

# REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Vol. 01



ISSN: 2709-4502

Alpha Centauri

## Special Edition:



Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú



Carbon capture by a mountain cloud forest in Perú



Captura de carbono por uma floresta de nuvens montanhosas no Perú

<https://doi.org/10.47422/ac.v1i3.16>

## Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú

### Carbon capture by a mountain cloud forest in Perú

## Captura de carbono por una floresta de nuvens montanhosas no Perú

 DILAS-JIMÉNEZ, Josue Otoniel

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo

 HUAMÁN JIMÉNEZ, Andrés Orlandine

Programa Nacional de Apoyo Directo a los  
Más Pobres – JUNTOS, San Ignacio, Cajamarca

### RESUMEN

Dentro de los ecosistemas boscosos en el mundo, los bosques montanos de neblina son relevantes no sólo por su alta diversidad en flora y fauna sino también por su alta eficiencia en la captura de carbono. En el presente estudio se evaluó la captura de carbono en un bosque montano de neblina, no intervenido, en la provincia de San Ignacio, región Cajamarca, Perú. Para ello, se implementó un Plot de evaluación de 1 ha, en el cual se eligieron sistemáticamente 5 cuadrantes de 400m<sup>2</sup> dentro de los que se instalaron 4 subparcelas cuadradas de 1m<sup>2</sup> para la evaluación de carbono capturado en el sotobosque y la hojarasca y 1 subparcela circular de 1m<sup>2</sup> para la evaluación del stock de carbono en el suelo. Producto de la evaluación se encontró que el carbono capturado y encontrado en el sotobosque fue de 10,64 tC/ha, en la hojarasca fue de 6,72 tC/ha y en el suelo fue de 108,97 tC/ha. Así, los bosques montanos de neblina son de alta eficiencia para la captura o secuestro de carbono, aún más que los bosques amazónicos que tienen mayor cantidad de biomasa arbórea, por tanto, merecen una especial atención en las políticas públicas locales y nacionales.

**Palabras clave:** stock, carbono, bosque, nublado, CO<sub>2</sub>

## ABSTRACT

Within the world's forest ecosystems, mountain cloud forests are relevant not only for their high diversity in flora and fauna but also for their high efficiency in carbon sequestration. This study evaluated carbon sequestration in a non-intervened montane cloud forest in San Ignacio province, Cajamarca region, Peru. For this purpose, an evaluation plot of 1 ha was implemented, in which 5 quadrants of 400m<sup>2</sup> were systematically chosen within which 4 square sub-plots of 1m<sup>2</sup> were installed for the evaluation of carbon captured in the understory and leaf litter and 1 circular sub-plot of 1m<sup>2</sup> for the evaluation of the carbon stock in the soil. As a result of the evaluation, it was found that the carbon captured and found in the understory was 10.64 tC/ha, in the litterfall was 6.72 tC/ha and in the soil was 108.97 tC/ha. Thus, mountain cloud forests are highly efficient in capturing or sequestering carbon, even more so than Amazon forests that have a greater amount of tree biomass, and therefore deserve special attention in local and national public policies.

**Keywords:** stock, carbon, forest, cloudy, CO<sub>2</sub>

## RESUMO

Entre os ecossistemas florestais do mundo, as florestas de montanha são relevantes não só pela sua elevada diversidade de flora e fauna, mas também pela sua elevada eficiência de sequestro de carbono. No presente estudo, o sequestro de carbono foi avaliado numa floresta montanhosa não perturbada na província de San Ignacio, região de Cajamarca, Peru. Para este efeito, foi implementada uma parcela de avaliação de 1 ha, na qual foram sistematicamente seleccionados 5 quadrados de 400m<sup>2</sup> dentro dos quais foram instalados 4 subquadrantes quadrados de 1m<sup>2</sup> para a avaliação do carbono sequestrado no subsolo e na cama e 1 subquadrancha circular de 1m<sup>2</sup> para a avaliação do carbono armazenado no solo. Como resultado da avaliação verificou-se que o carbono capturado e encontrado no subsolo era de 10,64 tC/ha, na cama era de 6,72 tC/ha e no solo era de 108,97 tC/ha. Assim, as florestas de montanha são altamente eficientes para a captura ou sequestro de carbono, ainda mais do que as florestas amazónicas que têm uma maior quantidade de biomassa de árvores, e por isso merecem uma atenção especial nas políticas públicas locais e nacionais.

