



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA
AÉREA COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL
BOSQUE SECO EL CAÑONCILLO, PACASMAYO, LA LIBERTAD”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Presentado por:

Grecia Stefany Valdivia Vergaray (0000-0003-2181-4786)

Asesora:

María de los Ángeles La Torre Cuadros (0000-0001-9325-3186)

Co Asesor:

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

Lima – Perú

2021

Copia de acta de sustentación



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 23 de septiembre de 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Alfredo Néstor Salinas Castro
Miembro: Mg. Karen Ilse Eckhardt Rovalino
Miembro: Dr. Reynaldo Linares Palomino

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa aérea como una herramienta para la conservación del bosque seco El Cañoncillo, Pacasmayo, La Libertad"

Presentada por el bachiller:

- Grecia Stefany Valdivia Vergaray

Para optar al Título Profesional de ingeniero(a) ambiental.

Asesorada por: Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros y coasesorada por Dr. Esteban Álvarez Dávila

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

• Tesisista: Grecia Stefany Valdivia Vergaray	Nota (en letras): Diecisiete		
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



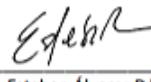
Mg. Alfredo Néstor Salinas Castro
Presidente del Jurado



Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros
Asesora



Mg. Karen Ilse Eckhardt Rovalino
Miembro del jurado



Dr. Esteban Álvarez Dávila
CoAsesor



Dr. Reynaldo Linares Palomino
Miembro del jurado

T// (51) 610 6738
informes@cientificadupe
cientificadupe

DEDICATORIA

A mis padres Maximira Vergaray Paucar y Braulio Valdivia Oblitas; por inculcarme principios y valores como persona, por ser mis guías en la vida y apoyar mis decisiones. Les agradezco el soporte y ánimo que me dan para cumplir mis metas profesionales, y por ser grandes pilares en mi desarrollo personal. Gracias por su amor y comprensión.

A mi hermano Daniel Valdivia Vergaray; por ser mi aliado y confidente. Por enseñarme que en la vida siempre tendré sus consejos, su alegría, su nobleza y respaldo.

A mi familia Vergaray Paucar; por celebrar mis triunfos y levantarme de caídas; porque significan amor, unidad e integridad, me han enseñado que el respeto y honestidad me encaminan a cumplir mis sueños. Gracias por darme un espacio de desarrollo con confianza, amor y alegría.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo y sincero agradecimiento a mi asesora Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros por su valiosa orientación en la elaboración del estudio realizado. Por llevarme de la mano en el desarrollo de la investigación y ser mi mentora profesional; gracias por su comprensión, sus consejos asertivos, su ánimo alentador y su calidez de persona.

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

A los guardabosques del área de conservación privada Bosque Seco Natural El Cañoncillo, por su cálida recepción e interés en conservación del bosque; en especial al Sr. Roberto Ñontol por el apoyo en campo y compartirnos sus vivencias durante nuestras jornadas de medición, siempre alentándonos bajo la inclemencia del sol a continuar con nuestra labor y cumplir el objetivo.

El apoyo logístico del personal técnico de A Rocha Perú, en especial a José Verano Cachay, Flor Hidalgo Panduro, por acompañarme a realizar las mediciones de campo teniendo paciencia y dedicación.

Al Mg. Alexander Damián Parizaca por la determinación taxonómica y al Dr. Esteban Álvarez Dávila por la supervisión del artículo de tesis, siendo un gran componente de formación y síntesis de la información presentada; agradezco su aporte instructivo y consejos de alto valor para el estudio.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
INDICE GENERAL.....	4
INDICE DE ANEXOS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
I. ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICAR.....	8
II. ANEXOS.....	44
1. Evidencia del envío a revista científica.....	44
2. Copia de documento de aprobación de comité de ética.....	45
3. Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis.....	46
4. Instrumentos usados en la investigación e información de utilidad.....	47

RESUMEN

Los bosques capturan y almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa, brindando un efecto de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI). Hasta la fecha, los estudios de carbono de bosques secos en el norte del Perú son limitados y lo existente no es representativo, y debe ser complementado con datos de campo. Esta investigación tuvo como objetivo estimar el contenido de carbono en la biomasa aérea del Bosque Natural El Cañoncillo (región La Libertad, Perú) a partir del método no destructivo de aplicación de tres ecuaciones alométricas desarrolladas previamente para árboles de *Prosopis pallida* por ser la especie dominante en el bosque de estudio. Se midieron 283 individuos de *P. pallida* que se encuentran dentro de 10 parcelas de 0.1 ha, ubicadas de forma sistemática conforme a los estratos fisiográficos presentes en el algarrobal de 1494.09 ha del bosque. El modelo que estimó mejor la biomasa aérea en *P. pallida* fue el que se construyó empleando las variables de diámetro a la altura del pecho, altura del árbol, punto óptimo de medición y precipitación de la zona; tomando como referencia a tres autores: Padrón-Navarro, Chanava y Llanos-Aguilar, obteniéndose $66.5436 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el bosque. El análisis de las ecuaciones estudiadas cubre el vacío existente para la estimación de la biomasa aérea del Bosque Seco Natural El Cañoncillo.

Palabras clave: ecuación alométrica, algarrobo, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

Forests capture and store large amounts of carbon in their biomass, causing a greenhouse gas (GHG) mitigation effect. To date, carbon studies of dry forests in northern Peru are limited and what exists is not representative and must be complemented with field data. The objective of this research was to estimate the carbon content in the aerial biomass of the El Cañoncillo Natural Forest (La Libertad region, Peru) using the non-destructive method of applying three allometric equations previously developed for *Prosopis pallida* trees as it is the dominant species in the study forest. We measured 283 individuals of *P. pallida* found within 10 plots of 0.1 ha, systematically located according to the physiographic strata present in the 1494.09 ha carob grove of the forest. The model that best estimated the aerial biomass in *P. pallida* was the one built using the variables of diameter at breast height, tree height, optimum measurement point, and precipitation in the area; taking as reference three authors: Padrón-Navarro, Chanava, and Llanos-Aguilar obtaining 66.5436 tC.ha⁻¹ in the forest. The analysis of the equations studied fills the existing gap for the estimation of the aerial biomass of El Cañoncillo Natural Dry Forest.

Key words: allometric equation, ecosystem services, carbon storage.

I. ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICAR

TÍTULO: CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA AÉREA COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE SECO NATURAL EL CAÑONCILLO, PACASMAYO, LA LIBERTAD, PERÚ.

QUANTIFICATION OF THE CARBON STORED IN THE ABOVE-GROUND BIOMASS AS A TOOL FOR THE CONSERVATION OF THE DRY FOREST EL CAÑONCILLO, PACASMAYO, LA LIBERTAD”

RESUMEN

Los bosques capturan y almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa, brindando un efecto de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI). Hasta la fecha, los estudios de carbono de bosques secos en el norte del Perú son limitados y lo existente no es representativo, y debe ser complementado con datos de campo. Esta investigación tuvo como objetivo estimar el contenido de carbono en la biomasa aérea del Bosque Natural El Cañoncillo (región La Libertad, Perú) a partir del método no destructivo de aplicación de tres ecuaciones alométricas desarrolladas previamente para árboles de *Prosopis pallida* por ser la especie dominante en el bosque de estudio. Se midieron 283 individuos de *P. pallida* que se encuentran dentro de 10 parcelas de 0.1 ha, ubicadas de forma sistemática conforme a los estratos fisiográficos presentes en el algarrobal de 1494.09 ha del bosque. El modelo que estimó mejor la biomasa aérea en *P. pallida* fue el que se construyó empleando las variables de diámetro a la altura del pecho, altura del árbol, punto óptimo de medición y precipitación de la zona; tomando como referencia a tres autores: Padrón-Navarro, Chanava y Llanos-Aguilar, obteniéndose $66.5436 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ en el bosque. El análisis de las ecuaciones

estudiadas cubre el vacío existente para la estimación de la biomasa aérea del Bosque Seco Natural El Cañoncillo.

Palabras clave: ecuación alométrica, algarrobo, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

Forests capture and store large amounts of carbon in their biomass, causing a greenhouse gas (GHG) mitigation effect. To date, carbon studies of dry forests in northern Peru are limited and what exists is not representative and must be complemented with field data. The objective of this research was to estimate the carbon content in the aerial biomass of the El Cañoncillo Natural Forest (La Libertad region, Peru) using the non-destructive method of applying three allometric equations previously developed for *Prosopis pallida* trees as it is the dominant species in the study forest. We measured 283 individuals of *P. pallida* found within 10 plots of 0.1 ha, systematically located according to the physiographic strata present in the 1494.09 ha carob grove of the forest. The model that best estimated the aerial biomass in *P. pallida* was the one built using the variables of diameter at breast height, tree height, optimum measurement point, and precipitation in the area; taking as reference three authors: Padrón-Navarro, Chanava, and Llanos-Aguilar obtaining 66.5436 tC.ha⁻¹ in the forest. The analysis of the equations studied fills the existing gap for the estimation of the aerial biomass of El Cañoncillo Natural Dry Forest.

Key words: allometric equation, ecosystem services, carbon storage.

INTRODUCCIÓN

En América Latina se han aprobado Estrategias Regionales de Cambio Climático dirigidas a los servicios ecosistémicos de bosques, aplicando políticas forestales y gestión local, dando importancia a la implementación de normas de protección a ecosistemas frágiles (CEPAL. 2002).

La determinación de la capacidad de almacenamiento de carbono por los bosques es de gran relevancia para el establecimiento de estrategias de conservación de estos ecosistemas (Ordóñez; et al., 2015). Los árboles capturan el CO₂ de la atmósfera para usarlo en la fotosíntesis, y conforme se desarrollan, lo van almacenando en los tejidos de sus diferentes estructuras, principalmente en tronco, raíces, ramas y hojas (Albrecht y Kandji, 2003; Urbanski et al., 2007), y posteriormente, parte de este carbono se transfiere al suelo a través del proceso de descomposición de los tejidos de la planta.

