



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



<https://doi.org/10.14483/2256201X.21821>

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

ISSN 0120-0739 • e-ISSN 2256-201X

## Reserva de carbono en el bosque nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana Huancavelica, Perú: estimación y valoración económica

Carbon reserve in the Amaru-Huachocolpa-Chihuana Huancavelica cloud forest, Peru: Estimation and economic valuation

Emerson Jaime-Huamán <sup>a</sup>, \* Héctor Aponte <sup>b</sup>, Alexander Damián-Parizaca <sup>a</sup>  
y María La Torre-Cuadros <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. 

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. 

**Recibido:** 29 de enero de 2024

**Aceptado:** 21 de junio de 2024

**Citación:** Jaime-Huamán, E., Aponte, H., Damián-Parizaca, A., & La Torre-Cuadros, M. (2025). Reserva de carbono en el bosque nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana Huancavelica, Perú: estimación y valoración económica. *Colombia Forestal*, 28(1), e21821. <https://doi.org/10.14483/2256201X.21821>

### Highlights

- La cantidad de carbono es mayor en el bosque montano que en el altimontano.
- Los valores para las dos zonas estudiadas son de 41 y 74 tC.ha<sup>-1</sup>.
- Las cinco especies dominantes de biomasa aérea reportaron una representatividad mayor en la parcela 1 (70.27 %) que en la parcela 2 (46.61 %).
- Los factores externos influyen en las reservas de carbono de la biomasa aérea.
- Se presentan las primeras estimaciones para bosques montanos de Huancavelica, Perú.

### Resumen

Esta investigación buscó realizar la valoración económica de la reserva de carbono en la biomasa aérea (RCBA) en dos tipos de cobertura vegetal en el Área de Conservación Regional Bosque Nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana (ACRBNA), Huancavelica, Perú. Para ello, se estimó la biomasa aérea en dos parcelas de 0.5 ha establecidas en un bosque de montaña altimontano (P1) y en un bosque de montaña montano (P2). La RCBA fue mayor en P2, con 36.78 tC (74 tC.ha<sup>-1</sup>), alcanzando un valor económico de USD\$ 5726. Las cinco especies que tuvieron un mayor aporte en reserva de carbono representaron el 46.61 %.

El valor de la RCBA en P1 fue 20.72 tC ( $41 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), alcanzando un valor económico de USD\$ 3226, y las cinco especies con el mayor aporte representaron el 70.27 % del valor total de biomasa. Estos datos facilitan el desarrollo de una propuesta de bonos de carbono y constituyen información base para valorar económicamente las reservas de carbono.

**Palabras clave:** biomasa arbórea, bosque montano, cambio climático, diversidad forestal, servicio ambiental

### Abstract

This research sought to perform an economic valuation of the carbon reserve in the aerial biomass (RCBA) of two types of vegetation cover in the Amaru-Huachocolpa-Chihuana Cloud Forest Regional Conservation Area (ACRBNA), Huancavelica, Peru. To this effect, we estimated the aboveground biomass of two 0.5 ha plots established in an altimontane mountain forest (P1) and a montane mountain forest (P2). The RCBA was higher in P2, with 36.78 tC ( $74 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), reaching an economic value of USD\$ 5726. The five species with the greatest contribution to the carbon reserve represented 46.61%. The RCBA value for P1 was 20.72 tC ( $41 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), reaching an economic value of USD\$ 3226, and the five species with the greatest contribution represented 70.27% of the total biomass value. These data facilitate the development of a carbon credit proposal and constitute the basic information for economically valuing carbon reserves.

**Keywords:** tree biomass, montane forest, climate change, forest diversity, environmental service

## INTRODUCCIÓN

La zona peruana de la cordillera de los Andes incluye tres grandes biomas: el primero corresponde al bosque tropical estacionalmente seco (BTES), que se encuentra a elevaciones menores a 2500 m; el segundo corresponde a los pastizales altoandinos (PA), que se sitúan por encima de 3000 m; y el tercero es un bioma intermedio denominado *bosque montano nublado* (BMN) ubicado entre los 2000 y los 3400 m (Reynel, 2013). El BMN se forma en el flanco Este de los Andes y reporta una humedad alta debido al efecto de la intercepción de la evapotranspiración procedente de la llanura de la Amazonía. Este bioma se caracteriza por tener una temperatura máxima promedio de 25 °C y una mínima de 7 °C. Presenta una precipitación total anual promedio de 1200 mm, con presencia frecuente de nubes desde el nivel del suelo (De Rutte & Reynel, 2016). Los BMN no son únicos de los Andes amazónicos; ocupan el 11 % del total de los bosques tropicales a nivel mundial (Doumenge *et al.*, 1995) y son importantes por albergar una alta biodiversidad (La Torre *et al.*, 2007). En comparación con los bosques tropicales húmedos (de altitudes bajas), los BMN presentan árboles de menor tamaño, mayor densidad de tallos, ramas tortuosas y hojas pequeñas y coriáceas (De Rutte & Reynel, 2016). Los BMN se caracterizan por el endemismo y por una alta diversidad de árboles, hierbas, arbustos y epífitos (Reynel *et al.*, 2013). Por otro lado, estos ecosistemas brindan servicios de regulación climática a partir de la captura de CO<sub>2</sub>, el suministro de agua, la conservación de biodiversidad, la provisión de alimento y fibra, la polinización, la regulación de plagas y enfermedades, la provisión de recursos hídricos y el control de la erosión (Bussmann, 2012; Spracklen & Righelato, 2014; Caro-Caro & Torres-Mora, 2015; Jaime, 2020).

A pesar del importante rol de los bosques como sumideros de carbono (Mercadet *et al.*, 2001; Jeyanny, 2015; Terreros-Camac, 2023), estos siguen bajo amenaza. En respuesta a esta problemática, en el año 2001 en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se señaló la necesidad de contar con herramientas apropiadas que permitan generar información sobre el estado de los recursos forestales y las necesidades de financiamiento para su protección (Thoman, 2001; Common, 2002; Cáceres, 2022). En la actualidad, la valoración económica ha logrado un gran avance conceptual, metodológico y político en el marco de esta convención; se ha convertido en una herramienta útil para optimizar el manejo de información, permitiendo tomar decisiones en los procesos de negociaciones relacionadas con el cambio climático (Campaña, 2015). La valoración económica de la RCBA (reserva de carbono en la biomasa aérea) se realiza a partir de la cuantificación de biomasa (Alfaro *et al.*, 2018).

Según Pérez (2014), los árboles absorben dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico por medio de fotosíntesis, junto a otros elementos del suelo y el aire, para convertirlos en madera. Las plantas transforman la energía luminosa en energía química y retienen el dióxido de carbono para formar la biomasa (Salvador, 2010). La materia orgánica del árbol se llama *biomasa* y almacena, a corto plazo, la energía solar en forma de carbono (la biomasa es parte del ciclo natural del carbono entre la tierra y el aire). Cuando el árbol muere, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que capturó (Isminio, 2006). La RCBA está relacionada con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función de factores externos (*i.e.*, ambientales) e internos (Pérez, 2014).