**Palavras-chave:** stock, carbono, floresta, nublado, CO<sub>2</sub>



## INTRODUCCIÓN

Después de la era de la industrialización, el mundo ha venido intensificando sus actividades productiva, a lo cual se le atribuye el incremento de los gases de efecto invernadero que son aquellos que contribuyen al calentamiento global y por tanto al cambio climático, siendo uno de los más importantes por su volumen producido el CO<sub>2</sub> (González Elizondo et al., 2003), encontrándonos entonces en momentos decisivos para encontrar soluciones a este desafío llevando así a derivar en acuerdos internacionales la Convención marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático, el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París, entre otros (Chagas et al., 2013; NU, 2020).

Como en todos los países que forman parte de los citados acuerdos, en el Perú se han implementado diversas normativas y políticas, entre ellas, la implementación de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE) en el marco de la Ley N° 30215 y su reglamento, con 13 mecanismos MERESE, uno de los cuales es el secuestro y almacenamiento de carbono (Josue Otoniel Dilas-Jiménez et al., 2020).

Si bien en nuestro planeta el CO<sub>2</sub> puede ser capturado y almacenado por diversos mecanismos, es la vegetación la que a través de su proceso fotosintético, así como el ciclo del carbono en el suelo, los que juegan un rol preponderante en la captura de carbono atmosférico (Rojo-Martínez et al., 2003), siendo por tanto importante tomar en cuenta la capacidad que tienen los bosques

naturales como aquellos ecosistemas terrestres que aportan con la mayor proporción en la captura del carbono (Alegre, 2017), por tanto su aporte esencial en la reducción de la concentración del CO<sub>2</sub> en el planeta.

Entre las diversas formaciones boscosas en el mundo se tiene a los bosques montanos de neblina o bosques de neblina que abarcan alrededor de 380,000 km<sup>2</sup> lo cual representa alrededor del 0.26% de la superficie terrestre y el 2.5% de los bosques tropicales (Hamilton et al., 1995; Rubb et al., 2004), sin embargo, estos bosques por efectos de la deforestación y diversas actividades antrópicas vienen siendo amenazados y van reduciéndose año a año, lo cual es altamente preocupante, dada su importancia que tienen por su excepcional concentración de biodiversidad, así como en el secuestro o captura de carbono (Álvarez-Arteaga et al., 2013; Knowles et al., 2020), siendo por tanto importante y necesario la cuantificación del carbono capturado en estos ecosistemas, lo cual estaría contribuyendo a reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera que contribuye al calentamiento global y el cambio climático, siendo esto ocasionado por la actividad antrópica, principalmente por los países desarrollados (IPCC, 2019).

Estos bosques montanos de neblina en el Perú se extienden a lo largo del eje noreste y sur oeste, así en el departamento de Cajamarca se encuentran principalmente en las provincias de Jaén y Cajamarca (MINAM, 2014). La provincia de San Ignacio en Cajamarca alberga en su territorio



importante área de bosques de neblina los cuales viene siendo menguados a lo largo del tiempo (Calatayud, 2005), parte de estos se ubican en la parte alta de la microcuenca Quanda, que es la fuente hídrica para la hidroeléctrica de Quanda en la provincia de San Ignacio (Caritas, 2011).

Dado este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo Determinar la cantidad de carbono capturado por un bosque de neblina en el sotobosque, la hojarasca y el suelo, cuyos resultados pueden ser útiles como importante referencia para la toma de decisiones por los gobiernos locales en la zona de estudio y para las políticas públicas en el Perú.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Tipo y lugar de estudio

El presente trabajo corresponde a un estudio descriptivo-explicativo. Se realizó en la localidad de Miraflores, distrito de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, Perú. La información de campo fue colectada en el año 2014.

La zona estudio corresponde a un bosque montano de neblina, sin intervención, ubicado en la parte alta del área de la microcuenca Quanda. Este bosque de neblina, por sus características climáticas, según el mapa de zonas de vida de Holdridge corresponde a un bh-MBT (Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical) con altitudes alrededor de los 2000 m.s.n.m, Los bosques en esta zona corresponden a montes intermedios, de topografía irregular con depresiones y colinas.