El suelo alberga el 75% de las reservas de carbono en el mundo y la vegetación forma parte de aproximadamente el 49% de su biomasa (Prentice et al., 2001). También se tiene como dato general que el contenido aproximado de carbono total es de 60 tC. ha⁻¹ en bosque seco primario y de 25 tC. ha⁻¹ en bosque seco secundario del Perú (FAO, 2016).

La reducción de área boscosa, debido a la deforestación y cambios de uso del suelo, es un factor que contribuye al aumento de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera terrestre, ya que el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono viene siendo afectado, aminorando su capacidad de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (Balvanera et al., 2015), además de reducir otros servicios relacionados como retención de agua, control de la erosión, protección de la fertilidad del suelo y su acción como sumidero de carbono (Linares-Palomino et al., 2011;

Maass et al., 2005). El CO₂ en la atmósfera aumento exponencialmente de 280 ppm en el año 1975 a 403.3 ppm en el año 2016 (DellaSala et al., 2018; Camacho-Valdez y Ruiz-Luna, 2012).

Se estima que el área de bosques secos abarca 1,048,700 km² en el mundo, siendo América del Sur la región que posee el 54.2% de la cobertura boscosa, el remanente se distribuye en el resto de las regiones a nivel mundial (Miles et al., 2006). El ecosistema de bosque seco tropical ecuatorial se extiende a través de la costa del Océano Pacífico de Perú y Ecuador (Rasal et al., 2011; Briceño et al., 2016) ubicándose entre los 0 y 1100 m s.n.m. (Aguirre et al., 2006), así mismo, los bosques secos abarcan el 2.63% de bosques en el Perú; este ecosistema tiene una precipitación media anual de 1710 a 2050 mm.m⁻², temperatura entre 23 °C y 27 °C y evapotranspiración mayor a 1710 mm (MINAM, 2019; Rasal et al., 2011). Asimismo, está sometido naturalmente a un estrés hídrico, que consiste en una temporada con clima subhúmedo, muy caliente y una estación seca entre mayo y agosto (García-Villacorta, 2009).

En el Perú, los bosques estacionalmente secos ribereños (algarrobal) cubren una superficie de 52,152.65 ha y representan 0.04% del territorio peruano (MINAM, 2019), donde encontramos 2.2 millones de hectáreas con predominancia de árboles de algarrobo (*Prosopis pallida* H. & B. ex Willd. H.B.K), encontrándose también asociadas, aunque con menores densidades, las especies “Faique” o “Espino” (*Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger) y arbustos, como el “Cuncuno” (*Vallesia glabra* (Cav.) Link. En el caso de los bosques secos con predominancia de *Prosopis pallida*, la madera se extrae para uso de leña como combustible doméstico y producción del carbón para fines comerciales (Ektvedt, 2011). Otros usos de esta planta incluyen medicina, forraje, algarrobina e importancia ecosistémica, ya que inhibe los procesos de desertificación mejorando la calidad del suelo (Salazar, 2019), por lo cual resulta

relevante entender su dinámica dentro del ecosistema de bosque seco y gestionar eficientemente los bienes y servicios que nos brinda (Linares-Palomino et al., 2011).

La Red Latinoamericana de bosques estacionalmente secos (DRYFLOR) registra un vacío de información en los relictos de bosques del norte de Perú de la región La Libertad, siendo el bosque natural El Cañoncillo el de mayor extensión para esta zona poco estudiada (Bos, 2015). En algunos lugares, la estimación de biomasa en el género *Prosopis* a nivel metodológico tiene algunas restricciones debido a su ramificación basitónica, que da origen a múltiples tallos, y su crecimiento irregular y tortuoso hace difícil la aplicación de los modelos recomendados para la especie. En la literatura científica; por ejemplo, algunos de estos modelos fueron construidos con el diámetro medido en la base (Db) a 30 cm del suelo (La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila, 2020) y otros con el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1.30 m del suelo (Llanos-Aguilar, 2010). En particular cuando no existen modelos locales, los modelos “pantropicales” utilizan el DAP (Nebel et al., 2000) como una variable que en muchos casos es difícil medir, como en el bosque El Cañoncillo donde la mayoría de los individuos presentan troncos inclinados y con bifurcaciones. Por otro lado, la mayor parte de las guías de inventarios forestales recomiendan una medida estandarizada del diámetro a una altura de 1.30 m del suelo, el cual se ha denominado como DAP (diámetro a la altura del pecho) asumiendo que los troncos son cilíndricos (Schlegel et al., 2001). Este DAP es posteriormente utilizado para estimar otras variables del árbol como el volumen (en m³) o la biomasa (en kg o tonelada) mediante modelos alométricos. No obstante, diferentes estudios han demostrado que pequeños errores en la medición del DAP pueden producir grandes errores en la estimación del volumen o la biomasa de los árboles, los cuales se magnifican aún más cuando los valores se extrapolan a unidades de área (Chave et al., 2004).

Las estimaciones del contenido de carbono de la biomasa aérea en los bosques del Perú han sido realizadas por diferentes instituciones nacionales e internacionales, sin embargo, la poca presencia de datos en costa y sierra debido a la menor presencia y extensión de los bosques han causado que la data no sea representativa para el ecosistema de bosques secos y deben ser complementados con datos de campo (MINAM, 2016).

El principal objetivo del estudio fue estimar la biomasa y el contenido de carbono en los bosques de *P. pallida* de El Cañoncillo a través de (1) identificar tres modelos alométricos para el ecosistema de bosque seco en el Perú, (2) estimar el carbono almacenado en la biomasa arbórea aérea del bosque seco El Cañoncillo e (3) identificar la relación entre la variación de estratos fisiográficos (pendiente, elevación), variables fisicoquímicas del suelo y el carbono almacenado que tiene la especie arbórea dominante del bosque.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Área de Conservación Privada “Bosque Natural El Cañoncillo” (Figura 1), ubicado en el distrito de San José, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, en el noroeste del Perú, en la Zona 17m, N 9,183,149.09, E 674,041.57 UTM, sistema geográfico WGS84. El área cubre una extensión de 1494.093 ha (Geoservidor, 2018), albergando tres lagunas: Gallinazo, Larga y Cañoncillo (Murga, 2013). El área es administrada por la Cooperativa Agraria de Usuarios Tecapa Ltda. (SERNANP, 2018). Limita por el norte con terrenos agrícolas del caserío Tecapa, por el sur con la cordillera costera, por el este con la Pampa de Santa María y por el oeste con el caserío Santonte y terrenos agrícolas de la ciudad de San Pedro de Lloc (Lostanau, 2016).

El área está compuesta mayormente de “algarrobo” *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth de la familia Fabaceae. Este árbol tiene la capacidad de profundizar sus raíces a 10 metros o más, gracias a su adaptación evolutiva para alcanzar la humedad de los acuíferos (León-Cáceres, 2019).

Las características edáficas de los bosques secos son influenciadas por perturbaciones como la incidencia estacional y la sequía (Chazdon, 2003). El ecosistema costero subárido donde se encuentra el bosque de estudio, tiene la denominación Bosque estacionalmente seco ribereño (algarrobal) y se encuentra dentro de la Zona de Vida Desierto Premontano Tropical (MINAM, 2019; Novoa, 1998). El área presenta una temperatura media anual de 22 °C y precipitación promedio anual puede llegar a 200 mm en algunas zonas (CDC-UNALM, 2006). El ACP “Bosque

Natural El Cañoncillo” se ubica en la unidad morfo-estructural de “Repisa Continental o Costanera” (Novoa, 1998).

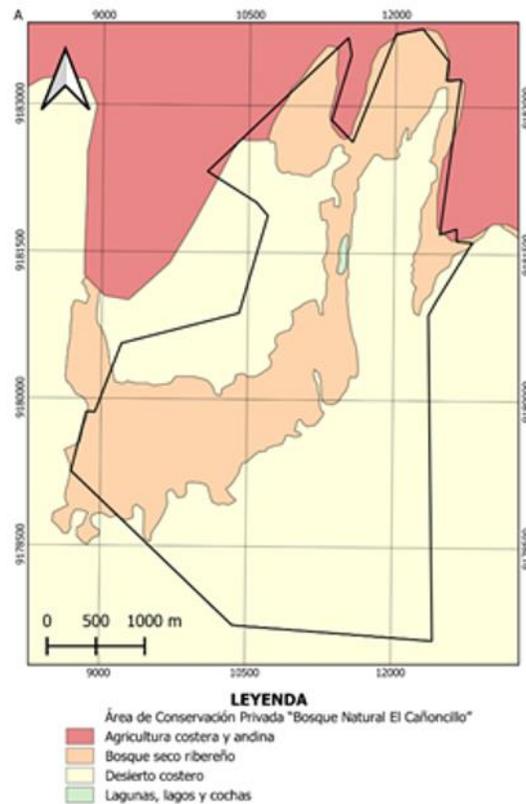


Figura 1. Mapa de cobertura vegetal en el área de estudio del Bosque Seco Natural El Cañoncillo. Datos extraídos del acceso público de mapas de áreas naturales protegidas del SERNANP.

