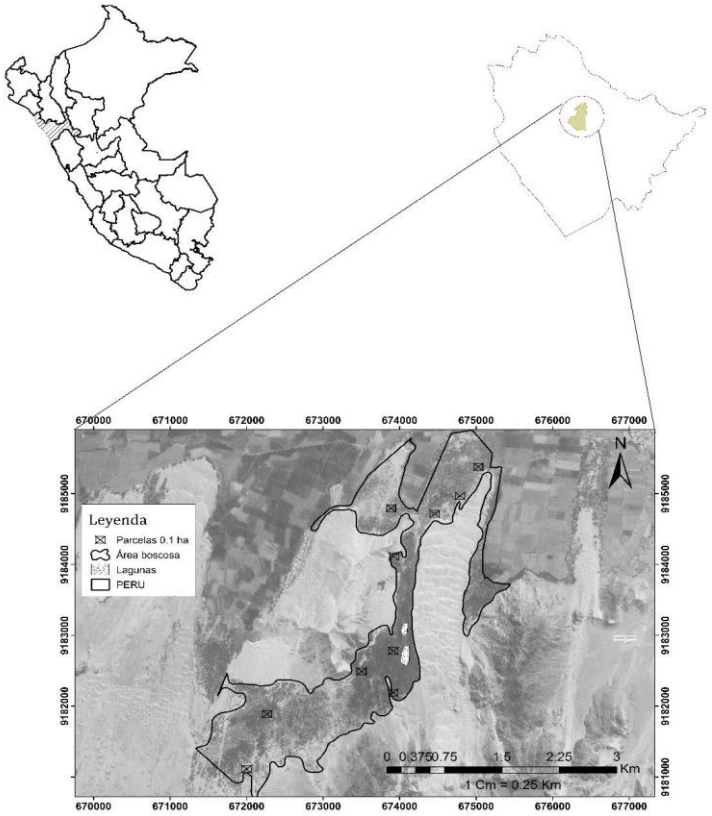



Figura 1. Ubicación del ACP Bosque Natural El Cañoncillo incluyendo las 10 parcelas de 0.1 ha para evaluación de necromasa.

La geomorfología del lugar es conocida como “Repisa Continental o Costanera”, entre los 100 y 120 m de elevación dada a la actividad geológica e hidroclimática que han moldeado un desfiladero alargado, de origen fluvio aluvial, encontrándose tres formaciones de cuerpo de agua dulce: Gallinazo, Larga y El Cañoncillo. Las formaciones de barreras elevadas de los desfiladeros controlan la dirección de viento y las condiciones de humedad del lugar lo que permite la fijación de forma natural de las dunas, a través del desarrollo de la cubierta vegetal de las especies predominantes (*Prosopis* spp. y *Capparis* spp.) (Novoa, 1998).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

La propiedad física del suelo en esta zona se caracteriza por ser de textura arenosa, presentar bajo contenido de materia orgánica, poseer un pH con un rango de 6.6-7.2, y muy baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) con un rango de 4.40-9.60.

El ACP limita con centros poblados donde la principal actividad económica es la agricultura (Campos et al., 2018; Pérez, 2014). Las comunidades tienen una percepción positiva sobre el valor y uso del bosque para proveer de leña, carbón vegetal y alimento para el ganado (Depenthal y Meitzner Yoder, 2018).

**Colecta de las muestras en campo**

Se delimitaron y evaluaron 10 parcelas de 0.1 ha distribuidas en zonas de baja perturbación humana en el ACP a lo largo de su extensión durante marzo del 2019. Para la recolección de los datos, la necromasa se agrupó en las siguientes categorías: "escombros leñosos gruesos" (CWD) conformados por árboles muertos en pie y troncos caídos con diámetro > 5 cm, y "detritos" constituidos por materia sobre el suelo, hojarasca y muestras menores a 5 cm de diámetro, según la metodología aplicada por Schlegel, Gayosos y Guerra (2001).

Las muestras de CWD se colectaron en el 100 % de las parcelas, donde se georreferenciaron y midieron tanto los diámetros de árboles muertos en pie de *P. pallida* a la altura de pecho (dap = 1.30 cm) como la altura del árbol (m). Además, en los troncos caídos se midieron los diámetros de cada extremo de las piezas. Al mismo tiempo, se realizó un corte transversal de una porción cilíndrica de la muestra para calcular la densidad de la madera. Los CWD se clasificaron en cinco categorías de acuerdo al estado de degradación (Tabla 1) (Baker y Chao, 2011).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 1. Clasificación de la biomasa muerta y puntaje según estado de degradación.

| Categoría | Estado de degradación (puntaje) |
|---|---|
| Madera en buen estado | 1 |
| Ligeramente dañada | 1.5 |
| Madera dañada y en malas condiciones | 2 |
| Algo podrida | 2.5 |
| Madera en descomposición | 3 |

Las muestras de detritos se colectaron en cuadrantes de $1m^2$ en cinco subparcelas de 0.01 ha escogidas sistemáticamente dentro de cada parcela de 0.1 ha. Se recolectaron frutos, ramas y hojarasca presentes en la superficie del suelo. Cada muestra fue tamizada en campo, almacenada en bolsa impermeable, tabulada con código de parcela, subparcela, peso y tipo; obteniéndose un total de 65 kg.

Las muestras colectadas se enviaron a los laboratorios de la Universidad Científica del Sur, donde se realizó el proceso de secado a 75 °C, para determinar el contenido de materia seca de las muestras.

**Cálculos**

**Estimación de la densidad de madera de *Prosopis pallida***

La densidad de madera de *P. pallida* se obtuvo de 10 muestras de cortes transversales de 27 troncos caídos, basándose en su fórmula general ($\rho$= masa. $Volumen^{-1}$). El volumen de los cortes transversales de cada muestra se calculó basándose en la forma del tronco evaluado según Smalian (Volumen= 0.7854 x diámetro promedio de los $extremos^2$ x Longitud) (Riaño y Lizarazo, 2017). Esta fórmula determina el volumen de cada pieza de CWD de forma paraboloide, cuadrático o cilíndrico (Riaño y Lizarazo, 2017).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

**Estimación de peso seco de biomasa muerta**

En los CWD, con el valor de los pesos secos de cada muestra de los troncos caídos, se obtuvo la densidad de madera. La densidad obtenida fue clasificada en alta, media y baja según su estado de degradación. En los detritos se promedió el peso total de la biomasa de hojarasca, frutos y ramas < 5 cm encontrada en todas las parcelas y subparcelas.