Estos bosques albergan alta diversidad de vegetación, puntualmente la vegetación arbórea compuesta principalmente por especies de los géneros *Ocotea* (Lauráceae), *Podocarpus* (Podocarpaceae), *Miconia* (Melastomataceae), *Eschweilera* (Lecythidaceae), *Drymis* (Winteraceae), *Weinmenia* (Cunnoniaceae), entre otros, estas especies a su vez son hospederos de importante diversidad de orquídeas en estos bosques montanos (Calatayud, 2005; Caritas, 2011).

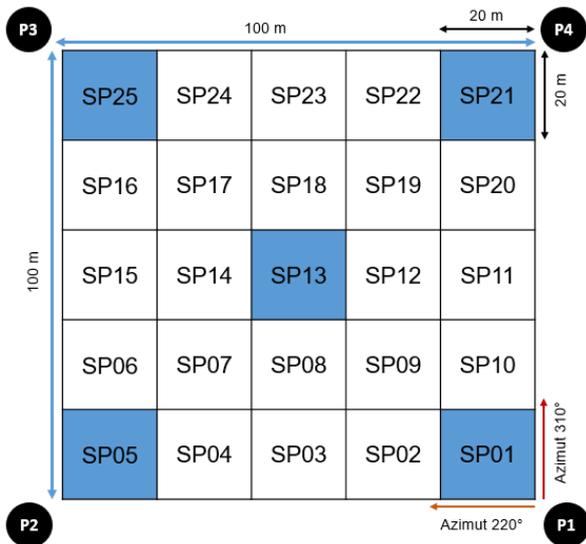
### Diseño y muestreo

Se determinó un muestreo subjetivo, teniendo en cuenta que la zona corresponde a bosques con terrenos propiedad privada, obteniendo el permiso de un propietario donde se instaló un Plot o parcela de evaluación de 1 hectárea (100 m x 100m) en la cual eligió de manera sistemática 5 cuadrantes de evaluación (SP01, SP05, SP13, SP21 y SP25) cada una de estas de 20 m x 20 m (400m<sup>2</sup>), según se muestra en la figura 1. Esta metodología del Plot fue adaptado de las parcelas de evaluación permanentes de evaluación de la vegetación (Antón & Reynel, 2004), en cuyas subparcelas se empleó métodos puntuales recomendadas para evaluación de carbono en ecosistemas forestales, tanto para la evaluación de las variables sotobosque, la hojarasca y el suelo (FAO, 2002; Honorio & Baker, 2010; Schlegel et al., 2001). Los análisis de laboratorio se hicieron en el laboratorio OIKOS LAB de la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú.



**Figura 1**

*Instalación y distribución de cuadrantes de evaluación en el Plot*



**Determinación del carbono en sotobosque**

Ahora bien, para poder obtener las muestras correspondientes a las variables sotobosque y hojarasca, se estableció 4 subparcelas de 1 m x 1 m (1 m<sup>2</sup>), las cuales se instalaron dentro de cada cuadrante de evaluación, ubicadas a una distancia de 1m del vértice del cuadrante. Es decir, en total se instalaron 20 subparcelas de 1m<sup>2</sup>.

Para el caso de la variable sotobosque, en cada subparcela de 1m<sup>2</sup>, se tomó como muestra toda la vegetación con tallo ≤ a 5cm de diámetro medido con vernier, es decir toda esta vegetación fue cortada pesada en verde (húmedo) en el mismo lugar de muestreo usando y luego con la debida codificación y empacado en bolsas plásticas, todas

las muestras en verde fueron llevadas al laboratorio para el secado correspondiente.

Para la determinación del carbono acumulado en la biomasa del sotobosque, este se obtuvo al multiplicar por 0.5 el peso de la biomasa seca (CarbonFix, 2009). Para encontrar el peso de la Biomasa seca, se usó las siguientes fórmulas:

$$CH = \left( \frac{Phs - Pss}{Phs} \right) \times 100$$

Donde: CH=Contenido de humedad promedio en muestras de la subparcela de evaluación; Phs=Peso húmedo submuestra; Pss=Peso seco submuestra

$$B = \frac{Pht}{\left( 1 + \left( \frac{CHp}{100} \right) \right)}$$

Donde: B=Biomasa seca de la muestra; Pht=Peso húmedo la muestra; CHp=Contenido de humedad promedio de las muestras.