Toma de datos

Medición de individuos

Se instalaron 10 parcelas permanentes de 0.1 ha en el área del algarrobal distribuidas sistemáticamente (cada 500 m) y equitativamente según los rasgos fisiográficos del ACP. La ubicación de cada punto de muestreo se realizó con la ayuda de imágenes satélites de marzo 2019 en Google Earth Pro (versión 7.3.3.7786) Landsat/Copernicus con resolución de imagen 1920 x 1080 píxeles y con la validación en campo con el mapa del Plan de Acondicionamiento Territorial de Pacasmayo (Municipalidad Provincial de Pacasmayo, 2010), Figura 2. La dimensión de las parcelas fue de 20 x 50 m, conocidas como parcelas Modificadas Intensivas Whittaker (Barnett y Stohlgren, 2003). Cada parcela fue georreferenciada en los cuatro vértices y su perímetro demarcado con tubos PVC para su ubicación posterior. La parcela fue subdividida en 10 subparcelas (10 x 10 m) para un mejor control en la toma de mediciones de cada individuo arbóreo. La orientación fue de norte a sur y de este a oeste cumpliendo criterios logísticos (Phillips et al., 2016). Se hizo la corrección de la pendiente en el caso de los terrenos irregulares verificando que se formen ángulos rectos en cada una de las intersecciones entre líneas perpendiculares de las subparcelas.

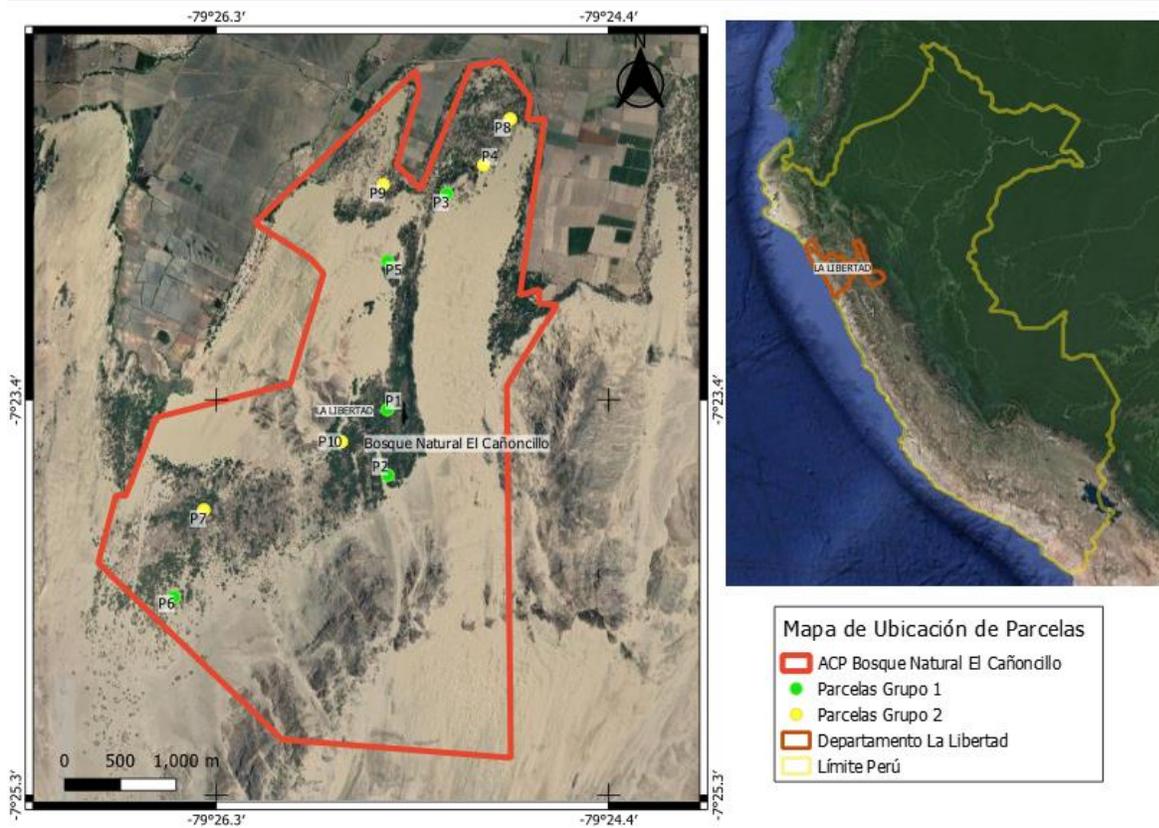


Figura 2. Mapa de ubicación de parcelas en el área de estudio del Bosque Seco Natural El Cañoncillo. Perímetros extraídos del acceso público de mapas de áreas naturales protegidas del SERNANP.

Se colectaron muestras de individuos de *P. pallida* para la validación de la identidad taxonómica y dentro de cada parcela se incluyeron a todos los individuos vivos que tuvieran un DAP ≥ 2.5 cm a una altura aproximada de 1.30 metros para su medición. Las formas de los árboles de *Prosopis pallida* varían, teniéndose árboles erectos, árboles de copa plana y árboles con ramas decumbentes que tocan el suelo. La decumbente fue la forma que se encontró con mayor predominancia en la zona por lo que se registró el diámetro a 30 cm sobre la base del árbol en un punto donde el árbol esté libre de deformaciones (Butterly et al., 2016), dada la naturaleza del género *Prosopis* de

presentar ramificaciones de tipo simpodial que dificulta su medición (Pipa-Cruz, 2004; Pasiecznik, 2001). En el caso de los árboles con múltiples tallos, adoptamos el Enfoque del POM (midiendo el diámetro en un punto óptimo de medición donde el tronco fuera lo más cilíndrico posible; Phillips et al., 2016) y en los tallos rectos se midió el diámetro a 1.30 m. Al contar con datos medidos a diferentes alturas del árbol convertimos todas estas mediciones de diámetro inicial (Din) al diámetro equivalente en dos alturas (D30 y DAP) que corresponden a los diámetros utilizados para la calibración de modelos alométricos de biomasa de *Prosopis pallida* (Chave et al., 2004; Llanos-Aguilar, 2010; La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila, 2020). Asimismo, se registró la altura total (m) de todos los individuos con hipsómetro para la estimación de carbono fijado en biomasa aérea.

Muestreo de suelo

Para identificar las condiciones edáficas del área de muestreo se tomaron muestras de suelo a 5 cm de profundidad de cinco subcuadrantes escogidos en zigzag en cada parcela cuidando limpiar el área a muestrear de cualquier desecho o escombros superficial (ramas, piedras y otros residuos). De cada parcela resultó una muestra conjunta de un aproximado de 1 kg que se llevó para ser analizada bajo parámetros físico químicos en el laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Suplementario 1). La metodología empleada se realizó según los lineamientos de identificación y caracterización de suelos del MINAM (2014).

Análisis de datos

Estimación del carbono fijado en biomasa

El primer paso para la estimación de biomasa fue corregir la medición del diámetro de los troncos medidos en campo con ecuaciones que permiten calibrar el modelo. Como se explicó previamente,

en la zona los árboles de *Prosopis pallida* tienen muchas deformaciones en su tronco, están bifurcados a muy poca distancia del suelo o inclinados y el diámetro que es posible medir, no coincide generalmente con el DAP que es la medida más importante en los modelos para estimar la biomasa de árboles tropicales (Chave et al., 2004). En consecuencia, las medidas del diámetro del tronco en *Prosopis pallida* ameritan ser corregidas con el fin de reducir los errores en la estimación de la biomasa y el contenido de carbono (Paul et al., 2020). Estas correcciones se hacen generalmente con ecuaciones que estiman el DAP a partir de mediciones realizadas en otras partes del tronco (Gehring et al., 2008; Manyanda et al., 2019).

En este caso se utilizaron los modelos elaborados con datos provenientes de la cubicación de árboles de *Prosopis juliflora* en Colombia (Tabla 1; La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila, 2020). Como segundo paso se seleccionaron siete ecuaciones alométricas para estimar la biomasa, provenientes de estudios publicados para los bosques de *Prosopis* del Perú (Chanava, 2019; Padrón y Navarro 2004; Llanos-Aguilar, 2010) y algunos realizados en el presente proyecto (La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila, 2020) (Tabla 2). Como tercer paso para el cálculo del carbono almacenado por hectárea, se emplearon fórmulas publicadas para el cálculo de biomasa aérea por cálculo de carbono almacenado y para estimar la cantidad de dióxido de carbono equivalente (Tabla 3).

Tabla 1. Ecuaciones usadas para corregir los diámetros del tronco. Datos de cubicación de *Prosopis juliflora* de 2.5 a 80 cm de diámetro.

No modelo	Estimación	Resultados del modelo (Ver descripción de las variables al pie de tabla)	Estadísticos del modelo
1	DAP cuando se ha medido en sitio diferente por encima	$\text{Ln (DAP)} = -1.1974 + 1.01966 * \text{Ln (Din cm)} + 0.228843 * \text{Ln (Alt)}$	$R^2 \text{ aj} = 99.41\%$; $EEE = 0.060$; $EAM = 0.0423$
2	DAP cuando se ha medido en sitio diferente por debajo	$\text{Ln (DAP)} = -0.264736 + 0.983135 * \text{Ln (Din cm)} + 0.0774891 * \text{Ln (Alt)}$	$R^2 \text{ aj} = 98.2 \%$; $EEE. = 0.106$; $EAM = 0.084$
3	D30 cuando se ha medido en sitio diferente por encima	$\text{Ln (D30)} = -1.09996 + 0.522197 * \text{Ln (Din cm)} + 0.219896 * \text{Ln (Alt)}$	$R^2 \text{ aj} = 99.5\%$; $EEE. = 0.061$; $EAM = 0.037$
4	D30 cuando se ha medido en sitio diferente por debajo	$\text{Ln (D30)} = -0.0953308 + 0.989732 * \text{Ln (Din cm)}$	$R^2 \text{ aj} = 99.8 \%$; $EEE. = 0.043$; $EAM = 0.026$

VARIABLES: DAP = diámetro a la altura del pecho en cm; Din = diámetro inicial; D30 = diámetro a 30 cm del suelo; Alt = Altura total del árbol en m; $R^2 \text{ aj}$ = R^2 ajustado por grados de libertad; Ln = Logaritmo neperiano; EEE = Error estándar de la estimación; EAM = Error absoluto medio. Fuente: La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020).

Tabla 2. Ecuaciones para estimar la biomasa de *Prosopis pallida* en el ACP Bosque Natural El Cañoncillo, norte de Perú.