Las reservas de carbono de los bosques han sido cuantificadas ampliamente por diversos autores como Román-Cuesta *et al.* (2011); Báez-Quiñones (2018) y Meneses y Zamora (2018), a fin de utilizar los datos resultantes para la generación de instrumentos de política y gestión ambiental (Muñoz-Pedrerros, 2005). Un gran número de estas investigaciones se han llevado a cabo en los bosques amazónicos de selva baja, encontrando reservas que varían entre 57.99 y 322.37  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Mercadet *et al.*, 2001; Chave *et al.*, 2005; Álvarez *et al.*, 2012; Restrepo *et al.*, 2012; Martel & Cairampoma, 2012; Álvarez *et al.*, 2013; López, 2015; Bustamante, 2017; Lozano-Sivisaca *et al.*, 2018). Entre los estudios realizados en BMN, destaca uno en el Reino Unido, que reporta valores de 135.5  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Spracklen & Righelato, 2014), y uno en Latinoamérica, con un valor promedio de 120  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Asbjornsen *et al.*, 2005; Chapi-Siñani, 2014; Sanabria & Puentes, 2017; Aguirre & Quizhpe, 2018; Alfaro *et al.*, 2018), registrándose 131.72  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en bosques montanos pluviales, 158  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en bosques andinos y 70.73  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en bosques altoandinos. En Perú existen antecedentes de las reservas de carbono en bosques; se han registrado 98.06  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en bosques de difícil acceso y 84.54  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en bosques de fácil acceso (Málaga-Durán *et al.*, 2014; Spracklen & Righelato, 2016), así como valores de 1.8  $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$  en los bosques montanos de Huancavelica (Asner *et al.*, 2014).

En los últimos 20 años, la deforestación ha sido uno de los impulsores de cambios negativos en los bosques, generando pérdidas de millones de hectáreas a nivel mundial (hasta 177 566 ha en un año en Perú) (Bravo-Sánchez, 2014; MINAM, 2017). En ese sentido, entendiendo el importante rol de los bosques como sumideros de carbono y la necesidad de valorarlos para su respectivo financiamiento con fines de protección, este trabajo tiene como objetivo valorar económicamente, mediante ecuaciones alométricas, la RCBA del BMN del ACRBNA (Área de Conservación Regional Bosque Nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana) en la provincia de Tayacaja, la única área natural protegida del departamento de Huancavelica.

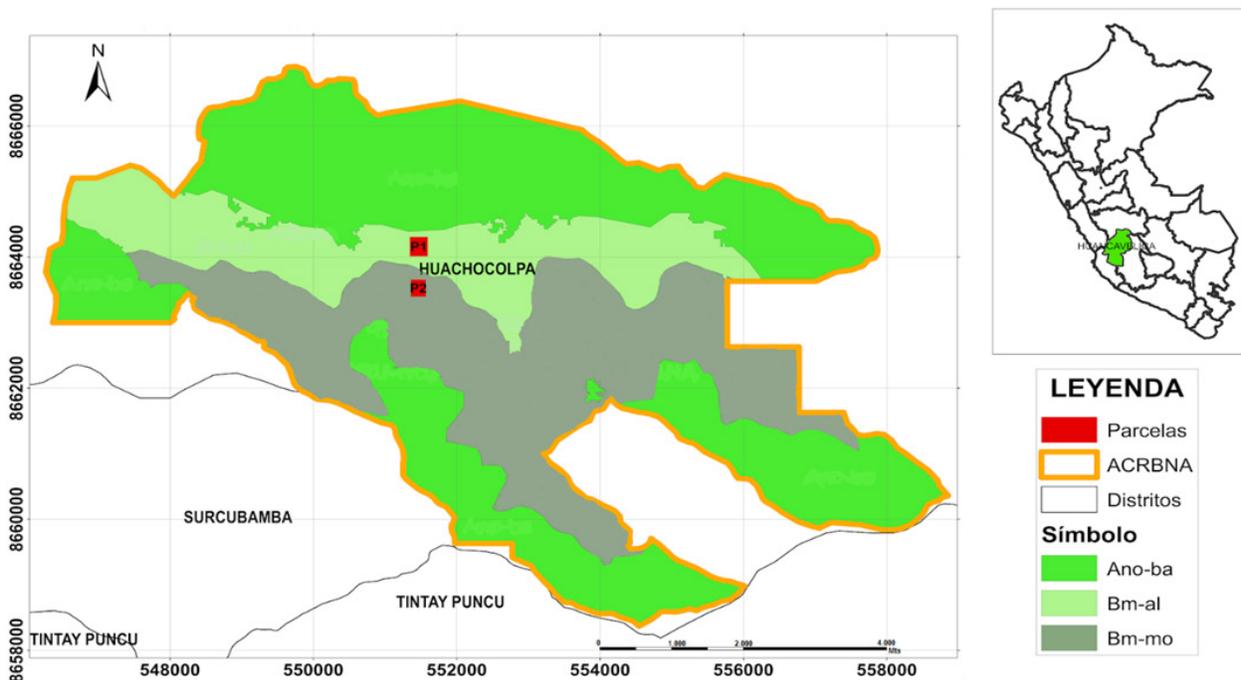
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El ACRBNA fue creado el 6 de noviembre del 2021 mediante el Decreto Supremo N° 032-2021-MINAM, contemplando un área de 5024.18 ha en el distrito de Huachocolpa, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, Perú. El ACRBNA se caracteriza por una persistente o estacional nubosidad que minimiza la radiación solar y el déficit de vapor (humedad relativa alta y temperatura baja), llegando a suprimir procesos de evapotranspiración (Gobierno Regional Huancavelica, 2021). Según la base cartográfica del Ministerio del Ambiente, el 98.2 % del total de su superficie corresponde a un ecosistema de vegetación secundaria (MINAM, 2015). La agricultura y la ganadería son las actividades principales de la población de este distrito.

### Selección de sitio y establecimiento de parcelas

Según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) y el GEO ANP (2023), el ACRBNA alberga tres tipos de coberturas vegetales: bosque de montaña altimontano (Bm-al), bosque de montaña montano (Bm-mo) y área de no bosque amazónico (Ano-ba), *i.e.*, áreas que fueron deforestadas y convertidas en áreas de cultivos agrícolas y pasturas (Figura 1). Para este estudio, se seleccionaron las dos primeras coberturas, estableciendo la primera parcela (P1 en Bm-al) y la segunda parcela (P2 en Bm-mo).



**Figura 1.** Mapa de ubicación y cobertura vegetal del ACRBNA, distrito de Huachocolpa, provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Bosque de montaña altimontano (Bm-al), bosque de montaña montano (Bm-mo) y área de no bosque amazónico (Ano-ba).

La P1 fue ubicada en un bosque a 3000 m de altura, caracterizado por la presencia de *Hedyosmum peruvianum* Todzia, *Piper acutifolium* Ruiz & Pav., *Weinmannia latifolia* Presl. y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub, con epífitas como *Sobralia altissima* D.E. Bennett & E.A. Christenson, temperaturas entre 13.5 y 15 °C, precipitación entre 750 y 950 mm/año y un tipo de clima templado húmedo muy lluvioso. La P2 fue ubicada a 2500 m y estuvo caracterizada por *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., *Meliosma arenosa* Idrobo & Cuatrec., *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub. y *Cecropia tacuna* C.C. Berg & P. Franco, con epífitas como *Maxillaria bicentenaria* Martel & Egoavil, temperaturas entre 13.5 y 17 °C, precipitación entre 550 y 750 mm.año<sup>-1</sup> y un tipo de clima húmedo lluvioso ([Gobierno Regional Huancavelica, 2021](#)). [Phillips y Baker \(2002\)](#) y [Honorio y Baker \(2010\)](#) señalan que 0.5 ha de parcela es considerado como el tamaño mínimo para caracterizar la vegetación y la estructura del bosque, así como para estimar la biomasa. En ese sentido, se establecieron parcelas de dicho tamaño, a fin de mantener la reproducibilidad, la rapidez y el costo de su establecimiento ([Orrego et al., 2003](#)). Tanto P1 como P2 fueron georreferenciadas con un receptor GPS y delimitadas con estacas de madera cada cinco metros, siguiendo la metodología propuesta por ([Yepes et al., 2011](#)).