**Estimación de biomasa muerta**

Se usaron las fórmulas propuestas por Schlegel, Gayoso y Guerra (2001).

En los CWD: Biomasa muerta = volumen x densidad (t. $ha^{-1}$). En los detritos: Biomasa muerta = peso seco promedio x área de $parcela^{-1}$ (t. $ha^{-1}$).

**Estimación de carbono almacenado y $CO_2$ equivalente**

Se usó la fórmula del IPCC (2003) para conocerse el contenido de carbono almacenado en las muestras de biomasa muerta: Contenido de carbono = biomasa x 0.5, donde: 0.5= fracción de carbono; donde t biomasa tiene 0.5 tC (Osinaga et al., 2014).

De igual forma, se usó la ecuación planteada por Landeta (2009) para determinar el contenido de dióxido de carbono: $CO_2$ = 3.67 x Contenido de carbono.

Cabe señalar, que el contenido de carbono almacenado y $CO_2$ equivalente son variables dependientes del contenido de biomasa.

**Cálculo de la cantidad de necromasa según la disponibilidad de árboles vivos por parcela, ubicación altitudinal y proximidad a cuerpos de agua**

De manera complementaria a la estimación de carbono almacenado en biomasa muerta se comparó la necromasa obtenida por el número de individuos de árboles vivos, su ubicación altitudinal y su proximidad a cuerpos de agua. Teniendo en cuenta cinco parcelas por clase se dividió a estas en por debajo de 29 individuos vivos y por encima de este número. Para la diferencia de ubicación altitudinal se consideró dos grupos: por debajo de 130 m y por encima de 130 m y por último la proximidad a cuerpos de agua



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

considero cerca a una distancia menor a 400 m en línea recta al cuerpo de agua y lejos a una distancia mayor a 400 m (Anexo 1).

**Análisis estadístico y uso de programas**

Se utilizaron los programas Excel y SPSS para Windows, versión 25 para el análisis de las variables evaluadas. Para las comparaciones entre los agrupamientos por número de individuos, topografía y distancia a cuerpos de agua usamos la prueba (U de Mann-Whitney que evalúa si dos muestras independientes del mismo tamaño o desiguales difieren en sus medianas o no (Ayres et al., 2004).

Se utilizó el programa ArcGIS versión 10.8 para la digitalización del mapa de área de estudio, y también en la presentación visual de la densidad baja, media y alta en contenido de carbono en las parcelas del área de estudio.

## Resultados

Se identificaron 20 unidades de árboles muertos en pie, categorizados en: muertos recientemente (55 %), ligeramente dañado (35 %), dañado y con mala condición (10 %). Además, se identificaron 17 unidades de troncos caídos categorizados en: ligeramente dañado (67 %), muerto recientemente (22 %), dañado y con mala condición (11 %). Las densidades en base al estado de degradación fueron densidad baja 0.98 $G.cc^{-1}$, media 0.68 $G.cc^{-1}$ y alta 0.16 $G.cc^{-1}$ (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad, categoría y estado degradación de las 10 muestras de cortes a los troncos caídos.

| Codito de Corte Muestral | Diámetro (m) | Densidad ($kg.m\text{-}^{3}$) | Categoría | Estado de degradación |
|---|---|---|---|---|
| 090501 | 0.04 | 1033.13 | 1.00 | Baja |
| 010301 | 0.02 | 925.75 | 1.00 | Baja |
| 090401 | 0.07 | 759.09 | 1.50 | Media |



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 010902 | 0.07 | 755.19 | 1.50 | Media |
| 070101 | 0.10 | 537.23 | 1.50 | Media |
| 051002 | 0.08 | 263.15 | 2.00 | Alta |
| 040402 | 0.10 | 214.22 | 2.00 | Alta |
| 010901 | 0.09 | 105.32 | 2.00 | Alta |
| 100401 | 0.10 | 101.86 | 2.00 | Alta |
| 010902 | 0.12 | 99.58 | 2.00 | Alta |

La biomasa muerta en los árboles muertos en pie fue 1.85 ± 0.094 t. $ha^{-1}$ (equivalente a 1854.04 kg. $ha^{-1}$) y representó el 74.45 % de la biomasa total (Fig. 2). Los troncos caídos aportaron 0.56 ± 0.016 t. $ha^{-1}$ (equivalente a 564.49 kg. $ha^{-1}$) y representaron un aporte del 22.66 % de la biomasa total (Tabla 3). Por ende, los CWD representaron el 97.12 % del total de la biomasa muerta con una clasificación de degradación baja (Fig.2).

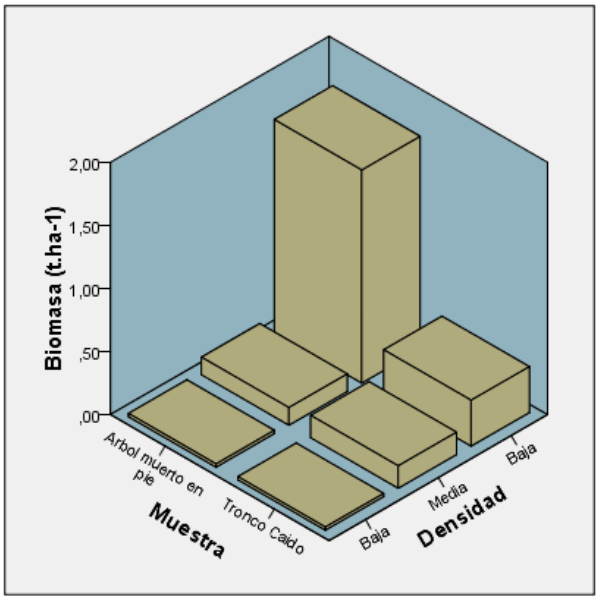



Figura 2. Contenido de biomasa del grupo CWD, según su estado de degradación.

La necromasa de los detritos por componente se distribuyó en: materia de hojarasca (0.043 ± 0.0004 t. $ha^{-1}$), frutos (0.0007 ± 0.0005 t. $ha^{-1}$) y ramas menores a 5 cm de



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

diámetro (0.022 ± 0.001 t. ha$^{-1}$). En consecuencia, los detritos representaron un 2.88 % del total de la necromasa. Con estos datos se determinó que el ACP contiene 2.49 t de necromasa por hectárea (Tabla 3 y Fig. 3).

