

Revista Latinoamericana de Difusión Científica
Volumen 7 – Número 13
Depósito Legal ZU2019000058 - ISSN 2711-0494

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 7 - Número 13
Julio – Diciembre 2025
Maracaibo – Venezuela

Cuantificación de la biomasa aérea y de hojarasca en una plantación de *Guadua Angustifolia Kunth*, de tres años de establecido, en Leoncio Prado, Perú

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15844460>

Yassira Estephany Castillo Espinoza*

Edilberto Díaz Quintana **

Cleide Santos Flores***

David Prudencio Quispe Janampa****

José Antonio Dionisio Armas*****

Gunter Daza Panduro*****

Jenri Ruiz Gonzales*****

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue cuantificar la biomasa aérea y la acumulación de hojarasca en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth, establecida hace tres años en Leoncio Prado. Se utilizó el método destructivo, seleccionando aleatoriamente el 10% de los culmos según su estado de madurez, y se obtuvieron muestras de hojas, ramas y fuste, las cuales se secaron a 80-90°C para determinar sus pesos húmedo y seco. Los resultados mostraron una biomasa del fuste de 22.968 tn/ha, de ramas 8.932 tn/ha, de hojas 5.021 tn/ha, y una biomasa aérea total de 36.921 tn/ha. Con estos datos, se formularon ecuaciones alométricas utilizando el DAP como variable independiente, para culmos en estado maduro $Y = 0.12x2.4217$; además, se evaluó la biomasa de hojarasca en seis ocasiones mensuales, encontrando un máximo de 0.78 t/ha en la quinta evaluación y un mínimo de 0.06 t/ha en la primera. Estos resultados no solo subrayan la capacidad productiva de *G. angustifolia*, sino que también ofrecen herramientas útiles para la gestión sostenible de este recurso, destacando la importancia de un monitoreo continuo para optimizar su aprovechamiento.

PALABRAS CLAVE: Bambú, Carbono, Biomasa, Cambio climático, Reforestación.

* Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1116-5026>. E-mail: yassira.castillo@unas.edu.pe

** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7498-109X>. E-mail: Edilberto.diaz@unas.edu.pe

*** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6810-0604>. E-mail: cleide.santos@unas.edu.pe

**** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2439-5556>. E-mail: david.quispe@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5222-3283>. E-mail: jose.dionisio@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6809-6859>. E-mail: gunter.daza@unas.edu.pe

***** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6853-8243>. E-mail: jenri.ruiz@unas.edu.pe

Recibido: 02/05/2025

Aceptado: 27/06/2025

Quantification of Aboveground and Litter Biomass in a Three-Year-Old *Guadua Angustifolia Kunth* Plantation in Leoncio Prado, Perú

ABSTRACT

The objective of this research was to quantify the aboveground biomass and litter accumulation in a three-year-old plantation of *Guadua angustifolia* Kunth, established in Leoncio Prado. The destructive method was used, randomly selecting 10% of the culms according to their maturity state, and samples of leaves, branches, and stems were obtained, which were dried at 80-90°C to determine their wet and dry weights. The results showed a stem biomass of 22.968 tons/ha, branch biomass of 8.932 tons/ha, leaf biomass of 5.021 tons/ha, and a total aboveground biomass of 36.921 tons/ha. With this data, allometric equations were formulated using DBH as an independent variable for mature culms: $Y = 0.12x^{2.4217}$; additionally, litter biomass was evaluated on six monthly occasions, finding a maximum of 0.78 tons/ha in the fifth evaluation and a minimum of 0.06 tons/ha in the first. These results not only highlight the productive capacity of *G. angustifolia* but also provide useful tools for the sustainable management of this resource, emphasizing the importance of continuous monitoring to optimize its utilization.

KEYWORDS: Bamboo, Carbon, Biomass, Climate Change, Reforestation.

Introducción

La pérdida acelerada de cobertura boscosa a nivel global, impulsada por actividades como la tala indiscriminada, la minería ilegal y la agricultura migratoria, representa una amenaza significativa para los ecosistemas y la estabilidad climática del planeta. Frente a esta problemática, las plantaciones de bambú, especialmente las de *Guadua angustifolia* Kunth, emergen como una alternativa ambientalmente estratégica debido a su rápido crecimiento y notable capacidad para capturar dióxido de carbono (CO₂). Estas gramíneas no solo superan a muchas especies maderables en la captura de carbono, sino que también promueven la protección del suelo mediante la acumulación de hojarasca, que mejora la retención de humedad y reduce la erosión.

En los últimos años, diversas instituciones han promovido extensas plantaciones de *Guadua angustifolia* en la región de Leoncio Prado, Perú. No obstante, a pesar del creciente interés por su uso en proyectos de reforestación y adaptación al cambio climático, persiste una escasez de información cuantitativa sobre la acumulación de biomasa aérea (culmos, ramas y hojas) y de hojarasca en estos sistemas. Esta información es clave para estimar la cantidad de carbono almacenado y evaluar el papel de estas plantaciones en la mitigación del cambio climático inducido por el ser humano.

En este contexto, la presente investigación se enfoca en cuantificar la biomasa

aérea y la hojarasca en una plantación de *Guadua angustifolia Kunth* de tres años de edad, ubicada en la provincia de Leoncio Prado. Con esta finalidad, se plantea la interrogante: ¿cuál es la cantidad de biomasa aérea y de hojarasca acumulada en dicha plantación? La respuesta a esta pregunta permitirá estimar la contribución de estas plantaciones en la reducción de gases de efecto invernadero, así como generar lineamientos técnicos para un manejo sostenible.

Este estudio busca además validar la hipótesis de que la biomasa aérea presenta un rendimiento significativamente mayor en comparación con la biomasa de hojarasca, proporcionando así un escenario realista de acumulación de biomasa y carbono orgánico en ecosistemas de bambú. La información generada será de utilidad para la toma de decisiones por parte de comunidades, gestores forestales y formuladores de políticas ambientales, contribuyendo a estrategias de sostenibilidad y resiliencia climática.