Para tener un registro de las especies predominantes, se realizaron colectas botánicas de todas las especies dentro de cada parcela. Las muestras fueron prensadas, preservadas y secadas. Luego, se realizó el montaje de las muestras para su respectiva identificación por parte de un especialista botánico ([Tabla 2](#)). Las muestras identificadas fueron depositadas en el Herbario San Marcos del MHN (Museo de Historia Natural).

## Medición de individuos

Una vez delimitadas las parcelas, se localizaron todos los individuos (árboles, helechos y palmeras) con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm. Para facilitar este proceso, se delimitaron cinco subparcelas (SP), equivalentes a parcelas Whittaker de 20 x 50 m (0.1 ha) ([Shmida, 1984](#); [Joyas et al., 2005](#); [Ferro-Díaz, 2015](#)). Para obtener el DAP, se midió con una cinta métrica el perímetro del tronco, y la altura (H) de los árboles se midió utilizando un clinómetro ([Phillips et al., 2011](#)).

## Estimación de la biomasa aérea (BA)

La BA de cada individuo se calculó mediante ecuaciones alométricas, utilizando la altura, el DAP y el valor de la gravedad específica o densidad media de madera de América del Sur (tropical) ( $\rho=0.632$ ) ([Chave et al., 2009](#)). Se utilizaron ecuaciones específicas para helechos y palmeras ([Sierra et al., 2007](#)) y para árboles en general ([Álvarez et al., 2012](#)) ([Tabla 1](#)). Estas mismas ecuaciones han sido usadas con anterioridad para evaluar la BA en bosques montanos ([Alfaro et al., 2018](#)).

**Tabla 1.** Ecuaciones alométricas utilizadas en la estimación de la biomasa aérea individual de cada parcela en el ACRBNA, región Huancavelica, Perú. BA = biomasa aérea, DAP = diámetro a la altura del pecho, 1.30 m.

Unidad	Ecuación alométrica	Fuente
Árboles	$BA = \text{Exp} [-2.450 + (0.932 * (\ln((DAP^2) * H * \rho)))]$	Álvarez <i>et al.</i> (2012)
Helechos	$BA = \text{Exp}[-2.286 + 2.471(\ln(DAP))]$	Sierra <i>et al.</i> (2007)
Palmeras	$BA = \text{Exp}[0.360 + 1.218 \ln(H)]$	Sierra <i>et al.</i> (2007)

## Reserva de carbono, unidades de CO<sub>2</sub> y valor económico

Para estimar la RCBA, se utilizó la relación biomasa vegetal-carbono de 50 %, según Urbina *et al.* (2016). Como consecuencia, para calcular la cantidad de carbono en las parcelas, se multiplicó la BA total por 0.5. Para calcular la equivalencia de esta reserva en moléculas de CO<sub>2</sub>, se multiplicó la RCBA por 3.66 (Palomino-Contreras, 2007; IPCC, 2007). Finalmente, para conocer el valor económico de las reservas de carbono, se utilizó el método de precios en el mercado, utilizando para ello los valores provistos por el sistema europeo de negociación de CO<sub>2</sub> (SENDECO), multiplicando dichos valores por la cantidad de CO<sub>2</sub> calculada en cada parcela.

## Análisis de datos

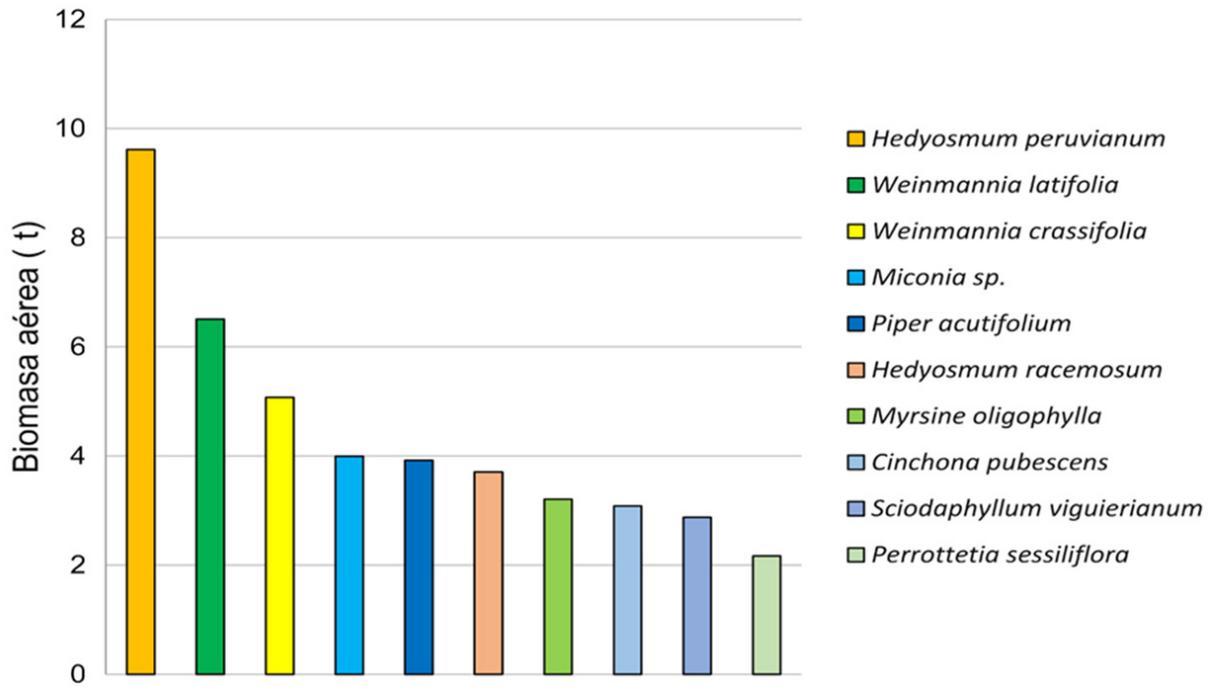
Los datos obtenidos en campo fueron dispuestos en una matriz organizada por familias, especies, altura, DAP y número de individuos en cada una de las parcelas. Luego, se elaboraron gráficos de la biomasa por parcela para mostrar las especies dominantes. Para verificar si las especies dominantes eran las mismas o eran distintas en las parcelas evaluadas, se utilizó una prueba de X<sup>2</sup>.

Finalmente, se compararon las biomásas de P1 y P2 utilizando los valores de sus respectivas subparcelas. Para ello, se verificó la normalidad con la prueba de Shapiro Wilk ( $p > 0.05$ ), y se aplicó la prueba de t de Student. Todos los análisis fueron realizados en el software Past 4.05 (Hammer *et al.*, 2001).

## RESULTADOS

### Estimación de la biomasa aérea (BA)

En la P1, las especies dominantes, según su BA, fueron *Hedyosmum peruvianum* Todzia (9.62 t), *Weinmannia latifolia* Presl. (6.51 t), *Weinmannia crassifolia* Ruiz & Pav. (5.07 t), *Miconia* sp. (4.00 t) y *Piper acutifolium* Ruiz & Pav. (3.92 t). Estas especies representaron el 70.27 % del valor total de biomasa (Figura 2, Anexo 1). La BA total en esta parcela fue de 41.44 t.