**Determinación del carbono en la hojarasca**

Para el caso de la variable hojarasca, usando la misma subparcela de 1m<sup>2</sup>, se colectó toda la hojarasca caída y encontrada en la superficie del suelo, Asimismo, se consideró todas las ramas y tallos encontrados en la superficie, menores a 10cm de diámetro. la mismo que fue trasladada al laboratorio para el secado y pesado correspondiente. Las muestras colectadas fueron pesadas en húmedo en el mismo lugar de muestreo usando y luego con la debida codificación y empacado en bolsas plásticas, todas las muestras fueron llevadas al laboratorio para el secado correspondiente.

Para la determinación del carbono en la hojarasca se siguió el procedimiento y fórmulas usadas para la determinación del carbono en el sotobosque.

**Determinación de carbono en el suelo**

Del mismo modo, para el muestreo de la variable suelo, se instaló una subparcela circular en el punto medio de cada cuadrante de evaluación, con un radio (r) aproximado de 0.56m (Área círculo =  $\pi * r^2$ ), es decir 1m<sup>2</sup> de área. En total se instalaron cinco subparcelas para muestrear suelo.

En cada subparcela se hizo un hoyo de 30cm de profundidad, en cada hoyo se obtuvo una muestra para la determinación de la densidad aparente del suelo por el método del cilindro (Gabriels & Lobo L., 2011), asimismo, se obtuvo una muestra de 250g de suelo para el análisis químico del suelo en el laboratorio a fin de obtener el % de concentración de carbono en el suelo en función al % de la materia orgánica encontrada en el suelo, utilizando el método de análisis de Walkley y Black, ajustado, con 1 g de suelo (Eyherabide et al., 2014; J.A. et al., 1994). Las fórmulas utilizadas fueron:

$$DA = \frac{P_{ss}}{V_c}$$

Donde: DA=Densidad aparente; P<sub>ss</sub>=Peso del suelo seco; V<sub>c</sub>=Volumen del cilindro

$$CC = \frac{MO}{1.724}$$

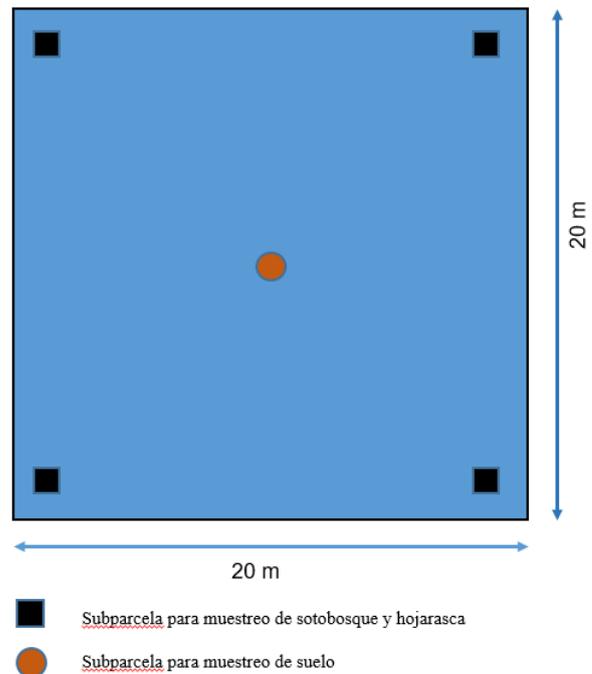
Donde: CC=Contenido de carbono (%); MO=% de materia orgánica obtenido del análisis químico

$$CS = \left(\frac{CC}{100}\right) * DA * v$$

Donde: CS=Carbono en suelo; CC=Contenido de carbono (%); DA=Densidad aparente; v=volumen de suelo a 30cm de profundidad

**Figura 2**

*Distribución de las subparcelas para la evaluación de sotobosque, hojarasca y suelo*



**Toma y procesamiento de datos**

Para la toma de información en campo se usó tres formatos: (1) Formato de pesos y medidas para la biomasa de sotobosque, (2) formato de pesos para la hojarasca y (3) formato de muestreo de suelos. Los valores obtenidos tanto en de los pesos húmedos en campo, así como los pesos secos y otros valores determinados en laboratorio se almacenaron en una base de datos en Ms. Excel, para luego ser tratados con cálculos de estadística básica.

Siendo que los valores obtenidos para la determinación del carbono en las muestras fueron en gramos (g), estos valores se dividen entre un millón para obtener toneladas, finalmente estos valores se proyectan a una hectárea, obteniendo un valor de toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), esto es similar a la unidad de medida (Megagramos/ha = Mg.ha<sup>-1</sup>) utilizada y recomendada por otros autores (Honorio & Baker, 2010). Asimismo, a fin de proyectar el CO<sub>2</sub> capturado tanto en el sotobosque, en la hojarasca y en el suelo, se multiplicó x 3,666 el valor del carbono obtenido en cada una de estas variables (CarbonFix, 2009).