Rango diamétrico de los árboles	Para estimar	FUENTE	RESULTADOS DEL MODELO (Ver descripción de las variables al pie de tabla)	Estadísticos del modelo
DAP: 10 a 60 cm	Biomasa total D>10 cm	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020)	$\text{Ln (Biomasa kg)} = -0.724205 + 1.86075 * \text{Ln (DAP)} + 1.04656 * \text{Ln (Alt)} - 0.389916 * \text{Ln (PP)}$	R2 aj = 90.9 %; EEE = 0.327; EAM = 0.245
D30: 10 a 60 cm	Biomasa total D>10 cm	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020)	$\text{Ln (Biomasa kg)} = -0.952051 + 1.86605 * \text{Ln (D30)} + 1.04456 * \text{Ln (Alt)} - 0.402811 * \text{Ln (PP)}$	R2 aj = 91.01 %; EEE = 0.326; EAM = 0.246
D30: 10 cm a 55 cm	Biomasa total D>10 cm	Chanava (2019)	$\text{Biomasa (kg)} = \exp(3.939 + 0.068 * (\text{D30}))$	No reporta
D30: de 12 cm a 48 cm	Biomasa total D>10 cm	Padrón y Navarro (2004)	$\text{Biomasa (kg)} = 66.5541 + 0.05796 * ((\text{D30}^2 * \text{Alt}))$	No reporta
DAP: 10 cm a 55 cm	Biomasa total D>10 cm	Llanos-Aguilar (2010)	$\text{Biomasa (kg)} = 18.552 + 0.052 * (\text{DAP}^2) * \text{Alt}$	No reporta
DAP: 2.5 a 10 cm	Biomasa total D<10 cm	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020)	$\text{Ln (Biomasa kg)} = -1.29227 + 1.06506 * \text{Ln (Alt)} + 1.12226 * \text{Ln (DAP)}$	R2 aj = 92.1 %; EEE = 0.286; EAM = 0.227
D30: 2.5 a 10 cm	Biomasa total D<10 cm	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020)	$\text{Ln (Biomasa kg)} = -1.65819 + 1.03335 * \text{Ln (Alt)} + 1.27666 * \text{Ln (D30)}$	R2 aj = 92.4 %; EEE = 0.281; EAM = 0.219

VARIABLES: DAP = diámetro a la altura del pecho en cm; D30 = diámetro a 30 cm del suelo; Alt = Altura total del árbol en m; PP. = precipitación en mm/año; Ln = Logaritmo neperiano; R2 aj = R2 ajustado por grados de libertad; EEE = Error estándar de la estimación; EAM = Error absoluto medio.

Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo del carbono almacenado por hectárea.

Fórmula	Descripción
Cálculo de biomasa áreas por hectárea (Rügnitz 2009)	$BAT = (\Sigma Bau \cdot 1000^{-1}) \times (10000 \cdot \text{área de la parcela}^{-1})$, donde: BAT= Biomasa arbórea total (tC. ha ⁻¹); ΣBau = Sumatoria de biomasa arbórea en la parcela (kg. área de la parcela ⁻¹), es decir considerando las 10 subparcelas; el factor empleado para la conversión de kilogramos a toneladas es 1000 y para conversión del área de m ² a ha, el factor 10000.
Cálculo de carbono almacenado (IPCC, 1994)	$CBA \text{ (tC. ha}^{-1}\text{)} = BAT \times CF$, donde: CBA es el carbono en la biomasa aérea total (tC. ha ⁻¹); BAT es la biomasa arbórea total por parcela; CF es la fracción de carbono (Tc. tMS ⁻¹), donde el valor estándar 0.47 (Thomas y Martin, 2012). Se obtendrá el valor total de carbono almacenado en toneladas de carbono por hectárea (tC. ha ⁻¹).
Cantidad de dióxido de carbono equivalente (Forest Trend y The Katoomba Group, 2010)	Se multiplicó el valor que se obtuvo de carbono en la biomasa aérea total (CBA) por el factor de 3.67 derivado del peso atómico del carbono. $CO_2e = CBA \text{ (tC. ha}^{-1}\text{)} \times 3.67$.

Comparación de la biomasa por condiciones edáficas y fisiográficas con presencia de Prosopis pallida

Para el análisis de componentes principales se seleccionó un conjunto de variables que tuvieran una correlación (R Pearson) inferior al 70%, de acuerdo con el análisis del Suplementario 3. Las variables seleccionadas fueron materia orgánica (MO), grado de acidez o alcalinidad (pH), pendiente (P), concentración de Calcio (Ca+) y conductividad eléctrica (CE). Para el análisis las variables fueron transformadas con el Logaritmo neperiano (Ln) para inducir normalidad en los datos. El análisis de datos se realizó con el software XLSTAT-Estudiante versión 2021.1.

RESULTADOS

Características estructurales de los árboles de Prosopis, condiciones edáficas y fisiográficas de las parcelas evaluadas

El bosque seco “El Cañoncillo” corresponde a un bosque con dominancia de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth. Encontramos plántulas dispersas de *Colicodendron scabridum* (Sapotaceae) en la parcela con mayor número de árboles medidos (P2), pero no fueron considerados ya que, al encontrarse en fase de germinación, su medida del tronco no superaba el mínimo del rango diamétrico. En las zonas más bajas se encontró presencia de *Vallesia glabra* (Cav.) (Apocynaceae) y *Tichilia* cf. *dichotoma* (Boraginaceae) asociada a zonas arenosas. Las características estructurales de las 10 parcelas evaluadas y los parámetros fisiográficos encontrados se encuentran en el Suplementario 2. Solo en la parcela 8 se halló a un individuo de *Vallesia glabra* que ingreso dentro de individuos de DAP > 2.5 cm, todos los cálculos de carbono son efectuados para *Prosopis*.

Tabla 4. Características estructurales de los árboles analizados del bosque:

Características del bosque (en 10 parcelas (0.1 ha))	Rango	Media	Desviación estándar	Total
Número de árboles muestreados por parcela	5-101	28	30	283
Altura del árbol (m)	1.30-14.42	4.59	0.98	-

Los análisis de suelo mostraron una mayor variabilidad de los parámetros de CIC, Ca^{+2} , K y P, siendo las parcelas P7, P8 y P10, las que presentaron mayores niveles de fósforo en suelo; las parcelas P2 y P6 presentaron valores mínimos. Con respecto a potasio en suelo, las parcelas P10 y P4 presentaron valores superiores y las parcelas P6 y P9 valores menores. En el caso de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), las parcelas P8 y P10, fueron las que tuvieron mayores valores y las parcelas P2 y P6, menores. Finalmente, los valores de calcio en suelo fueron elevados en las parcelas P7 y P8, siendo los valores menores correspondientes a las parcelas P2 y P6 (Suplementario 1). En cuanto a la fisiografía se detectaron dos grupos de escalas fisiográficas con presencia de *Prosopis pallida* de menores y mayores grados de inclinación, obteniéndose: Grupo 1 (de 5° a 9°) y Grupo 2 (10° a 15°) (Figuras 1 y 2).

Identificación de modelos alométricos para la estimación de carbono fijado en biomasa

Se identificaron tres modelos alométricos que cumplieron con los criterios mencionados en la sección de métodos (Tabla 2). Las ecuaciones seleccionadas fueron las propuestas por Chanava (2019), Llanos-Aguilar (2010) y Padrón y Navarro (2004). Adicionalmente se utilizaron cuatro desarrolladas por La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020), las cuales evalúan la combinación de las fórmulas de los tres autores mencionados anteriormente y proponen nuevos modelos alométricos.

Estimación de biomasa arbórea aérea

Luego de realizar la corrección de datos diamétricos se realizó la estimación de la biomasa aérea con D30 y con DAP, adecuando los datos a las fórmulas identificadas en la revisión bibliográfica.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos a partir de los datos de D30 (Tabla 5) y los cálculos obtenidos en base a DAP y sus autores correspondientes (Tabla 6).

Tabla 5. Estimación de biomasa arbórea aérea calculada con D30.

Diam inicial	Rango diamétrico del modelo	Chanava (kg)	Padrón - Navarro (kg)	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (kg)
D30	<10	11675.0	11430.6	1355.7
	≥10	29214.1	24325.0	5572.1
Total		40889.1	35755.6	6927.8

Tabla 6. Estimación de biomasa arbórea aérea calculada con DAP.

Diam. Inic.	Rango diamétrico del modelo	La Torre-Cuadros y Llanos - Álvarez-Dávila (kg)
DAP	<10	1573.5
	≥10	3175.8
Total		4749.3

Estimación del carbono almacenado en la biomasa arbórea aérea

El carbono almacenado por la biomasa aérea arbórea empleando D30 fue de 1.921 tC. ha⁻¹ para la fórmula alométrica de Chanava, de 1.680 tC. ha⁻¹ para la fórmula de Padrón - Navarro, y 1.194 tC.

ha⁻¹ para la fórmula de La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020). Para los resultados con respecto al DAP, se obtuvo 0.6 tC.ha⁻¹ para la fórmula de Llanos-Aguilar y 0.22 tC.ha⁻¹ para la fórmula de La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020). Tabla 7.

Tabla 7. Estimación de carbono y CO₂ equivalente para la biomasa aérea calculada para cada fórmula propuesta a partir de los datos en D30 y DAP.