**Figura 2.** Especies dominantes de BA en la parcela 1 (P1)

En la P2, las especies dominantes fueron *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. (7.79 t), *Cecropia tacuna* C.C. Berg & P. Franco (7.00 t), *Brunellia dulcis* J.F. Macbr. (6.70 t), *Weinmannia latifolia* Presl. (6.65 t) y *Cedrela odorata* L. (6.14 t), las cuales representaron el 46.61 % de la biomasa (la [Tabla 2](#) incluye la biomasa de todas las especies con su respectiva desviación estándar por subparcelas). La BA total en esta parcela fue de 73.55 t.

Las especies predominantes en cada parcela fueron distintas ( $X^2=50.90$ ;  $p=0.031$ ), y la biomasa en las subparcelas de P2 (con un promedio de 14.71 toneladas) fue mayor que en P1 (la cual tuvo un promedio de 8.29 toneladas;  $t=6.24$ ;  $p<0.001$ ) ([Figura 4](#), [Anexo 2](#)).

### Reserva de carbono, unidades de CO<sub>2</sub> y valor económico

En P1 se obtuvo 41.44 t de BA, equivalente a 20.72 tC y a 75.84 tCO<sub>2</sub>, con un valor económico de USD\$ 3226.03. En P2 se obtuvo 73.55 t de BA, equivalente a 36.78 tC y a 134.59 tCO<sub>2</sub>, con un valor económico de USD\$ 5725.74. Aproximando a 1 ha (expresión en unidades estándares), la RCBA y el valor económico en P1 serían de 41 tC.ha<sup>-1</sup> (USD\$ 3226). En P2, este valor sería 74 tC.ha<sup>-1</sup> (USD\$ 5726) en P2.

## DISCUSIÓN

Este trabajo muestra diferencias en la reserva de carbono (y su respectiva valoración económica) de ambas parcelas. Estas diferencias se deben a factores internos como su diferente composición florística ([Figuras 2 y 3](#)),

la abundancia de especies maderables con mayor DAP (*Cedrela montana*, *Brunellia dulcis*, especies de las familias Weinmannia y Lauraceae) y el estado de sucesión del bosque, así como a los factores externos (biofísicos) generados por la gradiente altitudinal; la P2 se encuentra en una zona de mayor radiación solar, mayor temperatura y menos precipitación que la P1 (Gobierno Regional Huancavelica, 2021). Estas observaciones concuerdan con lo indicado por Álvarez-Arteaga *et al.* (2013): la RCBA varía por cambios biofísicos como las bajas temperaturas, que reducen la capacidad de absorción del sistema radicular de los árboles e influyen en la descomposición de restos orgánicos en el suelo (Álvarez, 2010). Por otro lado, la persistente nubosidad de los bosques montañosos minimiza la radiación solar e influye en el proceso de fotosíntesis (Cardoza, 2011). Esto se traduce en cambios florísticos y estructurales en la vegetación y el área foliar del árbol, que varía cada 100 m de altitud (Velázquez-Rosas, 2002), y, en consecuencia, en RCBA y valores económicos diferentes.

Otro de los factores internos que influye en la RCBA (valoración económica) son los estados de sucesión (tardío, intermedio, temprano y degradado), donde varía la diversidad, la composición, la estructura y el aporte de BA (IDEAM, 2010; Rueda & Rocha, 2019). La mayor diversidad de especies se encuentra en los estados tardío e intermedio, y los valores más altos de BA en el estado sucesional intermedio (Polania, 2019). En este estudio, ambas parcelas fueron establecidas en bosques secundarios (MINAM, 2015) y, según el IDEAM (2010), pertenecen a la categoría de estado sucesional intermedio y poseen mayores valores de RCBA. En su momento, todos los bosques fueron perturbados o modificados en diferentes niveles, por lo que estudiar estos bosques será cada vez más necesario para conocerlos y conservarlos.

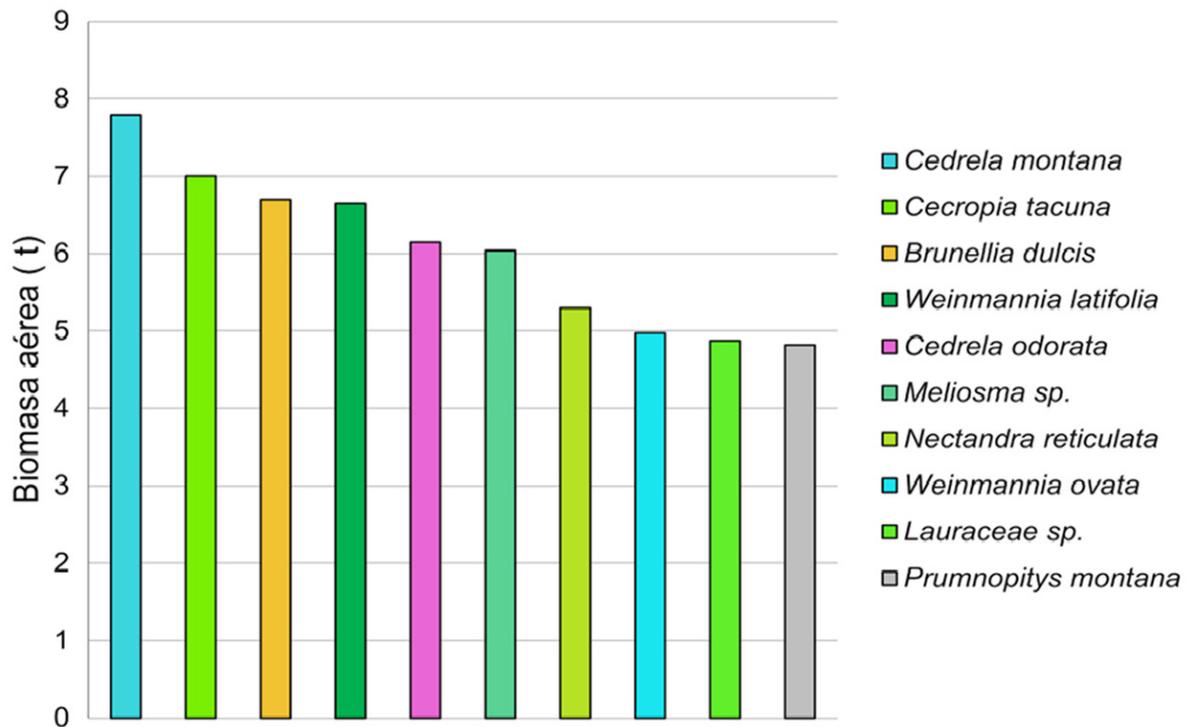
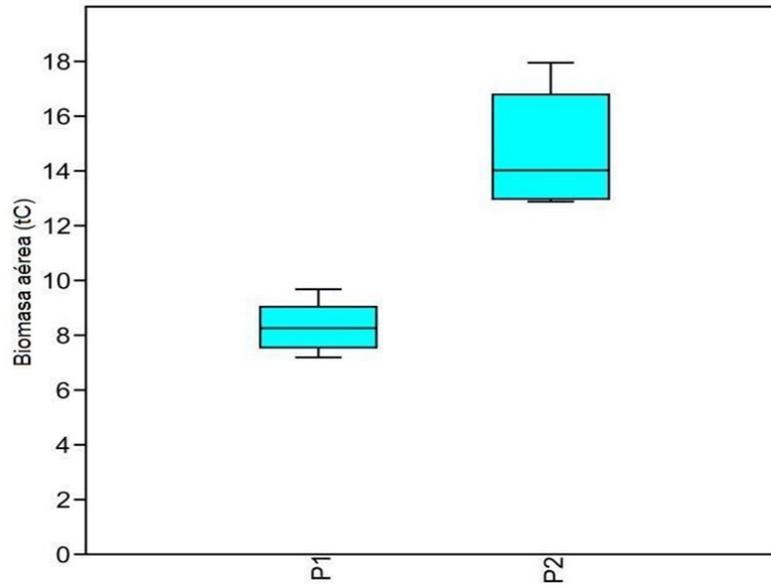


Figura 3. Especies dominantes de BA en la parcela 2 (P2)



**Figura 4.** BA en las subparcelas de P1 y P2. Cada caja muestra (de abajo hacia arriba) el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el valor máximo.