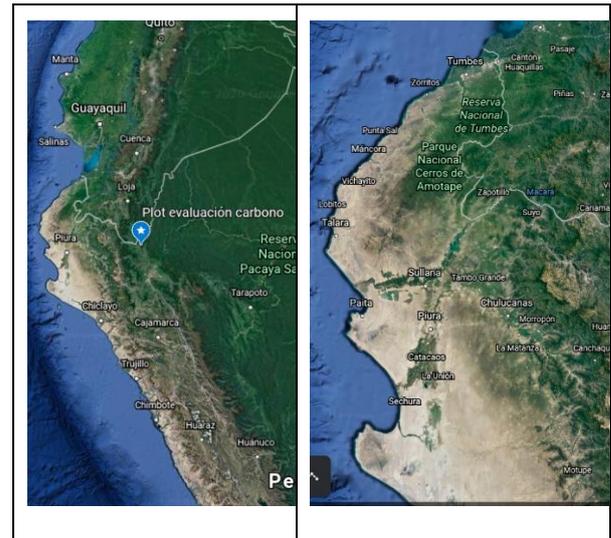
## RESULTADOS

Siguiendo la metodología establecida se estableció un Plot o parcela para la evaluación del carbono capturado por la vegetación en el sotobosque, hojarasca y en el suelo.

El Plot de evaluación se ubicó a una altura de 2000 m.s.n.m, cuya ubicación en coordenadas geográficas del sistema UTM (17M) para el punto de referencia (P1) es 0735244 E, 9447362 N (4°59'39.59" S, 78°52'42.34").

**Figura 3**

*Ubicación del Plot de evaluación. Izquierda: ubicación en Perú. Derecha: Ubicación provincia de San Ignacio*



### Carbono en el sotobosque

Dentro del Plot se instalaron 5 subparcelas de evaluación, dentro de las misma se instalaron 4 cuadrantes de 1m<sup>2</sup>, donde se determinó un contenido de humedad promedio (CH) del 62,15% en función a lo cual se determinó la biomasa seca, la cual multiplicado por 0.5 dio lugar a obtener el carbono capturado. Como se muestra en la tabla 1, en el cálculo general se obtuvo un promedio de 10,64 tC/ha en el sotobosque, entonces, este resultado indicaría que en el sotobosque se está capturando alrededor de 39 t/CO<sub>2</sub>/ha.

**Tabla 1**  
*Valores de biomasa y carbono capturado en el sotobosque*

Subparcela de evaluación	Cuadrante	Pht (g/m2)	B (g/m2)
SP01	1	1585	977,49
	2	2670	1646,62
	3	1882	1160,65
	4	13000	8017,27
SP05	1	3317	2045,64
	2	3134	1932,78
	3	2050	1264,26

	4	2113	1303,11
<b>SP21</b>	1	1741	1073,70
	2	4744	2925,69
	3	2431	1499,23
	4	2144	1322,23
<b>SP25</b>	1	2218	1367,87
	2	5145	3172,99
	3	4612	2844,28
	4	2872	1771,20
<b>SP13</b>	1	2128	1312,37
	2	5153	3177,92
	3	3260	2010,48
	4	2801	1727,41
Promedio por m <sup>2</sup>		3450	2127,66
Carbono en sotobosque por g/m <sup>2</sup>			1063,83
<b>Carbono en sotobosque en tC/ha</b>			10,64

### Carbono en la hojarasca

De las muestras de hojarasca colectadas se determinó una humedad promedio de 71,10% en función a lo cual se determinó la biomasa seca, la cual multiplicado por 0,5 dio lugar a obtener el carbono capturado. Como se puede ver en la tabla 2, en el cálculo general se obtuvo un promedio de 6,72 tC/ha en la hojarasca, así, se puede inferir que en la hojarasca se habría capturado un total de 24,65 t/CO<sup>2</sup>/ha.