D30	Chanava	Padrón - Navarro	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila
BAT (t. ha ⁻¹)	4.088	3.575	0.692
CBA (t. ha ⁻¹)	1.921	1.680	0.325
CO ₂ e (t. ha ⁻¹)	7.052	6.167	1.194

DAP	La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila	Llanos-Aguilar
BAT (t.ha ⁻¹)	0.474	1.315
CBA (t.ha ⁻¹)	0.223	0.6185
CO ₂ e (t.ha ⁻¹)	0.819	2.2699

Relación entre la variación de las condiciones edáficas y variables fisiográficas con el carbono almacenado

Los estratos fisiográficos fueron divididos en dos grupos de acuerdo con el rango de las pendientes (Figura 3). El Análisis de Componentes Principales realizado con 13 variables de las condiciones edáficas y fisiográficas y 2 variables relacionadas a biomasa de cada parcela (n=10) determinó que los componentes principales que explicaron la mayor variación a lo largo de los ejes x e y, con eigenvalor mayor que 1, fueron F1 y F2 que explicaron el 73.09% de la variación. Las variables que tuvieron un mayor % de contribución en F1 fue el pH y la MO.

No se encontró relación de los estratos fisiográficos con la variable pendiente en grados de inclinación y el stock de carbono almacenado en la biomasa arbórea aérea (Figura 3), pero si con la concentración de Calcio ($R_p = 0.64$, $P = 0.04$). Ninguno de los dos componentes estuvo correlacionada con la biomasa (Figura 4).

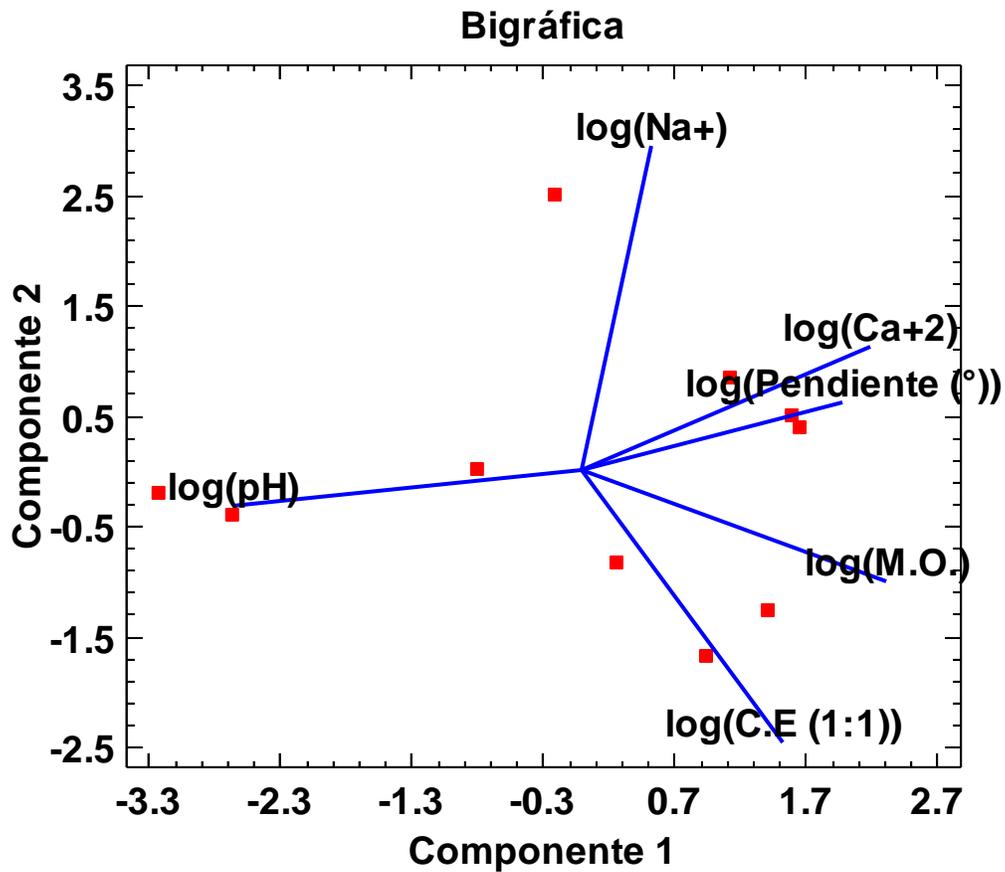


Figura 3. Biplot de resultados del Análisis de Componentes Principales

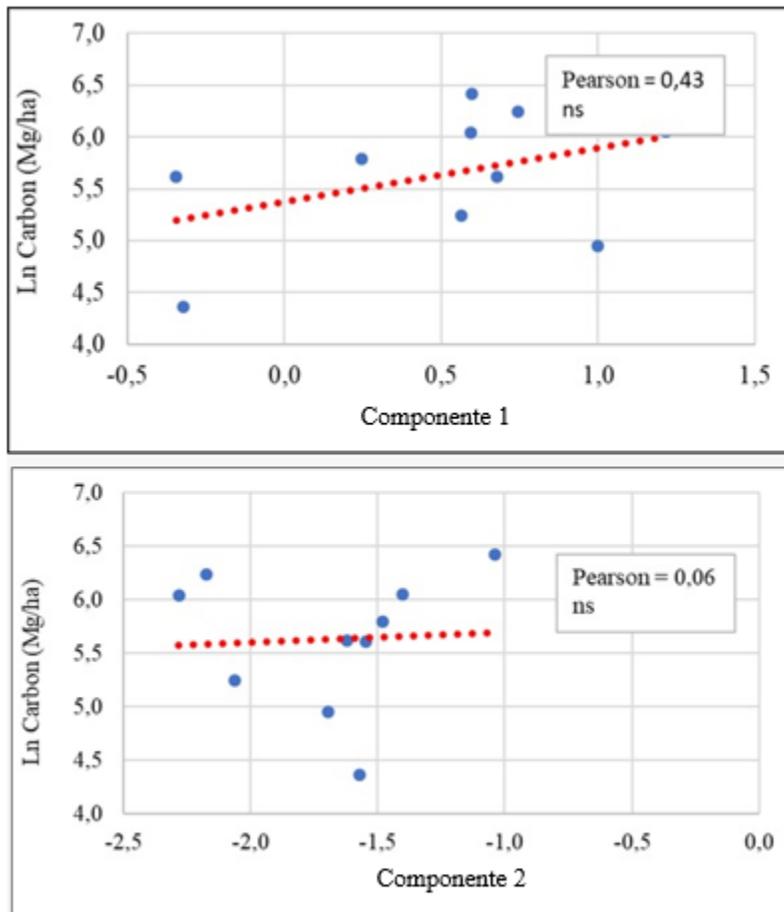


Figura 4. Construida con los datos de la tabla de componentes principales.

DISCUSIÓN

Los individuos presentes en el bosque seco El Cañoncillo tuvieron fustes con formas heterogéneas (rectos, clones ya independizados y en su mayoría múltiples tallos) lo que determinó una serie de estrategias de medición comparado con individuos presentes en otros reportes de bosques secos en el norte del Perú (ej. Llanos- Aguilar, 2010; Padrón-Navarro, 2004; López et al., 2005). El diámetro de la planta puede medirse a 30 cm de altura sobre la base del suelo, y el hecho de que posteriormente pueda ser transformado en DAP para su uso en la amplia gama de ecuaciones de biomasa aérea para las especies del bosque seco (ej. Chave et al., 2004; La Torre-Cuadros y

Álvarez-Dávila, 2020) ha permitido disminuir los errores frecuentes que inducen deformaciones, cicatrices y protuberancias que magnifican resultados de volumen y biomasa.

Los resultados de nutrientes obtenidos guardan una relación inversamente proporcional con respecto a la variable pH (Figura 4), y se puede evidenciar mayor afinidad de dicha variable con las parcelas P2, P5 y P6, que al contrastarlo con los datos de pendiente y altura (Suplementario 2) guardan relación al estar posicionadas en zonas de mayor altura o lejanas de fuentes de agua como es el caso del resto de parcelas que mantienen una mayor cercanía a las lagunas del ACP El Cañoncillo. Al respecto Salazar (2019), en su estudio realizado en el norte del Perú; señala que al medir las concentraciones de nutrientes del suelo bajo y fuera del dosel de los árboles. determinó que la mayoría de los nutrientes del suelo fue mayor bajo el dosel de *P. pallida*. El tamaño del árbol tuvo una relación directamente proporcional a las concentraciones de C, N y P en el suelo. Además, las relaciones entre las concentraciones de nutrientes en la hoja y el suelo sólo fueron significativas para P y Mn.

Si bien los resultados de carbono almacenado por la biomasa aérea arbórea difirieron entre los autores evaluados considerando D30 y DAP, los valores obtenidos en este estudio son coherentes y proporcionales a lo reportado por Chávez et al. (2018) en el bosque Choloque en el departamento de Lambayeque, obteniendo 4 tC. ha⁻¹ para parcelas con algarrobo (*Prosopis pallida*) y hualtaco (*Loxopterygium huasango*), utilizando las variables de diámetro de altura de pecho (DAP), diámetro de copa (Dc) y área de copa (Ac). También se tiene reportado por Labán (2012) un carbono almacenado de 5.53 tC. ha⁻¹ para el ecosistema de bosques secos, donde el método empleado para los cálculos fue destructivo con 30 árboles del bosque natural de algarrobo del campus de la Universidad de Piura como individuos del estudio. El carbono almacenado en la biomasa aérea y su capacidad de captura de carbono es bajo en su masa forestal, pese a ello, su

contribución a la mitigación de los efectos del cambio climático y emisiones de GEI es relevante ya que los bosques secos abarcan el 3.2 por ciento de los bosques en el Perú (MINAM, 2016; Otivo, 2008).

La ecuación que mostró mejores resultados fue la que se construyó por La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila (2020) en base a los datos de tres autores: Padrón-Navarro, Chanava y Llanos-Aguilar, para árboles mayores a 10 cm y para los árboles con diámetros menores a 10 cm. Se consideran las fórmulas presentadas como los mejores modelos para el cálculo de biomasa aérea en el BSN El Cañoncillo con predominancia de *Prosopis pallida*, ya que las fórmulas presentan un error estándar de estimación en el rango de 0.281 y 0.327, considerándose baja incertidumbre en los resultados.