Los valores reportados en ambas parcelas se encuentran dentro del rango de las reservas de carbono en BMN estudiados con anterioridad en el Perú y en el mundo. Por ejemplo, los estudios realizados en Perú muestran RCBA estimadas de 50.53 y 84.22 tC.ha<sup>-1</sup> entre los 2500 y 3000 m, con valores económicos equivalentes a USD\$ 7867.35 y 13 111.97 (Alfaro *et al.*, 2018; Giacomotti *et al.*, 2021; Peralta-Vásquez, 2022). Estudios realizados en la misma gradiente altitudinal en otros países muestran RCBA estimadas de 52.15 y 161.66 tC.ha<sup>-1</sup>, equivalentes a USD\$ 8119.57 y 25 169.10 (Chapi-Siñani, 2014; Spracklen & Righelato, 2014; Damián-Carrión *et al.*, 2017; Lozano-Sivisaca *et al.*, 2018; Castillo-Martín & Martínez-Acero, 2019).

Para complementar el estudio actual sobre la reserva de carbono, las investigaciones posteriores deberán incluir una evaluación del *stock* de C orgánico en suelo (COS). La evaluación del COS tiene efectos importantes en las estimaciones, pues esta cantidad supera la de carbono almacenado en la biomasa y la atmósfera a nivel mundial (Houghton, 2014; Scharlemann *et al.*, 2014), siendo hasta cuatro veces mayor a la reserva de carbono global en biomasa sobre el suelo (Jobbagy & Jackson, 2000). De haberse considerado el COS, los valores habrían aumentado, e incluso los patrones de distribución del carbono podrían haber sido distintos, como se muestra en los trabajos de Scharlemann *et al.* (2014) y Duarte-Guardia *et al.* (2019). El bosque montano posee características ambientales que propician el almacenamiento de C en el suelo (Alegre, 2021), por lo que se podría esperar que el COS sea de especial importancia para la cuantificación de las reservas de C en el ACRBNA, lo cual sustenta el estudio de esta reserva en posteriores investigaciones.

Con los datos obtenidos en el presente estudio, es posible tener indicios del valor económico de los BMN estudiados. Considerando sus extensiones actuales, y tomando como base la biomasa de las parcelas evaluadas, el valor económico del Bm-al sería USD\$ 5 798 014.68, y, para el Bm-mo, sería USD\$ 19 425 792.75. Conociendo los valores de las reservas de carbono, se debe desarrollar una propuesta de bonos de carbono

según el protocolo de Kioto sobre los Mecanismos de Desarrollo Limpio (Olsen & Fenhann, 2008), como opción de crecimiento económico mediante la conservación de estos ecosistemas, con las facilidades del gobierno, la asociación de la población y el desarrollo de capacidades en el sector por parte de autoridades locales y regionales (Carrasco-Muñoz & Quiñones-Dávalos, 2017). Según, Valles-Maravi *et al.* (2022), los mecanismos de ingreso por la RCBA en el Perú son los pagos por servicios ambientales (PSA), a través de Mecanismo de Retribución por Servicio Ecosistémico (Merese) y la norma Ley Merese 30215.

## CONCLUSIONES

Se estimó la reserva de carbono en la biomasa aérea de los bosques montanos nublados del Área de Conservación Regional Bosque Nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana Huancavelica en 20.72 tC para la categoría de bosque de montaña altimontano (P1), equivalente a un valor económico de USD\$ 3226.03; y en 36.78 tC para el bosque de montaña montano (P2), con un valor económico de USD\$ 5725.74.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Científica del Sur (UCSUR) por su apoyo económico a través del fondo semilla; a un grupo de estudiantes anónimos de pregrado de la UCSUR y la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, quienes colaboraron en el trabajo de campo; y a los tres revisores de la UCSUR, cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la presentación final del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran ningún conflicto de interés.

## CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

E. J. H. realizó el trabajo de campo y la recolección de muestras, procesó el material botánico y participó en el procesamiento de datos, el análisis estadístico, la discusión de resultados y la elaboración de la versión final del manuscrito. H. A. U. participó en el trabajo de campo y colaboró en la discusión y elaboración de la versión final de este documento. L. A. D. P. y M. A. L. brindaron asesoría en el trabajo de campo y participaron en la elaboración del manuscrito.

## REFERENCIAS

Aguirre, Z., & Quizhpe, W. (2018). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 939-952.  
<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>

- Alegre, A. B.** (2021). *Capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de suelo (COS) en diferentes sistemas de uso en bosque Montano, Chanchamayo-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur].  
<https://doi.org/10.21142/tl.2021.2069>
- Alfaro, L. E., Paiva, G. M., Espinoza, H. Y., Monteagudo, A., & Chávez, W.** (2018). Dinámica, biomasa aérea y variables poblacionales de dos parcelas permanentes en bosques montanos de Wiñaywayna, Santuario Histórico de Machupicchu, Cusco, Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 631-652.  
<https://doi.org/10.22497/907>
- Álvarez A., G.** (2010). *Evaluación de la captura y estabilidad del carbón en un ecosistema de bosque mesófilo de montaña a lo largo del gradiente altitudinal en la Sierra Norte de Oaxaca*. UNAM.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000659315>
- Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., De las Salas, G., Del Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S., & Rodríguez, L.** (2012). Tree above-ground biomass allometries for carbon stock estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 267, 297-308.
- Álvarez, G., García, N. E., Krasilnikov, P., & García, F.** (2013). Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 47(1), 171-180.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30225621006>.
- Álvarez-Arteaga, G., García Calderón, N. E., Krasilnikov, P., & García-Oliva, F.** (2013). Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 47(2), 171-180.
- Asbjornsen, H., Velázquez, N., García, R., & Gallardo, C.** (2005). Deep ground fires cause massive above- and below-ground biomass losses in tropical montane cloud forests in Oaxaca, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 427-434.
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Martin, R. E., Tupayachi, R., Anderson, C. B., Mascaro, J., Sinca, F., Chadwick, K.D., Sousan, S., Higgins, M., Farfan, W., Silman, M. R., Llectayo, W. A., & Neyra, A. F.** (2014). *The high-resolution carbon geography of Peru*. Carnegie Airborne Observatory and the Ministry of Environment of Perú.
- Báez-Quiñones, N.** (2018). Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano. *Pastos y Forrajes*, 41(3), 161-169.
- Bravo-Sánchez, A. V.** (2014). *Mapeo anual de la cobertura y uso del suelo de la Pan-Amazonía para el monitoreo del bosque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/4775>
- Bussmann, R. W.** (2012). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203-216.