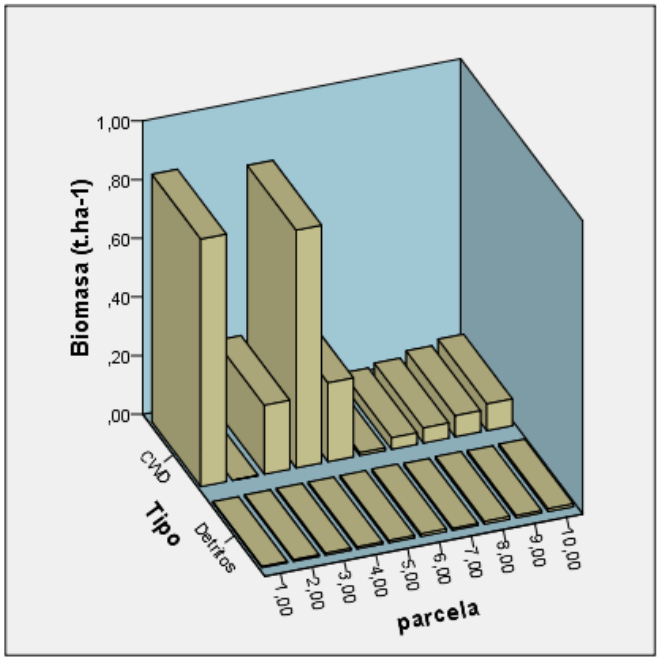



Figura 3. Cantidad de biomasa muerta en detritos y CWD acumulada por parcela.

A nivel espacial se pudo observar que las parcelas que contenían un nivel bajo de necromasa (≤ 0.1 tC. ha$^{-1}$) coincidían con rutas de acceso local cercanas al área del bosque, mientras que las parcelas 1 y 4 de una mayor cantidad de necromasa (≥ 0.5 tC. ha$^{-1}$) se ubicaron en las zonas del ACP cercanas a cuerpos de agua y de mayor dificultad de acceso (Fig. 4).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

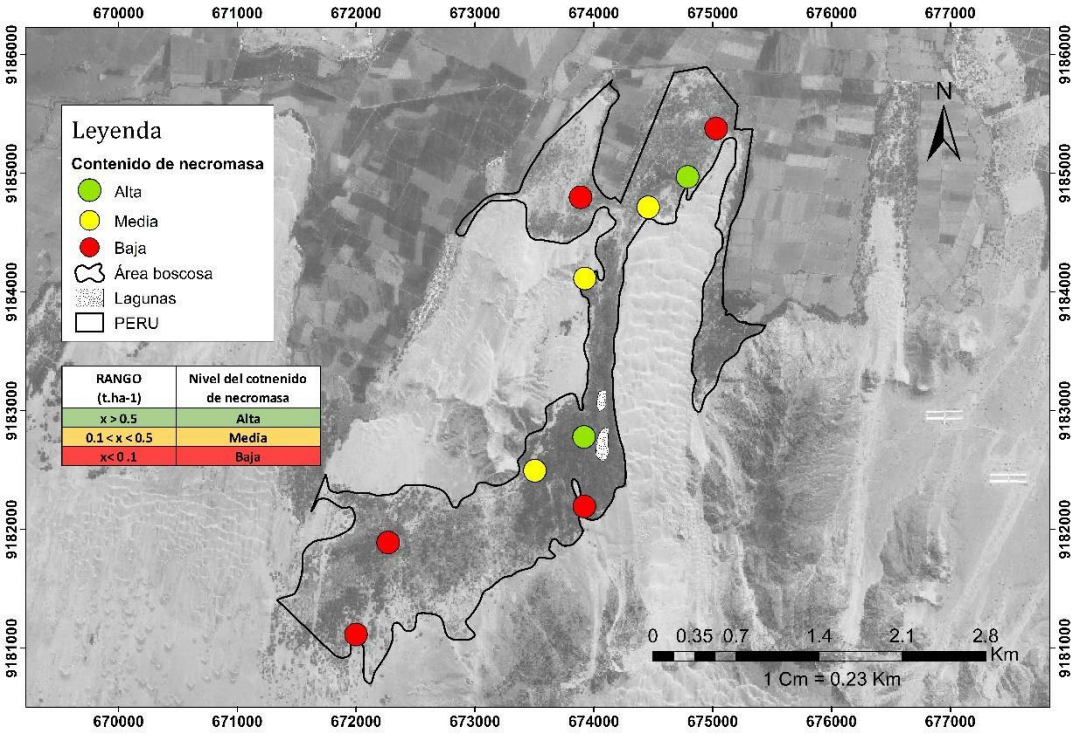



Figura 4. de nivel de contenido de necromasa en el área de estudio.

La necromasa no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas por debajo de 29 individuos vivos (Mdn = 0.1; Rango= 0.79) y las parcelas por encima de 29 individuos vivos (Mdn= 0.05; Rango= 0.87) U= 8, p=0.347; tampoco entre las parcelas por debajo de 130 m (Mdn = 0.08; Rango= 0.86) y las parcelas por encima de 130 m (Mdn= 0.1; Rango= 0.84) U= 12, p=0.917 y por último entre las parcelas ubicadas cerca de cuerpos de agua (Mdn = 0.24; Rango= 0.84) y las ubicadas lejos de cuerpos de agua (Mdn= 0.08; Rango= 0.86) U= 10, p=0.909.