La estimación de biomasa y carbono en *Guadua angustifolia Kunth* ha sido objeto de múltiples investigaciones en Latinoamérica, destacando su relevancia ecológica y económica. Aguirre et al. (2018) realizaron estudios comparativos entre *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii* en México, reportando una biomasa aérea total de hasta 103,40 Mg ha⁻¹ en la segunda especie y 47,67 Mg ha⁻¹ en la primera, seleccionando el 10% de las plantas por hectárea. En Costa Rica, Briceño (2018) desarrolló modelos alométricos que arrojaron valores de biomasa de entre 12,49 y 12,90 Mg ha⁻¹.

Molina et al. (2018) en Colombia estimaron una biomasa aérea total de 82,47 t/ha, con una mayor proporción en el fuste (71%), seguido por ramas (22%) y hojas (7%). De manera similar, Fonseca y Rojas (2015) encontraron que los culmos representan en promedio más del 87% de la biomasa total y hasta un 34% del carbono total del ecosistema.

En Perú, investigaciones como la de García et al. (2009) evidenciaron un almacenamiento total de carbono de 242,66 t C ha⁻¹ en bosques con presencia de *Guadua sarcocarpa*, donde la biomasa aérea aportó significativamente al total. Asimismo, estudios de Herrera y Rojas (2007) cuantificaron una producción de hojarasca de hasta 10,88 t/ha/año en condiciones naturales. Esta dinámica estacional fue también confirmada por Aguirre et al. (2009), quienes reportaron incrementos anuales significativos en biomasa, pasando de 407,34 t a 506,14 t en un año. En el ámbito de modelamiento alométrico, Nuñez y Ramírez (2022), López (2023), Oblitas (2022), y Becerra (2020) han desarrollado ecuaciones con coeficientes de determinación (R²) superiores a 0,75, evidenciando una relación robusta entre variables dasométricas y

biomasa. Camargo et al. (2023) observaron además que factores como pendiente, precipitación y densidad de culmos afectan significativamente el contenido de carbono.

Finalmente, Espejo (2024) evaluó biomasa aérea y hojarasca en varias especies de *Guadua* en la Amazonía peruana, obteniendo valores de hasta 48,41 t/ha de biomasa aérea y 23,66 t/ha de hojarasca, reafirmando el papel relevante de estas especies en la captura de carbono y el manejo sostenible de suelos.

1. Materiales y métodos

1.1. Ubicación y características del lugar de investigación

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo, Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth de tres años de establecimiento, ubicada en un área de 1500 m² con un sistema de siembra de 5 m × 5 m. Esta plantación se encuentra situada políticamente en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

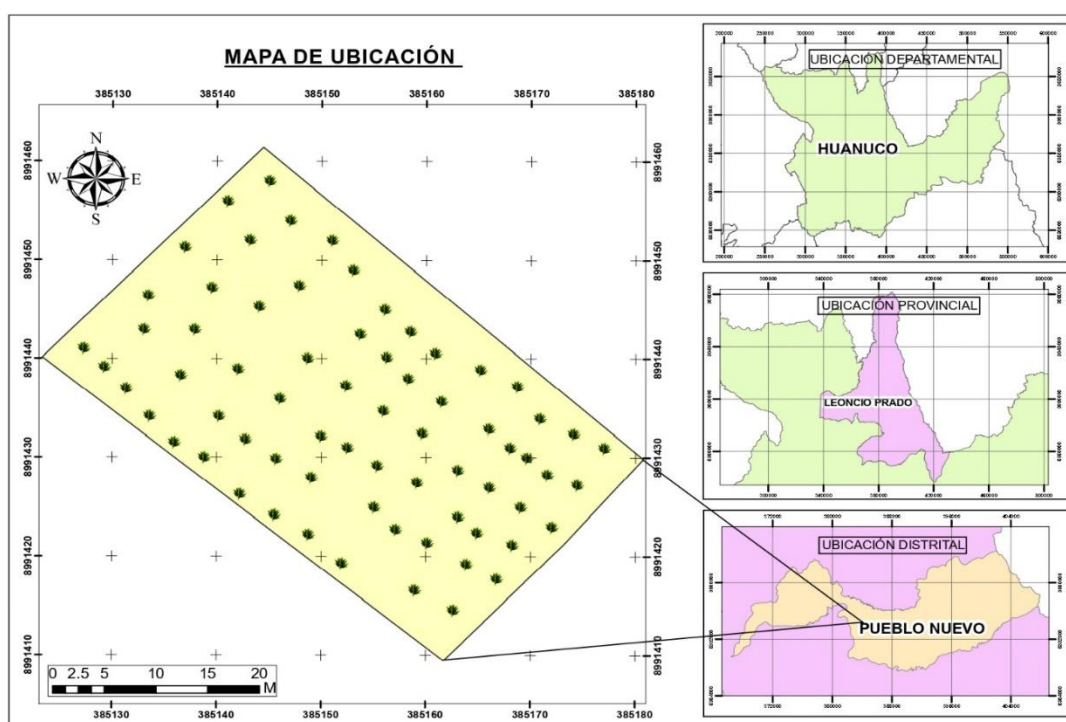


Figura 1. Ubicación de la plantación de *G. angustifolia*

Las muestras obtenidas fueron trasladadas al Laboratorio de Certificación de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1.2. Metodología

1.2.1. Cuantificación de biomasa aérea por componente de *G. angustifolia*

En la etapa inicial del proceso de cuantificación, se realizó un inventario con el objetivo de seleccionar los culmos según su estado de madurez. La diferenciación entre culmos maduros y verdes se basó en la presencia de líquenes, los cuales son característicos en los culmos maduros, a diferencia de los verdes. Se seleccionó el 10% del total de culmos por estado de madurez de *Guadua angustifolia*, en proporción a su clase diamétrica. El diámetro se midió a 30 cm desde la base del suelo. Posteriormente, los culmos seleccionados fueron derribados y se registró su longitud total. El apeo se efectuó utilizando una sierra de arco. El fuste de cada culmo fue segmentado en tres secciones: base, medio y ápice, para pesar cada componente en estado fresco. A continuación, se tomaron submuestras representativas de aproximadamente 1 kg, las cuales fueron trasladadas al laboratorio, donde se colocaron en una estufa para su secado, a una temperatura de 80 a 90 °C durante 72 horas.

Asimismo, se procedió al corte de las ramas, y posteriormente se realizó el deshoje manual. Cada componente (ramas y hojas) fue pesado por separado en estado fresco. Se tomaron submuestras representativas de 500 g para las ramas y 200 g para las hojas, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para su secado en estufa, a una temperatura de entre 80 y 90 °C durante 72 horas, hasta alcanzar peso constante.