- Bustamante, J. A.** (2017). *Determinación del stock de carbono aéreo, en una plantación de Theobroma grandiflorum (copoazú), Distrito de Inambari, Provincia de Tambopata, región Madre de Dios* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].  
<http://hdl.handle.net/20.500.14070/318>
- Cáceres, G. A. V.** (2022). Un acercamiento a los bancos de biodiversidad: una alternativa para la inversión en conservación y protección de los recursos naturales. *THEMIS Revista de Derecho*, 82, 65-77.  
<https://doi.org/10.18800/themis.202202.003>
- Campaña, F. A.** (2015). *La importancia y el rol de la valoración económica de los servicios ambientales para la toma de decisiones en el contexto de las negociaciones de cambio climático: estudio de caso; valoración económica de servicios ambientales de fijación de carbono en los bosques de la parroquia San Francisco de Borja, Napo-Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar].  
<http://hdl.handle.net/10644/4734>
- Cardoza, F. S.** (2011). *Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, El Salvador*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- Caro-Caro, C., & Torres-Mora, M. A.** (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia*, 19(2), 237-252.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092015000200011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000200011)
- Carreño-Díaz, M. Y., & Porras-Poveda, P. C.** (2021). *Caracterización florística-estructural, diversidad, biomasa aérea y dinámica de la vegetación en una parcela permanente de monitoreo, Parque Natural Chicaque* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://hdl.handle.net/11349/27838>
- Castillo-Martín, L. T., & Martínez-Acero, C. P.** (2019). *Distribución espacial y dinámica de la biomasa del bosque alto andino en Guasca, Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://hdl.handle.net/11349/23137>
- Chapi-Siñani, N.** (2014). *Composición florística, biomasa y carbono de un bosque montano pluvial, sudoeste de Apolo, región Madidi* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].  
<http://hdl.handle.net/123456789/4576>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., & Yamakura, T.** (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99.
- Chave, J., Coomes D. A., Jansens, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., & Zanne, A. E.** (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12, 351-366.

- Common, M.** (2002). Michael A. Toman (ed.), *Climate Change Economics and Policy: An RFF Anthology*. Resources for the Future, Washington DC, 2001. ISBN 1 891853 04. *Environment and Development Economics*, 7(3), 593-601.
- Congreso de la República** (2014). *Ley N.º 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf)
- Damián-Carrión, D. A., Santillán-Lima, P. G., Recalde-Moreno, C. G., & Cargua-Catagña, F. E.** (2017). Biodiversidad forestal en ceja andina y su relación con el contenido de carbono en la biomasa aérea. *Acta Agronómica*, 66(1), 35-41. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n1.52744>
- De Rutte, J., & Reynel, C.** (2016). *Composición y diversidad arbórea en la cumbre del bosque montano nublado Puyusacha, Chanchamayo, DP. de Junín, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Doumenge, C., Gilmour, D., Pérez, & M. R., Blockhus, J.** (1995). *Tropical montane cloud forests: conservation status and management issues*. Springer US.
- Duarte-Guardia, S., Peri, P. L., Borchard, N., & Ladd, B.** (2019). Soils need to be considered when assessing the impacts of land-use change on carbon sequestration. *Nature Ecology and Evolution*, 3(12), 1642-1642. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1026-8>
- Fernández, M.** (2017). *Revisión de métodos para la estimación de captura de carbono almacenado en bosques naturales*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Ferro-Díaz, J.** (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *ECOVIDA*, 5(1), 139-186.
- GEO ANP (2023)**. *Visor de las áreas naturales protegidas*. <https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>
- Giacomotti, J., Reynel, C., Fernandez-Hilario, R., Revilla, I., Palacios-Ramos, S., Terreros-Camac, S., & Linares-Palomino, R.** (2021). Diversidad y composición florística en un gradiente altitudinal en Chanchamayo, selva central del Perú. *Folia Amazónica*, 30(1), 1-14. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i1>
- Gobierno Regional Huancavelica** (2021). *Expediente técnico de la propuesta del área de Conservación Regional Bosque Nublado Amaru-Chihuana*. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)** (2007). *Cambio climático. Informe de síntesis. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf)
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P.** (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.

- Honorio, E. N., Baker, T. B.** (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques Amazónicos*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Houghton R. A.** (2014). The contemporary carbon cycle. En H. D. H. K. Turekian (Ed.), *Treatise on Geochemistry* (2da ed., vol. 10, pp. 399-435).  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00810-X>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)** (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1: 100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
- Isminio, M. A.** (2006). *Estimación del carbono en la biomasa aérea del café (Coffea arabica var. Catimor) bajo sombra de guaba (Inga edulis) en la provincia de Lamas-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín].
- Jaime, E.** (2020). *Valoración económica de captura de carbono en bosques nublados* [Tesina de bachiller, Universidad Científica del Sur].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12805/1403>
- Jeyanny, V., Wan, K., & Husni, M. H. A.** (2015). *Tropical montane forest: The unusual suspect in carbon storage and its importance to soil security* [Artículo de conferencia]. Soil Science Conference of Malaysia.  
[https://www.researchgate.net/publication/282653891\\_Tropical\\_montane\\_forest\\_The\\_unusual\\_suspect\\_in\\_carbon\\_storage\\_and\\_its\\_importance\\_to\\_soil\\_security](https://www.researchgate.net/publication/282653891_Tropical_montane_forest_The_unusual_suspect_in_carbon_storage_and_its_importance_to_soil_security)
- Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B.** (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423-436.
- Joyas, M. I. V., Vega, A. C. L., Camacho, R. L., Galeano, G., Dávila, E. Á., & Álvarez, W. D.** (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- La Torre, M., Herrando-Pérez, S., & Young, K. R.** (2007). Diversity and structural patterns for tropical montane and pre-montane forests of central Peru, with an assessment of the use of higher-taxon surrogacy. *Biodiversity & Conservation*, 16(10), 2965.
- López, G. C. A.** (2015). *Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo Violeta (Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios)* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5926>
- López, W., Duque, Á.** (2010). Patrones de diversidad alfa en tres fragmentos de bosques montanos en la región norte de los Andes, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 483-498.
- Lozano-Sivisaca, D. C., Palacios-Herrera, B. G., & Aguirre-Mendoza, Z. H.** (2018). Modelos alométricos para estimar el almacenamiento de carbono de bosques montanos bajos en el sur del Ecuador. *Ciencia Florestal*, 28(3), 1328-1339.  
<https://doi.org/10.5902/1980509833464>

- Málaga-Durán, N., Giudice-Granados, R., Vargas-González, C., & Rojas-Báez, E.** (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*. Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Martel, C., & Cairampoma, L.** (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en CICRA, Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59-65.
- Meneses, R., & Zamora, N.** (2018). Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal - Parque Nacional del Huacharán. *Cátedra Villarreal*, 6(1), 67-74.  
<https://doi.org/10.24039/cv201861255>
- Mercadet, A., Álvarez A., Milián C., & Gra, H.** (2001). *Evaluación de las opciones de mitigación del cambio climático por el sector forestal cubano; el almacenamiento de carbono por los bosques*. Institución de Investigadores Forestales.
- Ministerio del Ambiente (MINAM)** (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural, MINAM.
- Ministerio del Ambiente (MINAM)** (2017). *Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC)*. Banco Interamericano de Desarrollo Programa de Inversiones en Bosques, Evaluación Ambiental y Social Estratégica, Plan de Gestión.
- Muñoz-Pedrerros, A.** (2005). Valoración económica de bienes y servicios ambientales: Una herramienta para la gestión ambiental. *Gestión Ambiental*, 10, 10-20.
- Olsen, K. H., & Fenhann, J.** (2008). Sustainable development benefits of clean development mechanism projects: A new methodology for sustainability assessment based on text analysis of the project design documents submitted for validation. *Energy Policy*, 36(8), 2819-2830.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)** (2010). *La gestión de los bosques ante el cambio climático*. FAO.
- Orrego, S. A., del Valle J. I., & Moreno F. H.** (2003). *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pallqui-Camacho, N. C.** (2013). *Dinámica de un bosque tropical: biomasa aérea y análisis en parcelas permanentes a largo plazo, Reserva Nacional Tambopata-Madre de Dios* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/885>
- Palomino-Contreras, D.** (2007). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de Puerto Viejo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Peralta-Vásquez, M. A.** (2022). *Estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque montano Los Lanchas, Chota-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].  
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/199>