**Tabla 2**

*Valores de biomasa y carbono capturado en la hojarasca*

Subparcela de evaluación	Cuadrante	Pht (g/m <sup>2</sup> )	B (g/m <sup>2</sup> )
SP01	1	2500	1461,13
	2	1075	628,29
	3	2665	1557,57
	4	3332	1947,40
SP05	1	632	369,37
	2	960	561,08

	3	3375	1972,53
<b>SP21</b>	4	3646	2130,92
	1	6385	3731,74
	2	1425	832,85
	3	2345	1370,54
<b>SP25</b>	4	2337	1365,87
	1	405	236,70
	2	1157	676,21
	3	1216	710,70
<b>SP13</b>	4	1134	662,77
	1	3453	2018,12
	2	1681	982,47
	3	3357	1962,01
	4	2932	1713,62
Promedio por m <sup>2</sup>		2301	1344,59
Carbono en hojarasca por g/m <sup>2</sup>			672,30
<b>Carbono en hojarasca en tC/ha</b>			6,72

### Carbono en el suelo

De las 5 muestras de suelo colectadas, estas fueron analizadas en el laboratorio OIKOS LAB, donde se obtuvo los valores de % de materia orgánica (% MO) a partir de lo cual para una profundidad de 30 cm (volumen de suelo de 3000 m<sup>3</sup>/ha) y la densidad aparente obtenida para cada muestra, se obtuvo el stock de carbono de 108.97 tC/ha, lo cual representa ~ 400 t/CO<sup>2</sup>/ha como stock en el suelo.

**Tabla 3**

*Valores de stock de carbono en el suelo*

Subparcela de evaluación	MO (%)	DA (t/m <sup>3</sup> )	v (m <sup>3</sup> /ha)	CC (%)	CS (tC/ha)
SP01	17.33	0.36	3000	10.05	107.15
SP05	11.95	0.67	3000	6.93	139.56
SP21	7.77	0.51	3000	4.51	69.39
SP25	9.82	0.67	3000	5.70	114.69
SP13	16.6	0.39	3000	9.63	114.04
Promedio tC/ha en suelo					108.97



## DISCUSIÓN

Los bosques montanos de neblina son uno de los ecosistemas boscosos más eficientes en cuanto al secuestro de carbono, dada su alta cantidad de carbono almacenado en sus diversos estratos, tanto en la vegetación arbórea, el sotobosque, la hojarasca y el suelo (Knowles et al., 2020; Leija-

Loredo et al., 2018). En comparación con resultados de evaluación de carbono capturado en otros ecosistemas boscosos, la captura de carbono por los bosques montanos de neblina es eminentemente alta y muy similar a lo capturado por bosques amazónicos sin intervención que tienen gran cantidad de vegetación arbórea (ver Tabla 4).

**Tabla 4**

*Tabla comparativa de la eficiencia en la captura de carbono por diferentes ecosistemas de bosque*

Tipo de ecosistema boscoso	Ubicación	C en biomasa arbórea (tC/ha)	C en sotobosque y hojarasca (tC/ha)	C en suelo (tC/ha)	Total C (tC/ha)
Bosque montano de neblina (primario sin intervención) - este trabajo 2000 m.s.n.m.	San Ignacio, Cajamarca, Perú	nd	17,36	108,97	nd
Bosque montano de neblina (primario sin intervención) 2100 m.s.n.m.	Jaén, Cajamarca, Perú	373,66	21,62	106,18	501,46
Bosque amazónico (intervenido)	Yurimaguas, Loreto, Perú	297,60		38,76	336,36
Bosque amazónico (intervenido)	Pucallpa, Ucayali, Perú	367,00		78,81	445,81
Bosque amazónico (sin intervención)	Tarapoto, San Martín, Perú	485,30		71,00	556,30
Bosque montano de neblina (sin intervención) 2050 m.s.n.m.	Oaxaca, México	128,90	23,60*	220,20	372,70
Bosque montano de neblina (sin intervención) 2500 m.s.n.m.	Oaxaca, México	220,00	41,60*	158,20	419,80
Vegetación de sierra andina-matorral- sobre 2900 m.s.n.m.	Parque Nacional del Manu, Perú	No aplica	nd	276,00	nd
Vegetación de sierra andina-pradera- sobre 2900 m.s.n.m.	Parque Nacional del Manu, Perú	No aplica	nd	267,00	nd

Fuente: Elaborado a partir de varios estudios (Alegre, 2017; Álvarez-Arteaga et al., 2013; Carrasco, 2009; Zimmermann et al., 2010). (\*) considera C en raíces, nd: no determinado