La asociación muy baja o casi nula encontrada entre la variación de estratos fisiográficos (pendiente y elevación) y el carbono almacenado respondería a que el área de la ACP Bosque Seco Natural El Cañoncillo presenta un mismo tipo de suelo arenoso uniforme en su extensión, con baja variación de altitud y pendiente en las zonas de vegetación y baja competencia interespecífica. Este resultado no coincidiría con otros tipos de ecosistemas donde las variables de mayor influencia en el contenido de carbono son la pendiente y altitud, conductividad eléctrica y profundidad del suelo, como es el caso de bosques húmedos tropicales (Erazo-Chinchay, 2019). Sin embargo, futuros estudios deberán complementar la evaluación de otras condiciones microambientales y ampliar el estudio a otros ecosistemas de bosque seco en el Perú.

CONCLUSIONES

El presente estudio proporciona una herramienta para estimar la biomasa aérea por medio de ecuaciones alométricas aplicadas en la vegetación de bosques secos en el norte del Perú, cuya

evaluación proporciona pautas metodológicas de medición de contar con individuos de formas de fuste heterogéneo. De los cálculos obtenidos, se obtuvo como mejor modelo, el proporcionado por La Torre-Cuadros y Álvarez-Dávila donde se estimó con DAP 0.223 tC.ha^{-1} y con D30 0.325 tC.ha^{-1} .

En el caso de las fórmulas identificadas no se considera adecuado promediar datos para su uso ya que estos difieren en los resultados obtenidos para el cálculo total de la biomasa aérea del Bosque Seco Natural El Cañoncillo. Se concluye que la aplicación de las fórmulas dependerá del tipo de bosque seco que se tenga, no se recomienda usar una fórmula única para la estimación de biomasa aérea, ya que habrá una sobre estimación del cálculo.

Los resultados encontrados sobre la muy baja asociación entre los rasgos fisiográficos y variables químicas del suelo con el carbono almacenado responderían a las particularidades de la zona de estudio.

Las futuras investigaciones en ecuaciones alométricas necesitan prestar más atención a la vegetación más pequeña, ya que las fórmulas publicadas no consideran diámetros menores a 10 cm para especies de bosque seco en el norte del Perú, y en general para *Prosopis pallida*. Esto último es relevante en zonas donde los bosques tienen un continuo uso por presión de extracción de leña y carbón. Finalmente, el conocimiento de la estructura y el almacenamiento de carbono del ACP El Cañoncillo apoya a mejorar la modelización cuantitativa de los servicios ecosistémicos en el bosque seco para su uso en acciones de conservación.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos el apoyo logístico de la ONG A Rocha Perú y el apoyo en campo de los guardabosques de la ACP Bosque Seco El Cañoncillo, en especial del Sr. Roberto Ñontol. Esta investigación ha sido financiada por el Fondo de Semilla para Docentes 2019 de la Universidad Científica del Sur - Registro de Proyectos 008-2019-PRO99 con la autorización SERFOR No AUT-IFL-2019-20.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Z, Kvist L, Sánchez O. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. Botánica económica de los Andes Centrales; 2006, pp. 162-187.

Albrecht A, Kandji ST. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. Agriculture, Ecosystems & Environment; 2003, 99(1-3), 15-27. doi:10.1016/S0167-8809(03)00138-5

Balvanera P, Castillo A, Chavero EL, Caballero K, Quijas S, Flores A, Sarukhán J. Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudio de casos; 2015, pp: 66 (235).

Barnett DT, Stohlgren TJ. A nested-intensity design for surveying plant diversity. Biodiversity and Conservation 12, 255–278 (2003). doi:10.1023/A:1021939010065

Briceño J, Iniguez-Gallardo V, Ravera F. Factores que influyen en la apreciación de servicios eco-sistémicos de los bosques secos del sur del Ecuador. Ecosistemas; 2016, 25(2), 46-58. doi:10.7818/ECOS.2016.25-2.06

Bos T. *Trees in the desert*. Doctoral dissertation, Van Hall Larenstein;

Butterly C, Phillips L, Wiltshire J, Franks A, Armstrong R, Chen D, Tang C. Long-term effects of elevated CO₂ on carbon and nitrogen functional capacity of microbial communities in three contrasting soils. Soil Biology and Biochemistry; 2016, 97, 157-167. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.03.010.

Camacho-Valdez V, Ruiz-Luna A. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Revista Bio Ciencias; 2012, 1(4). doi:10.15741/revbio.01.04.02.

CDC-UNALM (Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina). Análisis del Recubrimiento Ecológico del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado; 2006, CDC-UNALM/TNC. Lima, Perú.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Desafíos y propuestas para la implementación más efectiva de instrumentos económicos en la gestión ambiental de América Latina y el Caribe. Estudios de Caso: Brasil, Subregión Caribe, Chile, Colombia, Guatemala, México y Venezuela. United Nations Publications; 2002, 342p. Serie

Manuales N° 18.

Chanava W. *Prosopis* sp. Biomass Estimation. Universidad de Piura; 2019.

Chávez J. Captura y almacenamiento de carbono de los bosques estacionalmente secos de la costa norte (Lambayeque), como mitigación frente al cambio climático. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018. 268 pp.

Chazdon RL. Tropical Forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution, and Systematics*; 2003, 6(1-2), 51-71. doi:10.1078/1433-8319-00042

Chave J, Condit R, Aguilar S, Hernandez A, Lao S, Perez R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*; 2004, 359(1443), 409-420. doi:10.1098/rstb.2003.1425

Cueva K. Metodología de procesamiento y análisis de datos del inventario Forestal Nacional (IFN). Programa Nacional Conjunto ONU REDD Paraguay; 2015, 35 p.

DellaSala DA. Global Change. *Encyclopedia of the Anthropocene*; 2018, 347–349. doi:10.1016/b978-0-12-809665-9.05355-6

Eraza-Chinchay JK. Influencia de la pendiente y textura del suelo en el stock de carbono en coberturas boscosas, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas; 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2140>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). *Bosques y Cambio Climático_Documento de trabajo 14: Los Bosques y el Cambio Climático en el Perú*. Roma; 2016, 142 p.

Forest Trend y The Katoomba Group; 2010. Recuperado de: http://www.katoombagroup.org/~katoomba/documents/events/event19/Captura_y_almacen_de_carbono_MManzano.pdf

García-Villacorta R. Diversidad, composición y estructura de un hábitat altamente amenazado: los bosques estacionalmente secos de Tarapoto, Perú. *Revista Peruana de Biología*; 2009, 16(1), 81-92.

Geoservidor. Intercambio de datos. Información del Mapa Nacional de Ecosistemas; 2018. Disponible en: <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>

Gehring C, Park S, Denich M. Close relationship between diameters at 30cm height and at breast height (DBH). *Acta Amazónica*; 2008, 38, 71-76. doi:10.1590/S0044-59672008000100008

Herrera W. *Clima de Costa Rica: Vegetación y clima de costa Rica*. Universidad Estatal a Distancia, San José (Costa Rica) (2000).

Hughes L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in ecology & evolution*; 1985, 15(2), 56-61. doi:10.1016/s0169-5347(99)01764-4.

IPCC. *The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge; 1994, 205 págs.

La Torre-Cuadros MA, Linares-Palomino R. Mapas y clasificación de vegetación en ecosistemas estacionales: un análisis cuantitativo de los bosques secos de Piura. *Revista Peruana de Biología*; 2008, 15(1), 31-42. doi:10.15381/rpb.v15i1.1668.

La Torre-Cuadros MA, Álvarez-Dávila E. Proyecto “Implementación de estudios a largo plazo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el bosque seco de Pacasmayo, La Libertad, Perú”. Universidad Científica del Sur. Informe Final; 2020.

Labán L. Captura de carbono en el bosque natural de algarrobo del campus de la Universidad de Piura. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ciencias; 2012. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1339>

León Cáceres FJ. Efectos Ambientales por deforestación del Bosque Seco “El Algarrobal” de Conache–Laredo. Universidad Nacional de Trujillo; 2019.

Linares-Palomino R, Oliveira-Filho AT, Pennington RT. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism, and biogeography of woody plants. In *Seasonally dry tropical forests*. Island Press, Washington, DC; 2011, pp. 3-21. doi:10.5822/978-1-61091-021-7_1.

Llanos-Aguilar M. Determinación de la biomasa aérea total del algarrobo *Prosopis pallida* (H & B. Ex Willd.) HBK var, *pallida* Ferreira en los bosques secos de la Comunidad Campesina José Ignacio Távora Pasapera del departamento de Piura. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2010. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1654>.

Lostanau T. Elaboración de un plan interpretativo aplicable en el área de

conservación privada bosque natural El Cañoncillo, departamento de La Libertad; 2016.

López B, Sabaté S, Gracia C, Rodríguez R. Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* HBK, a wide-spread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. *Journal of Arid Environments*; 2005, 61(4), 541-554. doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.10.008.

Maass J, Balvanera P, Castillo A, Daily G, Mooney H, Ehrlich P. Sarukhán, J. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*: 2005, 10(1). doi:10.5751/ES-01219-100117.

Manyanda B, Mugasha W, Nzunda E, Malimbwi R. Biomass and volume models based on stump diameter for assessing degradation of miombo woodlands in Tanzania. *International Journal of Forestry Research*; 2019. doi:10.1155/2019/1876329.

Miles L, Newton A, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE. A Global Overview of the Conservation Status of Tropical Dry Forests. *Journal of Biogeography*; 2006, 33(3), 491-505. doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01424.

Ministerio del Ambiente (MINAM). Guía para el Muestreo de Suelos / Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. -- Lima: MINAM, 2014. 64p.

Ministerio del Ambiente (MINAM). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva; 2019. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>.

Municipalidad Provincial de Pacasmayo. Plan de Acondicionamiento Territorial; 2010. Disponible en: http://www.munispedrodelloc.gob.pe/website/images/acondicionamiento_territorial/PAT_Pacasmayo.pdf

Murga VB. Principales causas que limitan el desarrollo del turismo sostenible en el área de conservación privada bosque natural el Cañoncillo. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8383>.