- Pérez, M. J. L.** (2014). *Cuantificación de la reserva de carbono en la biomasa aérea en sistemas agroforestales de Simarouba amara (marupa) y Swietenia macrophylla (caoba) en Yurimaguas-Loreto* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín].  
<http://hdl.handle.net/11458/429>
- Phillips O. T., & Baker, T.** (2002). *Manual de campo para la remediación y establecimiento de parcelas*. University of Leeds.
- Phillips, J. F., Duque, A. J., Yepes, A. P., Cabrera, K. R., García, M., Navarrete, D. A., & Cárdenas, D.** (2011). *Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales.
- Polania, K. A.** (2019). *Biomasa aérea en estados sucesionales del bosque seco tropical en el norte del Tolima, Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://hdl.handle.net/11349/15488>
- Pregitzer, K. S., & Euskirchen, E. S.** (2004). Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biology*, 10(12), 2052-2077.
- Restrepo, H. I., Orrego, S. A., & Galeano, O. J.** (2012). Estructura de bosques secundarios y rastrojos montanos bajos del norte de Antioquia, Colombia. *Colombia Forestal*, 15(2), 173-189.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2012.2.a03>
- Terreros-Camac, S. L.** (2023). *Estado de la diversidad y composición florística arbórea y arbustiva en fragmentos de bosques andinos en el departamento de Junín*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/5798>
- Reynel, C., Pennington, R. T., & Särkinen, T.** (2013). *Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Román-Cuesta, R. M., Salinas, N., Asbjornsen, H., Oliveras, I., Huaman, V., Gutiérrez, Y., & Malhi, Y.** (2011). Implications of fires on carbon budgets in Andean cloud montane forest: The importance of peat soils and tree resprouting. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1987-1997.
- Rueda, D. F., & Rocha, H. D.** (2019). *Diversidad funcional asociada a biomasa en procesos de restauración del bosque altoandino en la Reserva Encenillo (Guasca-Cundinamarca)* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://hdl.handle.net/11349/23139>
- Salvador, A. R.** (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*, 104(2), 331-345.

- Sanabria, Y. K., & Puentes, D. L. F.** (2017). *Evaluación de la biomasa y captura de carbono en bosques altoandinos mediante patrones florísticos, estructurales y funcionales en la cordillera oriental – Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://hdl.handle.net/11349/6984>
- Scharlemann, J. P., Tanner, E. V., Hiederer, R., & Kapos, V.** (2014). Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1), 81-91.  
<https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)** (2017). *Datos oficiales de bosques y pérdida de la cobertura de bosques húmedos amazónicos - 2016*. Ministerio del Ambiente.
- Shmida, A.**, (1984). Whittaker's plant diversity sampling method. *Israel Journal of Botany*, 33(1), 41-46.
- Sierra, C. A., Del Valle, J. I., Orrego S. A., Moreno F. H., Harmon M. E., Zapata M., Colorado, G. J., Herrera M. A., Lara W., Restrepo, D. E., Berrouet, L. M., Loaiza, L. M., & Benjumea, J. F.** (2007). Total, carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. *Forest Ecology and Management*, 243, 299-309.
- Spracklen, D. V., & Righelato, R.** (2014). Tropical montane forests are a larger than expected global carbon store. *Bio-geosciences*, 11(10), 2741-2754.
- Spracklen, D. V., & Righelato, R.** (2016). Carbon storage and sequestration of re-growing montane forests in southern Ecuador. *Forest Ecology and Management*, 364, 139-144.
- Stefanoni, J. L. H., Santiago, M. Á. C., Mauricio, J. A., Mas, J. F., Dzul, F. T., & Rada, J. M. D.** (2021). *Mapeo de la biomasa aérea de los bosques mediante datos de sensores remotos y R*. El Colegio de la Frontera Sur.
- Thoman, M.** (2001). *Climate change economics and policy: An RFF anthology*. Resources for the Future.
- Urbina, N. J. Q., Marín, G. M. T., & León, R. Á.** (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Revista Luna Azul*, 43, 171-202.  
<https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Ureta-Adrianzén, M.** (2015). Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 263-273.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44933764021>
- Uribe, E.** (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Valles-Maravi, P., Cabrera-Dionicio, C., & Quispe-Alvay, A.** (2022). Identificación de potenciales fuentes económicas para el humedal de los Pantanos de Villa. *South Sustainability*, 3(1), e045.

**Velázquez-Rosas N., Meave J., & Vázquez-Santana S.** (2002). Elevational variation of leaf traits in montane rain forest tree species at La Chinantla, southern México. *Biotropica*, 34, 534-546.

**Yepes, A. P., Navarrete, D. A., Duque, A. J., Phillips, J. F., Cabrera, K. R., Álvarez, E., & Ordoñez, M.** (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-Carbono en Colombia*. Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Abundancia de las especies registradas y la producción de biomasa aérea (BA) por especie en P1 y P2. Desviación estándar (DS), Subparcela (SP).

