

ARTÍCULO ORIGINAL

Almacenamiento del carbono orgánico en seis sistemas de uso de la tierra en Tingo María - Perú

Pedro Huerto Victorio ^{1,a} | José Dolores Levano Crisóstomo ^{1,b}

Filiación Institucional

- ¹ Municipalidad Distrital Hermilio Valdizan
- ² Universidad Nacional Agraria de la Selva

Grado Académico

- ^a Ingeniero Agronomo
- ^b Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Palabras clave:
 Agroforestería,
 Almacenamiento,
 Carbono, Hojarasca, Raíz.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el almacenamiento de carbono orgánico, en diferentes sistemas de uso de la tierra en Tingo María. La investigación se llevó a cabo en seis sistemas: Bosque de Colina Baja (PPM1), Bosque de Colina Alta (PPM4) en el BRUNAS, en una colina baja del sistema agroforestal con Cacao en el Banco de Germoplasma, terraza baja del Aguajal, lomadas del Bambusal en el BRUNAS y Cacao (CCN51) en el Sector Bella Baja que pertenecen a la provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco. Las muestras fueron procesadas en la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Escuela profesional de Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se realizó siguiendo la metodología del Centro Internacional de Agroforestería. Los resultados indicaron que el sistema Cacao CCN 51 en Bella Baja presentó el mayor almacenamiento de carbono en hojarasca (1,399 tC/ha), seguido por PPM 4 (1,353 tC/ha), mientras que el sistema de Aguajal registró el menor valor (0,899 tC/ha). En el sistema radicular, el contenido de carbono fue similar entre los seis sistemas, con mayor acumulación en los primeros 10 cm del suelo. El almacenamiento de carbono orgánico total en el suelo mostró variaciones, con los valores más altos en Cacao CCN 51 de Bella Baja (130,12 tC/ha) y PPM 4 (129,85 tC/ha), mientras que el SAF Banco de Germoplasma presentó el menor contenido (66,55 tC/ha). Sin embargo, la alta variabilidad en algunos sistemas impidió diferencias significativas. Se concluye que el almacenamiento de carbono varía entre sistemas sin diferencias significativas, destacando mayores valores en Cacao CCN 51 Bella Baja y PPM 4.

Organic carbon storage in six land use systems in Tingo Maria - Peru

ABSTRACT

Key words:
 Agroforestry, storage,
 carbon, leaf litter, root.

The study aimed to evaluate organic carbon storage in different land-use systems in Tingo María. The research was conducted in six systems: Low Hill Forest (PPM1), High Hill Forest (PPM4) in the BRUNAS area, a low hill within the agroforestry system with cacao at the Germplasm Bank, the lower terrace of the Aguajal area, the hills of the Bambusal area in the BRUNAS area, and cacao (CCN51) in the Bella Baja Sector, all located in the Leoncio Prado province of the Huánuco department. Samples were processed at the Faculty of Renewable Natural Resources, Professional School of Soil and Water Conservation, of the National Agrarian University of the Jungle, following the methodology of the International Agroforestry Centre. The results indicated that the Cacao CCN 51 system in Bella Baja exhibited the highest carbon storage in leaf litter (1.399 tC/ha), followed by PPM 4 (1.353 tC/ha), while the Aguajal system registered the lowest value (0.899 tC/ha). In the root system, carbon content was similar among the six systems, with greater accumulation in the top 10 cm of soil. Total organic carbon storage in the soil showed variations, with the highest values in Cacao CCN 51 in Bella Baja (130.12 tC/ha) and PPM 4 (129.85 tC/ha), while the Germplasm Bank Agroforestry System (SAF) presented the lowest content (66.55 tC/ha). However, the high variability in some systems prevented statistically significant differences. It is concluded that carbon storage varies among systems without significant differences, with higher values observed in Cacao CCN 51 Bella Baja and PPM 4.

Citar como: Huerto Victorio, P., & Dolores Levano Crisóstomo, J. (2026). Almacenamiento del carbono orgánico en seis sistemas de uso de la tierra en Tingo María - Perú. Revista de Investigación y Amazonía. 2026, 16(1): 32-43. DOI: <https://doi.org/10.69507/revia.4.16.1>.



INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales y agroforestales son clave para mitigar el cambio climático al almacenar carbono y regular su ciclo global; sin embargo, la deforestación ha reducido esta capacidad, intensificando el calentamiento global. En Perú, especialmente en el distrito de Rupa Rupa (Tingo María), existen diversos sistemas de uso de la tierra — como bosques secundarios, sistemas agroforestales, aguajales, bambusales y plantaciones de cacao— que cumplen funciones ecológicas y socioeconómicas importantes Rojas, R. M. (2017).

El estudio permitirá identificar fortalezas y debilidades de cada sistema, beneficiando a agricultores, técnicos e investigadores, y apoyando estrategias de reforestación y manejo sostenible. Se plantea como hipótesis que existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono entre los sistemas debido a sus características ecológicas y de manejo Flores, L. A. (2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación fue realizado dentro de seis sistemas de uso de la tierra: Bosque de Colina Baja (PPM1), Bosque de Colina Alta (PPM4) ubicada en el BRUNAS, Sistema agroforestal con T. cacao del Banco de Germoplasma, Sistema aguajal perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Sistema bambusal del BRUNAS y un Sistema de Cacao (CCN51) ubicado en el Sector Bella Baja y la etapa vinculada al laboratorio se ejecutó en la Escuela Profesional de Conservación de Suelos y Agua de la UNAS, que se ubica por la margen derecha considerando el río Huallaga en el distrito Rupa Rupa de la provincia de Leoncio Prado en el departamento Huánuco.

Zona de vida

Son clasificadas y el esquema bioclimático elaborado por Holdridge (Sabino et al., 2019) el distrito Rupa Rupa se ubica dentro de la formación boscosa muy húmedo Premontano Tropical (bmh - PT), mientras que, en base a las regiones naturales, está localizado en Rupa Rupa o Selva Alta (Pulgar, 2014).