Nebel G, Kvist LP, Vanclay JK, Vidaurre H. (2000). Dinámica de los bosques de la llanura aluvial inundable de la Amazonía Peruana: Efectos de las perturbaciones e implicancias para su manejo y conservación. *Folia Amazónica*; 2013, 11(1-2), 65-97.

doi:10.24841/fa.v11i1-2.116.

Novoa Z. Ecogeografía de la Región Costera – montes costeros: naturaleza y cultura en el desierto. Sociedad Geográfica de Lima; 1998.

Ordóñez J, Rivera R, Tapia M, Ahedo L. Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*; 2015, 6(32), 7-16.

Otivo MJL. Gestión Sostenible de los Bosques Secos AIDER (Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral). En el Encuentro Económico Región Piura; 2008.

Padrón E, Navarro RM. Estimation of above-ground biomass in naturally occurring populations of *Prosopis pallida*. *PE. Journal of arid Environments*; 2004, 56: 283-292. doi:10.1016/S0140-1963(03)00055-7.

Pasiecznik NM, Felker P, Harris PJC, Harsh LN, Cruz G, Tewari JC, Cadoret K, Maldonado LJ. The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A Monograph. HDRA, Coventry, UK; 2001, pp.172. ISBN: 0 905343 30 1. doi:10.1016/S0378-1127(02)00559-5

Paul KI, Larmour JS, Roxburgh SH, England JR, Davies MJ, Luck HD. Measurements of stem diameter: implications for individual-and stand-level errors. *Environmental monitoring and assessment*; 2017, 189(8), 1-14. doi: 10.1007/s10661-017-6109-x.

Phillips O, Baker T, Feldpausch T, Brienen R. Manual de Campo para la remediación y establecimiento de parcelas-RAINFOR. *Pan Amazonia*; 2016. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a05

Pillaca M, Flórez B. 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. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; 2014. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/107>

Pipa-Cruz E. Validación de una metodología de identificación del carbón vegetal del género *Prosopis* (algarrobo) a partir de la estructura anatómica; 2004. doi:10.21704/ac.v70i2.506

Prentice I, Farquhar G, Fasham MJ, Goulden M, Heimann M, Jaramillo V, Wallace D. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. Cambridge University Press; 2001. Disponible en: <http://oceanrep.geomar.de/id/eprint/3422>.

Rasal M, Troncos J, Lizano C, Parihuamán O, Quevedo D, Rojas C, Delgado Paredes G. Características edáficas y composición florística del bosque estacionalmente seco La Menta y Timbes, región Piura, Perú. *Ecología Aplicada*; 2011, 10(2), 61-74.

Rugnitz M, Chacón M, Porro R. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Ministerio de Agricultura, Lima (Perú); 2009, No. F61 R8.

Salazar P, Navarro-Cerrillo R, Grados N, Cruz G, Barrón V, Villar R. Tree size and leaf traits determine the fertility island effect in *Prosopis pallida* dryland forest in Northern Peru. *Plant and Soil*; 2019, 437(1), 117-135. doi:10.1007/s11104-019-03965-7

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP). Sistema de áreas naturales protegidas del Perú áreas naturales protegidas de administración nacional con categoría definitiva. SERNANP: 2018. Disponible en: <https://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/11956/Informe-4-Areas-Naturales-Protegidas.pdf/4f8d0a04-2e65-419e-9c07-e1578241a726>

Schlegel B. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 18 al 20 de octubre del 2001. 13 p. doi:10.15359/rca.51-2.5

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Acceso en: Junio 14; 2020. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

Thomas SC, Martin AR. Carbon content of tree tissues: a synthesis. *Forests*; 2012, 3(2), 332-352.

Urbanski S, Barford C, Wofsy S, Kucharik C, Pyle E, Budney J, Munger J. Factors controlling CO₂ exchange on timescales from hourly to decadal at Harvard Forest. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*; 2007, 112(G2). doi:10.1029/2006JG000293

SUPLEMENTARIO

1.- Tabla de resultados de análisis de suelos

Departamento: LA LIBERTAD

Provincia: PACASMAYO

Distrito: CAÑONCILLO

Referencia: H.R. 70717-138C-19

Fecha: 15-11-19

Clave	C.E.		Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma Cationes	Suma Bases				
	pH	(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P			K	Arena	Limo	Arcilla	Textural			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%	A	meq/100g							
P1	6.57	5.96	0.80	3.03	124.5	1148	93	4	3	A.	8.00	5.17	1.47	1.08	0.28	0.00	8.00	8.00
P2	7.13	3.53	1.00	1.37	54.9	756	92	2	6	A.	4.32	1.48	1.50	1.09	0.24	0.00	4.32	4.32
P3	6.61	4.48	1.20	6.69	130.7	1170	93	4	3	A.	8.32	4.07	2.43	1.53	0.29	0.00	8.32	8.32
P4	6.82	5.82	1.30	6.72	123.7	1620	91	4	5	A.	8.48	3.28	3.38	1.55	0.26	0.00	8.48	8.48
P5	6.74	3.10	1.10	2.10	105.8	882	95	4	1	A.	5.76	3.23	1.27	1.04	0.23	0.00	5.76	5.76
P6	7.16	3.07	0.60	1.65	49.0	670	92	2	6	A.	4.48	2.00	1.27	0.96	0.25	0.00	4.48	4.48
P7	6.74	6.60	1.00	6.83	178.2	1488	91	4	5	A.	9.12	5.43	2.35	1.13	0.21	0.00	9.12	9.12
P8	6.70	2.79	1.40	6.24	156.4	716	93	4	3	A.	9.60	5.33	2.77	1.25	0.26	0.00	9.60	9.60
P9	6.78	2.70	1.50	2.69	93.3	706	93	4	3	A.	8.32	4.96	1.70	1.30	0.37	0.00	8.32	8.32
P10	6.61	8.23	1.00	7.59	156.4	1876	91	4	5	A.	9.60	2.80	4.98	1.56	0.26	0.00	9.60	9.60

Tabla. Análisis de caracterización de suelo. A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

2.- Tabla de coordenadas de las parcelas de estudio y datos fisiográficos

	Sector WGS84	Coordenadas N	Coordenadas E	Altura (msnm)	Pendiente (°)
Parcela 1	17 M	0673918	9182778	134.83	15
Parcela 2	17 M	0673920	9182192	132.7	10
Parcela 3	17 M	674458	9184712	139.91	14
Parcela 4	17 M	674789	9184968	123.91	8
Parcela 5	17 M	673925	9184113	123.42	9
Parcela 6	17 M	671999	9181113	97.19	5
Parcela 7	17 M	672269	9181888	103.25	8
Parcela 8	17 M	675029	9185376	144.84	14
Parcela 9	17 M	673889	9184796	127.2	8
Parcela 10	17 M	673504	9182493	132.72	11

3. Correlación de Pearson entre las variables de topografía y suelos. Para cada para de variables se indica el valor de la correlación (Rp) y su significancia (P).

	Estadístico	LOG (Elevación)	LOG (Stock)	LOG (Pendiente (°))	LOG (pH)	LOG (C.E (1:1))	LOG (CaCO3)	LOG (M.O.)	LOG (P)	LOG (K)	LOG (CIC)	LOG (Ca+2)	LOG (Mg+2)	LOG (K+)	LOG (Na+)
LOG (Biomasa)	Rp	-0.225	0.997	-0.147	-	0.016	0.169	0.317	0.479	0.062	0.553	0.647	0.175	-	0.180
	P	0.533	0.000	0.686	0.410	0.966	0.640	0.373	0.161	0.865	0.098	0.043	0.630	0.985	0.619
LOG (Elevación)	Rp		-0.238	0.872	-	-	0.588	0.254	0.335	0.036	0.374	0.211	0.315	0.502	0.406
	P		0.509	0.001	0.525	0.024	0.074	0.479	0.344	0.922	0.287	0.558	0.376	0.139	0.244
LOG (Stock)	Rp			-0.151	-	0.002	0.121	0.305	0.462	0.041	0.528	0.625	0.166	-	0.146
	P			0.676	0.392	0.996	0.739	0.392	0.179	0.911	0.117	0.053	0.648	0.040	0.687
LOG (Pendiente (°))	Rp				-	0.220	0.355	0.389	0.546	0.205	0.486	0.415	0.285	0.354	0.168
	P				0.711	0.541	0.314	0.266	0.102	0.571	0.154	0.233	0.425	0.316	0.643
LOG (pH)	Rp				-	-	-0.392	-0.695	-	-	-	-0.767	-0.464	-	-
	P				0.459	0.183	0.263	0.026	0.001	0.108	0.003	0.010	0.177	0.135	0.528
LOG (C.E (1:1))	Rp						-0.180	0.598	0.547	0.949	0.470	0.122	0.616	0.436	-
	P						0.618	0.068	0.102	0.000	0.171	0.737	0.058	0.208	0.284
LOG (CaCO3)	Rp							0.433	0.470	0.049	0.553	0.446	0.401	0.608	0.401
	P							0.212	0.171	0.892	0.097	0.197	0.250	0.062	0.251
LOG (M.O.)	Rp								0.884	0.725	0.897	0.580	0.869	0.763	-
	P								0.001	0.018	0.000	0.079	0.001	0.010	0.016
LOG (P)	Rp									0.657	0.922	0.772	0.664	0.540	-
	P									0.039	0.000	0.009	0.036	0.107	0.067
LOG (K)	Rp										0.575	0.193	0.723	0.607	-
	P										0.082	0.593	0.018	0.063	0.247
LOG (CIC)	Rp											0.810	0.727	0.679	0.262