Especie	Familia	Parcela 1				Parcela 2			
		Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP	Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP
<i>Allophylus floribundus</i> (Poepp.) Radlk.	Sapindaceae	0	0.00	0.00	0.00	9	1.20	0.24	0.29
<i>Axinaea tovarii</i> Wurdack	Melastomataceae	2	0.79	0.16	0.22	7	1.40	0.28	0.16
<i>Bactris syagroides</i> Trail	Arecaceae	0	0.00	0.00	0.00	2	3.04	0.61	0.83
<i>Brunellia dulcis</i> J.F. Macbr.	Brunelliaceae	0	0.00	0.00	0.00	8	3.35	0.67	0.42
<i>Cecropia tacuna</i> C.C. Berg & P. Franco	Urticaceae	0	0.00	0.00	0.00	16	3.50	0.70	0.35
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	0	0.00	0.00	0.00	7	1.75	0.35	0.35
<i>Cedrela angustifolia</i> Sessé & Moc. ex DC.	Meliaceae	0	0.00	0.00	0.00	4	3.90	0.78	0.26
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Meliaceae	0	0.00	0.00	0.00	9	3.07	0.61	0.29
<i>Celastraceae sp.</i>	Celastraceae	2	0.17	0.03	0.05	2	0.23	0.05	0.07
<i>Cinchona calisaya</i> Wedd.	Rubiaceae	4	0.91	0.18	0.11	2	0.40	0.08	0.11
<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Rubiaceae	6	1.54	0.31	0.10	1	0.24	0.04	0.11
<i>Clethra castaneifolia</i> Meisn.	Clethraceae	7	1.51	0.30	0.12	0	0.00	0.00	0.00
<i>Clethra ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Link ex Spreng.	Clethraceae	7	0.60	0.12	0.08	0	0.00	0.00	0.00
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	5	0.88	0.18	0.13	0	0.00	0.00	0.00
<i>Clusia pavonii</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	1	0.10	0.02	0.05	3	0.61	0.12	0.12
<i>Clusia trochiformis</i> Vesque	Clusiaceae	6	0.62	0.12	0.16	0	0.00	0.00	0.00
<i>Clusia multiflora</i> Kunth	Clusiaceae	0	0.00	0.00	0.00	2	0.41	0.08	0.27
<i>Cornus peruviana</i> J.F. Macbr.	Cornaceae	7	0.49	0.09	0.11	2	0.25	0.05	0.11
<i>Cupania latifolia</i> Kunth	Sapindaceae	0	0.00	0.00	0.00	3	0.66	0.13	0.22
<i>Cyathea delgadoi</i> Pohl ex Sternb.	Cyatheaceae	5	0.67	0.13	0.05	2	0.44	0.08	0.20
<i>Cybianthus flavovirens</i> Pipoly	Myrsinaceae	7	0.62	0.12	0.07	15	2.06	0.41	0.08
<i>Euphorbiaceae sp.</i>	Euphorbiaceae	0	0.00	0.00	0.00	2	0.19	0.04	0.05
<i>Faramea sp.</i>	Rubiaceae	0	0.00	0.00	0.00	5	0.63	0.13	0.21
<i>Geonoma undata</i> Klotzsch	Arecaceae	0	0.00	0.00	0.00	3	4.55	0.91	1.37
<i>Guettarda sp.</i>	Rubiaceae	8	1.01	0.20	0.13	0	0.00	0.00	0.00
<i>Hedyosmum peruvianum</i> Todzia	Chloranthaceae	32	4.81	0.96	0.34	13	2.23	0.44	0.43
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Chloranthaceae	23	1.86	0.37	0.40	0	0.00	0.00	0.00
<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	Rosaceae	3	0.42	0.08	0.12	0	0.00	0.00	0.00
<i>Lauraceae sp.</i>	Lauraceae	3	0.54	0.11	0.17	12	2.44	0.48	0.16
<i>Meliaceae sp.</i>	Meliaceae	0	0.00	0.00	0.00	8	1.24	0.25	0.16

Especie	Familia	Parcela 1				Parcela 2			
		Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP	Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP
<i>Meliosma arenosa</i> Idrobo & Cuatrec.	Sabiaceae	0	0.00	0.00	0.00	15	2.26	0.45	0.13
<i>Meliosma boliviensis</i> Cuatrec.	Sabiaceae	0	0.00	0.00	0.00	8	1.61	0.32	0.12
<i>Meliosma</i> sp.	Sabiaceae	0	0.00	0.00	0.00	11	3.02	0.60	0.27
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	Melastomataceae	0	0.00	0.00	0.00	7	1.21	0.24	0.09
<i>Miconia lasiocalyx</i> Cogn.	Melastomataceae	0	0.00	0.00	0.00	13	1.27	0.25	0.12
<i>Miconia latifolia</i> (D. Don) Naudin	Melastomataceae	2	0.16	0.03	0.07	4	0.29	0.06	0.06
<i>Miconia pavoniana</i> Naudin	Melastomataceae	3	0.30	0.06	0.06	0	0.00	0.00	0.00
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	12	2.00	0.40	0.12	8	1.39	0.27	0.41
<i>Myrcianthes oreophila</i> (Diels) McVaugh	Myrtaceae	9	0.82	0.16	0.10	0	0.00	0.00	0.00
<i>Myrcianthes</i> sp.	Myrtaceae	4	0.26	0.05	0.07	0	0.00	0.00	0.00
<i>Myrsine oligophylla</i> Zahlbr.	Myrsinaceae	16	1.61	0.32	0.04	0	0.00	0.00	0.00
<i>Myrsine weberbaueri</i> vel aff. (Mez) Pipoly	Myrsinaceae	6	0.36	0.07	0.07	0	0.00	0.00	0.00
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	0	0.00	0.00	0.00	16	2.86	0.57	0.30
<i>Ocotea cardinalis</i> Mez	Lauraceae	0	0.00	0.00	0.00	3	0.41	0.08	0.18
<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	Lauraceae	0	0.00	0.00	0.00	2	0.31	0.06	0.14
<i>Oreopanax pavonii</i> Seem.	Araliaceae	4	0.49	0.09	0.13	0	0.00	0.00	0.00
<i>Oreopanax raimondii</i> Harms	Araliaceae	3	0.21	0.04	0.06	0	0.00	0.00	0.00
<i>Palicourea macrobotrys</i> (Ruiz & Pav.) Schult.	Rubiaceae	10	1.07	0.21	0.10	5	0.66	0.13	0.14
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	3	0.20	0.04	0.04	1	0.09	0.02	0.04
<i>Paratrophis insignis</i> (Bureau) E.M. Gardner	Moraceae	0	0.00	0.00	0.00	3	0.19	0.04	0.04
<i>Perrottetia sessiliflora</i> Lundell	Dipentodontaceae	4	1.08	0.21	0.22	20	4.62	0.92	0.45
<i>Piper acutifolium</i> Ruiz & Pav.	Piperaceae	27	2.04	0.41	0.42	19	1.90	0.38	0.12
<i>Piper aequale</i> Vahl	Piperaceae	10	0.89	0.18	0.08	8	0.82	0.16	0.06
<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.	Podocarpaceae	0	0.00	0.00	0.00	19	2.41	0.48	0.18
<i>Psychotria racemosa</i> (Aubl.) Willd.	Rubiaceae	3	0.28	0.06	0.06	4	0.70	0.14	0.77
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	0	0.00	0.00	0.00	10	1.08	0.22	0.23
<i>Sciodaphyllum viguierianum</i> (Harms) Lowry, G.M. Plunkett & M.M. Mora	Araliaceae	8	1.44	0.29	0.17	0	0.00	0.00	0.12
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	6	0.33	0.06	0.04	0	0.00	0.00	0.00
<i>Ternstroemia pachytricha</i> Kobuski	Theaceae	18	3.46	0.69	0.18	2	0.32	0.06	0.14
<i>Tournefortiopsis crispiflora</i> (Vahl) Borhidi	Rubiaceae	1	0.14	0.02	0.06	3	0.57	0.11	0.18

Especie	Familia	Parcela 1				Parcela 2			
		Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP	Ind	BA (t)	BA/SP	DS/SP
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae	0	0.00	0.00	0.00	2	0.28	0.05	0.08
<i>Weinmannia crassifolia</i> Ruiz & Pav.	Cunoniaceae	16	2.54	0.51	0.25	7	1.67	0.33	0.27
<i>Weinmannia latifolia</i> Presl.	Cunoniaceae	17	3.25	0.65	0.07	15	3.32	0.66	0.52
<i>Weinmannia ovata</i> Cav.	Cunoniaceae	8	0.96	0.19	0.13	11	2.49	0.49	0.43
Total de individuos y biomasa en P1 y P2		<b>318</b>	<b>41.44</b>			353	73.55		

### Anexo 2. Registro de los valores de biomasa por subparcelas en P1 y P2

Parcela (0.5 ha)	Subparcela (0.1 ha)	Biomasa (Toneladas)
P1	A1	7.91
	B1	8.26
	C1	8.40
	D1	7.19
	E1	9.68
P2	A2	13.07
	B2	12.88
	C2	14.02
	D2	17.95
	E2	15.63