Para la determinación de la biomasa se empleó la siguiente ecuación:

$$B \text{ (kg)} = (\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}$$

Bt	= Biomasa total
PSM	= Peso seco de la muestra
PFM	= Peso fresco de la muestra
PFT	= Peso fresco total

$$Bt \text{ (kg/árbol)} = Bf + Br + Bh$$

Bt	= Biomasa total
Bf	= Biomasa del fuste
Br	= Biomasa de las ramas
Bh	= Biomasa de hojas

1.2.2. Generación de modelos alométricos para biomasa aérea total de *G. angustifolia*

Una vez obtenida la sumatoria de la biomasa aérea seca (MS) de los componentes —ramas, hojas y culmos—, se consideraron como variables independientes el diámetro a 30 cm del suelo y la altura total, siendo la biomasa la variable dependiente. Con estos

datos, se analizaron distintos modelos alométricos para la estimación de la biomasa, aplicando transformaciones de potencia y logaritmo natural (LN), incluyendo la prueba de Atkinson como parte del proceso de ajuste. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software InfoStat.

La selección del modelo óptimo se realizó mediante la verificación de los supuestos estadísticos y la comparación de estadígrafos como el coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) y el Error Cuadrático Medio de Predicción (ECMP). En todos los casos, las pruebas de hipótesis se efectuaron con un nivel de significancia del 0.05.

$$BT = B_0 + B_1 * dap$$

1.2.3. Cuantificación de biomasa de hojarasca (t ha) de *G. angustifolia*

Para la cuantificación de la biomasa de hojarasca, se siguió el protocolo metodológico reportado por Arévalo et al. (2002), citado por el Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF). Este método consistió en la estimación de la capa de mantillo o hojarasca, incluyendo otros materiales muertos como ramillas y pequeñas ramas, mediante el uso de cuadrantes (trampas) de 1 m × 1 m. Estas trampas fueron colocadas a una altura de 50 cm del suelo y construidas con estructuras de bambú y malla Raschel, distribuidas de forma sistemática en toda la plantación de *Guadua angustifolia*.

La recolección de la hojarasca acumulada en cada trampa permitió registrar el peso fresco total. Posteriormente, se tomó una submuestra representativa de 200 g, la cual fue colocada en bolsas de papel y trasladada al laboratorio, donde se secó en estufa a una temperatura de 75 °C hasta alcanzar peso constante, a fin de obtener el peso seco.

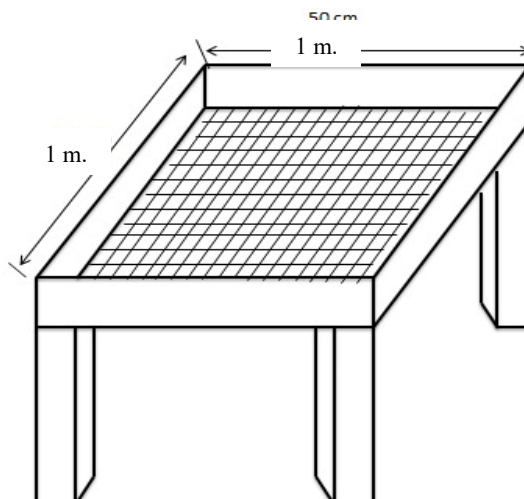


Figura 2. Cuadrante de 1 m. x 1 m. para colectar la hojarasca

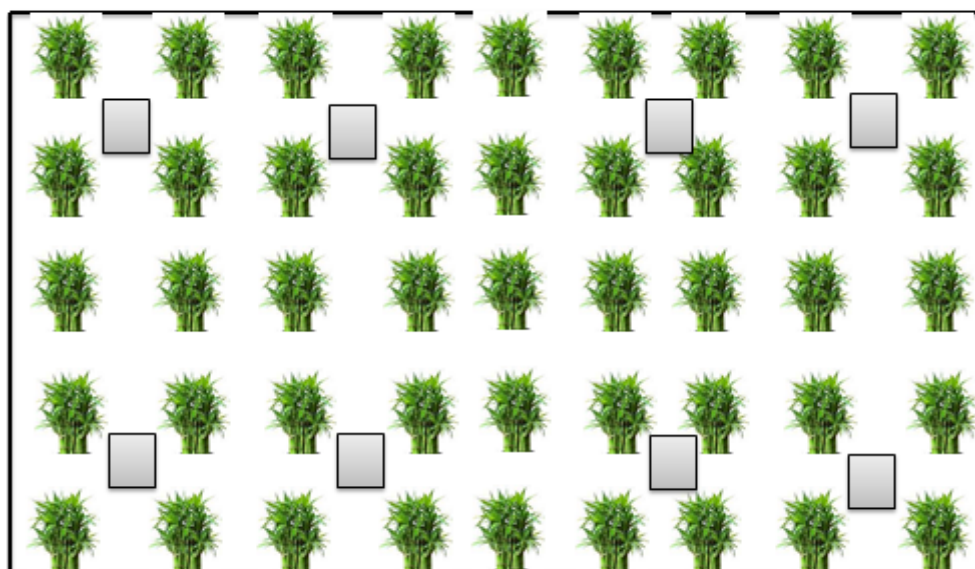


Figura 3. Instalación de cuadrantes de 1 m. x 1 m. para la biomasa de hojarasca

Para el cálculo de la biomasa de hojarasca se utilizó la siguiente expresión

$$Bh \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(PSM / PFM) \times PFT] \times 0.01$$

Dónde:

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca (t ha⁻¹)

PSM = Peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = Peso total por metro cuadrado (g)

0.04 = Factor de conversión cuando es de 1 m. x 1 m.

1.2.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue no experimental, dado que no se realizó manipulación deliberada de las variables. El tipo de estudio correspondió a un enfoque cuantitativo de tipo correlacional, orientado a establecer relaciones entre las variables de diámetro, altura y biomasa seca (MS). Asimismo, se empleó estadística descriptiva para el análisis de datos, utilizando medidas como valor máximo, mínimo, promedio, coeficiente de variación (CV) y distribución de frecuencias, presentadas mediante tablas.

- Variables Independientes

Altura, Diámetro del culmo.