Se estimó que el contenido de carbono total fijado fue 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$ y el $CO_2$ equivalente de 4.44 ± 0.55 t. $ha^{-1}$ (Tabla 3). Las parcelas 2 y 6, ubicadas en suelo con pH 7, presentaron un menor porcentaje de contenido de materia orgánica sobre el suelo con un contenido de carbono de 0.002 t. $ha^{-1}$ y 0.009 t. $ha^{-1}$ de $CO_2$; y 0.009 t. $ha^{-1}$ y 0.03 t. $ha^{-1}$ de $CO_2$ respectivamente (Anexo 1).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 3. Contenido de biomasa, carbono y $CO_2$ de los CWD y detritos en kg. $ha^{-1}$.

| | Escombros Leñosos Gruesos (CWD) | | | Detritos | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parcela | Árbol muerto | Tronco Caído | Total CWD | Frutos | Hojarasca | Ramas | Total Detritos | Total, Biomasa muerta | Total, Carbono | Total, $CO_2$ |
| 1 | 770.80 | 72.66 | 843.50 | 0.17 | 1.97 | 1.42 | 3.56 | 847.01 | 423.50 | 1465.32 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 3.86 | 1.45 | 5.71 | 5.7165 | 2.86 | 9.89 |
| 3 | 133.78 | 100.47 | 234.30 | 0.37 | 4.50 | 1.81 | 6.68 | 240.92 | 120.46 | 416.80 |
| 4 | 711.83 | 98.43 | 810.30 | 0.76 | 2.68 | 3.21 | 6.65 | 816.91 | 408.46 | 1413.26 |
| 5 | 139.14 | 129.25 | 268.40 | 1.04 | 5.26 | 1.35 | 7.65 | 276.03 | 138.02 | 477.54 |
| 6 | 0.00 | 9.20 | 9.20 | 1.52 | 6.29 | 1.01 | 8.82 | 18.03 | 9.01 | 31.19 |
| 7 | 0.00 | 39.00 | 39.00 | 0.49 | 4.08 | 1.96 | 6.53 | 45.53 | 22.76 | 78.76 |
| 8 | 23.32 | 27.94 | 51.30 | 0.14 | 6.02 | 2.73 | 8.89 | 60.15 | 30.08 | 104.07 |
| 9 | 47.16 | 24.77 | 71.90 | 0.24 | 2.86 | 4.65 | 7.75 | 79.67 | 39.83 | 137.83 |
| 10 | 28.02 | 62.77 | 90.80 | 1.75 | 5.58 | 2.08 | 9.41 | 100.19 | 50.09 | 173.33 |
| Total 1 ha | 1854.04 | 564.49 | 2418.50 | 6.88 | 43.09 | 21.66 | 71.63 | 2490.16 | 1245.08 | 4307.98 |
| Promedio 0.1 ha | 185.40 | 56.45 | 241.90 | 0.69 | 4.31 | 2.17 | 7.17 | 249.02 | 124.51 | 430.80 |
| Des. St. 1 ha | 297.75 | 43.26 | 321.00 | 0.57 | 1.49 | 1.10 | 3.16 | 319.96 | 159.98 | 553.53 |



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

## Discusión

La propiedad física de densidad de madera en *Prosopis pallida*, planteada en tres categorías de degradación (alta, media y baja) de este estudio, se aproximó a la densidad 0.56 $G.cc^{-1}$ obtenida en la región de Tumbes por Postillon (2011) para la categoría media, mientras que fue el mismo resultado (0.98 $G.cc^{-1}$) para la categoría baja reportada por Serrano (2019) en el bosque húmedo de la comuna de Chial-Manabí, Ecuador. El trabajo realizado en El Cañoncillo si bien no aplicó los métodos destructivos utilizados en los estudios anteriores, considerados de mayor precisión, la clasificación de la necromasa, en este estudio, permitió obtener resultados similares para las categorías media y baja, aunque no para la categoría alta de descomposición ya que no se encontró material en este estado en las parcelas evaluadas.

El contenido de biomasa muerta de este estudio (2.49 ± 0.34 t. $ha^{-1}$), comparada con otros trabajos en bosque seco, fue cercana a lo reportado usando métodos no destructivos por Corona (2013) donde se registró 2.81 ± 0.41 t. $ha^{-1}$, pero sin considerar los CWD. Por otra parte, al comparar este trabajo con Jaramillo et al., (2003) que obtuvo 42.53 ± 4.3 t. $ha^{-1}$, la biomasa en el ACP tuvo un valor bajo, lo cual estaría relacionado a las características climáticas distintas en ambos bosques, ya que el bosque seco evaluado por Jaramillo en San Mateo, México posee una marcada disponibilidad de agua no dependiente a las lluvias.

En cuanto al contenido de carbono fijado de 1.20 t C. $ha^{-1}$ para el ACP fue menor al reportado por Ruiz y Tinoco (2013), donde el bosque seco alcanzó 10.91 ± 1.08 t C. $ha^{-1}$. Si bien ambos bosques poseen similares condiciones climáticas y presencia de poblaciones humanas que aprovechan el recurso forestal, la diferencia radica en su proximidad a la línea ecuatorial, disponibilidad de agua superficial y diversidad florística. El ACP El Cañoncillo se encuentra ubicado en la región desértica y depende



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

principalmente de las aguas subterráneas, a su vez, es predominada por el algarrobo del cual su contenido de carbono dependerá de la producción florística estacional.

Asimismo, este estudio obtuvo un contenido de carbono por debajo a lo estimado por Cuellar y Zelaya (2014) de 6.56 tC. $ha^{-1}$, quienes evaluaron los bosques secos en la cuenca baja de Chancay- Lambayeque; ambos estudios evaluaron bosques ubicados en zonas desérticas, de predominancia de *Prosopis pallida*, de baja disponibilidad de agua y contexto social similar en relación con el aprovechamiento del bosque. La diferencia del contenido de carbono en ambos estudios estaría relacionada a la distinta metodología empleada y al estado de conservación de los bosques. Cabe resaltar que hay una diferencia de cinco años de ambas evaluaciones, por lo que este estudio podría reflejar la reducción de la capacidad de almacenamiento de los bosques secos ubicados en zonas áridas del norte peruano y aspectos climáticos no contemplados.