	P		0.005	0.017	0.031	0.464
LOG	Rp			0.199	0.222	0.287
(Ca+2)	P			0.582	0.538	0.421
LOG	Rp				0.851	-
(Mg+2)	P				0.002	0.998
LOG (K+)	Rp					0.372
	P					0.289

4.- Estadísticos descriptivos de las variables físico y químicas del suelo para 10 parcelas de 0.1 ha en el Bosque Seco Natural El Cañoncillo.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Elevación	97.190	144.840	125.997	15.190
Biomasa	59.820	471.031	249.752	129.382
Carbono almacenado	0.010	0.073	0.042	0.021
Pendiente (°)	5.000	15.000	10.200	3.259
pH	6.570	7.160	6.786	0.205
C.E (1:1)	2.700	8.230	4.628	1.919
CaCO ₃	0.600	1.500	1.090	0.273
M.O.	1.370	7.590	4.491	2.513
P	49.000	178.200	117.290	42.565
K	670.000	1876.000	1103.200	432.521
CIC	4.320	9.600	7.600	2.004
Ca ⁺²	1.484	5.428	3.774	1.432
Mg ⁺²	1.267	4.983	2.312	1.176
K ⁺	0.959	1.559	1.250	0.227
Na ⁺	0.209	0.365	0.264	0.042

5.- Análisis de Componentes Principales. Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Valor propio	6.656	2.982	2.430	1.461	0.683	0.430	0.219	0.120	0.019
Variabilidad (%)	44.373	19.883	16.200	9.739	4.551	2.868	1.462	0.798	0.127
% Acumulado	44.373	64.255	80.455	90.194	94.745	97.613	99.075	99.873	100.000

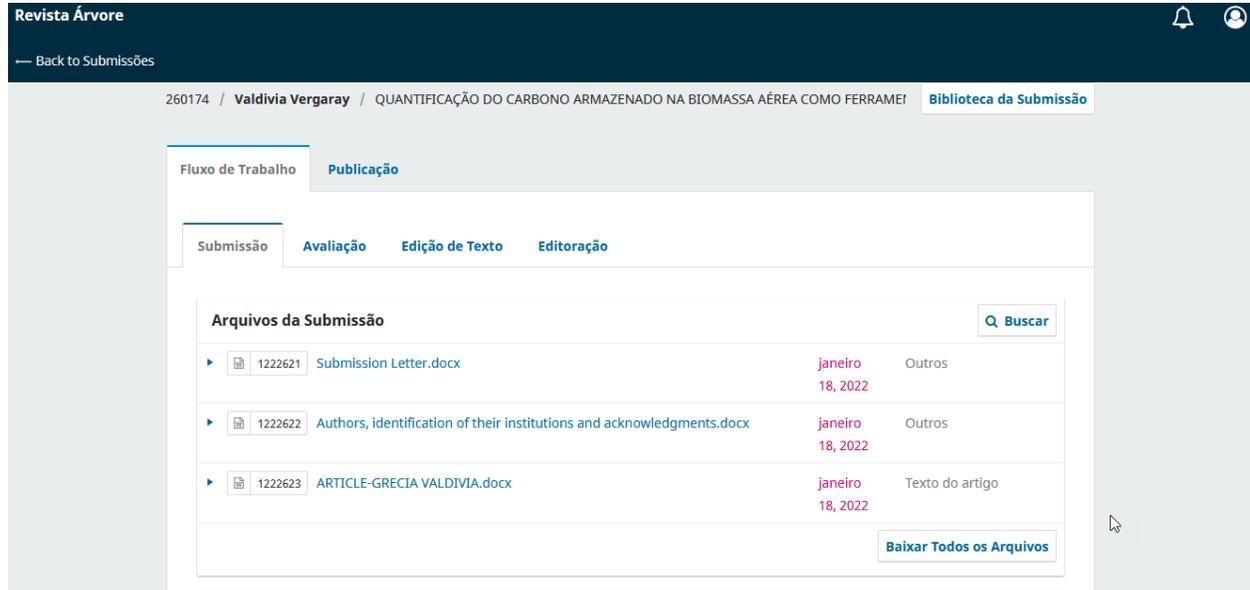
6.- Tabla Contribuciones de las variables en porcentaje a cada Componente Principal.

Contribuciones de las variables (%):

	F1	F2	F3	F4	F5
Elevación	2.805	0.737	28.643	0.337	0.008
Biomasa	2.343	14.306	14.832	0.846	1.192
Carbono almacenado	2.297	13.338	15.637	0.250	0.511
Pendiente (°)	3.612	0.150	17.958	18.868	1.635
pH	10.845	0.815	0.883	7.233	4.889
C.E (1:1)	5.967	12.577	3.374	0.764	14.734
CaCO ₃	3.355	8.805	4.712	12.990	21.888
M.O.	11.892	2.655	0.224	0.503	8.847
P	12.479	0.004	1.653	5.690	6.520
K	7.356	12.947	2.354	0.411	2.820
CIC	14.176	1.010	0.182	0.001	0.058
Ca ⁺²	5.518	12.571	0.475	9.946	0.181
Mg ⁺²	8.913	5.956	0.127	8.565	0.020
K ⁺	8.166	2.250	4.055	18.209	0.025
Na ⁺	0.276	11.880	4.892	15.387	36.672

II. ANEXOS

1. Evidencia del envío a revista científica



Revista **Árvore**

— Back to Submissões

260174 / Valdivia Vergaray / QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ARMAZENADO NA BIOMASSA AÉREA COMO FERRAMEI Biblioteca da Submissão

Fluxo de Trabalho **Publicação**

Submissão **Avaliação** Edição de Texto Editoração

Arquivos da Submissão Q Buscar

1222621	Submission Letter.docx	janeiro 18, 2022	Outros
1222622	Authors, identification of their institutions and acknowledgments.docx	janeiro 18, 2022	Outros
1222623	ARTICLE-GRECIA VALDIVIA.docx	janeiro 18, 2022	Texto do artigo

Baixar Todos os Arquivos

 **Gabriel / Karine** <noreply.ojs2@scielo.org> 15:48 (hace 3 minutos) ☆ ↶ ⋮
para mí ▾

português > español Traducir mensaje Desactivar para: português ✕

Grecia Stefany Valdivia Vergaray,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ARMAZENADO NA BIOMASSA AÉREA COMO FERRAMENTA PARA A CONSERVAÇÃO DA FLORESTA SECA EL CAÑONCILLO, PACASMAYO, LA LIBERTAD" para publicação na Revista *Árvore*. É possível acompanhar a tramitação do seu manuscrito em processo editorial acessando o sistema localizado em:

URL do Manuscrito: <https://submission.scielo.br/index.php/rav/authorDashboard/submission/260174>

Para os trabalhos que forem aceitos será cobrada uma taxa de R\$500,00 (Quinhentos reais).

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Gabriel / Karine

Karine Fernandes

rarvore@sif.org.br

Telefone (31) 3612- 3959

2. Copia de documento de aprobación de comité de ética (DGIDI o revista)

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 66-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019

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: **380-2018-PRE11**
 Título: **Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa aérea como una herramienta para la conservación del bosque seco El Cañoncillo, Pacasmayo, La Libertad**
 Investigador(a): **Grecia Stefany Valdivia Vergaray**

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 24 de diciembre del 2020**), 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, 25 de junio de 2019




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

3. Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°125-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 30 de septiembre de 2019

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa aérea como una herramienta para la conservación del bosque seco El Cañoncillo, Pacasmayo, La Libertad**, presentado por:

- **Grecia Stefany Valdivia Vergaray**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniera 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 del carbono almacenado en la biomasa aérea como una herramienta para la conservación del bosque seco El Cañoncillo, Pacasmayo, La Libertad** con N° de registro: **380-2018-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Dra. María de los Ángeles La Torre Cuadros** como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,



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

T: (51) 620 6400
 opción 2
www.cientificadesur.pe

Campus
 Píratecansur
 km 19 - Lima 42

4. Instrumentos usados en la investigación e información de utilidad



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 209-2021-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 16 de septiembre del 2021

VISTO:

La Resolución Directoral Académica de Carrera N° 66-CIEI-AB-CIENTIFICA-2019 de aprobación del proyecto de tesis titulado: **Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa aérea como una herramienta para la conservación del bosque seco El Cañoncillo, Pacasmayo, La Libertad**, con N° de registro: **380-2018-PRE11**, presentado por:

- **Grecia Stefany Valdivia Vergaray**

asesorado por:

- **María de los Ángeles La Torre Cuadros**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniera 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:

Nombrar al docente/colaborador **Esteban Álvarez Dávila** como Co-asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,



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



CONSTANCIA

Por medio de la presente, dejo constancia que los señores:

- Maria de los Angeles La Torre Cuadros (investigador principal).
- Landy Alexander Damián Parizaca (coinvestigador).
- Esteban Alvarez Dávila (colaborador).
- Roxana Yanina Castañeda Sifuentes (coinvestigadora).
- Grecia Stefany Valdivia Vergara (tesista).
- Jose Roberto Verano Cachay (tesista).

Resultaron ganadores del **Concurso de Proyectos de Investigación Docente "Fondo Semilla 2019"** con el proyecto: **"Implementación de estudios a largo plazo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el bosque seco de Pacasmayo, La Libertad, Perú"**. Dicho concurso concede un fondo de hasta s/15 000 (quince mil soles) para la ejecución del proyecto de investigación.

Se expide el presente documento a solicitud de la parte interesada, para los fines que juzgue conveniente.

Lima, 28 de marzo de 2019



Carlos B. P. Zavalaga Reyes, PhD.

Director General de Investigación,
Desarrollo e Innovación

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



*"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. Orrantía, Magdalena del Mar - Lima 17
T. (511) 225-9005
www.serfor.gob.pe
www.minagri.gob.pe





ANEXO 2

CUADRO N° 02. ESPECIALISTAS QUE PARTICIPARÁN DEL ESTUDIO

Nombres y Apellidos	Cargo	DNI N°
María de los Angeles 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