- Variables dependientes

Biomasa aérea (hojas, ramas y culmos)

Biomasa de hojarasca

2. Resultados y discusión

2.1. Biomasa aérea por componente (culmo, ramas, hojas) en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth

Se presentan los resultados promedio de la biomasa de los culmos maduros de la especie *Guadua angustifolia*, evaluados por componente (fuste, ramas y hojas), así como la biomasa aérea total, clasificados según clases diamétricas.

En cuanto a la biomasa del fuste, se registró un valor mínimo de 0,230 kg/ha en la clase diamétrica de 0,72–1,39 cm, y un valor máximo de 19,936 kg/ha en la clase de 4,10–4,78 cm. Para la biomasa de las ramas, se obtuvo un mínimo de 0,140 kg/ha en la clase 0,72–1,39 cm, y un máximo de 19,935 kg/ha en 4,10–4,78 cm. Respecto a la biomasa de hojas, el valor más bajo fue de 0,0960 kg/ha en la clase 0,72–1,39 cm, y el más alto fue de 2,624 kg/ha en la clase 4,78–5,45 cm. Finalmente, la biomasa aérea total, considerando todos los componentes, presentó su valor más bajo en la clase 0,72–1,39 cm, con 0,466 kg/ha, mientras que el valor más alto se encontró en la clase 4,10–4,78 cm, con 32,0401 kg/ha (**Tabla 1**).

Tabla 1. Resultados promedio de la biomasa de los culmos maduros por cada uno de sus componentes según la clase diamétrica.

Clase diamétrica (cm)	Nº de culmos	Biomasa del fuste (kg/1500 m ²)	Biomasa de ramas (kg/1500 m ²)	Biomasa de hojas (kg/1500 m ²)	Biomasa aérea total (kg/1500 m ²)
0.72 - 1.39	3	0.230	0.140	0.096	0.466
1.39 - 2.07	5	1.026	0.358	0.171	1.555
2.07 - 2.75	8	3.145	2.775	0.702	6.623
2.75 - 3.42	10	8.849	3.567	1.016	13.432
3.42 - 4.10	9	12.137	10.041	1.391	23.569
4.10 - 4.78	6	19.936	9.574	2.531	32.040
4.78 - 5.45	4	13.779	13.602	2.624	30.005
5.45 - 6.13	1	3.129	2.208	0.454	5.790
6.13 - 6.81	1	7.185	4.732	0.765	12.682
6.81 - 7.38	1	3.763	2.440	0.257	6.460
Total (kg/1500 m ²)		73.1793	49.4376	10.0059	132.623
Total (tn/ha)		4.879	3.296	0.667	8.842

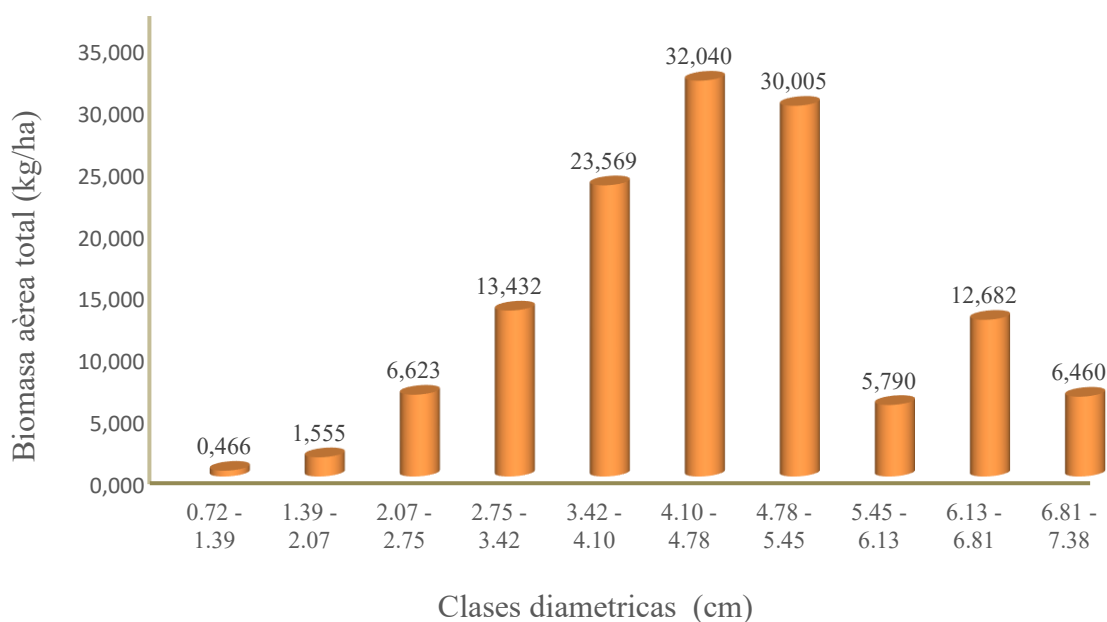


Figura 4. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica.

En la **Figura 3** se presenta la comparación de la biomasa aérea promedio de los culmos maduros de *Guadua angustifolia* por clase diamétrica. Se observa un valor mínimo de 0,466 kg/ha en la clase diamétrica 0,72–1,39 cm, mientras que el valor máximo fue de 32,040 kg/ha en la clase 4,10–4,78 cm, superando notablemente al resto de las clases diamétricas evaluadas.

En relación con otras investigaciones sobre la especie *G. angustifolia*, Fonseca y Rojas (2016), en un estudio realizado en Costa Rica con el objetivo de estimar la biomasa por componente, reportaron para los culmos maduros una biomasa en el fuste de 42,03 t/ha, en las ramas 4,13 t/ha, en las hojas 3,93 t/ha, y una biomasa aérea total de 50,09 t/ha, valores considerablemente superiores a los encontrados en la presente investigación.

Por otro lado, Aguirre et al. (2009), en un estudio sobre la especie *Guadua spp.*, reportaron una biomasa aérea total de 47,76 kg en culmos maduros, desglosada en 40,52 kg para tallos, 5,57 kg para ramas y 1,68 kg para follaje. Estos resultados muestran diferencias sustanciales en los rangos de biomasa en comparación con los obtenidos en esta investigación.