En general, al comparar los resultados de este estudio y similares en bosques secos, se destaca que la biomasa muerta está por debajo de lo registrado para los bosques húmedos de la Amazonía, tal como se muestran en los trabajos de Pillaca y Florez (2014) con 30 $t.ha^{-1}$ y Araujo-Murakami y sus colaboradores (2011) con 29.3 $t.ha^{-1}$, lo cual estaría asociado al dinamismo que poseen los bosques húmedos, dadas las condiciones ambientales y biológicas que pueden favorecer a un aporte continuo de biomasa y descomposición (Moreno et al., 2018). Asimismo, al comparar el contenido de biomasa y precipitaciones en la zona de estudio con los resultados de los autores mencionados se observa la relación de mayor biomasa con mayor promedio de precipitación anual (Tabla 4).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 4. Comparación de contenido de biomasa y precipitaciones en el área de estudio y bibliografías en discusión.

| Relación de la disponibilidad de biomasa y precipitación en los estudios mencionados | Biomasa ($t.ha^{-1}$) | Precipitación anual (mm) |
|---|---|---|
| Este estudio (2019) | **2.4** | **26.2** |
| Corona (2013) | 2.81 | 500 - 2500 |
| Jaramillo et al. (2003) | 42.53 | 679 |
| Ruiz y Tinoco (2013) | 5.94 | 510.8 |
| Cuellar y Zelaya (2014) | 3.57 | 500 - 1000 |

Por otro lado, las parcelas con un pH ≥ 7 presentaron una menor degradación en función del contenido de biomasa, coincidiendo con Valenzuela y Visconti (2018) quienes lo atribuyen a la reducción de microrganismos descomponedores por el pH neutro del suelo. Además, se observó que estas parcelas contaron con un mayor número de individuos vivos (Anexo 1) con dap ≥ 5 cm, porque la cantidad de biomasa muerta por descomponer estaría relacionada con el aporte continuo de hojarascas, frutos o ramas que caen del dosel.

El análisis realizado en base a la categorización de las parcelas según la disponibilidad de árboles vivos (biomasa área), ubicación altitudinal y proximidad de cuerpos de agua; contextualiza el comportamiento del bosque seco El Cañoncillo, donde si bien no se encontró diferencia significativa entre cada una de las características evaluadas y la cantidad de necromasa se observó que las parcelas que compartían proximidad a las lagunas contenían mayor concentración de necromasa.

## Conclusiones

El bosque natural El Cañoncillo tiene un contenido de carbono de 1.20 ± 0.16 t. $ha^{-1}$ ≅ 4.44 ± 0.55 t $CO_2$. $ha^{-1}$ considerado como bajo en comparación con otros bosques secos tropicales a consecuencia de la biomasa muerta presente en el área. El agrupamiento de



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

la necromasa por estado de degradación contribuyó a mejorar la estimación de carbono lo que será útil para estudios similares. Este estudio se enfocó en la necromasa por encima del suelo, que representa el componente más afectado por las actividades humanas. En tal sentido, para mejorar el entendimiento de la dinámica del bosque, futuros estudios deberán enfocarse en el contenido de carbono en el suelo, además de continuar con el monitoreo a largo plazo. Finalmente, conocer el carbono almacenado de este bosque se suma a la agenda internacional de investigación para contribuir en procesos de políticas mundiales, regionales y nacionales para la conservación de bosques secos tropicales.

## Reconocimientos

Agradecemos el apoyo logístico y en campo del personal técnico de A Rocha Perú en especial de Flor Hidalgo, Grecia Valdivia y el apoyo en campo de Roberto Ñontol y Marcos Muñoz. Fuente de Financiamiento Fondo de Semilla para Docentes 2019 de la Universidad Científica del Sur (008-2019-PRO99). Autorización SERFOR No AUT-IFL-2019-20. Asimismo, el agradecimiento al Laboratorio de Química y Bioquímica de los Productos Naturales, el Laboratorio de Ingeniería Ambiental y el Biohuerto de la Universidad Científica del Sur. También agradecer a Karen Edkhart, Haydee Ramos y Wilbert Cruz por sus sugerencias para mejorar este manuscrito.

## Referencias

Alvarez, J. A., y Villagra, P. E. (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*, *35*, 49–63. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-59622010000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Angulo, F. (2009). Los bosques secos del noroeste del Perú: una invitación a la reflexión. *Xilema*, *21*, 50–53.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Aragão, L. E. O. C., Poulter, B., Barlow, J. B., Anderson, L. O., Malhi, Y., Saatchi, S., Phillips, O. L., y Gloor, E. (2014). Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. *Biological Reviews*, *89*(4), 913–931. https://doi.org/10.1111/brv.12088

Araujo-Murakami, A., Parada, A. G., Teran, J. J., Baker, T. R., Feldpausch, T. R., Phillips, O. L., y Brienen, R. J. W. (2011). Necromass in forests of Madre de Dios, Peru: a comparison between terra firme and lowland forests. *Revista Peruana de Biologia*, *18*(1), 113–118. https://doi.org/10.15381/rpb.v18i1.155

Ayres, M., Ayres, M., Murcia, C., Lima, D., y Santos, A. (2004). BioEstat: aplicaciones estadísticas para las ciencias biológicas y médicas. Sociedade Civil Mamirauá/MCT-CNPq. *Wildlife Conservation Society*.

Baker, T. R., y Chao, K. J. (2011). Manual for coarse woody debris measurement in RAINFOR plots. *Weather*, *version 2*(May), 1–9. http://www.rainfor.info/upload/ManualsEnglish/CWD_protocol_RAINFOR_2011_EN.pdf

Barros, S. (2010). El género *Prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas áridas y semiáridas de América, Asia y África. *Ciencia e Investigación Forestal*, *16*(1), 91–128. https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/18582

Blackie, R; Baldau, C; Gautier, D; Gumbo, D; Kassa, H; Parthasarathy, N; Paumgarten, F; Sola, P;Pulla, S; Waeber, P; Sunderland, T. 2014. Tropical dry forests : The state of global knowledge andrecommendations for future Tropical dry forests The state of global knowledge and recommendations. CIFOR (March). Discussion Paper 2. Bogor, Indonesia: CIFOR.http://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/DPBlackie1401.pdf



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Bos, T. (2015). Trees in the Desert A suitability assessment for a future community forestry and reforestation project in the department of La Libertad, Peru. [Thesis Bachelor]. University of Applied Sciences Van Hall.

Burghardt, A. D., Brizuela, M., Mom, M. P., Albán, L., y Palacios, R. A. (2011). Análisis numérico de las especies de *Prosopis* L. (Fabaceae) de las costas de Perú y Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, *17*(3), 317–323. https://doi.org/10.15381/rpb.v17i3.6

Campos, B. L., Fernández, D. J., More, K. P., y Paico, M. J. (2018). *Índice de progreso social de la provincia de Pacasmayo* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12404/12682

Conti, G., Pérez-Harguindeguy, N., Quètier, F., Gorné, L. D., Jaureguiberry, P., Bertone, G. A., Enrico, L., Cuchietti, A., y Díaz, S. (2014). Large changes in carbon storage under different land-use regimes in subtropical seasonally dry forests of southern South America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *197*, 68–76. https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.025

Corona, R. (2013). Escalando la biomasa forestal del bosque tropical seco. En P. P. Fernando, J. Wong González, M. Bazan, y V. Saynes (Eds.), *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2013* (pp. 118–125). Programa Mexicano del Carbono.