Como se muestra en la tabla 4, los resultados encontrados en el presente estudio en cuanto a la cantidad de carbono secuestrado en el sotobosque en la hojarasca y en el suelo, concuerdan estrechamente con los resultados de otro estudio desarrollado en un bosque de neblina en Jaén, Cajamarca, cercano a la zona de estudio de esta investigación (Carrasco, 2009), donde se encontró que el sotobosque acumula 15.47 tC/ha, la hojarasca unos 6.25 tC/ha y en suelo unas 196.18 tC/ha. Se ha podido comprobar que estos resultados

resultan superiores a las cantidades de carbono total capturado por los bosques montanos en la sierra norte de Oaxaca en México que para para altitudes sobre los 2000 m.s.n.m. (Álvarez-Arteaga et al., 2013).

Asimismo, cabe precisar que en cuanto al stock de carbono en el suelo, el cual no es considerado para los mercados de carbono (CarbonFix, 2009; Chagas et al., 2013), este representa un importante aporte en el total de carbono capturado por los ecosistemas boscosos, siendo del orden del 12% a



18% (Alegre, 2017) en los bosques amazónicos, y de 20% hasta 50% en los bosques montanos de neblina (Álvarez-Arteaga et al., 2013; Carrasco, 2009), por tanto, los ecosistemas de páramo o de sierra andinas tendrían una real desventaja ante estos mecanismos de ventas de bonos de carbono, ya que estos ecosistemas son los que tienen la más alta concentración de carbono en el suelo (Zimmermann et al., 2010) superando a la cantidad de carbono capturado en el suelo de los bosques montanos de neblina.

Finalmente, toma importancia precisar si bien algunos autores indican que en un bosque, el stock de carbono en el suelo se puede calcular como una concentración del 2.5% en una densidad aparente de  $0.85 \text{ g/cm}^3$  (Honorio & Baker, 2010), los resultados de este trabajo indican que esto no aplica para los bosques montanos de neblina ya que en este caso la concentración de carbono en el suelo estuvo entre 4.5% a 10% y la densidad aparente del suelo entre  $0.4 \text{ g/cm}^3$  a  $0.7 \text{ g/cm}^3$  (Tabla 3), siendo por tanto, ecosistemas muy frágiles ante la actividad antrópica como la agricultura migratoria (Josué Otoniel Dilas-Jiménez & Mugruza-Vassallo, 2020).

## CONCLUSIONES

Los ecosistemas de bosques montanos de neblina en la zona de Cajamarca en Perú, tienen altos niveles de captura o secuestro de carbono, aún más que los bosques amazónicos que tienen mayor cantidad de biomasa arbórea, por tanto, merecen una especial atención en las políticas públicas locales y nacionales, así como su protección antes

las amenazas de la deforestación o cualquier otra actividad antrópica.

Seguido del carbono capturado por la biomasa arbórea, el suelo es otro agente principal de captura de carbono en los ecosistemas de bosques montanos de neblina, dada su alta concentración de material orgánico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J. (2017). La agroforestería en la amazonía peruana para recuperar suelos degradados y mitigar efectos del cambio climático. *Presentado En «Crianza Del Suelo Para El Buen Vivir» XVI Congreso Nacional y VII Ingternacional de La Ciencia Del Suelo.*
- Álvarez-Arteaga, G., Calderón, N. E. G., 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.
- Antón, D., & Reynel, C. (2004). *Relictos de bosques de excepcional diversidad en los Andes Centrales del Perú* (UNALM (ed.); Primera Ed). APRODES/Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible. <http://infobosques.com/descargas/bibliotecas/eca/446.pdf>