Como se muestra en la **Tabla 2**, se presentan los valores promedio de biomasa de los culmos verdes de *Guadua angustifolia*, desglosados por componente y clasificados según clases diamétricas.

Para la biomasa del fuste, se registró un valor máximo de 68,156 kg/ha en la clase diamétrica 7,10–8,01 cm, y un valor mínimo de 0,195 kg/ha en la clase 0,71–1,62 cm. En el caso de la biomasa de ramas, el valor más bajo fue de 0,147 kg/ha en la clase 0,71–1,62 cm, mientras que el más alto correspondió a 20,778 kg/ha en la clase 4,36–5,27 cm. Para la biomasa de hojas, se observó un mínimo de 0,080 kg/ha en la clase 0,71–1,62 cm, y un máximo de 22,063 kg/ha en la clase 5,27–6,18 cm. Finalmente, la biomasa aérea total mostró un valor mínimo de 0,422 kg/ha en la clase diamétrica 0,71–1,62 cm, y un valor máximo de 89,966 kg/ha en la clase 7,10–8,01 cm.

En la **Figura 4** se muestra la comparación de la biomasa aérea total de los culmos verdes de *Guadua angustifolia* según clase diamétrica. La clase 7,10–8,01 cm presentó el valor más alto, con 89,966 kg/ha, mientras que la clase 0,71–1,62 cm registró el valor más bajo, con 0,422 kg/ha, en comparación con las demás clases evaluadas.

Tabla 2. Resultados promedio de la biomasa de los culmos verdes por cada uno de sus componentes según la clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)	Nº de culmos	Biomasa del fuste (kg/ha)	Biomasa de ramas (kg/ha)	Biomasa de hojas (kg/ha)	Biomasa aérea total (kg/ha)
0.71 - 1.62	2	0.195	0.147	0.08	0.422
1.62 - 2.54	4	1.509	0.864	0.332	2.705
2.54 - 3.45	5	5.878	3.142	2.065	11.084
3.45 - 4.36	9	16.068	8.479	5.789	30.336
4.36 - 5.27	12	39.038	20.778	10.395	70.211
5.27 - 6.18	9	46.847	19.196	22.063	88.106
6.18 - 7.10	6	39.046	7.697	8.043	54.787
7.10 - 8.01	6	68.156	13.888	7.923	89.966
8.01 - 8.92	2	40.198	7.275	5.424	52.897
8.92 - 9.85	1	14.406	3.07	3.2	20.676
Total (kg/ha)		271.3413	84.5366	65.3126	421.1905
Total tn/ha		18.089	5.636	4.354	28.079

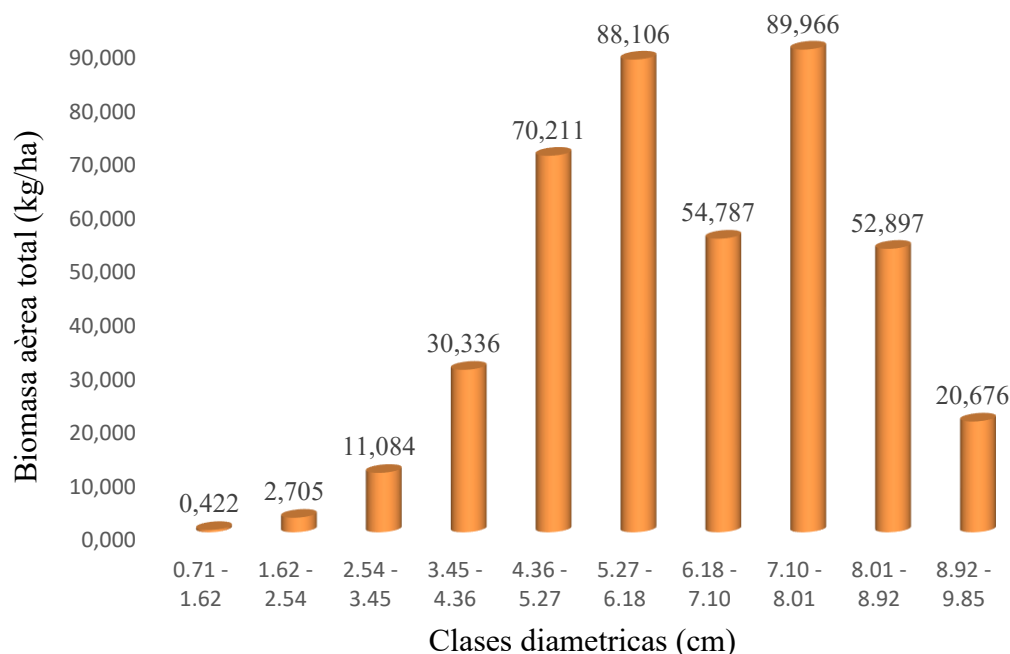


Figura 5. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica

En relación con estos resultados, Nuñez y Ramírez (2022), en un estudio sobre la determinación de biomasa de *G. angustifolia* en Satipo, reportaron una biomasa aérea total promedio de 77,249 t/ha, valor que se encuentra dentro del rango de los resultados

obtenidos en la presente investigación. De manera similar, Molina y Montealegre (2018), en Colombia, reportaron una biomasa en el fuste de 58,76 t/ha (71%), en ramas 17,76 t/ha (22%) y en hojas 5,94 t/ha (7%), con una biomasa aérea total de 82,47 t/ha, valores que coinciden ampliamente con los observados en este estudio.

En conclusión, las diferencias entre los valores reportados por diversos autores pueden atribuirse a múltiples factores, tales como la variabilidad genética de la especie, las condiciones climáticas y edáficas del sitio, la edad de la plantación, la densidad de siembra, y las prácticas de manejo aplicadas. Un manejo silvícola adecuado que considere estos factores puede favorecer el desarrollo óptimo de los culmos jóvenes y, en consecuencia, una mayor acumulación de biomasa.

Tabla 3. Datos totales de biomasa área por cada componente y estado de madurez.

Estado de madurez	Culmo (tn/ha)	Ramas (tn/ha)	Hojas (tn/ha)	Total (tn/ha)
Verdes	18.09	5.64	4.35	28.08
Maduros	4.88	3.30	0.67	8.84
Total	22.97	8.93	5.02	36.92

En la **Figura 5** se presenta la distribución porcentual de la biomasa por componente en la especie *Guadua angustifolia*, diferenciada según el estado de madurez de los culmos.