Condiciones climáticas

Se predomina en el área de estudio suele presentar elevada pluviosidad con la precipitación anual promedio de 3 428,8 mm. Las mayores precipitaciones se producen en los meses de setiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483,6 mm. Durante el año, sobrepasa la temperatura máxima de 29,4 °C, mínima de 24,6 °C y en promedio es 24,3 °C, para el caso de la humedad relativa es 85,0 % (Estación José Abelardo Quiñones, 2015; citado por Soto, 2016).

Fisiografía

Debido a que la mayoría de las parcelas de cada sistema de uso de la tierra se encontraban en el Bosque Reservado de la UNAS, se utilizó lo determinado por Puerta (2017) al juntar la gradiente altitudinal con el porcentaje de la pendiente para elaborar el mapa fisiográfico distribuidos en: Colinas bajas ligeramente disectada (CbD1), colinas bajas moderadamente disectada (CbD2), Colinas altas ligeramente disectada (CaD1), colinas altas moderadamente disectada (CaD2), colinas altas fuertemente disectada (CaD3), lomadas (Lo), taludes (Td) y montañas bajas (Mb).

Suelos

Según Condor (2019), al muestrear los suelos del BRUNAS hasta una profundidad de 30 cm, se obtuvieron los siguientes resultados: en la unidad fisiográfica montaña se registró un contenido de materia orgánica del $3,99 \pm 0,32$ %, su densidad aparente fue $1,48 \pm 0,03$ g/cm³ y un carbono orgánico del suelo (COS) de $101,28 \pm 6,63$ t/ha.

Materiales y equipos

Se consideró la wincha de 50 m, machetes, jalones o estacas, rafia, libreta de campo, lapiceros, plumones indelebles, marco de madera de 1 m x 1 m, y de 0,5 m x 0,5 m, bolsas de papel, bolsas de plástico de polipropileno de 1 kg, hojas de periódico, cilindros de Uhland. Como parte de los equipos de campo se utilizó un receptor GPS y una cámara fotográfica.

Materiales de laboratorio estuvo considerado los vasos de precipitación con capacidad de 50 mL y 100 mL, pipetas graduadas de 10 mL, matraces Erlenmeyer de 150 mL y pizetas. Como parte de los equipos de laboratorio se utilizó la estufa eléctrica, titulador electrónica y balanza digital. Además, los reactivos e insumos de laboratorio se hizo uso del bicromato de potasio 2N, agua destilada, sulfato ferroso amoniacal, di fenilamina sulfúrica, ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 96,0 % de concentración y sal de Mohr concentrado a 0,2N.

Nivel de investigación

Es descriptiva debido a que se buscó analizar detalladamente las características del almacenamiento de carbono orgánico en cada sistema de uso de la tierra. Su objetivo fue identificar patrones, la relación de variables, así como ofrecer la comprensión detallada sobre el objeto de estudio (Révalo et al., 2023).

Se caracterizó por ser de tipo aplicada debido a que buscó la aplicación de distintas informaciones teóricas y fundamental para que solucione el problema práctico o tecnológico en un determinado contexto; la investigación se enfocó a generar solución práctica para un problema real (Révalo et al., 2023).

Método de la investigación

Presentó el método inductivo, ya que para López-Roldán y Fachelli (2015), el principio de inducción se garantiza al reiterarse cada evidencia.

Variable de la investigación

- Variable de caracterización (X):

Sistemas de uso de la tierra

- Variable de interés (Y):

Almacenamiento del carbono orgánico.

Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño no experimental, porque no se realizó manipulaciones para la variable sistema de uso de la tierra y un menor nivel de control sobre las variables debido a que no se uniformizó las edades, el tipo de suelos y el manejo asignado a los sistemas de uso de la tierra.

Población y muestra

Para los autores Arias y Covinos (2021), una población es el conjunto global de los sujetos, eventos cuyos rasgos son similares y están siendo objeto a estudiar, en el caso del presente estudio corresponde a las áreas que abarca los seis sistemas de uso de la tierra evaluadas. Mientras que la muestra viene definida como el subconjunto que se seleccionó de los sujetos, en este caso se estudió parcelas de 500 m² en donde el ancho fue de 10 m y el largo 50 m (Macdicken, 1997).

Análisis estadístico

Para comparar los resultados obtenidos de los sistemas de uso de la tierra, se asumió el diseño completamente al azar (DCA) donde los sistemas de uso de la tierra constituyeron los grupos a comparar; en el caso de encontrar significación estadística se procedió a la agrupación de los sistemas mediante la prueba de Duncan (p -valor $\leq 5,0$ %).

Estimación del carbono almacenado en hojarasca en los diferentes sistemas de uso de la tierra.

Se eligieron los sistemas de uso de la tierra, localizados dentro de la provincia Leoncio Prado, en las cuales se delimitaron cada parcela basada en lo descrito por Rüginitz et al. (2009), previamente georreferenciado. Los sistemas elegidos fueron: Suelo con bosque de colina alta (PPM4), Bosque de colina baja (PPM1), suelo con sistema agroforestal con diferentes clones de cacao, suelo con sistema aguajal, suelo con sistema bambusal y el sistema con cacao (CCN51); cada sistema consta de una hectárea aproximadamente.

a. Sistema de uso cacao CCN51

Presenta un suelo franco arenoso con pendiente menor de 5 %, tiene un manejo tradicional donde el agricultor no realiza el abonamiento ni fertilización, pero realiza labores culturales como poda oportuna, aplicación de insecticida y fungicida practica el deshierbo en forma mecánica, la plantación está instalado bajo un sistema de tres bolillos, la plantación se estima una edad de 10 a 12 años.

b. Sistema agroforestal (SAF) - UNAS

Presenta un suelo arcilloso ubicado en una colina alta. Este sistema agroforestal tiene un manejo

tradicional donde se realizan labores de técnicas de abonamientos y podas sincronizadas (TAPS) con respecto al cultivo de cacao y con las plantas forestales se encuentran alrededor y dentro de la plantación del cacao.

c. Sistema de bosque de colina baja (PPM-1)

Está ubicado en una colina baja (Cb) en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado del departamento Huánuco, dicha unidad se constituye por materiales sedimentarios, siendo una de las superiores características donde se manejan y aprovechan los árboles maderables.

d. Sistema de bosque de colina baja (PPM-4)

Se encuentra establecido en una colina alta (Ca) que se considera en bosque de protección, la unidad se constituye por materiales sedimentarios, siendo de superior característica para manejar y aprovechar árboles maderables.

e. Sistema de uso con bambú

Está ubicado en una colina baja (Cb) considerado como bosque de protección, dicha unidad esta constituida por el material sedimentario, siendo una de las mejores características donde se maneja y aprovecha especies forestales.

f. Sistema de uso en aguajal

Se instaló en el aguajal al costado del módulo de la Facultad de Recursos Naturales y Renovables en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado del departamento Huánuco., está ubicado en una terraza media presenta un suelo húmedo tiene un distanciamiento de 5 x 5 m distribuidos bajo el método en tres bolillos, el aguajal tiene un tiempo de vida aproximadamente 23 años de edad, no tiene un manejo agronómico.