Cuellar, J. E., y Zelaya, N. (2014). Cuantificación del Carbono almacenado en diferentes Sistemas de uso de la Tierra de Los Bosques Secos en La Región Lambayeque, Perú. *III encuentro de Investigadores Ambientales "Investigación Ambiental e Innovación en el Contexto del Cambio Climático"*, *1*, 1–7.

Cuentas, M. A. (2015). *Revalorizando el bosque seco de algarrobo* [Pontificia Universidad Católica del Perú].



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6313

Cuentas, M. A., y Salazar, A. Í. (2017). De la especie al ecosistema; del ecosistema a la sociedad: revalorizando el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el reto de su conservación en Lambayeque y en la costa norte del Perú. *Espacio y Desarrollo*, *30*, 129–159. https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201702.006

Depenthal, J., y Meitzner Yoder, L. S. (2018). Community Use and Knowledge of Algarrobo (*Prosopis pallida*) and Implications for Peruvian Dry Forest Conservation. *Revista De Ciencias Ambientales*, *52*(1), 49–70. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-1.3

Dobrovolski, R., Loyola, R., Da Fonseca, G. A., Diniz-Filho, J. A., y Araújo, M. B. (2014). Globalizing Conservation Efforts to Save Species and Enhance Food Production. *BioScience*, *64*(6), 539–545. https://doi.org/10.1093/biosci/biu064

Escribano-Avila, G., Cervera, L., Ordóñez-Delgado, L., Jara-Guerrero, A., Amador, L., Paladines, B., Briceño, J., Parés-Jiménez, V., Lizcano, D. J., Duncan, D. H., y Iván Espinosa, C. (2017). Biodiversity patterns and ecological processes in Neotropical dry forest: the need to connect research and management for long-term conservation. *Neotropical Biodiversity*, *3*(1), 107–116. https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1298495

Espinosa, C. I., Luzuriaga, A. L., Escudero, A., y De la Cruz, M. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, *21*(1–2), 167–179. https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00

FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020– Key findings*. FAO. https://doi.org/https://doi.org/10.4060/ca8753en



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Geoservidor. (2018). *Intercambio de datos*. http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/

Global Forest Watch. (s/f). Peru Deforestation Rates & Statistics. Recuperado el 19 de marzo de 2021, de https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/PER/?category=summary&dashboardPrompts=eyJzaG93UHJvbXB0cyI6dHJ1ZSwicHJvbXB0c1ZpZXdlZCI6WyJkYXNoYm9hcmRBbmFseXNlcyIsInNoYXJlV2lkZ2V0IiwiZG93bmxvYWREYXNoYm9hcmRTdGF0cyIsIndpZGdldFNldHRpbmdzIl0sInNldHRpbmd

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2003.). Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. (I. f. (IGES), Ed.) IPCC National Greenhouse Gases Inventory Programme. https://www.ipcc.ch/publication/good-practice-guidance-for-land-use-land-use-change-and-forestry/

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Edits.) Japón: IGES (National Greenhouse Gas Inventories Programme). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html

Jaramillo, V. J., Kauffman, J. B., Rentería-Rodríguez, L., Cummings, D. L., y Ellingson, L. J. (2003). Biomass, Carbon, and Nitrogen Pools in Mexican Tropical Dry Forest Landscapes. *Ecosystems*, *6*(7), 609–629. https://doi.org/10.1007/s10021-002-0195-4

Kvist, L. P., Linares-Palomino, R., y Aguirre, Z. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú Woody species and vegetation formations in seasonally dry forests of Ecuador and Peru. *Arnaldoa*, *13*(2), 324–350.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

https://www.biodiversitylibrary.org/item/125683#page/8/mode/thumb

Landeta González, A. (2009). *Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de Teca (Tectona grandis Linn F.)*[ Título de ingeniero, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio de la ESPOL: http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10314

Linares-Palomino, R. (2006). Phytogeography and Floristics of Seasonally Dry Tropical Forests in Peru. En: J. Toby Pennington y A. G. P. L. Ratter (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation* (pp. 257–279). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420004496.ch11

Linares, R. (2004). Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. *Arnaldoa*, *11*(1), 85–102. https://www.biodiversitylibrary.org/item/126021#page/3/mode/1up

Manta, M. (2017). *Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana*. Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4302

Marcelo-Peña, J. L., Huamantupa, I., Särkinen, T., y Tomazello, M. (2015). Identifying conservation priority areas in the marañón valley (Peru) based on floristic inventories. *Edinburgh Journal of Botany*, *73*(1), 95–123. https://doi.org/10.1017/S0960428615000281

Marcelo-Peña, José Luis, Reynel-Rodríguez, C., Zevallos-Pollito, P., Bulnes-Soriano, F., y Pérez-Ojeda del Arco, A. (2007). Diversidad, Composición Florística Y Endemismos En Los Bosques Estacionalmente Secos Alterados Del Distrito De Jaén, Perú. *Ecología Aplicada*, *6*(1–2), 9. https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.336



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Martín-Alva, A., Florián A., y Díaz, H. (2013). Diversidad ornitológica del algarrobal El Cañoncillo. *Infinitum*, *3*(1), 28–34. /https://doi.org/10.51431/infinitum.v3i1.349

Miles, L., Newton, A. C., Defries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., y Gordon, J. E. (2006). *A global overview of the conservation status of tropical dry forests*. 491–505. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x

Ministerio del Ambiente. (2016a). *La conservación de bosques en el Perú (2011-2016)*. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/conservacion-bosques-peru-2011-2016

Ministerio del Ambiente. (2016b). Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En: Ministerio *del Ambiente*. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/tercera-comunicacion-nacional-peru-convencion-marco-las-naciones

Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru

Moreno, M. E., Domínguez, T. G., Alvarado, M. D. S., Guadalupe, J., Corral Rivas, S., y González Rodríguez, H. (2018). Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *9*(47), 070–093. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.180

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018). *Carbon dioxide levels breach another threshold at Mauna Loa*. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.noaa.gov/news/carbon-dioxide-levels-breach-another-threshold-at-mauna-loa