Para los culmos verdes, la biomasa del fuste alcanzó un valor de **64,42%**, constituyéndose como el componente predominante en comparación con ramas y hojas. De manera similar, en los culmos maduros, la biomasa del fuste representó el **55,20%** del total, superando también a los demás componentes. Estos resultados indican que el fuste es el principal reservorio de biomasa en ambos estados de madurez.

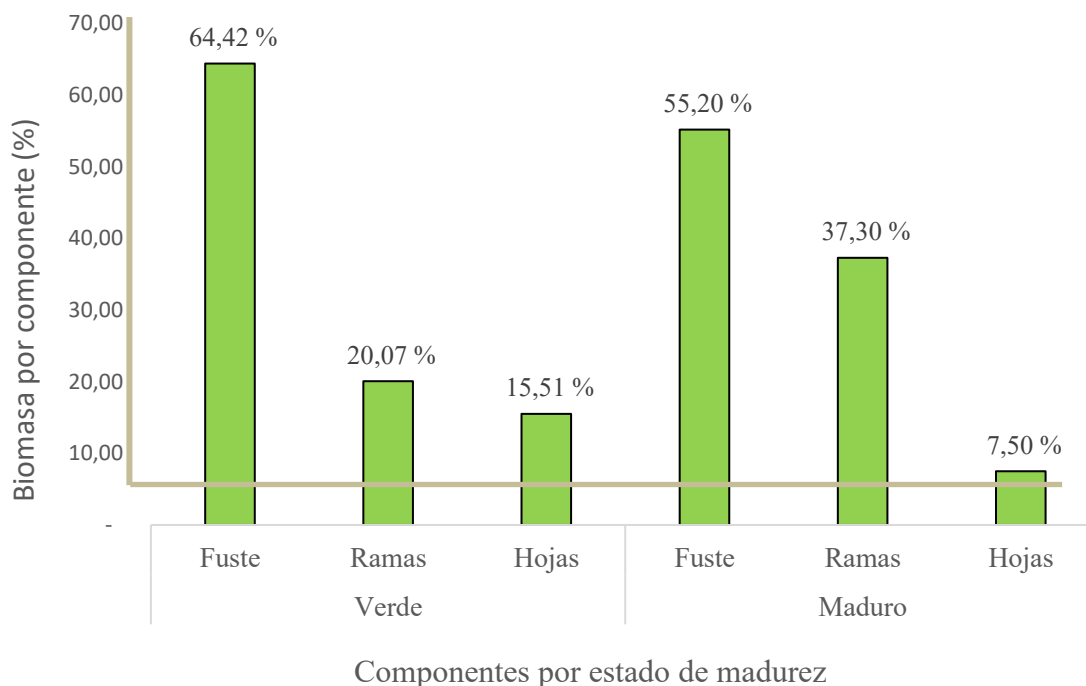


Figura 6. Biomasa por cada componente en porcentajes, según su estado de madurez

2.2. Modelos alométricos a partir de variables dasométricas, para la estimación de biomasa aérea total (culmos, ramas, hojas) en *Guadua angustifolia* Kunth

Como se muestra en la **Tabla 4**, se presentan las ecuaciones alométricas generadas a partir de las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total, para la especie *Guadua angustifolia*, según las clases diamétricas de los culmos en estado verde.

El coeficiente de determinación (R^2) más alto se obtuvo en la clase diamétrica 0,71–4,36 cm, con un valor de 0,8627, indicando una fuerte relación entre las variables predictoras y la biomasa. En contraste, la clase 4,36–7,10 cm presentó el R^2 más bajo, con un valor de 0,4254.

En general, los valores del coeficiente de determinación obtenidos son aceptables, ya que algunos se acercan a 1, lo que refleja una adecuada capacidad explicativa de los modelos alométricos empleados.

Tabla 4. Ecuaciones alométricas generadas por las variables dasométricas, por cada clase diamétrica de los culmos en estado joven.

Clase diamétrica	Tipo de Ecuación	Variables	Ecuación	R ²
0.71 - 4.36	Ecuación polinómica	Biomasa* DAP	$y = -0.034x^2 + 1.6381x - 2.3861$	0.8627
4.36 - 7.10	Ecuación polinómica	Biomasa* DXH	$y = -0.3154x^2 + 8.7916x + 2.8479$	0.4254
7.10 - 9.85	Ecuación polinómica	Biomasa* DXH	$y = -0.0472x^2 + 4.2132x + 34.385$	0.6759

En la **Tabla 5** se presentan las ecuaciones alométricas generadas a partir de las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total, para la especie *Guadua angustifolia*, clasificadas por clases diamétricas de los culmos en estado maduro.

Se observa un coeficiente de determinación (R²) aceptable de 0,8406 en la clase diamétrica 2,75–4,78 cm. No obstante, en la clase 4,78–7,38 cm, el valor del coeficiente de determinación disminuye a 0,3643, siendo este el más bajo en comparación con las demás clases, lo que indica una menor capacidad explicativa del modelo en dicho intervalo.

Tabla 5. Ecuaciones alométricas generadas por las variables dasométricas, por cada clase diamétrica de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de Ecuación	Variables	Ecuación	R ²
0.72 - 2.75	Ecuación polinómica	Biomasa* DAP	$y = 0.2372x^2 - 0.2864x + 0.1425$	0.7791
2.75 - 4.78	Ecuación polinómica	Biomasa* DAP	$y = 0.658x^2 - 2.2519x + 1.871$	0.8406
4.78 - 7.38	Ecuación polinómica	Biomasa* DXH	$y = 0.4853x^2 - 6.6897x + 54.865$	0.3643

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las ecuaciones alométricas generadas por las variables de DAP y altura en cada clase diamétrica de la especie *G.*

angustifolia, donde para los culmos verdes se presenta una ecuación $y = -0.034x^2 + 1.6381x - 2.3861$ con un R^2 de 0,8627 y para los culmos maduros una ecuación $y = 0.658x^2 - 2.2519x + 1.871$ un R^2 de 0,8406.