De las unidades de estudio

La etapa de campo consistió en establecer aleatoriamente en cada sistema de uso dos subparcelas con 500 m² de área, en dichas áreas se delimitó un cuadrante de 5 x 50 m (Macdicken, 1997) donde fue muestreado las hojarasca que estuvo distribuido equitativamente en 20 cuadrantes.

Análisis para la obtención de la muestra de hojarasca

La cuantificación de la hojarasca se realizó considerando todos los componentes vegetales, como hojas, flores, frutos, semillas, fragmentos de estos, ramitas y materiales leñosos con un diámetro menor a los 2,0 cm. Para ello, se juntaron todas las hojarasca presentes en los cuadrantes de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) que se establecieron aleatoriamente dentro de las subparcelas temporales con 50 x 10 m, siguiendo la metodología propuesta por (Zaro et al., 2020). Estas subparcelas se dividieron a parcelas más pequeñas de 5 x 5 m, y dentro de ellas fue colocado un cuadrante de madera para obtener las muestras. Una vez recolectada las hojarasca, se registraron los pesos frescos totales por cuadrantes de 0,25 m².

Posteriormente, las muestras fueron colocadas a la estufa con 75 °C de temperatura por 72 horas que alcanzó peso constante, eliminando la humedad y obteniendo el peso seco. Este proceso permitió calcular la biomasa de la hojarasca mediante diferencias entre los pesos frescos y pesos secos, siguiendo el protocolo de Sahu et al. (2023).

Biomasa de hojarasca

Se recolectaron y pesaron las hojarascas dentro de cada sub cuadrante de 0,25 m², de la totalidad de hojarascas se separó una submuestra con menor peso que luego se rotuló y colocó dentro de una estufa donde alcanzó su peso constante debido a la pérdida de humedad, luego se pesó y fue obtenido su biomasa mediante la ecuación:

$$Bh \text{ (t/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0,04$$

Siendo:

Bh = Materia seca o biomasa de las hojarascas
 PSM = Peso seco (g) de cada submuestra
 PFM = Peso fresco (g) de cada submuestra
 PFT = Total de peso fresco (g) de las hojarascas
 0,04 = Valor para convertir a hectárea

Estimación del carbono almacenado en las raíces en los diferentes sistemas de uso de la tierra

Con fines de que se obtengan las muestras del carbono orgánico en los suelos y las raíces fueron establecidos dos subparcelas con dimensiones de 5,0 x 25,0 m donde se ubicaron aleatoriamente cuadrantes de 1,0 m² teniendo en consideración el método propuesto por Rüginitz et al. (2009), además, se aperturó calicatas obteniendo muestras de suelos para su análisis físico y químico (Arévalo et al., 2002), siendo la profundidad de muestreo se realizó hasta los 30 cm distribuidos en 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm.

Análisis para el muestreo y obtención de la muestra de suelo

Se utilizó la metodología que evalúa la biomasa de los suelos, raíces y las hojarascas recomendadas por parte del Centro Internacional de Investigación en Agroforestería. Para cada parcela de 10,0 x 50,0 m se eligieron aleatoriamente dos cuadrantes con 1,0 m² donde se aperturó calicatas con dimensiones de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, distribuidos en profundidades de 0,0 a 0,1, 0,1 a 0,2 y 0,2 a 0,3 m (Rüginitz et al., 2009) de donde se obtuvieron las muestras de los suelos.

Adicionalmente, se extrajo empleando un barreno de submuestras de 500 gr que fue la muestra de suelos (Rüginitz et al., 2009).

Análisis para la obtención de la muestra de raíces

Las muestras para el carbono almacenado en las raíces fue tomado en cuenta lo propuesto lo detallado en el Centro Mundial Agroforestal (Rüginitz et al., 2009). En cada calicata cuyas dimensiones fueron 0,30 x 0,30 x 0,30 m de ancho, largo y profundidad se obtuvieron muestras, las cuales se tamizaron acompañada de agua hasta que se separó la totalidad

de raíces, se mantuvo en cuenta los tres rangos: 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm, posteriormente fueron pesados en la balanza de precisión, determinando sus pesos húmedos, luego se introdujo a la estufa graduada su temperatura a 75 °C por un periodo de tiempo de 72 horas donde ya las muestras mantenían el peso constante, luego se pesaron nuevamente las raíces en estado seco con la cual se obtuvo sus biomásas mediante la diferencia sus pesos. fueron calculados los totales en toneladas de la materia seca contenidas en cada hectárea de los sistemas de uso (t MS/ha).