Novoa, Z. I. (1998). *Ecogeografía de la Región Costera – montes costeros: naturaleza y cultura en el desierto*. Sociedad Geográfica de Lima.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Olivier, J., y Peters, J. (2020). *Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas emissions; 2019 report* (Vol. 4068). PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2019-report

Osinaga, O., Báez, S., Cuesta, F., Malizia, A., Carrilla, J., Aguirre, N., y Malizia, L. (2014). Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos – Protocolo extendido. En *CONDESAN*. https://redbosques.condesan.org/recursos/monitoreo-de-diversidad-vegetal-y-carbono-en-bosques-andinos/

Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., y Jackson, R. B. (2013). The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *44*, 593–622. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135914

Pearson, T. R. H., Brown, S., Murray, L., y Sidman, G. (2017). Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: An underestimated source. *Carbon Balance and Management*, *12*(1). https://doi.org/10.1186/s13021-017-0072-2

Pérez, L. G. (2014). *Problemática que enfrentan los agricultores del distrito de san josé - pacasmayo* [Título de Antropología Social, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4592

Pillaca, M., y Florez, B. (2014). *Determinación del stock de carbono en la biomasa área y necromasa en diferentes tipos de vegetación en la comunidad de Puerto Arturo, distrito Tambopata, Madre De Dios-Perú* [Título de ingeniero Forestal y Medio ambiente, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/107



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Portillo-Quintero, C., y Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, *143*(1), 144–155. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020

Postillon, E. (2011). Anatomía y propiedades físicas de *Prosopis pallida*, K. Tumbes [Título de Ingeniero forestal y ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. http://hdl.handle.net/20.500.12894/2573

Riaño M, O., y Lizarazo, I. (2017). Estimación del volumen de madera en árboles mediante polinomio único de ahusamiento. *Colombia forestal*, *20*(1), 55–62. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.1.a05

Ruiz, I., y Tinoco, H. (2013). *Cuantificación de las reservas de carbono en cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, provincia de Loja* [Título de ingeniero forestal, Universidad Nacional De Loja]. Repositorio digital- universidad nacional de Loja: http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11390

Sánchez, T., Lamela, L., Valdés, R., y López, O. (2006). Evaluation of the productive indicators of Holstein cows in pedestals. *Pastos y Forrajes*, *29*(1), 51–60. https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=718

Schlegel, B., Gayoso, J., y Guerra, J. (2001). Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. En: *Proyecto FONDEF D98I1076*. Universidad Austral de Chile. http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26684

Schröder, J. M., Ávila Rodríguez, L. P., y Günter, S. (2021). Research trends: Tropical dry forests: The neglected research agenda? *Forest Policy and Economics*, *122*, 5.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102333

*SENAMHI - Perú*. (s/f). Recuperado el 24 de julio de 2020, de https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

Serrano, S. (2019). Influencia del contenido de humedad sobre las propiedades físicas, densidad y contracción de tres especies forestales [ Título de ingeniero forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí] Repositorio Digital. http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1928

Snowdon, P., Raison, J., Keith, H., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., Montagu, K., Bi, H., Burrows, W., y Eamus, D. (2002). *Protocol for sampling tree and stand biomass* (p. 76). Commonwealth of Australia. https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/national-carbon-accounting-system-protocol-for-sampling-tree-and-

Sunderland, T. C. H., Baudron, F., Ickowitz, A., Padoch, C., Ros-Tonen, M. A. F., Sandbrook, C., Vira, B., Chambers, J., Deakin, E. L., Foli, S., Jeary, K., Parrotta, J. A., Powell, B., Reed, J., Ogalleh, S. A., Neufeldt, H., y Serban, A. (2015a). Response Options Across the Landscape. En *Forests and Food: Addressing Hunger and Nutrition Across Sustainable Landscapes* (pp. 185–209). Open Book Publishers. https://doi.org/10.11647/obp.0085

Sunderland, T., Apgaua, D., Baldauf, C., Blackie, R., Colfer, C., Cunningham, A.B., Dexter, K., Djoudi, H., Gautier, D.,Gumbo, D. & Ickowitz, A. (2015b) Global dry forests: a prologue. International Forestry Review 17: 1–9.

Valenzuela B., I. G., y Visconti M., E. F. (2018). Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de*



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

*Ciencias Hortícolas*, *12*(1), 233–243. https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7349

Zaninovich, S. C., Gatti, M., y Fontana, J. (2017). *Dinámica y almacenamiento del carbono en la necromasa y el suelo de ecosistemas forestales: efecto de la degradación del bosque nativo y su reemplazo por plantaciones de Pinus taeda L. en el NE de Argentina* [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Nordeste]. Repositorio de Institucional CONICET Digital. http://hdl.handle.net/11336/84021



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 1. Descripción de características de las parcelas evaluadas y las estimaciones de biomasa y carbono calculado por cada parcela de 0.1 ha evaluada en el estudio.

| Parcela | Altitud (m) | pH | CIC | Clase Textural | Nro. individuos vivos (dap ≥ 5 cm) | Nro. individuos muertos | Distancia a cuerpos de agua (m) | Total, de biomasa muerta (t. ha$^{-1}$) | Carbono por parcela (t. ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **134.8** | 6.6 | 8.00 | Arena | 20 | 6 | 119.9 | 0.85 | 0.42 |
| 2 | **132.7** | **7.1** | 4.32 | Arena | **101** | **0** | 412.8 | 0.006 | 0.003 |
| 3 | **139.9** | 6.6 | 8.32 | Arena | **23** | 6 | 210.2 | 0.24 | 0.12 |
| 4 | 123.9 | 6.8 | 8.48 | Arena | 8 | 5 | 84.5 | 0.88 | 0.41 |
| 5 | 123.4 | 6.7 | 5.76 | Arena | **36** | 9 | 993.9 | 0.28 | 0.12 |
| 6 | 97.19 | **7.2** | 4.48 | Arena | **29** | **2** | 2519.1 | 0.02 | 0.009 |
| 7 | 103.3 | 6.7 | 9.12 | Arena | **29** | 3 | 1893.4 | 0.05 | 0.02 |
| 8 | **144.8** | 6.7 | 9.60 | Arena | 14 | 3 | 512.08 | 0.06 | 0.03 |
| 9 | 127.2 | 6.8 | 8.32 | Arena | 5 | 5 | 643.53 | 0.08 | 0.04 |
| 10 | **132.7** | 6.6 | 9.60 | Arena | 18 | 6 | 534.2 | 0.10 | 0.05 |

Fuente: * La Torre-Cuadros et. al. (2019-2020) Proyecto “Implementación de estudios a largo plazo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el bosque seco de Pacasmayo. La Libertad. Perú”.