En ese sentido en investigaciones para misma especie el autor Oblitas (2022) en su estudio en Amazonas-Perú, obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0,78, el cual resulta ser inferior al de la investigación realizado; similarmente, en un estudio en Colombia el autor López (2023) obtuvo un coeficiente de determinación de (R^2) de 0.45 el cual difiere con los resultados del estudio realizado. Por otro lado, los autores Nuñez y Ramirez (2022) en su investigación en Satipo-Perú, obtuvo una ecuación alométrica con un R^2 de 0,9546, valor superior a los resultados de la investigación, cercano a la unidad (1), lo que significa que es un valor aceptable. Desde otro punto de vista, en la especie *Guadua sarcocarpa* los autores Garcia et al. (2009), en su estudio en Ucayali-Perú, presentaron una ecuación de Biomasa (kg) = $-3.614311904 + 2.558090732 \times DC$ y un coeficiente de determinación de ($R^2= 0.89$) el cual concuerda con el de la investigación realizada.

Tabla 6. Ecuaciones alométricas para culmos en estado maduro y verde.

Estado de madurez	Tipo de Ecuación	Ecuación	R^2
Verde	potencial	$y = 0.12x^{2.4217}$	0.7954
Maduro	polinómica	$y = 0.1635x^2 + 0.6309x - 1.5383$	0.753

y: biomasa aérea total, x: diámetro a 30 cm del suelo.

Por último, la diferencia entre los resultados en una misma especie de estudio puede ser probablemente por las características del lugar de estudio donde se encuentra establecida la especie, además, del desarrollo de diámetro y altura por las actividades silviculturales empleadas, asimismo, la edad del árbol en estudio. Cabe recalcar que, el coeficiente de determinación (R^2) muestra la proporcionalidad entre dos variables y un valor aceptable es aquel que se acerca a la unidad (1).

2.3. Biomasa de hojarasca por superficie en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth

En la **Tabla 7** se presentan los resultados del análisis descriptivo de la biomasa de hojarasca por unidad de superficie en una plantación de *Guadua angustifolia*. Las evaluaciones realizadas muestran que la media más alta se registró en la quinta

evaluación, con un valor de 0,78 t/ha, mientras que la media más baja correspondió a la primera evaluación, con 0,06 t/ha, en comparación con las demás mediciones efectuadas durante el estudio.

Tabla 7. Datos de la biomasa de la hojarasca mediante el análisis descriptivo.

Evaluaciones	N	Media	D.E	E. E	C.V (%)	Min	Max
Primero	8	0.06	0.07	0.03	113.95	0	0.19
Segundo	8	0.33	0.29	0.1	87.44	0.04	0.94
Tercera	8	0.26	0.24	0.08	90.29	0.08	0.83
Cuarta	8	0.7	0.59	0.21	84.26	0.07	2.02
Quinta	8	0.78	0.27	0.1	35.02	0.25	1.21
Sexta	8	0.76	0.16	0.06	20.47	0.56	0.99

D.E.: Desviación estándar, E. E.: Error Estándar, C.V. (%): Coeficiente de variación porcentual, Min.: mínimo, Max.: Máximo

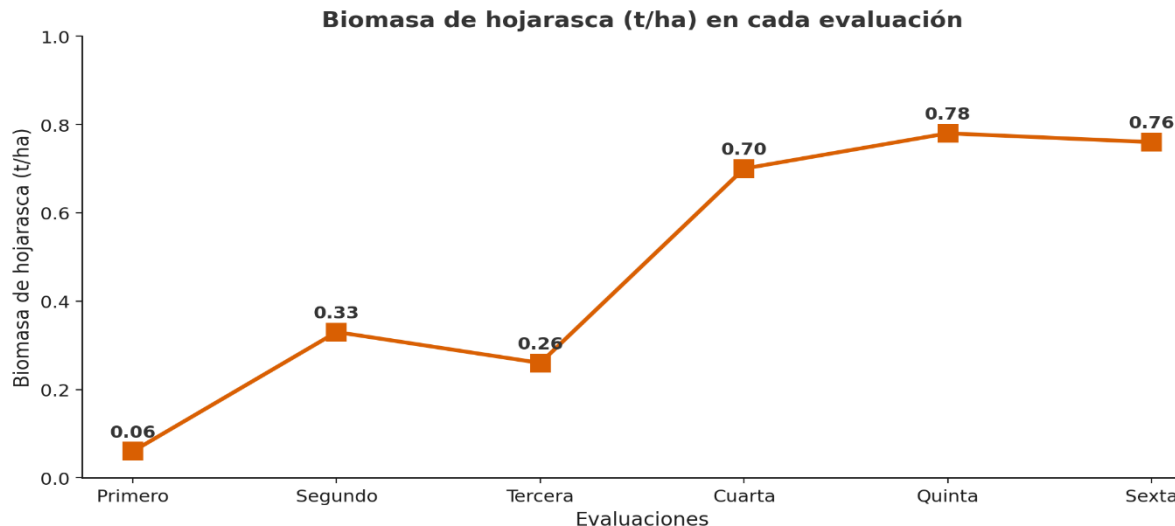


Figura 7. Comparación de la biomasa obtenida durante los seis meses de evaluación.

En la Figura 7 se muestra la comparación de la biomasa de hojarasca (t/ha) a lo largo del periodo de evaluación comprendido entre julio y diciembre. Se observa que las últimas evaluaciones —correspondientes a la cuarta, quinta y sexta medición— presentan valores más altos, con medias de 0,70, 0,78 y 0,76 t/ha, respectivamente. En contraste, las tres primeras evaluaciones —primera, segunda y tercera— registraron

valores inferiores, con medias de 0,06, 0,33 y 0,26 t/ha, respectivamente. De acuerdo con los resultados, el mes de noviembre presentó la media más alta de biomasa de hojarasca, superando al resto de los meses evaluados.

Con relación a lo anterior, en investigación en la misma especie los autores Herrera y Rojas (2007) en Colombia, presentaron una biomasa en la necromasa de 1,88t/ha, la cual resulta ser superior en comparación con los datos de la investigación realizada. Por otro lado, en investigaciones de otras especies Espejo (2024) en *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua superba* y *Guadua weberbaueri* en Ucayali y San Martín, obtuvo para la biomasa en la hojarasca en la especie *G. superba* un 23,66t/ha, en la especie *G. lynnclarkiae* un 4,80t/ha, en la especie *G. weberbaueri* un 2,57t/ha, valores que difieren con lo obtenido en el estudio; asimismo, el autor García et al. (2009) en la especie *Guadua sarcocarpa* en Ucayali, Perú, presentó en la biomasa en la necromasa un 14,39t/C ha⁻¹, valor superior al obtenido en los resultados del estudio.