Carbono en el sistema radicular

La determinación del carbono que se almacenan en las raíces por cada parcela, fue utilizado la siguiente expresión:

Carbono por parcela-1: BR * 0,45

Siendo:

BR = Materia seca o biomasa de las raíces

Determinación del carbono total en los diferentes sistemas de uso de la tierra para el cálculo de densidad aparente

Para las mismas profundidades como son de 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm así como en los cuadrantes establecidos donde se muestrearon para conocer el contenido de carbono orgánico de los suelos se introdujeron cilindros cuyo volumen era conocido empleando el martillo, posteriormente se sacaron los cilindros llenos de suelos, siempre teniendo precaución de no dañar las muestras que se encontraban dentro de ellas. Luego se trasladaron al laboratorio donde fueron secados los suelos contenidos en los cilindros durante un periodo de 24 h a 105 °C, se utilizó la fórmula (Macdicken, 1997):

$$DA \text{ (g/cc)} = PSN/VCH$$

Siendo:

DA = Densidad aparente de los suelos
 PSN = Peso seco de los suelos en los cilindros
 VCH = Capacidad volumétrica de cada cilindro

Determinación de la materia orgánica

Para la determinar el contenido del carbono que se almacenan en los suelos, se utilizó el método de Walkley y Black (1934) modificada por Florida y Lopez (2011), en el cual el valor del % MO (porcentaje de materia orgánica) fue determinado empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ M.O.} = (((a-bf) 0,003 \times 1,724) / p) \times 100$$

Siendo:

a = Bicromato de potasio en mL
 b = Sal ferrosa o sal de Mohr gastado en mL (gastado de la titulación)
 0,003 = Factor constante del carbón
 1,724 = Factor constante de Van Vammelen
 p = Peso de cada muestra de los suelos

Cálculos del carbono porcentual en los suelos distribuidos por horizontes de muestreo

Se determinó mediante la fórmula:

$$C.O. (\%) = M.O. (\%) \div 1,724$$

Siendo:

C.O. (%) = Contenido porcentual de carbono.

M.O. (%) = Materia orgánica expresada en porcentajes.

1,724 = Factor constante de Van Vammelen.

Cálculo de los pesos del volumen para los suelos

La determinación de los pesos del volumen para los suelos distribuidos en los horizontes donde se realizaron los muestreos, fue utilizada la fórmula siguiente:

$$PVs (t/ha) = Da \times Ps \times 10\ 000$$

Siendo:

PVs = Peso del volumen de los suelos

Da = Densidad aparente

Ps = Espesor del horizonte de los suelos (m)

10 000 = Valor constante

Cálculos del carbono orgánico almacenados en el suelo (COS) en horizontes de muestreos

Teniendo en consideración el valor porcentual del carbono orgánico, así como cada densidad aparente, fue estimado el carbono orgánico almacenado en los

suelos (Andrade y Ibrahim, 2003):

$$COS = CO\% \times Da \times Ps$$

Siendo:

COS = Carbono orgánico en los suelos expresado mediante tC/ha

CO% = Porcentaje de carbono en el suelo

Da = Densidad aparente

Ps = Profundidad o espesor de los muestreos (cm)

Cálculos del carbono total

En la determinación del carbono que se almacenan dentro de los sistemas de uso, fue utilizada la ecuación siguiente:

$$CT (t/ha) = CBV + CS$$

Donde:

CT = Total de carbono en el sistema de uso

CBV (t/ha) = Total del carbono en la biomasa vegetal

CS = Contenido de carbono en los suelos.

RESULTADOS

Carbono almacenado en hojarasca

Los sistemas de uso de la tierra registraron diferencias

estadísticas significativas con la cual se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna concerniente a que el carbono almacenado en hojarasca de al menos dos sistemas de uso es diferente (Tabla 1).

Tabla 01. Análisis de varianza para el carbono almacenado en hojarasca de los diferentes sistemas de uso.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Sistemas de uso de la tierra	3,402	5	0,680	2,552	0,031*
Error aleatorio	30,391	114	0,267		
Total	33,793	119			

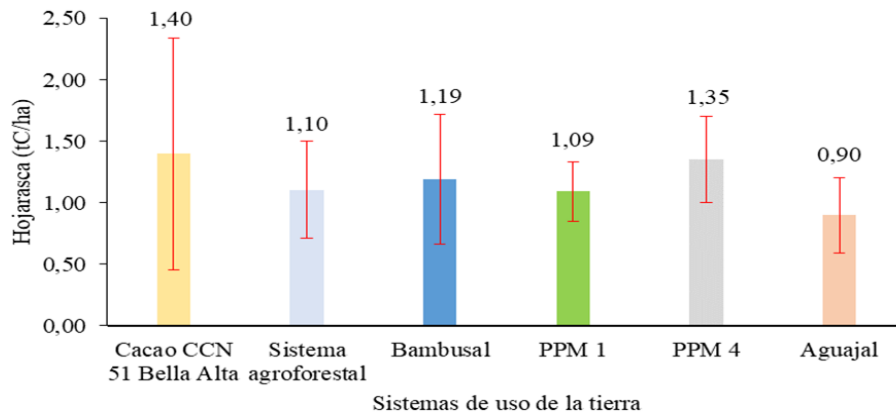
*Significativo a un 95 % de confiabilidad.

Tabla 02. Prueba de Duncan para carbono en hojarasca en diferentes sistemas de uso.

Sistema de uso	N	Media (tC/ha)	Subconjunto
Cacao CCN 51 Bella Baja	20	1,399	a
PPM 4	20	1,353	a
Bambusal	20	1,191	ab
SAF Banco de Germoplasma	20	1,104	ab
PPM 1	20	1,091	ab
Aguajal	20	0,899	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística

Figura 01. Comportamiento del carbono en el componente hojarasca.



Carbono almacenado en la raíz

Los sistemas de uso de la tierra no registraron diferencias estadísticas significativas con la cual se

acepta la hipótesis nula concerniente a que el carbono almacenado en la raíz de los sistemas de uso es similar (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para el carbono en raíz para diferentes sistemas de uso.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sistemas de uso de la tierra	90,426	5	18,085	2,511	0,147
Error aleatorio	43,218	6	7,203		
Total	133,643	11			

Tabla 4. Biomasa y carbono en raíz para los diferentes sistemas de uso.

Sistema de uso	Prof. (cm)	Muestra	Peso seco (gr/0,09m ²)	Biomasa (t/ha)	Carbono (tC/ha)	C parcial (tC/ha)	C total (tC/ha)
Cacao CCN 51 Bella Baja	0-10	A ₁	53,70	5,97	2,98		4,32
	10-20	A ₂	18,21	2,02	1,01	4,58	
	20-30	A ₃	10,50	1,17	0,58		
	0-10	B ₁	48,00	5,33	2,67		4,06
	10-20	B ₂	13,40	1,49	0,74	4,06	
	20-30	B ₃	11,60	1,29	0,64		
Sistema agroforestal	0-10	A ₁	25,10	2,79	1,39		1,68
	10-20	A ₂	11,80	1,31	0,66	2,33	
	20-30	A ₃	5,00	0,56	0,28		
	0-10	B ₁	18,40	2,04	1,02		1,02
	10-20	B ₂	0,00	0,00	0,00	1,02	
	20-30	B ₃	0,00	0,00	0,00		
Bambusal	0-10	A ₁	19,20	2,13	1,07		7,03
	10-20	A ₂	17,30	1,92	0,96	3,05	
	20-30	A ₃	18,40	2,04	1,02		
	0-10	B ₁	92,60	10,29	5,14		11,01
	10-20	B ₂	68,00	7,56	3,78	11,01	
	20-30	B ₃	37,50	4,17	2,08		
PPM 1	0-10	A ₁	92,80	10,31	5,16		12,53
	10-20	A ₂	103,00	11,44	5,72	12,53	
	20-30	A ₃	29,70	3,30	1,65		
	0-10	B ₁	95,50	10,61	5,31		8,43
	10-20	B ₂	21,10	2,34	1,17	8,43	
	20-30	B ₃	35,20	3,91	1,96		

PPM 4	0-10	A ₁	56,20	6,24	3,12	4,08
	10-20	A ₂	5,20	0,58	0,29	
	20-30	A ₃	2,10	0,23	0,12	
	0-10	B ₁	30,00	3,33	1,67	
	10-20	B ₂	40,60	4,51	2,26	
	20-30	B ₃	12,80	1,42	0,71	
Aguajal	0-10	A ₁	32,90	3,66	1,83	5,70
	10-20	A ₂	39,40	4,38	2,19	
	20-30	A ₃	46,40	5,16	2,58	
	0-10	B ₁	30,20	3,36	1,68	
	10-20	B ₂	33,50	3,72	1,86	
	20-30	B ₃	22,90	2,54	1,27	

Figura 2. Comportamiento del carbono de la raíz en los diferentes sistemas de uso.

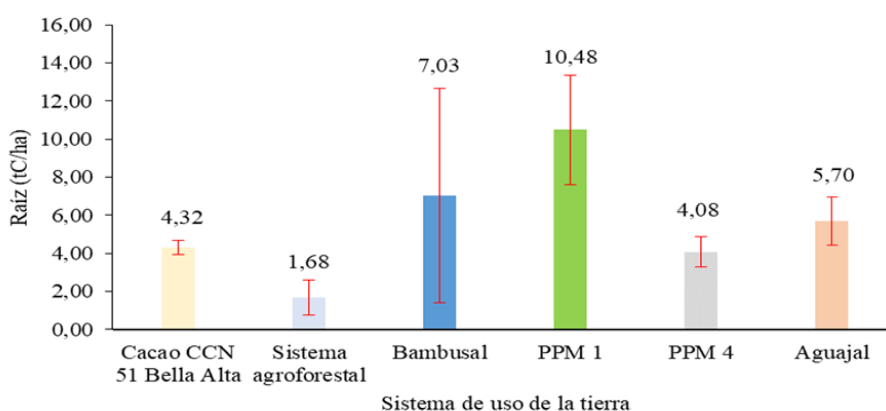
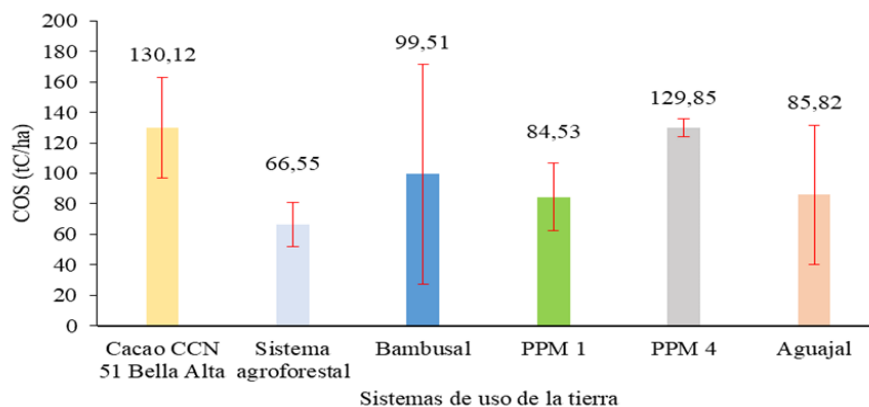


Figura 3. Comportamiento del carbono orgánico del suelo en los diferentes sistemas de uso.



Carbono orgánico del suelo en los diferentes sistemas de uso

Los sistemas de uso de la tierra no registraron diferencias estadísticas

significativas con la cual se acepta la hipótesis nula concerniente a que el carbono orgánico del suelo de los sistemas de uso es similar (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza para el carbono orgánico del suelo en los diferentes sistemas de uso.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sistemas de uso de la tierra	6712,065	5	1 342,413	0,883	0,545
Error aleatorio	9120,951	6	1 520,158		
Total	15833,015	11			

DISCUSIÓN

Carbono almacenado en hojarasca

Los sistemas de uso de la tierra registraron diferencias estadísticas significativas con la cual se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna concerniente a que el carbono almacenado en hojarasca de al menos dos sistemas de uso es diferente. El sistema conformado como Cacao CCN 51 Bella Baja y el PPM 4 se caracterizaron por tener almacenado mayor contenido de carbono en la hojarasca con una media de 1,399 y 1,353 tC/ha respectivamente, mientras que en el caso del sistema Aguajal se reportó el menor promedio con solo 0,899 tC/ha (Tabla 2 y Figura 1), resultado superior lo reporta Ramirez (2024) en una plantación de T. cacao donde la media acompañada de la desviación estándar fue $8,89 \pm 2,29$ tC/ha, esta diferencias pudo estar atribuido a la edad de la plantación, la densidad de las plantas establecidas, la pendiente del terreno y también a la labor de manejo como es el caso de la poda que en el antecedente redactado lo realizaban tres veces por año y estas hojas con ramas resultado de la poda es un aporte significativo de la hojarasca sobre el suelo; además, el aporte de la hojarasca en los sistemas de uso es favorable debido a que Quiñones (2022) al elaborar un modelo matemático para el COS encontró que hay una influencia del contenido de hojarasca, horizonte de fermentación, sombra, pendiente y altitud.

En el sistema de uso bambusal, se registró un aporte de carbono de 1,19 tC/ha, un valor significativamente menor al reportado por (Zaro et al., 2020), quien obtuvo una media de 31,21 tC/ha. Esto se puede atribuirse a la distancia en la que se realizó el muestreo de las hojarascas, según la autora, existe una variación en los valores de carbono almacenado dependiendo de la proximidad a la base de las matas de bambú. Por ejemplo, Acuña (2023) encontró que, a 2 metros de la base de las matas, el carbono almacenado alcanzó un promedio de 62,71 tC/ha, mientras que a 5 metros se redujo a 28,48 tC/ha, y a 10 metros disminuyó drásticamente a 2,43 tC/ha.

El mayor aporte de carbono proveniente de la hojarasca en la PPM 4, con un promedio de 1,353 tC/ha, en comparación con la PPM 1, que registró una media de 1,091 tC/ha (Figura 1), evidencia una diferencia significativa en la dinámica de captura de

carbono entre ambos sitios. Esta variación resulta especialmente relevante si se considera que la PPM 4 presenta una menor densidad de regeneración natural, con 150 individuos (Gutiérrez et al., 2023) y 564 árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm (Flores, 2024). En contraste, la PPM 1 cuenta con 191 individuos en regeneración natural (Deng et al., 2020) y 626 árboles con $DAP \geq 10$ cm (Guo y Gifford, 2002) A pesar de esta aparente ventaja en densidad, la PPM 1 muestra un menor aporte de carbono por hojarasca. Esta diferencia podría deberse a que los árboles de la PPM 4 tienen un mayor diámetro, lo que les permite generar mayor cantidad de hojarasca.

La hojarasca en el sistema aguajal es la que registró menor aporte de carbono almacenado con una media de 0,90 tC/ha (Figura 1) esto es inferior a lo reportado por Rojas (2017), en donde la media fue de 6,99 tC/ha, valor posiblemente influenciado a la caída de las hojas de la palmera ya que se encontraba en asocio al pasto y el ganado favorecía a que cayeran las hojas.

Carbono almacenado en la raíz.

En la mayoría de los sistemas de uso de la tierra mostró una tendencia decreciente a medida que se incrementó la profundidad del muestreo (Tabla 4). Este patrón coincide con lo reportado por Vallejos-Torres et al. (2024), quienes observaron un comportamiento similar en bosques primarios, bosques intervenidos y bosques deforestados. Esta disminución del carbono almacenado en profundidad (Cortés et al., 2025), puede explicarse por la distribución natural de las raíces, ya que la mayor parte de la biomasa radicular y la actividad biológica se concentran en los horizontes superficiales del suelo, donde hay mayor disponibilidad de nutrientes, oxígeno y materia orgánica; a medida que se profundiza, la densidad de raíces disminuye, la cantidad de carbono almacenado.

El sistema de uso bambusal muestreado aleatoriamente registró una media de 7,03 tC/ha para el carbono aportado por las raíces (Tabla 4), un valor que se encuentra dentro del rango reportado por (Villarreal-Núñez y Ramos-Zachrisson, 2024), quien obtuvo una media general de 5,40 tC/ha. Sin embargo, al analizar los datos en función de la distancia de muestreo, dicho autor encontró que, a 2 m de la base de las matas de bambú, el carbono almacenado en las raíces alcanzó un promedio de 9,92 tC/ha, mientras que a 5 m disminuyó a 4,12 tC/ha, y a 10 m se redujo a 2,15 tC/ha. Esta variabilidad

sugiere que la distribución del carbono en las raíces no es uniforme, sino que está influenciada por la proximidad a las matas de bambúes, donde la densidad de raíces y la acumulación de biomasa son mayores. Este hallazgo también subraya el papel clave de los sistemas de bambusal en el almacenamiento de carbono (Zhang et al., 2020), tanto en la biomasa aérea como en las raíces (Deng et al., 2020), contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Hubo variación entre las dos repeticiones concernientes al carbono radicular en cada sistema evaluado (Tabla 4), comportamiento atribuido a la heterogeneidad de los suelos en una parcela y algunos árboles que siempre conservan los agricultores (Ramírez, 2024). En el sistema de uso aguajal, las raíces presentaron una mayor cantidad de carbono a partir de los 10 cm de profundidad (Tabla 4), un comportamiento que también fue reportado por Reynaldo (2018), quien determinó que, en los primeros 20 cm de profundidad, el carbono almacenado en las raíces promedió 7,51 tC/ha, incrementándose a 8,13 tC/ha entre los 20 y 40 cm, y luego descendiendo a 2,85 tC/ha entre los 40 y 60 cm. En las capas más superficiales (primeros 20 cm), la presencia de raíces finas, como los neumatóforos, es más abundante durante la época de mayor precipitación, ya que estas estructuras ayudan a las palmeras a evitar el anegamiento.

En el estudio se encontró que la PPM 1 registró una mayor biomasa en las raíces en comparación con la PPM 4 (Figura 2), lo que podría estar relacionado con la densidad poblacional de la regeneración natural. La PPM 1 presentó 191 individuos de regeneración natural, distribuidos entre brinzales, latizales bajos y latizales altos, mientras que la PPM 4 registró 150 individuos en las mismas categorías (Gutiérrez et al., 2023). Esta diferencia en la densidad de regeneración natural sugiere que la mayor cantidad de individuos en la PPM 1 podría estar contribuyendo a un mayor desarrollo de biomasa radicular, ya que una mayor cantidad de plantas en crecimiento implica una mayor demanda de recursos y, por ende, un sistema radicular más extenso y desarrollado para absorber agua y nutrientes del suelo.

Las barras de error elaboradas con la desviación estándar evidencian una alta heterogeneidad en los datos relacionados con el carbono almacenado en las muestras de raíces, siendo particularmente notoria en los sistemas de uso como el bambusal y la PPM 1 (Figura 2). Esta variabilidad puede atribuirse a la complejidad estructural y a la diversidad de especies en estos sistemas, lo que genera una distribución desigual de las raíces y, por ende, del carbono almacenado en el suelo. Por otro lado, en sistemas como el cacao CCN 51 Bella Baja, el sistema agroforestal PPM 4 y el aguajal, los resultados entre las repeticiones fueron más homogéneos, a pesar de que solo se realizaron dos repeticiones de muestreo.

sistemas de uso.

Los sistemas de uso de la tierra no registraron diferencias estadísticas significativas con la cual se acepta la hipótesis nula concerniente a que el carbono orgánico del suelo de los sistemas de uso es similar (Tabla 5), resultado que discrepan a lo encontrado por Quiñones (2022) que al estudiar diferentes sistemas de uso de la tierra reportó significancia estadística, aunque en algunos sistemas como monocultivo bajo sombra y policultivo comercial bajo sombra presentaron datos atípicos, siendo esto la razón por la cual se debe tener mayor cantidad de parcelas con un determinado sistema de uso de la tierra para poder concluir con la ausencia o presencia de diferencias estadísticas.

La variabilidad en los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) entre las parcelas PPM 1 y PPM 4, ubicadas en un mismo bosque, destaca la influencia de factores como la estructura forestal y la historia de intervención en la capacidad de almacenamiento de carbono. En este estudio, se observó que el PPM 1 registró 84,53 t/ha de COS, mientras que el PPM 4 alcanzó 129,85 t/ha (Figura 3), una diferencia significativa que puede atribuirse a las características específicas de cada parcela. Según Flores (2024), esta superioridad en el COS del PPM 4 podría estar relacionada con su mayor área basal (36,081 m²) a pesar de contar con solo 564 individuos en comparación con el PPM 1 (25,064 m²) que presentaba 626 individuos, lo que sugiere que una menor densidad de individuos por con mayores tamaños diametrales de los árboles favorecieron la acumulación de carbono en el suelo. Esto coincide con lo reportado por Sahu et al. (2023), quienes encontraron que bosques maduros, como el de 80 años que estudiaron, almacenan mayores cantidades de carbono (248,92 t/ha) debido a la presencia de especies arbóreas de gran porte y a la estabilidad del ecosistema.

De manera general, los resultados resaltan la importancia de mantener una estructura forestal robusta y minimizar las intervenciones humanas para maximizar el almacenamiento de COS (Delgado-Vargas y Benavides, 2025; Surco-Huacachi y Garate-Quispe (2022). La conservación de bosques remanentes, como el estudiado, no solo contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también asegura la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos asociados, ya que Carvajal-Agudelo y Andrade (2020) estimaron el impacto potencial de CO₂ emitido al realizar un cambio de uso, siendo el caso más resaltante al pasar de un bosque de galería o cerca de la ribera de un río que contiene 74,2 tC/ha hacia un sistema de cacao con sombrero que contiene 16 tC/ha, llegando a emitir 213,4 t CO₂/ha que equivale a unos 58,2 tC/ha, siendo esto una de las razones de tener una planificación adecuada para no incidir de una manera desmesurada sobre la emisión de dióxido de carbono hacia el ambiente.

Carbono orgánico del suelo en los diferentes

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de uso de la tierra que mayor aportan carbono en la hojarasca es Cacao CCN 51 Bella Baja con 1,399 tC/ha que es similar al sistema PPM 4 con una media de 1,353 tC/ha, y los sistemas bambusal, SAF Banco de Germoplasma y PPM 1 obtuvieron valores intermedios, mientras que en el caso del sistema aguajal que registró 0,899 tC/ha fue el que menor carbono almacena en este componente.
2. El contenido de carbono almacenado en el sistema de raíces para el Cacao CCN 51 Bella Baja fue 4,32 tC/ha, en el Sistema agroforestal fue 1,68 tC/ha, en el bambusal fue 7,03 tC/ha, la PPM 1 fue 10,48 tC/ha, la PPM 4 fue 4,08 tC/ha y el aguajal fue 5,70 tC/ha.
3. El contenido de carbono orgánico del suelo en el sistema Cacao CCN 51 Bella Baja registró una media de 130,12 tC/ha, PPM 4 con media de 129,85 tC/ha, Bambusal con media de 99,51 tC/ha, SAF Banco de Germoplasma con media 66,55 tC/ha, PPM 1 con media 84,53 tC/ha y Aguajal con media de 85,82 tC/ha.

REFERENCIAS

- Acuña, M. M. (2023). *Características físicas y químicas de los suelos asociados con el desarrollo de *Gadua angustifolia* Kunth "bambú" y sus aportes al almacenamiento de carbono* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/9bf9e6aa-f467-4c3e-a11f-42dabb1d129a>
- Andrade, H., e Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 109-116. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4e39680a-dca9-4d4a-9d6a-1402418cb1b3/content>
- Arévalo, L., Alegre, J., Rios, E., Callo-Concha, D., y Palm, CH. (2002). Secuestro de carbono con sistemas alternativos en el Perú. *IV Congreso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*. Brasil. Pp. 1-8.
- Arias, J., y Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Carvajal-Agudelo, B. N., y Andrade, H. J. (2020). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *Orinoquia*, 24(1), 13-22. DOI: <http://doi.org/10.22579/20112629.587>
- Condor, J. J. (2019). *Carbono orgánico del suelo en diferentes unidades fisiográficas del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) Tingo María – Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/6bbd06ba-b91f-40cd-8099-906fe39a677a>
- Cortés, M. L., Murillo, R., Rojas, J. F., Alice, F., Carvajal, D. A., Salazar, A. G., Herrera, F., Pérez, P., Ramírez, F., y Mora, D. (2025). Almacenamiento de carbono orgánico del suelo bajo coberturas de pastos y plantaciones forestales jóvenes de *Tectona grandis* L.f y *Gmelina arborea* Robx. en la Región Huetar Norte, Costa Rica. *Revista Environment y Technology*, 6(1), 1-38. DOI: <https://doi.org/10.56205/ret.6-1.1>
- Delgado-Vargas, I. A., y Benavides, N. (2025). Soil organic carbon storage in different agroforestry systems associated with coffee in Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 36(Artículo 59765), 1-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/am.2024.59765>
- Deng, X., Yin, J., Xu, L., Shi, Y., Zhou, G., Li, Y., Chen, G., Ye, Y., Zhang, F., Zhou, Y., y Xiong, Y. (2020). Effects of abandonment management on soil C and N pools in Moso bamboo forests. *Sci. Total Environ.*, 729, 138949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138949>
- Flores, L. A. (2024). *Dinámica de la vegetación arbórea 2016 a 2023 en colina baja y alta de Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/b6029c73-70e7-4317-9a82-08d727088e98>
- Florida, R., y Lopez, C.S. (2011). Manual del laboratorio de conservación de suelos y agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Guo, L. B., y Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stock and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 8(1), 345-360. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
- Gutiérrez, J. E., Gutiérrez, R. E., Chávez, I. P., Gutiérrez, K. V., y Palomino, E. R. (2023). Análisis de la regeneración natural en cuatro parcelas de medición de un bosque reservado tropical de Tingo María. *Tayacaja*, 6(2), 87-96. DOI: <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.217>
- López-Roldán, P., y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Universidad Autónoma de Barcelona. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2020/232105/metinvsocua_cap1-1a2020.pdf
- Macdicken, K. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. https://www.researchgate.net/publication/237434580_A_Guide_to_Monitoring_Carbon_Storage_in_Forestry_and_Agroforestry_Projects

- Puerta, R. H. (2007). *Modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/80678075-47e5-4b29-810f-36a8897de5b4>
- Pulgar, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú, *Terra Brasilis*, 3, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>
- Quiñones, E. (2022). *Contenido de carbono orgánico del suelo en ecosistemas forestales y sistemas agroforestales* [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. Repositorio COLPOS. www.cm.colpos.mx/meteoro/tesishid/tesis/2022-10-Quinones_Sanchez_E_MC_Hidrociencias.pdf
- Ramirez, G. M. (2024). *Carbono almacenado del suelo en dos sistemas de uso en la localidad de Mohena – distrito de Anda* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/b72ea-4df-6bcb-47cb-86f6-f158a7c3aa0e>
- Révolo, R. H., Quispe, B. J., Carhuamaca, F. D., Jauregui, J. D., López, V., Ribbeck, R. R. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales*. INUDI PERÚ. DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.114>
- Reynaldo, D. S. (2018). *Relación de las propiedades físico-químicas del suelo con la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (Mauritia flexuosa L.f.) en el CIPTALD* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/e153c2a8-fba3-4c41-aed4-d15fb465ef0e>
- Rojas, R. M. (2017). *Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/485c9489-c4b3-45b1-9932-9ce18473f786>
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., y Porro R. (2009). *Guía para la Determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. ICRAF/IA. <https://www.cifor-icraf.org/publications/downloads/Publications/PDFS/B16293.pdf>
- Sabino, E., Lavado, W., y Aybar, C. (2019). *Estimación de las zonas de vida de Holdridge en el Perú, formato: Artículo científico*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-87.pdf>
- Sahu, C., Mishra, R., y Basti, S. (2023). Land-use change affects carbon storage and lability in tropical soil of India. *Geoderma Regional*, 32, e00621. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00621>
- Soto, Y. (2016). *Inventario demonológico una parcela permanente de medición del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. https://www.academia.edu/38664881/INVENTARIO_DENDROLÓGICO_DE_UNA_PARCELA_PERMANENTE_DE_MEDICIÓN_EN_EL_BOSQUE_RESERVADO_DE_LA_UNIVERSIDAD_NACIONAL_AGRARIA_DE_LA_SELVA_TINGO_MARIA_PERÚ
- Surco-Huacachi, O., y Garate-Quispe, J. S. (2022). Reservas de carbono en cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., Madre de Dios. *Revista Amazónica de Ciencias Básicas y Aplicadas*, 1(1), e147. DOI: <https://doi.org/10.55873/racba.v1i1.147>
- Vallejos-Torres, G., Lozano-Chung, A., Ordoñez-Sánchez, L., García-Gonzales, P., Quinteros, A., Gaona-Jimenez, N., Mendoza-Caballero, W., Macedo-Córdova, W., Saavedra-Ramirez, J., Baselly-Villanueva, J. R., y Marín, C. (2024). Forest land-use change affects soil organic carbon in tropical dry forests of the Peruvian Amazon. *Forest Systems*, 33, Issue 3, 20896. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2024333-20896>
- Villarreal-Núñez, J., y Ramos-Zachrisson, I. (2024). Mapa digital del contenido de carbono orgánico en suelos de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 38(1), 164-175. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9464008>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Zaro, G., Caramori, P., Yada, G., Sanquetta, C., Filho, A., Nunes, A., Prete, C., y Voroney, P. (2020). Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil. *Agroforestry Systems*, 94(3), 799-809. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00450-z>
- Zhang, H., Zhou, Y., Zhang, Y., Xu, X., Li, C., & Xu, L. (2020). Research progress of international bamboo forest carbon sequestration in the last 30 years based on bibliometric analysis. *J. Bamboo Res.* (01), 13-23. DOI: [10.19560/j.cnki.issn1000-6567.2020.01.002](https://doi.org/10.19560/j.cnki.issn1000-6567.2020.01.002)

Correspondencia:

Pedro Huerto Victorio

correo: pehuvi16-1@hotmail.com ✉

Jose Dolores Levano Crisostomo

correo: jose.levano@unas.edu.pe ✉

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interes.

Contribución de los autores:

PHV (autor principal) conceptualización del autor, recopilación y organización de la base de datos, procesamiento de información sobre perdida de bosque y variables metodológicas, análisis estadísticos, interpretación de resultados, elaboración de tablas y figuras, redacción del borrador original y revisión final del manuscrito.

JDLC (coautor) asesoramiento metodológico, revisión critica del diseño de investigación, validación de resultados, apoyo en la interpretación técnica de la relación entre deforestación, temperatura y precipitación, revisión técnica del manuscrito y aprobación de la revisión final.

Fuente de Financiamiento:

La investigacion no recibio financiamiento especifico de entidades publicas, privadas ni de organizaciones sin fines de lucro. Los gastos derivados del Desarrollo del studio fueron asumidos por el mismo autor.