- Calatayud, G. (2005). Diversidad de la familia Orchidaceae en los bosques montanos de San. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 309–316.
- CarbonFix. (2009). *CarbonFix Standard criteria & methodology: versión 3.0*.
- Caritas. (2011). *Diagnóstico en la Cuenca Quanda, distrito de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio*. <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/download/file/fid/46626>
- Carrasco, W. (2009). *Eficiencia de captura de carbono de bosque de neblina, Area de Conservación Municipal “Bosque de Huamantanga”, Jaén, Perú*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Chagas, T., Costenbader, J., Streck, C., & Roe, S. (2013). *Reference levels: Concepts, functions, and application in REDD + and forest carbon standards*. January.
- Dilas-Jiménez, Josué Otoniel, & Mugruza-Vassallo, C. (2020). Instalación De Fincas Cafetaleras En Sistema Agroforestal Para Recuperación Y Sostenibilidad De Suelos Degradados De Selva Alta. *Revista de Investigación En Agroproducción Sustentable*, 4(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25127/aps.20201.534>
- Dilas-Jiménez, Josue Otoniel, Ortecho, R., & Alvarez, A. (2020). Captura de Carbono: Un enfoque sobre el cambio climático y los servicios ecosistémicos en el Perú. *Alpha Centauri Science Journal*, 1(2), 2–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.47422/a.c.v1i2.8>
- Eyherabide, , Sainz Rozas, H., Barbieri, P., & Echeverria, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia Del Suelo*, 32(1), 13–19.
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>
- Gabriels, D., & Lobo L., D. (2011). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venesuelos*, 14(1), 37–48.
- González Elizondo, M., Jurado Ybarra, E., González Elizondo, S., Aguirre Calderón, Ó., Jiménez Pérez, J., & Nívar Cháidez, J. (2003). *Cambio climático mundial : origen y consecuencias*.
- Hamilton, L. S., Juvik, J. O., & Scatena, F. N. (1995). *Tropical Montane Cloud Forest* (O. L. Lange, H. A. Mooney, & H. Remmert (eds.)). Ecological Studies. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2500-3>
- Honorio, E. H., & Baker, T. R. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos*. [http://www.rainfor.org/upload/ManualSpanish/Honorio\\_Baker2010 Manual carbono.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualSpanish/Honorio_Baker2010%20Manual%20carbono.pdf)

- IPCC. (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)
- J.A., G., R.A., R., & J.O., I. (1994). Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Black en fracciones granulométricas de suelo. *Ciencia Del Suelo*, 12, 81–83. [http://suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_12n2/galanti.pdf](http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_12n2/galanti.pdf)
- Knowles, J. F., Scott, R. L., Biederman, J. A., Blanken, P. D., Burns, S. P., Dore, S., Kolb, T. E., Litvak, M. E., & Barron-Gafford, G. A. (2020). Montane forest productivity across a semiarid climatic gradient. *Global Change Biology*, August, 1–14. <https://doi.org/10.1111/gcb.15335>
- Leija-Loredo, E. G., Pavón, N. P., Sánchez-González, A., Rodríguez-Laguna, R., & Ángeles-Pérez, G. (2018). Land cover change and carbon stores in a tropical montane cloud forest in the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Journal of Mountain Science*, 15(10), 2136–2147. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-4937-y>
- MINAM. (2014). *Perú reino de bosques* (P. Editores (ed.); Primera Ed). Ministerio del Ambiente. [http://www.bosques.gob.pe/archivo/1455ad\\_perureinodebosques.pdf](http://www.bosques.gob.pe/archivo/1455ad_perureinodebosques.pdf)
- NU. (2020). *Cambio climático*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Rojo-Martínez, G. E., Jasso-Mata, J., & Velásquez-Martínez, A. (2003). Las masas forestales como sumideros de CO<sub>2</sub> ante un cambio climático global. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(1), 57–67. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62990106.pdf>
- Rubb, P., May, L., Miles, L., & Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda* (UNEP (ed.); First Edit). United Nations Environment Programme-UNEP. [https://www.researchgate.net/publication/318657347\\_Cloud\\_Forest\\_Agenda](https://www.researchgate.net/publication/318657347_Cloud_Forest_Agenda)
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Javier Guerra. (2001). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26684/Manual\\_de\\_procedimiento\\_para\\_inventarios\\_de\\_carbono\\_en\\_ecosistemas\\_forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26684/Manual_de_procedimiento_para_inventarios_de_carbono_en_ecosistemas_forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zimmermann, M., Meir, P., Silman, M. R., Fedders, A., Gibbon, A., Malhi, Y., Urrego, D. H., Bush, M. B., Feeley, K. J., Garcia, K. C., Dargie, G. C., Farfan, W. R., Goetz, B. P., Johnson, W. T., Kline, K. M., Modi, A. T.,

Rurau, N. M. Q., Staudt, B. T., & Zamora, F. (2010). No differences in soil carbon stocks across the tree line in the Peruvian Andes. *Ecosystems*, 13(1), 62–74. <https://doi.org/10.1007/s10021-009-9300-2>

**CORRESPONDENCIA:**

Mg. Josué Otoniel Dilas-Jiménez

[jdilas@unat.edu.pe](mailto:jdilas@unat.edu.pe)