Para concluir, la variación en los resultados de la biomasa en la necromasa se da probablemente a factores abiótico y bióticos en los cuales se encuentran las condiciones climáticas que pueden influenciar en la descomposición de la hojarasca, también, las diferentes especies, debido a que presentan diferentes composición física y química en la hojarasca.

Conclusiones

- La biomasa obtenida en la plantación de *Guadua angustifolia* fue de 22,968 t/ha para el fuste, 8,932 t/ha para las ramas y 5,021 t/ha para las hojas, lo que representa una biomasa aérea total de 36,921 t/ha.
- El modelo alométrico generado a partir de las variables dasométricas para estimar la biomasa aérea y que mejor se ajusta al R², para los culmos verdes es: $y = 0.12x^{2.4217}$, para culmos maduros es: $y = 0.1635x^2 + 0.6309x - 1.5383$.
- La biomasa de hojarasca estimada en la plantación fue de **0,78 t/ha**, destacando su importancia en el aporte de materia orgánica al suelo.

Referencias

- Agroempresarial S.A. (2012). Plan de Aprovechamiento y manejo de flora silvestre: *Guadua*, en el concepto del núcleo forestal productivo. Agroempresarial S.A.
- Aguirre, D., & Gutiérrez, A. (2009). Potencial de captura de carbono de la *Guadua* spp,

por estadíos en el bosque local “El Maronal de Atumplaya”. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/198>

Aguirre, J., Ramírez, B., Cadena, J., Juárez, J., Caso, L., & Martínez, D. (2018). Biomasa y carbono en *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii* en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México. *Biología tropical*, 66(4): 1701-1708. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.33364>

Arévalo, L., Alegre, J. y Palm, CH. (2002). Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú.

Briceño, E. (2018). Modelos ajustados para biomasa de culmos de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) individuales en rodales manejados en el sur de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 32(2): 3-17.

Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., kauppi, P. (1996). Mitigation of carbon emission to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry*, 75(1): 80-91.

Camargo, J., Criollo, M., Aguirre D., (2023). Variabilidad del contenido de carbono en bosques de *Guadua Angustifolia* Kunth del eje cafetero colombiano. *Revista ambiental, agua, aire y suelo*. 14(1): 25-38. <https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2750>

Castaño, F., & Moreno, R. (2004). *Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento*. Proyecto manejo sostenible para bosques de Colombia.

Del Valle-Arango, J. I. (2003). Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico colombiano. *Interciencia*, 28(3), 148–153. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442003000300006&script=sci_arttext

Espejo, D. (2024). Captura de carbono de tres especies de bambú nativo en ecosistemas de San Martín y Ucayali. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6238/espejo-briceno-david-jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fernández, H. (2004). Proyecto de inversión de Bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Guatemala. EGM.

Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*. 51(2): 91-109. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

Fonseca, W., & Rojas, M. (2015). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y desarrollo*, 20(8): 85-98. <http://10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc>

García, D., & Del Castillo, D. (2013). Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la Comunidad Nativa Bufo Pozo, Ucayali, Perú. *Folia Amazónica*, 22(2): 105-113. <https://doi.org/10.24841/fa.v22i1-2.53>

González, M. (2008). Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus masiminoi* H. E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* Mtz, y *Quercus* sp. en el norte del estado de Chiapas, México. [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza] Repositorio CATIE <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:80/handle/11554/1699>.

Herrera, R., Rojas, A. (2007). Cuantificación de biomasa y aporte al suelo en *Guadua angustifolia* Kunt, en “la hacienda la guaira” municipio de Alvarado Tolima [Tesis de Ingeniero, Universidad de Tolima]

Judziewicz, E. (1999). *American Bamboos*. Smithsonian Institution Press Washington and London. United States of American.

Kumar, A., & Sastry, C.B. (1999). INBAR Red internacional del Bambú y el Ratán. Los productos forestales no madereros y la generación de ingresos. *Unasylva*, 50:48-53.

Londoño, P. (2002). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. Universidad Nacional de Colombia.

Londoño, X. (1990). Estudio botánico, ecológico, silvicultura, económico e industrial de las Bambusoideae de Colombia. ITTO, Ministerio de Agricultura.

Londoño, X. (2010). Identificación Taxonómica de los Bambúes de la Región Noroccidental del Perú. ITTO, Ministerio de Agricultura.

Marín, M., & Jiménez, A. (2004). *Bambú*. Editorial de Puebla.

Martinelli, L., Moreira, Z., Brown, S., Victoria, L. (1994). Incertezas Asociadas as Estimativas de Biomasa em Florestas Tropicais: O exemplo de uma floresta situada no estado de Rodônia. En: Seminário Emissao y seqüestro de CO₂ - Uma nueva oportunidad de negócios 118 para o Brasil. Companhia Vale do Rio Doce.

Mercedes, J. (2006). Cultivo del bambú: Guía técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF).

Molina, D., & Montealegre, W. (2018). Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guaduales. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Abierta y A Distancia] Tesis no publicada.

Núñez, A., & Ramirez, M. (2022). Estimación del potencial de captura de carbono en las plantaciones de guadua *angustifolia*, Río Negro – Satipo.

Oblitas, W. (2022). Ecuaciones alométricas para la estimación de captura de CO₂ en plantaciones de *Guadua angustifolia* para diámetro y altura, en Aramango, Amazonas, 2020. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5106/Tesis%20Wendoly%20Oblitas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Orozco, L. Brumér, C. (2002). Inventarios Forestales para Bosque Latifoliados en América Central. Ed. E Mora Lobo. Turrialba, CR. CATIE

Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., & Wagner, F. (2003). Intergovernmental Panel on Climate Change Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

Phillips, T. (2013). Bambú. Universidad de Kentucky – Colegio de Agricultura.

Ramírez, G., Molina, D., & Montealegre, W. (sf). Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca hidrográfica del río Guarapas municipio de Pitalito Huila. *Ecapma*, 5(2), 41 – 53.

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright

La Revista Latinoamericana de Difusión Científica declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia CreativeCommons

Esta obra está bajo una Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