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

## ANEXOS

## Evidencia del envío a revista científica (Carta o e mail de envío tras aprobar la revisión académica)

Gmail — Jose Roberto Verano Cachay <jveranocachay@gmail.com>

**RE: [MYB] 2635 Acuse de recibo de envío**

**Maria de los Angeles La Torre Cuadros** <mlatorrec@cientifica.edu.pe> 12 de septiembre de 2023, 1:24
Para: Jose Verano Cachay <100017537@cientifica.edu.pe>, "jveranocachay@gmail.com" <jveranocachay@gmail.com>, "esteban.alvarez@unad.edu.co" <esteban.alvarez@unad.edu.co>

Ya fue sometido el articulo

i les llego 2 codigos ya se escribió al editor use el 2635 por error de conexion el 2233 se envio incompleto.
Listo, Jose continua el tramite para que sacar tu titulo.

Vamos a ver como nos va.

**Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros**
Docente - Investigador asociado

Ingeniería Agroforestal

Facultad de Ciencias Ambientales
mlatorrec@cientifica.edu.pe
Universidad Científica del Sur

---

**De:** madera.bosques@inecol.mx <madera.bosques@inecol.mx>
**Enviado:** martes, 12 de setiembre de 2023 01:12
**Para:** Maria de los Angeles La Torre Cuadros <mlatorrec@cientifica.edu.pe>
**Asunto:** [MYB] 2635 Acuse de recibo de envío

Apreciable Dr María de los Ángeles La Torre Cuadros:

En nombre del Comité Editorial de la Revista Madera y Bosques acuso recibo de su manuscrito con el título "Estimación de carbono en la necromasa del bosque seco El Cañoncillo (Pacasmayo, Perú)", para su revisión y posible publicación en la misma.

Es importante que tenga en cuenta que, a partir del año 2022, el formato de citas y referencias de Madera y Bosques se actualiza a la 7a edición de APA. Por esta razón, en caso de aceptarse el manuscrito para su publicación, los autores deberán actualizar el formato de citas y referencias en la versión corregida que envíen como respueta al dictamen.

Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento del progreso del proceso editorial:

URL del manuscrito: https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/authorDashboard/submission/2635
Nombre de usuario/a: angeleslatorre

Si requiere información sobre el uso de la plataforma, no dude en contactarme. Agradecemos su interés y el de sus coautores por publicar los resultados de sus investigaciones en Madera y Bosques.

Con un atento saludo,

Dr. Raymundo Dávalos Sotelo

---------- http://myb.ojs.inecol.mx/



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

# Copia de documento de aprobación de comité de ética

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD**

CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**Constancia N° 005-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2020**

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

| | |
|---|---|
| Código de registro: | **660-2019-PRE11** |
| Título: | **Cuantificación de reserva de carbono en la biomasa muerta del bosque seco el Cañoncillo, Pacasmayo-La Libertad** |
| Investigador(a): | **José Roberto Verano Cachay** |

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 14 de julio del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 16 de enero de 2020

v.2.0

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR - UCSUR - Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad

Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

T // (511) 610 6400
opción 3
www.cientifica.edu.pe

Campus
Panamericana Sur
km 19 - Lima 42



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

# Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°048-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 19 de febrero del 2020

**VISTO:**
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Cuantificación de reserva de carbono en la biomasa muerta del bosque seco el Cañoncillo, Pacasmayo-La Libertad**, presentado por:

- **Verano Chachay José Roberto**

**CONSIDERANDO:**
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Cuantificación de reserva de carbono en la biomasa muerta del bosque seco el Cañoncillo, Pacasmayo-La Libertad** con N° de registro: **660-2019-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Maria de los Angeles La Torre Cuadros** como asesora para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

FACULTAD CIENCIAS AMBIENTALES – DIRECTOR ACADÉMICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL – CIENTÍFICA

**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental





Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

## Instrumentos usados en la investigación y demás información de utilidad

PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego — SERFOR

*"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"*
*"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"*

Lima, 23 MAYO 2019

**CARTA N° 283 -2019-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS**

Señora
**MARÍA DE LOS ÁNGELES LA TORRE CUADROS**
Investigadora
Av. Javier Prado Oeste N° 315, Dpto. N° 205
Magdalena del Mar.-

Asunto: Remito Resolución de Dirección General **N° 247-2019-MINAGRI-SERFOR DGGSPFFS**

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para remitirle adjunto copia fedateada de la Resolución de Dirección General **N° 247-2019-MINAGRI-SERFOR DGGSPFFS**, para su conocimiento y fines, mediante el cual se resuelve, **OTORGAR** la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, sin estudios moleculares, a la señora **MARÍA DE LOS ÁNGELES LA TORRE CUADROS** identificada con DNI N° 08881376; correspondiéndole el Código de Autorización N° **AUT-IFL-2019-020**.

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,

**Miriam Mercedes Cerdán Quiliano**
Directora General
Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

CUT: 4621-2018

Av. Javier Prado Oeste N° 2442
Urb. Orrantia, Magdalena del Mar – Lima 17
T. (511) 225-9005
www.serfor.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 2

**CUADRO N° 02. ESPECIALISTAS QUE PARTICIPARÁN DEL ESTUDIO**

| Nombres y Apellidos | Cargo | DNI N° |
|---|---|---|
| María de los Ángeles La Torre Cuadros | Investigadora principal | 08881376 |
| Damián Parizaca Landy Alexander | Co-investigador en florística | 45102903 |
| Esteban Álvarez Dávila | Colaborador en carbono | 70111234 |
| Roxana Yanina Castañeda Sifuentes | Co-investigador en etnobotánica | 43020374 |
| Grecia Stefany Valdivia Vergara | Estudiante | 73177125 |
| José Roberto Verano Cachay | Estudiante | 73042161 |
| Flor de María Hidalgo Panduro | Colaborador | 42465178 |
| Fabio Bruno Paredes Sánchez | Practicante | 70820404 |



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis