

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y DE HOJARASCA EN
UNA PLANTACIÓN DE *Guadua angustifolia* Kunth, DE TRES AÑOS DE
ESTABLECIDO, EN LEONCIO PRADO.**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

CASTILLO ESPINOZA, YASSIRA ESTEPHANY

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María- Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 053-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de marzo de 2025, a horas 10 :00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

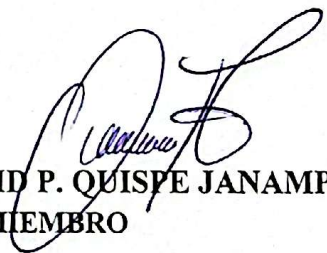
“CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y DE HOJARASCA EN UNA PLANTACIÓN DE *Guadua angustifolia* Kunth, DE TRES AÑOS DE ESTABLECIDO, EN LEONCIO PRADO”

Presentado por la Bachiller: **CASTILLO ESPINOZA, YASSIRA ESTEPHANY**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 07 de mayo de 2025

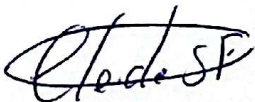

Ing. MSc. **RAÚL ARAUJO TORRES**
PRESIDENTE


Dr. **DAVID P. QUISPE JANAMPA**
MIEMBRO


Ing. MSc. **MARIBEL F. ROCA CAPCHA**
MIEMBRO


Ing. MSc. **EDILBERTO DIAZ QUINTANA**
ASESOR




Ing. MSc. **CLEIDE SANTOS FLORES**
ASESOR



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 315 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y DE HOJARASCA EN UNA PLANTACIÓN DE <i>Guadua angustifolia</i> Kunth, DE TRES AÑOS DE ESTABLECIDO, EN LEONCIO PRADO.	CASTILLO ESPINOZA, YASSIRA ESTEPHANY	13 % Trece	0 % Cero

Tingo María, 07 de octubre de 2025.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y DE HOJARASCA EN UNA
PLANTACIÓN DE *Guadua angustifolia* Kunth, DE TRES AÑOS DE ESTABLECIDO,
EN LEONCIO PRADO.**

Autor : CASTILLO ESPINOZA, Yassira Estephany

Asesor (es) : Ing. M. Cs. DIAZ QUINTANA, Edilberto
Ing. M, Cs. SANTOS FLORES, Cleide

Programa de investigación : Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales

Línea de investigación : Biomasa

Eje temático : Biomasa aérea y arbórea

Lugar de ejecución : Leoncio Prado

Duración : 6 meses

Financiamiento : 3,127.30

Tingo María – Perú

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir mis metas,
por enseñarme que con mucha perseverancia
y esfuerzo todo lo que uno se propone en la
vida se puede lograr.

A mis padres: José Castillo y Marisol Espinoza,
por su sacrificio y esfuerzo, por darme una
carrera para mi futuro y creer en mí, por su
amor, comprensión en los momentos más
difíciles y motivándome día a día para alcanzar
cada una de mis metas propuestas, por ser mi
motivo principal.

A mis hermanos José y Andrei, quienes
siempre me inspiraron a ser mejor, quienes
estuvieron de manera incondicional,
demostrándome que la familia es lo más
importante, que sin importar las dificultades
que existan en el camino siempre estarán
presentes.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser parte de ella y formarme profesionalmente, por haber sido participe de una de las mejores e importantes épocas de mi vida.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por compartir sus conocimientos durante el proceso de mi formación profesional. Por su paciencia y consejos.
- Al Ing. M. Cs. Diaz Quintana, Edilberto y al Ing. M. Cs. Santos Flores, Cleide, por su asesoramiento, orientación en la investigación, y su confianza brindada durante el proceso de la elaboración de tesis.
- A mi padre, por sus sabios consejos, perseverancia y ayuda en el proceso de la realización de mi tesis.
- A mis hermanos y familia en general, por el apoyo incondicional y creer en mí.

INDICE

Página	
I.	INTRODUCCIÓN..... 1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1.	Marco teórico 3
2.1.1.	Biomasa 3
2.1.2.	Generalidades del bambú..... 4
2.1.3.	<i>Guadua angustifolia</i> 6
2.1.4.	Métodos para estimar la biomasa 7
2.2.	Estado del arte..... 8
III.	MATERIALES Y METODOS 12
3.1.	Lugar de ejecución..... 12
3.1.1.	Ubicación política..... 12
3.1.2.	Ubicación geográfica..... 13
3.2.	Material y métodos 13
3.2.1.	Materiales y equipos 13
3.2.2.	Metodología..... 13
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION 18
4.1.	Biomasa aérea por componente (culmo, ramas, hojas) en una plantación de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth 18
4.2.	Modelos alométricos a partir de variables dasométricas, para la estimación de biomasa aérea total (culmos, ramas, hojas) en <i>Guadua angustifolia</i> Kunth..... 23
4.3.	Biomasa de hojarasca por superficie en una plantación de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth 25
V.	CONCLUSIONES..... 27
VI.	PROPUESTAS A FUTURO 28
VII.	REFERENCIAS 29
	ANEXO 33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Resultados promedio de la biomasa de los culmos maduros por cada uno de sus componentes según la clase diamétrica.	18
2. Resultados promedio de la biomasa de los culmos verdes por cada uno de sus componentes según la clase diamétrica.	20
3. Datos totales de biomasa área por cada componente y estado de madurez.....	22
4: Ecuaciones alométricas generadas por las variables dasométricas, por cada clase diamétrica de los culmos en estado joven.	23
5: Ecuaciones alométricas generadas por las variables dasométricas, por cada clase diamétrica de los culmos en estado maduro.	23
6: Ecuaciones alométricas para culmos en estado maduro y verde.	24
7: Datos de la biomasa de la hojarasca mediante el análisis descriptivo.....	25
8: Diámetro y biomasa por componente de cada uno de los culmos verdes seleccionados por clase diamétrica.	34
9: Diámetro y biomasa por componente de cada uno de los culmos maduros seleccionados por clase diamétrica.	35
10: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.	37
11: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable DxH, de los culmos en estado verde.	37
12: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable H, de los culmos en estado verde.	38
13: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.	38
14: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.	39
15: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable H, de los culmos en estado verde.	39
16: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.	40

17: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable DxH, de los culmos en estado verde.	40
18: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable H, de los culmos en estado verde.	41
19: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.	41
20: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.	42
21: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable H, de los culmos en estado maduro.	42
22: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.	43
23: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.	43
24: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable H, de los culmos en estado maduro.	44
25: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.	44
26: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.	45
27: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable H, de los culmos en estado maduro.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de la plantación de <i>G angustifolia</i>	12
2. Cuadrante de 1 m. x 1 m. para coleccionar la hojarasca	16
3. Instalación de cuadrantes de 1 m. x 1 m. para la biomasa de hojarasca.....	16
4. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica.....	19
5. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica.....	21
6. Biomasa por cada componente en porcentajes, según su estado de madurez.	22
7. Comparación de la biomasa obtenida durante los seis meses de evaluación.	25
8. Reconocimiento de la parcela.....	46
9. Toma de puntos con el GPS.	46
10. Inventario y selección de culmos verdes y maduros.	47
11. Medición del diámetro de los culmos a 30 cm. Del suelo.....	47
12. Instalación de las trampas para la recolección de hojarasca.....	48
13. Medición de la altura total y codificación de los culmos cortados.....	48
14. Recolección y pesaje del peso húmedo de la hojarasca.....	49
15. Seccionado de los culmos en base, medio y ápice.	49
16. Obtención de las ramas y hojas por culmo seleccionado	50
17. Pesaje en estado húmedo de las secciones del culmo (ápice, medio, base).	50
18. Muestras colocadas en la estufa para la obtención del peso seco.....	51
19. Pesaje en estado seco de los culmos, hojas y ramas.....	51

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 $Y = 0.12x^{2.4217}$; 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 claves: *Guadua angustifolia*, ecuación alométrica, biomasa aérea.

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: *Guadua angustifolia*, allometric equation, aboveground biomass.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años habido un incremento de pérdida de bosques debido a la deforestación, por efecto de la tala indiscriminada, minería ilegal, agricultura migratoria, etc., provocando efectos negativos al medio ambiente, donde las plantaciones de bambúes juegan un papel muy importante en el ambiente, ya que, por su rápido crecimiento, captura más CO₂ que las especies maderables, por lo que es necesario cuantificar la biomasa existente en estas gramíneas.

Las plantaciones de bambúes cuentan con un elevado potencial en proyectos de adaptación al cambio climático, debido a la acumulación de biomasa aérea y hojarasca, esta última se acumula en el sotobosque, que contribuye a disminuir la erosión y mantener la humedad por más tiempo, para así disminuir la erosión y retener nutrientes hasta quince veces más que las coberturas compuestas por pasturas.

En la región se han instalado grandes extensiones de plantaciones de bambú, por medio de instituciones, proyectos de reforestación, etc., sin embargo, existe poca información sobre la acumulación de biomasa aérea (culmo, ramas, hojas) y hojarasca, ya que es fundamental tener estos valores, pues de esta manera facilita la información sobre la cuantificación de carbono existente por unidad de superficie y cómo influye en el cambio climático por los gases de efecto invernadero provocados por el ser humano, por lo tanto se genera la siguiente interrogante ¿Cuánto será la biomasa aérea y de hojarasca en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth, de tres años de establecido, en la provincia de Leoncio Prado?

La cuantificación de la biomasa aérea y de hojarasca en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth es fundamental para entender su papel en la mitigación del cambio climático,

Conocer la cantidad de biomasa acumulada permite estimar su contribución en la reducción de gases de efecto invernadero, lo cual es crucial en un contexto global donde el cambio climático representa una amenaza significativa.

Este estudio no solo proporciona información valiosa para el manejo sostenible de las plantaciones de bambú, sino que también servirá como base para futuras investigaciones y proyectos de reforestación, permitiendo a las comunidades y responsables de políticas tomar decisiones informadas sobre el uso y manejo de *Guadua angustifolia*, y alineándose con los esfuerzos para promover la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático.

Esta problemática busca cuantificar la biomasa en sus componentes (culmo, ramas, hojas) y de hojarasca de *Guadua angustifolia* Kunth, es decir, que esta información se brindará a la población, bajo un escenario más real; buscando de manera eficiente la acumulación de biomasa y carbono orgánico y así mismo poder mitigar los efectos del cambio climático. Ante la presente investigación se contrastó la hipótesis que por lo menos la biomasa aérea tendrá un mayor rendimiento a comparación de la biomasa de hojarasca en los resultados obtenidos.

Objetivo general

- Cuantificar la biomasa aérea y la acumulación de hojarasca en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth, de tres años de establecido, en Leoncio Prado.

Objetivos específicos

- Cuantificar la biomasa aérea por componente (culmo, ramas, hojas) en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Generar un modelo alométrico a partir de variables dasométricas, para la estimación de biomasa aérea total (culmos, ramas, hojas) en *Guadua angustifolia* Kunth.
- Cuantificar la biomasa de hojarasca por superficie en una plantación de *Guadua angustifolia* Kunth.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Biomasa

La biomasa se puede definir como cualquier material de origen que excluya los combustibles fósiles o los derivados, ya sean derivados de residuos o subproductos y silvicultura, estiércol o biomasa cultivos microbianos o energéticos. Es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal procedente de un proceso biológico, incluidas las materias resultantes de transformaciones naturales o artificiales, es biomasa (FAO, 2019).

La adecuada determinación de la biomasa en el bosque es de vital importancia ya que, nos permite determinar las cantidades de carbono y otros elementos químicos existentes en sus componentes (Brown et al., 1996).

La biomasa puede medirse de manera directa o indirecta. La medición indirecta implica la recolección de datos en el campo y en inventarios, que luego se utilizan en ecuaciones y modelos matemáticos a través de análisis de regresión. Por otro lado, la medición directa consiste en talar y pesar el árbol para determinar su peso seco (Brown, 1996).

Así mismo su eficiencia se determina en la cantidad de gramos por árbol, kilogramo por árbol y/o toneladas por hectárea, sabiendo que el peso singularmente es más perceptivo que el volumen a diferencia de la calidad donde se ubique el árbol (González, 2008).

2.1.1.1. Biomasa forestal

La biomasa forestal incluye todo el material orgánico presente tanto en la superficie del suelo como debajo de él, ya sea vivo o muerto. Esto abarca cultivos, árboles, hojarasca, pastos y raíces (Penman et al., 2003).

Martinelli et al. (1994) concluye que la biomasa es la cantidad de material vegetal en un determinado bosque. La biomasa se consigue de la suma de todos los componentes que son: Biomasa aérea (al nivel del suelo), donde incluyen árboles y arbustos; y biomasa bajo al nivel del suelo, compuesta fundamentalmente por las raíces.

Asimismo, Penman et al., (2003) menciona que la biomasa aérea incluye toda la biomasa viva que se encuentra por encima del suelo, como el tocón, tronco, corteza, ramas, semillas y las hojas. En cambio, la biomasa subterránea está formada por raíces vivas, excluyendo raíces finas.

La cuantificación de la biomasa es crucial para los estudios sobre el reciclaje y el almacenamiento de nutrientes, especialmente en los bosques tropicales. Su interés aumento significativamente debido a las grandes emisiones de dióxido de carbono acumulado en la atmósfera, provocadas por los cambios en el uso de la tierra (Martinelli et al., 1994).

2.1.1.2. Hojarasca

Del Valle-Arango (2003) manifiesta que, la biomasa sintetizada por las plantas retorna al suelo en forma indirecta o en forma de materia orgánica, como frutos, flores, hojas, ramas, etc. donde la hojarasca se define como la acumulación de vegetales aéreos en el suelo durante un periodo de tiempo, determinado en peso seco.

De igual manera Herrera y Rojas (2007) menciona que la biomasa muerta, y/o necromasa, está formada por residuos como: ramillas, ramas, hojas, troncos muertos y otras partes que se encuentran muertas en el suelo. Esto se puede dividir en hojarasca (fina y hojarasca gruesa). La hojarasca fina incluye ramillas, hojas, flores y frutos, mientras que la hojarasca gruesa está compuesta por troncos y ramas.

2.1.1.3. Ciclo del carbono

La transferencia de elementos como oxígeno, carbono, fosforo y nitrógeno entre los distintos componentes del sistema climático es fundamental. De estos elementos, el carbono es el más relevante en términos climáticos, ya que puede modificar la composición química de la atmosfera. Esto afecta el efecto invernadero mediante cambios en las concentraciones de CO₂ y CH₄.

Las plantas terrestres absorben más CO₂ que los océanos a través de la fotosíntesis, especialmente en la primavera del hemisferio norte, esto debido al crecimiento de los bosques.

Aproximadamente el 50% de esta producción primaria se devuelve a la atmosfera mediante la respiración de las plantas, mientras que el otro 50% se incorpora en hojas, troncos y raíces, conocido como producción primaria neta (PPN).

La mayor cantidad de la PPN regresa a la atmosfera a través de las descomposiciones del suelo. La escala dependerá de varios procesos. Por ejemplo, el carbono se almacena en los troncos y raíces, por más tiempo que sea en pasto o en hojas; la descomposición de esta materia orgánica dependerá de las condiciones climáticas y

principalmente de la composición química de la materia. Por lo tanto, el ciclo terrestre del carbono orgánico puede abarcar décadas (Barreiro, 2020).

2.1.2. Generalidades del bambú

Son plantas totalmente leñosas, macollantes, perennes, y monopódicas, con rizomas bien formados, se le caracteriza por ser duras y huecas, en climas tropicales y templados crecen naturalmente; En América se tiene identificado 21 géneros y 345 especies (Mercedes, 2006).

El bambú está dentro del grupo más diverso de la familia de las gramíneas herbáceas leñosas y gigantes. Estas plantas tienen la capacidad de general varios culmos, o “cañas”, cada año. La subfamilia más antigua del bambú se diferencia por tener tallos leñosos largos, ramaje complejo y de un diámetro promedio, además que tiene un sistema de rizomas robusto y una floración poco frecuente (Judziewicz, 1999).

Además, Phillips (2013) asegura que el bambú prospera en suelos totalmente fértiles, que estén bien húmedos y drenados, y no tolera sitios anegados o pantanosos de manera continua. Los suelos que no son adecuadas para cultivos en filas, como las colinas, son potencialmente buenas para el sembrío de bambú.

Por su parte, Wenyue (1987) indica que los culmos de bambú, por ser rectas, resistentes, duras, con alta concentración de fibra y fáciles de trabajar, así mismo son totalmente ideales para las diferentes aplicaciones técnicas. Además, se utilizan ampliamente en la construcción de casas, incluyendo tabiques vigas, estructuras, esteras de bambú, paredes, techos, ventanas y puertas.

El bambú presenta una gran diversidad morfológica, que va desde plantas de muy pocos centímetros con tallos herbáceos hasta plantas que puedes llegar a los 30 metros de altura con tallos muy leñosos. En virtud a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente, se presta a mucha atención en todas sus estructuras morfológicas, así como, el rizoma, el culmo, el tallo y la hoja (Villada, 2011).

- Rizoma o raíz: Es el eje segmentado totalmente subterráneo que, a pesar de constituir con la estructura del soporte de la planta, también juega un rol muy importante en la absorción (Londoño, 2002).

- Culmo: Es el eje aéreo la cual se encuentra segmentada, que nace del rizoma y se le nombra cuello a la unión que se lleva entre el rizoma y el

culmo; y unido a los puntos de unión entre los entrenudos que abarca entre dos nudos (Londoño, 2002).

- Hoja: Estas se encuentran compuestas por diversos folios, normalmente tienen un color verdoso totalmente variable, con un alto porcentaje de aminoácidos, flavonas y microelementos (Londoño, 1990).

- Tallo: Presentan agujeros de 1 hasta 20 cm de diámetro y 5 hasta 25 m de altura, así mismo contempla formas, diámetros variables, colores, texturas, y con nudos muy variados que contienen en promedio entre 40 a 60 % de celulosa y 16 a 34 % de lignina (Londoño, 1990).

2.1.2.1. Importancia del bambú

El bambú se adapta a todas las condiciones que tienen los suelos, es perfecto para la incorporación de tierras sin uso al cultivo, ya que previene la erosión de los suelos, así mismo recupera las tierras degradadas y favorece de manera directa la reconstrucción de microclimas para la restauración de los bosques (Kumar y Sastry, 1999).

Además, tiene diferentes usos importantes como la vivienda, alimentación, agricultura, música, transporte, caza y usos industriales, lo cual nos indica la gran importancia que esta llegando a tener esta especie, aunque no presente mucha información o estudios que nos indiquen de su gran importancia (Marín y Jiménez, 2004).

Fernández (2004) menciona que el bambú tiene un impacto ecológico significativo como fuente de conservación en los sistemas naturales, debido a su rápido crecimiento, fácil propagación, alta captura de dióxido de carbono y producción de oxígeno. Además, su impacto social más notable se manifiesta en la facilidad para obtener materia prima para la construcción, que será accesible y de bajo costo cuando no haya presión en el mercado.

El bambú nos ofrece múltiples ingresos económicos, sociales y ambientales. Mas aun en estos últimos años, se ha podido explicar los muchos trabajos que se basa en su producción y transformación primaria y secundaria han generado diversos empleos locales y muchas oportunidades de ingresos económicos estables para las familias rurales. Así mismo la elaboración de muebles y artesanías es una de las actividades más productiva la cual involucra a todas las personas (adultos mayores y personas con discapacidad). También, fomenta el autoempleo para las distintas familias de los artesanos y proporciona más empleos temporales para los otros miembros de la comunidad. Además, es óptimo para satisfacer la

demanda de los productos ecológicos que la comunidad requiere debido a la contaminación de los recursos naturales, logrando convertirse en una de la actividad estratégica, la cual ayuda a contribuir al desarrollo rural sostenible (Martínez, 2021).

2.1.3. *Guadua angustifolia*

La clasificación taxonómica para esta especie es propuesta por Londoño (1990) de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Clase	: Monocotyledoneae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: Guadua
Especie	: <i>Guadua angustifolia</i>

2.1.2.1. Descripción

El bambú es una especie reconocida debido a sus múltiples cualidades tanto para artesanías de pequeña y gran escala arquitectónicas. Además, ofrece excelentes servicios ambientales, actuando como un gran regulador de agua, protegiendo el suelo, fomentando la bio-diversidad y creando microclimas (Agroempresarial S.A., 2012).

Castaño y Moreno (2004) nos dicen que la *Guadua angustifolia*, cuyo nombre proviene del latín y significa “hoja angosta”, destaca por esta característica morfológica. Crece de manera natural en Ecuador, Colombia y Venezuela, aunque haya sido introducida en los diferentes países de Suramérica, Centroamérica y el Caribe, así como en algunos de América del Norte, Asia, y Europa. Sus majestuosas propiedades físico-mecánicas, así como su tamaño además de los múltiples usos lo clasifican entre las veinte mejores especies de bambú en el mundo. Sin duda, *Guadua angustifolia* es la especie más destacada de América.

Londoño (2010) nos menciona, que tiene un tallo recto, un poco curvado en la punta, y un rizoma paquimorfo. El culmo joven suele ser verde con rayas más oscuras, alcanzando una altura promedio de 18 a 22 metros y así mismo un diámetro de 9 a 16,5 cm, con un espesor de pared de hasta 4 cm. La región nodal presenta franjas claras (superior de 0,4 a 0,6 cm e inferior de 1,2 a 1,5 cm).

2.1.4. Métodos para estimar la biomasa

La cuantificación o estimación de biomasa es considerada como el paso inicial para estudiar la eficiencia de los ecosistemas y su aporte a los ecosistemas tropicales en el ciclo de carbono (Castañeda et al., 2005)

2.1.4.1. Método indirecto

Para calcular la biomasa en un árbol se utiliza ecuaciones y/o modelos basados al análisis de interpretación entre variables, así como el crecimiento diamétrico, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura comercial (HC) y total (HT), la densidad específica de la madera y el área basal. Además, así podemos obtener la biomasa a partir del volumen del fuste, utilizando la densidad básica de la madera como principal dato para obtener el peso seco y un factor de específico para determinar su total del árbol. (Fonseca et al., 2017).

2.1.4.2. Método directo o destructivo

Este método consiste en la medición de biomasa aérea de algún componente ya sea (ramas, tallo, hojas) de algún ecosistema, lo cual nos beneficia a obtener un valor más exacto de la cuantificación de biomasa, debido a que se basa en destruir los árboles, para así poder calcular el peso seco del componente, de esta manera nos propone uniones entre la biomasa y las variables del rodal (Álvarez, 2008)

2.2. Estado del arte

Aguirre et al. (2018) realizó un estudio en biomasa y carbono en la *Guadua angustifolia* y *Bambusa oldhamii* en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México, en su investigación nos indica que para obtener la biomasa aérea se seleccionó solo el 10% de plantas en una hectárea. En la cual como resultado se obtuvo que la biomasa aérea total que se estimó dentro de la plantación de *B. oldhamii* fue de 103 403 48Mg ha⁻¹ segmentadas en los culmos. Así mismo se estimó que la biomasa aérea total fue de 47 665 11Mg ha⁻¹.

Briceño (2018) nos indica que desarrollo modelos estandarizados para la biomasa de culmos de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) donde se manejaron individualmente en el sur de Costa Rica; para lo cual se identificaron cinco rodales, de los cuales tres de ellos se

utilizaron para la calibración y 2 de ellos para la validación de los modelos. Como resultados que se obtuvieron 12,49, 12,82 y 12,9Mg ha⁻¹ de la biomasa acorde a los modelos establecidos Bm1, Bm2 y Bm3 respectivamente.

Molina et al. (2018) nos indica en su investigación de la determinación de biomasa aérea con la especie *Guadua angustifolia* que se realizó en Colombia, en la cual tuvo como objetivo determinar la biomasa de los componentes (fuste, ramas y hojas). En la metodología se llevó a cabo el reconocimiento del área de estudio, seguidamente en campo se tomaron los valores dasométricos y finalmente en gabinete de determinaron los objetivos en estudio. En los resultados se obtuvo una biomasa en el fuste de 58,76t/ha (71%), en la biomasa en ramas un 17,76t/ha (22%), en la biomasa en hojas un 5,94t/ha (7%), biomasa aérea total de 82,47t/ha.

Fonseca y Rojas (2015) nos indica que dentro de su investigación sobre la acumulación y predicción de biomasa y carbono en las plantaciones de bambú en el país de Costa Rica; donde se tuvo como principal objetivo estimar el carbono y la biomasa acumulada en los rodales artificiales de *Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua angustifolia* y *Guadua aculeata*; donde en los resultados se tuvo que la biomasa de los culmos representaron un promedio mayor del 87% de la biomasa total y un 34% del carbono total del ecosistema; en cuanto a los resultados sobre el carbono, la fracción promedio vario de 43,3 hasta un 47,2% entre los diferentes factores (ramas, hojas, tronco y raíz) en un mismo determinado culmo y de 36,4 hasta un 46,7% en la flora herbácea, y el porcentaje determinado de carbono fue de 2,45%.

Otani et al. (2014) en su investigación sobre la caracterización química de la biomasa del Bambú (*Bambusa vulgaris Schrader ex. Wendlan*): se obtuvo como resultado que la especie aporta una buena cantidad de biomasa que oscila entre 20 y 33t/ha; además, evidencio que la hojarasca de bambú mostró el mayor porcentaje para la categoría media.

Garcia et al. (2009), en su investigación sobre la estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*guadua sarcocarpa*) de la Comunidad Nativa Bufo Pozo, Ucayali, Perú; donde se investigó la necromasa, biomasa, y suelo, se obtuvo que el C total fue de 242.66 toneladas por hectárea (t C ha⁻¹), y el contenido de C con mayor porcentaje fue COS con un total de 120,55t C ha⁻¹, consecutivo de la biomasa y la necromasa con 107,73 y 14,39t C ha⁻¹ respectivamente, donde se concluye que la especie más dominante y con un mayor aporte de C en toda la biomasa fue la Paca con un total de 66.47t C ha⁻¹.

Aguirre et al. (2009), en su investigación sobre cantidad de carbono capturado en los distintos estadios de la Marona (*Guadua spp.*) en la vegetación Local "El Maronal de Atumplaya", se observó que la biomasa en el bosque fue de 6,31 hasta 407,34 Toneladas durante

el año 2008 y consecutivamente 506,14Ton en el año 2009, considerando que se obtuvo un incremento de 98,8ton de biomasa al año.

Castañeda et al. (2005), en su estudio detallado sobre la "Acumulación de Carbono en la Biomasa Aérea de una Plantación de *Bambusa oldhamii*, Veracruz - México". Este trabajo fue basado a la cuantificación de la biomasa aérea total de una plantación de siete años de edad. Para esto se determinó detalladamente la estructura de la misma población de culmos, esto clasificado por diferentes edades, se desarrollaron ecuaciones de estimación de biomasa aérea total y por componentes (tallos, ramas y follaje). Como resultado de las cuatro muestras presentes dentro de la plantación se obtuvo una biomasa de 103,97Mg/ha, de los cuales 83,7% se acumuló en el tallo, 12,3% en follaje y 4% en las ramas.

Ramírez et al. (sf) nos indica que en su recolección de biomasa aérea con cálculos dasométricos en *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca del río Guarapas del municipio de Pitalito Huila, se obtuvo un promedio de 82Ton/ha para todos los puntos evaluados, habiendo una diferencia significativa entre los datos obtenidos en las diferentes zonas, acorde al contenido de humedad y volumen de la biomasa, lo cual nos demuestra que la especie *Guadua angustifolia* es totalmente adaptable a los cambios climáticos.

Herrera y Rojas (2007), realizaron un estudio sobre cuantificación de biomasa y aporte al suelo en *Guadua angustifolia* Kunt, en donde se establecieron tres trampas de 1m² a un metro del suelo dentro del guadual, la cual se pesó semanalmente durante ocho meses, obteniendo un promedio de 22.67gr. de hojarasca semanal por metro cuadrado, en condiciones de la hacienda se puede llegar a obtener 10, 8816ton/ha al año siendo este valor un aporte significativo para el suelo.

Según los estudios realizados, la mayor cantidad de hojarasca se obtuvo en las épocas de lluvia, lo cual confirmaría que los mayores aportes se obtienen en estas épocas, pero para mejores resultados se tendría que tomar el periodo de estudio tomando en cuenta los periodos de lluvias.

Núñez y Ramírez (2022) nos indica en su investigación sobre la determinación de biomasa de la especie *Guadua angustifolia* en Satipo, con el fin de obtener la acumulación máxima de la biomasa y la ecuación alométrica de la especie. En la metodología se tuvo como objetivo la delimitación del área de estudio, posteriormente en la fase campo se colectó la información de los árboles en estudio, finalmente en la fase gabinete se determinó la biomasa y las ecuaciones alométricas. En los resultados se obtuvo una biomasa aérea total promedio de 77,249t/ha, y una ecuación alométrica con un R² de 0,9546.

López (2023), un estudio realizado sobre “modelos alométricos para la estimación de atributos de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en el centro de estudios vegetales y biodiversidad asociada (CEVBA) vereda La Rejoja, Popayán, Cauca”, para construir los modelos se emplearon las siguientes variables: longitud del culmo, diámetro, volumen y peso de la biomasa fresca. Las ecuaciones diámetro – longitud del culmo indicaron un R2 de 0.45, la relación biomasa – área basal presentó un R2 0.10.

Oblitas (2022) en el estudio sobre la especie *Guadua angustifolia* y su ecuación polinómica en Amazonas, con la finalidad de determinar la ecuación alométrica y el coeficiente de determinación (R2). En la metodología se llevó a cabo el reconocimiento de área de estudio, posteriormente en campo se colectó datos dasométricos de los árboles, finalmente en gabinete se determinó el coeficiente de determinación. En los resultados se obtuvo una ecuación polinómica: $CO_2 = -0.1062 \text{ altura}^3 + 4.0361 \text{ altura}^2 - 46.3324 \text{ altura} + 179.7958$ con un R2 de 0,78.

Espejo (2024) en su investigación sobre la biomasa en las especies *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua superba* y *Guadua weberbaueri* en Ucayali y San Martín, con el objetivo de determinar la biomasa en los componentes. En la metodología se llevó a cabo la delimitación del área de estudio, posteriormente la colección de datos en campo y la fase de gabinete para determinar la biomasa. En los resultados se obtuvo una biomasa aérea total en la especie *G. superba* de 48,41t/ha, en la especie *G. lynnclarkiae* de 20,04t/ha, en la especie *G. weberbaueri* de 7,86t/ha; para la biomasa en la hojarasca en la especie *G. superba* de 23,66t/ha, en la especie *G. lynnclarkiae* de 4,80t/ha, en la especie *G. weberbaueri* de 2,57t/ha.

Becerra (2020) en su investigación para generar ecuaciones alométricas en plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth, se tuvo como objetivo principal fue obtener una ecuación para hayar de captura de CO2 en las plantaciones de guadua que se realizaron en la región Amazonas. entre los resultados se encontraron que las guadas evaluadas tuvieron un diámetro basal promedio de 5.73cm hasta los 13.69cm, y con una altura promedio de 8.94m hasta los 16.75m, y un peso húmedo de 14.03kg hasta 59.04kg.

Camargo et al. (2023) para este estudio se trabajó con la información recolectada en 33 parcelas de guadua, donde se determinó el carbono en la biomasa, tomando en cuenta las variables como: características asociadas con el manejo y condiciones de sitio. Como resultados nos indicó un incremento significativo ($p < 0.05$) en el contenido de carbono en la biomasa debido al incremento de: la pendiente, precipitación, densidad de culmos y la temperatura. Así mismo estos valores se notaron significativamente dentro de un rango de variación al contenido de carbono en la biomasa entre 18t.ha⁻¹ hasta 260t.ha⁻¹ y 108t.ha (±63t) en promedio.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación fue realizada en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), en una plantación de 3 años de *Guadua angustifolia* Kunth, establecido en un área de 1500 m² con un sistema de siembra cuadrado(5mx5m), esta plantación queda ubicado políticamente en el distrito Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio de Certificación de Semillas de Ingeniería de Recursos Naturales Renovables.

3.1.1. Ubicación política

El presente estudio se realizó en dos fases, en la primera fase el lugar de trabajo se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado y región Huánuco, en la segunda fase el lugar de trabajo se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado y región Huánuco

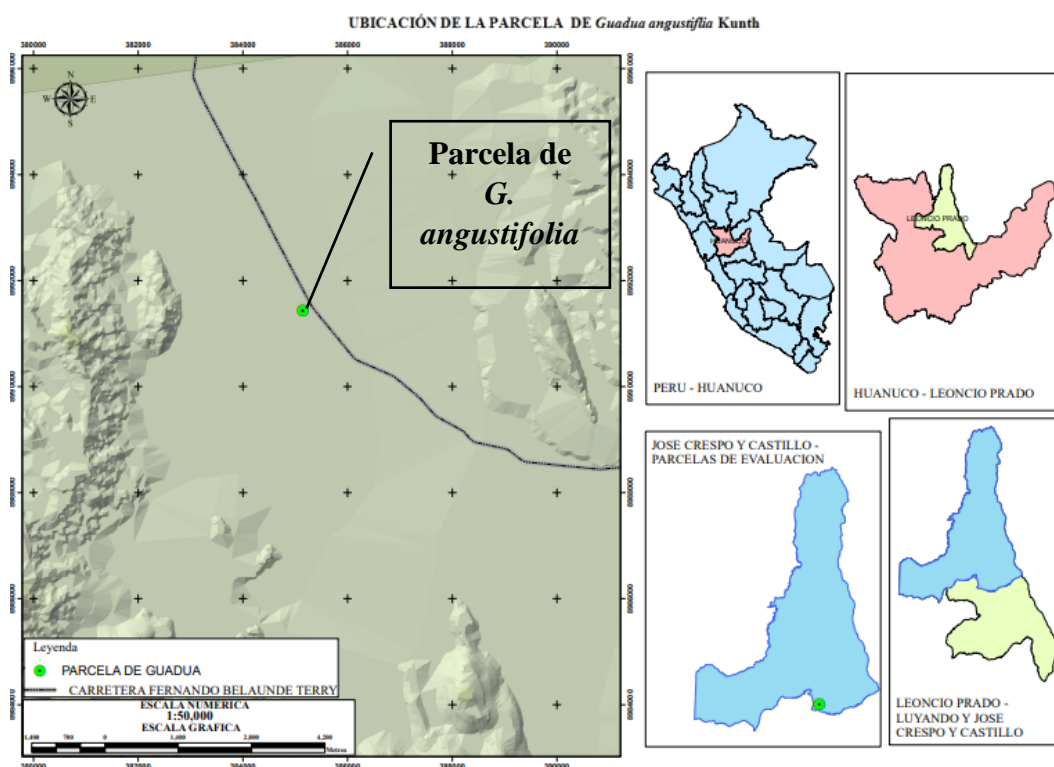


Figura 1. Ubicación de la plantación de *G. angustifolia*

3.1.2. Clima

El distrito de pueblo nuevo se ubica a 614 msnm. Y se caracteriza como frío-templado, correspondiente a la zona de vida Bosque Pluvial Premontano Tropical (bp-PT). Así mismo cuenta con temperaturas mínimas oscilan entre los 16°C y 17°C, mientras que las máximas pueden alcanzar los 23°C.

3.1.3. Ubicación geográfica

El área de la fase de campo geográficamente se encuentra ubicado en la siguiente coordenada: 0385145 E; 8991456 S, con una altitud de 614 m.s.n.m.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

3.2.1.1. Material vegetativo

El material vegetativo está conformado por culmo, ramas, hojas de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.

3.2.1.2. Materiales y herramientas

Se utilizó: machete, sierra de mano, balanza romana, costales, bolsas de papel para muestras, cinta métrica de 50 m, guantes de cuero, tijera podadora, plumones, correctores, formatos de evaluación, etc.

3.2.1.3. Equipos

Estuvo conformados por: GPS (Sistema de Posicionamiento Global), estufa eléctrica, cámara digital, balanza electrónica, Vernier digital Kamasa (precisión 0.01mm.), cocina eléctrica y equipo de cómputo, para el procesamiento de datos.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Población y muestra

La población estuvo comprendida por 66 matas de bambú, representadas por 1020 culmos de *G. angustifolia*, la cual tiene un distanciamiento de 5 m. x 5 m aproximadamente y además abarca una superficie de 1500 m².

La muestra para la elaboración de modelos alométricos, lo cual se realizó por el método destructivo, se determinó realizando un inventario de los culmos existentes en las matas *G. angustifolia*, considerando los estados de madurez (joven y maduro),

a partir del inventario se registró el diámetro a 30 cm del nivel del suelo, para de esta manera conocer el intervalo diamétrico de cada estado de madurez (joven y maduro), posterior se realizó la clasificación por clases diamétricas.

Según Orozco y Brumer (2002) para la determinación de las clases diamétricas se utilizaron las siguientes fórmulas:

- **Rango (R):**

$$R = X_{\text{Máx}} - X_{\text{Mín}}$$

- **Amplitud de clase (C):**

$$C = \frac{R}{K}$$

Número de intervalos según la regla de Sturges, acerca del número de clases que deben considerar al elaborarse un histograma (K):

$$K = 1 + 3,33 \log(n)$$

Donde n: número de datos.

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

Se realizó un inventario para seleccionar los culmos por estado de madurez, se diferenció los culmos maduros de los verdes debido a los líquenes que poseen los culmos ya maduros a diferencia de los verdes. Se tomó el 10% del total de culmos por estado de madurez de *G. angustifolia*, esto fue en proporción por clase diamétrica, el diámetro se registró a 30 cm del suelo, luego se procedió a derribarlos y se registró la longitud, el apeo se realizó con una sierra de arco, donde la parte del fuste fue separada en tres secciones (base, medio y ápice) para pesar el componente total en estado fresco y se tomó sub muestras representativas de 1 kg y fueron llevados a laboratorio y colocados en una estufa para su respectivo secado a una temperatura de 80 a 90 °C por 72 horas.

Asimismo, se cortaron las ramas para posterior a esta actividad, deshojarlas, donde se pesaron por separado cada componente, luego se tomó muestras representativas, 500 g para las ramas, 200 g para hojas, se llevó al laboratorio para su respectivo secado a 80 a 90°C por 72 horas hasta obtener peso constante.

Para la determinación de la biomasa se tomó en cuenta 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

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

Una vez obtenido la sumatoria de biomasa aérea (MS) de los componentes ramas, hojas y culmos, donde las variables independientes son el diámetro a 30 cm del suelo, altura total, mientras la biomasa es la variable dependiente, se analizaron modelos alométricos para estimar la biomasa, donde se realizaron transformaciones de potencia a través de la prueba de Atkinson y logaritmo natural (LN), previo análisis de los datos, esto se realizó haciendo uso del programa estadístico InfoStat. La elección del mejor modelo fue bajo la verificación de supuestos y la comparación de los estadígrafos: El coeficiente de determinación (R²) coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado), el Error Cuadrático Medio de Predicción (ECMP). En todas las pruebas de hipótesis se consideró un nivel de significancia de 0.05.

$$BT = B_0 + B_1 * \text{dap}$$

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

Para la cuantificación de biomasa de hojarasca se trabajó a lo reportado por Arévalo et al. (2002) considerado por Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF), donde consistió en cuantificar la capa de mantillo u hojarasca y otros

materiales muertos (ramillas, ramas), a través de cuadrantes (trampas) de 1 m. x 1 m. que fueron colocados a una altura de 50 cm del suelo, estas fueron construidas con bambú y malla rashel, en forma sistemática en toda la plantación de *G. angustifolia*.

Se realizó una recolección de hojarasca de las trampas, para así obtener el peso fresco total, por último, se obtuvo una sub muestra representativa de 200 gr. el cual se colocó en bolsas de papel y fueron llevados al laboratorio y colocados en la estufa a una temperatura de 75°C para registrar el peso seco.

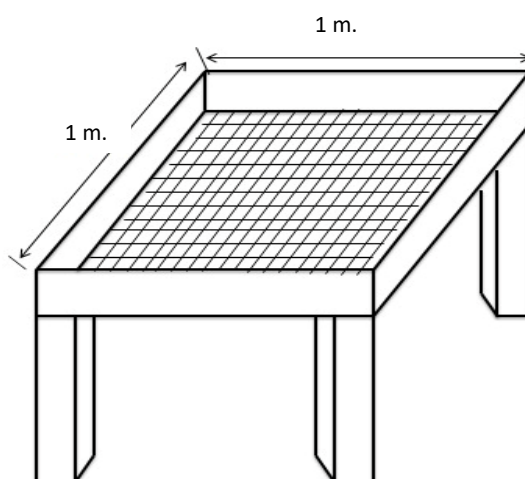


Figura 2. Cuadrante de 1 m. x 1 m. para colectar la hojarasca

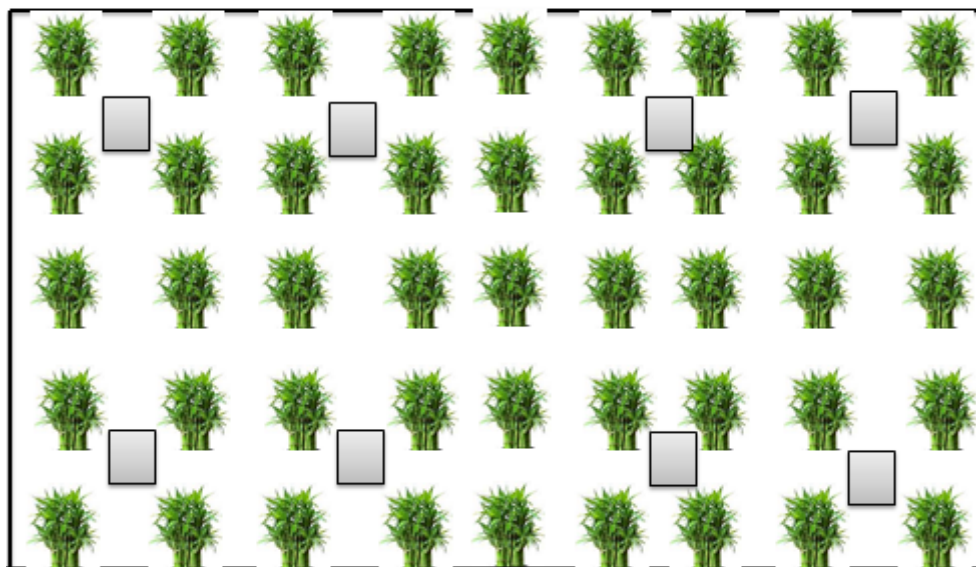


Figura 3. Instalación de cuadrantes de 1 m. x 1 m. para la biomasa de hojarasca

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.

3.2.2.5. Diseño de la investigación

El diseño usado fue no experimental, ya que no se manipularon variables, el tipo de estudio fue cuantitativo correlacional, que consistió en relacionar variables de diámetro, altura y biomasa (MS); asimismo, se hizo uso de la estadística descriptiva con valores de máximo, mínimo, medio, CV y tablas de frecuencias.

- Variables Independientes

Altura, Diámetro del culmo.

- Variables dependientes

Biomasa aérea (hojas, ramas y culmos)

Biomasa de hojarasca

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

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

Se puede observar los resultados promedio de la biomasa de los culmos maduros de la especie *G. angustifolia* por cada uno de sus componentes evaluados, además de la biomasa área total, todo esto clasificados por clase diamétrica: para la biomasa del fuste presenta un valor inferior de 0,230kg/ha en la clase de 0,72-1,39 y un valor superior de 19,936kg/ha en (4,10-4,78); de la misma forma, para la biomasa de ramas se muestra un valor inferior de 0,140kg/ha en (0,72-1,39) y un valor superior de 19,935kg/ha en (4,10-4,78); asimismo, para la biomasa de hojarasca presenta un valor inferior de 0,0960kg/ha en (0,72-1,39) y un valor superior de 2,624kg/ha en (4,78-5,45); finalmente, para la biomasa área total, tomando en cuenta los datos anteriores el valor más bajo coincide con la clase de los otros componentes (0,72-1,39) con un valor de 0,466kg/ha sin embargo, el valor más alto se encuentra en la clase (4.10 – 4.78) con valor de 32.0401kg/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 m²)		73.1793	49.4376	10.0059	132.623
Total (tn/ha)		4.879	3.296	0.667	8.842

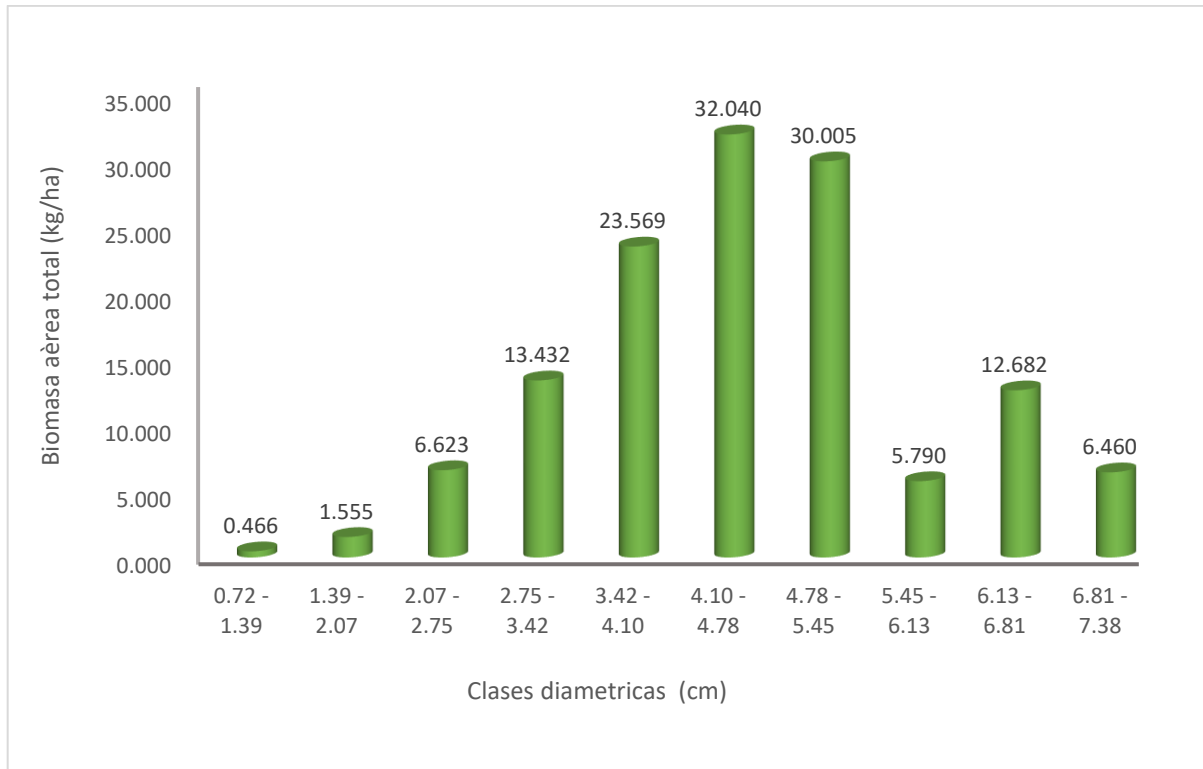


Figura 4. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica.

En la figura 4, se muestra la comparación de la biomasa aérea en los culmos maduros de la especie *G. angustifolia* total promedio por cada clase diamétrica, donde se presenta un valor inferior de 0,466kg/ha para la clase diamétrica (0,72-1,39), de la misma forma, se obtuvo un valor superior de 32,040kg/ha en la clase diamétrica (4,10-4,78) con respecto a los demás valores de las clases diamétricas.

En este sentido, en investigaciones de la especie *G. angustifolia*, los autores Fonseca y Rojas (2016) en su investigación en Costa Rica, con la finalidad de determinar la biomasa en sus componentes. En los resultados se obtuvo en los culmos maduros, en la biomasa en el fuste un 42,03t/ha, en la biomasa en las ramas 4,13t/ha, en la biomasa en las hojas 3,93 t/ha, con una biomasa aérea total de 50,09t/ha, valor que resulta ser superior en comparación con la investigación realizada; por otro lado, en estudios de la especie *Guadua spp.* los autores Aguirre et al. (2009) en los resultados presentaron una biomasa aérea total de 47,76kg en maduros (40,52kg en tallos, 5,57kg en ramas y 1,68kg en follaje), resultados que varían en los rangos de biomasa.

Finalmente, dicha variación en los valores de la biomasa aérea total y en sus componentes se debe probablemente a la especie en estudio y la edad, además de las condiciones del sitio donde se realiza la evaluación, debido a que las condiciones de clima y

edafológicas intervienen en el desarrollo y crecimiento del árbol; adicionalmente, entre otros factores se encuentra la densidad de siembra y el manejo silvicultural empleado.

Como se muestra en la tabla 2, para el promedio de la biomasa de los culmos verdes en la especie *G. angustifolia* por cada uno de sus componentes según la clase diamétrica, para la biomasa del fuste se presenta rangos superiores de 68,156kg/ha en la clase diamétrica (7,10-8,01) y un valor inferior de 0,195kg/ha en la clase diamétrica (0,71-1,62), de la misma forma, en la biomasa de ramas muestra un valor de 0,147kg/ha en la clase diamétrica (0,71-1,62) que resulta ser inferior y un valor de 20,778kg/ha en la clase diamétrica (4,36-5,27), también, para la biomasa de hojas se presenta un valor inferior de 0,080kg/ha en la clase diamétrica (0,71-1,62) y un valor superior de 22,063kg/ha en la clase diamétrica (5,27-6,18); por último, en la biomasa aérea total se muestra un valor de 0,422kg/ha en la clase diamétrica (0,71-1,62) siendo inferior y un valor de 89,966kg/ha en la clase diamétrica (7,10-8,01) siendo un superior.

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	0.080	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	3.070	3.200	20.676
Total (kg/ha)		271.3413	84.5366	65.3126	421.1905
Total tn/ha		18.089	5.636	4.354	28.079

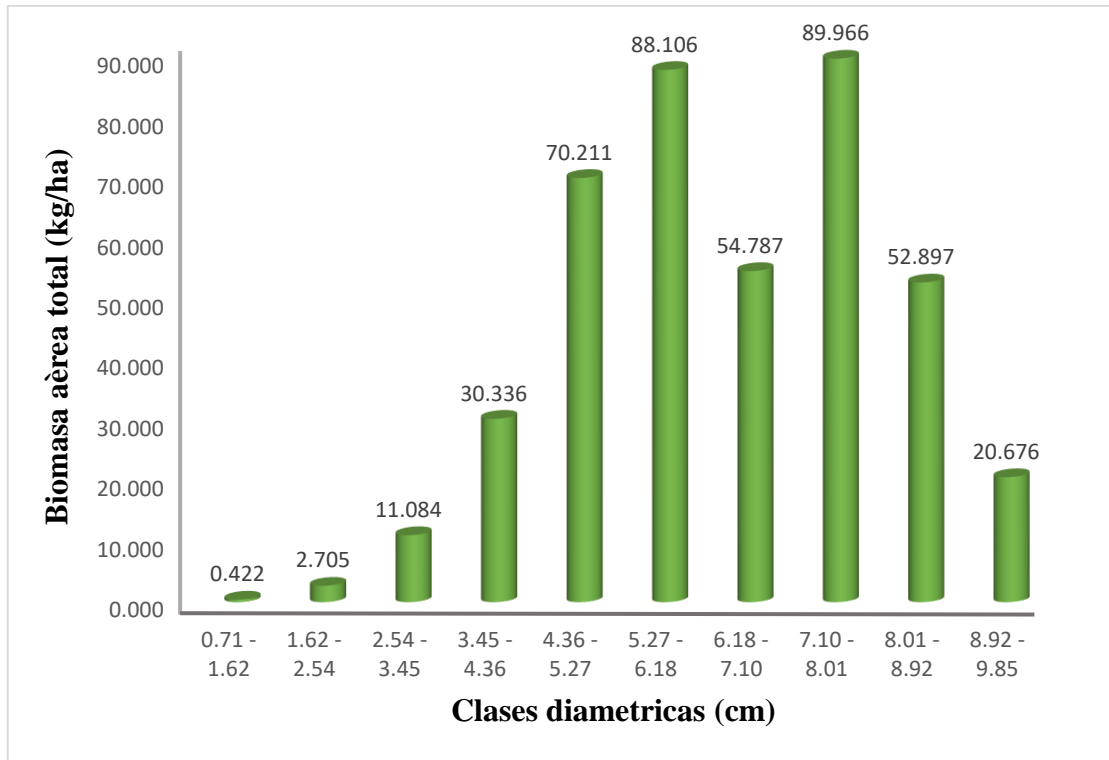


Figura 5. Comparación de la biomasa aérea total por cada clase diamétrica

Para la figura 5, mediante la comparación de la biomasa aérea total de los culmos maduros de la especie *G. angustifolia* por cada clase diamétrica, donde la clase diamétrica (7,10-8.01) presenta un valor de 89,966kg/ha, el cual resulta ser superior, por otro lado, en la clase diamétrica (0,71-1,62) con un valor de 0,422kg/ha siendo inferior con respecto a los demás.

Con relación a lo anterior, en investigaciones de la misma especie *G. angustifolia* los autores Nuñez y Ramirez (2022) sobre la determinación de biomasa en Satipo, obtuvo una biomasa aérea total promedio de 77,249t/ha, valor que se encuentra dentro del rango con los resultados obtenidos; asimismo, los autores Molina y Montealegre (2018) en Colombia, en los resultados presentaron una biomasa en el fuste de 58,76t/ha (71%), en la biomasa en ramas un 17,76t/ha (22%), en la biomasa en hojas un 5,94t/ha (7%), biomasa aérea total de 82,47t/ha, valores que coinciden con el estudio realizado.

Por otro lado, en estudios realizados en la especie *G. sarcocarpa* los autores Garcia et al. (2009) realizaron una estimación de la biomasa y estructura en Ucayali, Perú, en los resultados presentaron una biomasa aérea total de 107,73t/ha, valor que difiere con la investigación realizada; de igual forma, el autor Espejo (2024) en su estudio en las especies *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua superba* y *Guadua weberbaueri* en Ucayali y San Martin, en los

resultados se obtuvo una biomasa aérea total en la especie *G. superba* de 48,41 t/ha, en la especie *G. lynnclarkiae* de 20,04t/ha,

Concluyendo, los diferentes valores de los resultados de los autores se deben probablemente a la especie en estudio, también, a los factores de clima y del sitio de la investigación, edad y densidad de siembra; por otro lado, un manejo adecuado que tenga en cuenta estos factores puede promover un crecimiento saludable de los culmos juveniles y, en última instancia, una mayor 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

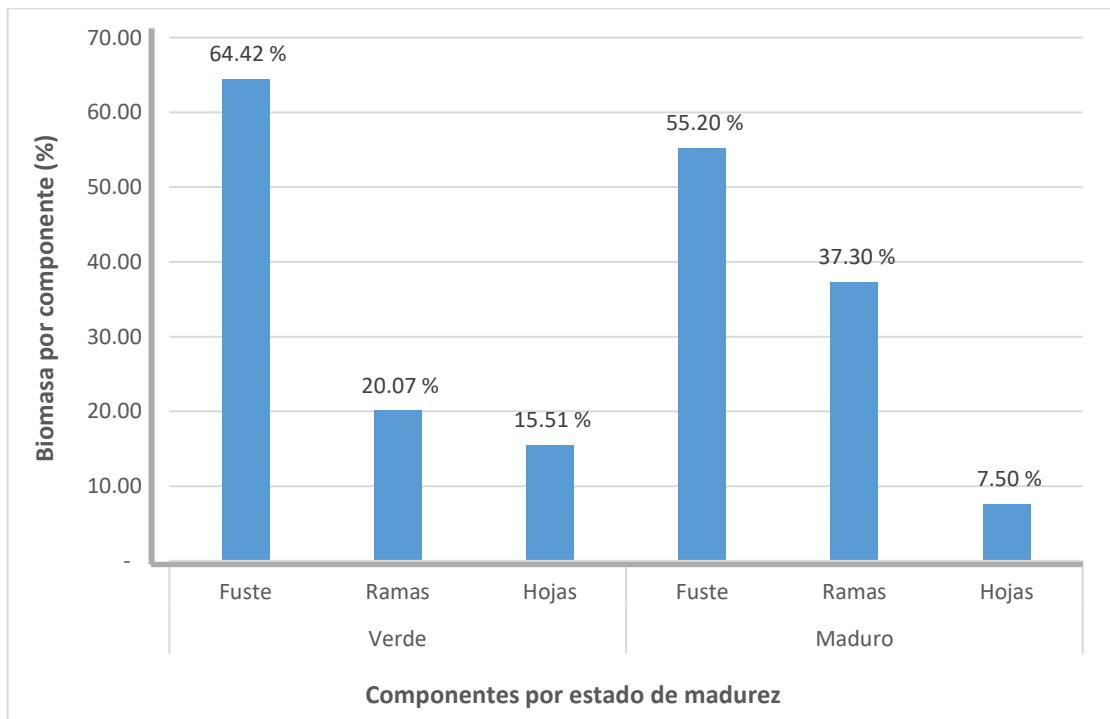


Figura 6. Biomasa por cada componente en porcentajes, según su estado de madurez.

En la figura 6 se muestra la biomasa por cada componente (%) en la especie *G. angustifolia* según su estado de madurez, para los culmos verdes en la biomasa del fuste se presenta un valor de 64,42% siendo superior con relación a los demás componentes; por otro

lado, para los culmos maduros en la biomasa del fuste muestra un valor de 55,20% resultando superior con relación a la biomasa en ramas y hojas.

4.2. 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 3 mediante las ecuaciones alométricas por las variables del diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura en la especie *G. angustifolia* por cada clase diamétrica de los culmos en estado verde, donde se presenta un coeficiente de determinación (R²) superior con un valor de 0,8627 en la clase diamétrica (0,71-4,36), por otro lado, con un valor inferior de 0,4254 en la clase diamétrica (4,36-7,10); finalmente, se presentan valores de coeficiente de determinación que resultan cercanos a 1, lo cual significa que el R² es aceptable.

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

Para la tabla 4 se observa mediante las ecuaciones alométricas generadas por las variables de diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura en la especie *G. angustifolia* por cada clase diamétrica de los culmos en estado maduro, un valor aceptable del coeficiente de determinación (R²) de 0,8406 en la clase diamétrica (2,75-4,78), sin embargo, en la clase diamétrica (4,78-7,38) presenta un valor de 0,3643 en el coeficiente de determinación (R²) siendo inferior con respecto a los demás.

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 R2 de 0,8627 y para los culmos maduros una ecuación $y = 0.658x^2 - 2.2519x + 1.871$ un R2 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 (R2) 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 (R2) 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 R2 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 (R2= 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 (R2) muestra la proporcionalidad entre dos variables y un valor aceptable es aquel que se acerca a la unidad (1).

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

Para la tabla 5, mediante el análisis descriptivo la biomasa de hojarasca por superficie de una plantación de *G. angustifolia*, se presentan las evaluaciones realizadas en la investigación, donde la media superior resulta con un valor de 0,78t/ha (Quinta evaluación) y la media inferior con un valor de 0,06t/ha (Primera evaluación) con respecto a las demás evaluaciones realizadas.

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

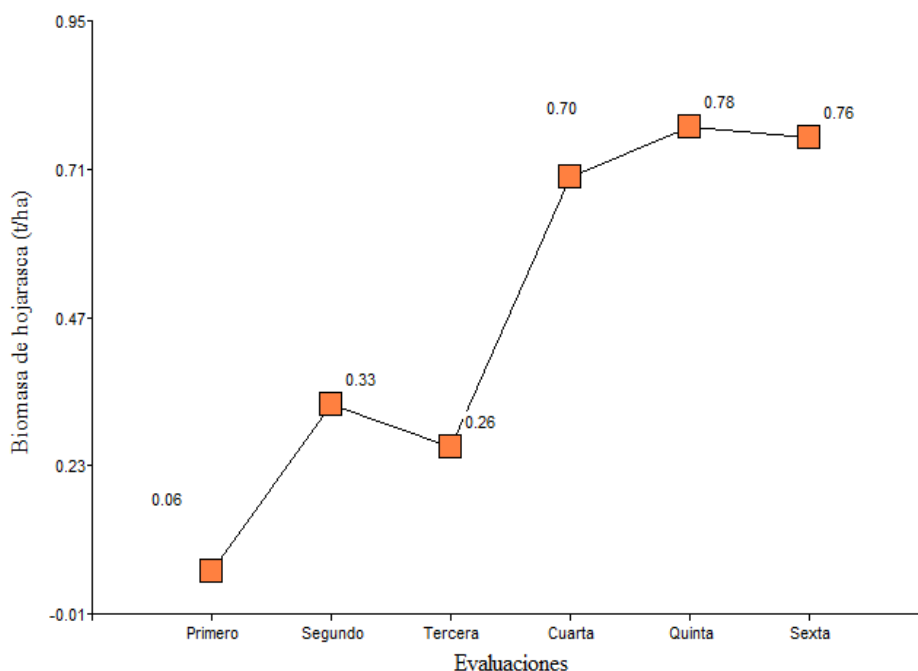


Figura 7. Comparación de la biomasa obtenida durante los seis meses de evaluación.

Se presenta en la figura 7, la comparación de la biomasa de hojarasca (t/ha) a lo largo de la evaluación (Julio-diciembre), donde se observa que las últimas evaluaciones (Cuarta, quinta y sexta) presentan valores superiores con una media de 0,70, 0,78 y 0,76 t/ha respectivamente; sin embargo, las tres primeras evaluaciones (Primera, segunda y tercera)

presentan una media inferior de 0,06, 0,33 y 0,26 respectivamente. Por lo cual, el mes de noviembre resulto con la media superior con respecto a los demás.

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 el autor 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.

V. CONCLUSIONES

1. La biomasa del fuste obtenida en la plantación de *G. angustifolia*, fue de un total de 22.968tn/ha, ramas un total de 8.932tn/ha, biomasa de hojas con un total de 5.021tn/ha, así mismo la biomasa aérea total de 36.921tn/ha.
2. El modelo alométrico generado a partir de las variables dasométricas para estimar la biomasa aérea y que mejor se ajusta al R^2 , para los culmos verdes es: $y = 0.12x^{2.4217}$, para culmos maduros es: $y = 0.1635x^2 + 0.6309x - 1.5383$.
3. La biomasa de la hojarasca obtenida en la plantación de *G. angustifolia*, fue de 0,78t/ha.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar estudios en otras especies en las diferentes zonas del país para así poder obtener datos que nos ayuden a realizar comparaciones.
2. Explorar la diversidad genética de *Guadua angustifolia* para identificar variedades con mayor potencial de crecimiento y acumulación de biomasa.
3. Realizar nuevos estudios en otras plantaciones de *Guadua Angustifolia* que se encuentren dentro de la región para así poder obtener una ecuación alométrica promedio para toda la región.
4. Para próximas investigaciones de ecuaciones alométricas sobre *Guadua angustifolia* Kunth utilizar otras variables independientes como densidad de la plantación, diámetros promedios por ha, alturas promedio por ha y factor de forma de la caña, con el fin de optimizar las ecuaciones alométricas.

VII. REFERENCIAS

- 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.
- 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>
- Agroempresarial S.A. (2012). Plan de Aprovechamiento y manejo de flora silvestre: *Guadua*, en el concepto del núcleo forestal productivo. *Agroempresarial S.A.*
- Álvarez, G. (2008). Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia [Tesis de magister, Centro agronómico Tropical de investigación y enseñanza].
- 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. (1996). Influencia de los bosques. *Unasylva*, 47(185): 3-10.
- 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, 14(1).
- Castañeda, A., Vargas, J., Gómez, A., Valdez, J., Vaquera, H. (2005). Acumulación de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Bambusa oldhamii*. *Agrociencia*, 39: 107-116.
- Castaño, F., & Moreno, R. (2004). *Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento*. Proyecto manejo sostenible para bosques de Colombia.

- Del Valle-Arango, J.L. (2003). Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico colombiano. *Interciencia*, 28 (3), 148-153.
- 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
- 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.
- 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.
- 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*. <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] Tesis no publicada
- 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. *Unasylya*, 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 Bambusoideas de Colombia*. ITTO, Ministerio de Agricultura.
- Londoño, X. (2010). *Identificación Taxonómica de los Bambúes de la Región Noroccidental del Perú*. ITTO, Ministerio de Agricultura.
- Martinelli, L., Moreira, Z., Brown, S., Victoria, L. (1994). *Incertezas Asociadas as Estimativas de Biomasa em Florestas Tropicais: O exemplo de urna floresta situada no estado de Rodônia*. En: *Seminário Emissao y seqüestro de CO2 - Urna nueva oportunidad de negócios 118 para o Brasil*. Companhia Vale do Rio Doce.
- Marín, M., & Jiménez, A. (2004). *Bambú*. Editorial de Puebla.
- 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*, Rio Negro – Satipo.
- 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.
- 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
- Ramirez, 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.
- Villada, L. (2011). El bambú nuestro recurso. *Agron*, 25: 261-285.
- Wenyue, H. (1987). El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. *Unasyva*, 39, (56): 42-49.

ANEXO

Anexo A. Datos referenciales de los componentes (culmo, ramas y hojas) y la hojarasca.

Tabla 8: Diámetro y biomasa por componente de cada uno de los culmos verdes seleccionados por clase diamétrica.

N°	Clases diamétricas	Dap	Dap2 x h	Biomasa del fuste	Biomasa de ramas	Biomasa de hojarasca	Biomasa aérea total
1	0.72 - 1.39	1.163	2.922	0.075	0.052	0.025	0.152
2	0.72 - 1.39	1.250	2.75	0.059	0.057	0.043	0.159
3	0.72 - 1.39	1.038	2.23	0.096	0.031	0.028	0.155
4	1.39 - 2.07	1.986	9.584	0.235	0.103	0.041	0.379
5	1.39 - 2.07	1.793	9.13	0.252	0.059	0.026	0.337
6	1.39 - 2.07	1.661	7.973	0.170	0.043	0	0.213
7	1.39 - 2.07	1.825	11.56	0.273	0.114	0.077	0.464
8	1.39 - 2.07	1.453	3.082	0.096	0.039	0.027	0.162
9	2.07 - 2.75	2.316	18.13	0.509	0.294	0.065	0.868
10	2.07 - 2.75	2.465	21.63	0.472	0.289	0.023	0.784
11	2.07 - 2.75	2.081	13.21	0.333	0.215	0.108	0.656
12	2.07 - 2.75	2.365	13.03	0.405	0.038	0.025	0.468
13	2.07 - 2.75	2.149	13.99	0.369	0.293	0.063	0.725
14	2.07 - 2.75	2.662	32.88	0.667	0.177	0.041	0.885
15	2.07 - 2.75	2.486	26.08	0.245	0.470	0.290	1.004
16	2.07 - 2.75	2.401	12.28	0.146	0.999	0.088	1.233
17	2.75 - 3.42	3.363	92.63	1.419	0.516	0.470	2.405
18	2.75 - 3.42	3.326	46.57	1.208	0.414	0.034	1.657
19	2.75 - 3.42	2.898	26.04	0.588	0.001	0.06	0.649
20	2.75 - 3.42	3.277	43.38	0.994	0.233	0.048	1.275
21	2.75 - 3.42	3.010	45.84	0.471	0.213	0	0.684
22	2.75 - 3.42	3.205	55.78	1.107	0.356	0	1.463
23	2.75 - 3.42	2.865	31.52	0.619	0.364	0.078	1.061
24	2.75 - 3.42	3.191	65.07	1.033	0.783	0.173	1.989
25	2.75 - 3.42	3.423	82.96	1.157	0.576	0.122	1.855
26	2.75 - 3.42	2.76	23.01	0.253	0.111	0.031	0.395
27	3.42 - 4.10	3.679	71.19	1.299	1.416	0.168	2.883
28	3.42 - 4.10	3.89	64.31	1.627	1.728	0.348	3.702
29	3.42 - 4.10	3.881	66.12	0.870	0.464	0.110	1.444
30	3.42 - 4.10	3.89	98.66	2.018	1.060	0.111	3.189
31	3.42 - 4.10	3.74	73.71	1.223	0.545	0	1.768
32	3.42 - 4.10	3.956	74.18	1.319	0.309	0.047	1.675
33	3.42 - 4.10	3.842	63.18	1.315	1.610	0.219	3.145
34	3.42 - 4.10	3.571	70.14	1.193	2.124	0.269	3.587
35	3.42 - 4.10	3.774	62.95	1.272	0.785	0.119	2.176
36	4.10 - 4.78	4.143	104.2	2.543	2.024	0.336	4.903
37	4.10 - 4.78	4.342	122.4	2.655	1.395	0.845	4.895

N°	Clases diamétricas	Dap	Dap2 x h	Biomasa del fuste	Biomasa de ramas	Biomasa de hojarasca	Biomasa aérea total
38	4.10 - 4.78	4.486	128.6	3.335	1.782	0.195	5.312
39	4.10 - 4.78	4.761	196.8	4.228	1.316	0.328	5.872
40	4.10 - 4.78	4.582	142.1	3.429	1.572	0.335	5.337
41	4.10 - 4.78	4.676	176	3.746	1.485	0.491	5.721
42	4.78 - 5.45	5.096	175.3	3.233	3.392	0.164	6.790
43	4.78 - 5.45	5.097	168.6	3.057	1.310	0.326	4.694
44	4.78 - 5.45	5.026	163.4	3.363	6.885	0.777	11.025
45	4.78 - 5.45	4.975	213.6	4.125	2.015	1.357	7.497
46	5.45 - 6.13	5.472	203	3.129	2.208	0.454	5.790
47	6.13 - 6.81	6.222	322.9	7.185	4.732	0.765	12.682
48	6.81 - 7.38	7.077	131.2	3.763	2.440	0.257	6.460

Tabla 9: Diámetro y biomasa por componente de cada uno de los culmos maduros seleccionados por clase diamétrica.

N°	Clases diamétricas	Dap	Dap2 x h	Biomasa del fuste	Biomasa de ramas	Biomasa de hojarasca	Biomasa aérea total
1	0.71 - 1.62	1.461	5.443	0.057	0.048	0.043	0.148
2	0.71 - 1.62	1.601	5.367	0.138	0.099	0.037	0.274
3	1.62 - 2.54	1.897	13.099	0.472	0.113	0.049	0.634
4	1.62 - 2.54	2.356	24.146	0.423	0.077	0.019	0.519
5	1.62 - 2.54	1.744	11.223	0.280	0.176	0.088	0.544
6	1.62 - 2.54	2.278	15.983	0.334	0.498	1.007	
7	2.54 - 3.45	3.057	83.640	1.489	0.544	0.435	2.468
8	2.54 - 3.45	2.960	66.939	1.159	0.576	0.485	2.220
9	2.54 - 3.45	2.847	51.631	0.699	0.474	0.445	1.618
10	2.54 - 3.45	3.259	62.771	1.890	1.248	0.450	3.588
11	2.54 - 3.45	2.673	44.084	0.641	0.300	0.250	1.191
12	3.45 - 4.36	3.647	104.410	1.829	1.092	1.238	4.159
13	3.45 - 4.36	3.848	107.500	1.831	0.525	0.470	2.826
14	3.45 - 4.36	3.628	93.190	1.893	1.356	0.705	3.954
15	3.45 - 4.36	4.314	154.282	2.165	0.932	0.705	3.802
16	3.45 - 4.36	3.703	128.895	1.800	0.580	0.505	2.885
17	3.45 - 4.36	3.637	79.367	1.643	0.900	0.780	3.323
18	3.45 - 4.36	4.090	110.238	1.664	1.616	0.288	3.568
19	3.45 - 4.36	3.744	96.160	1.936	0.538	0.735	3.209
20	3.45 - 4.36	3.675	68.879	1.307	0.940	0.364	2.610
21	4.36 - 5.27	5.132	348.444	4.222	2.475	1.900	8.597
22	4.36 - 5.27	4.623	156.444	2.487	0.876	0.693	4.056

N°	Clases diamétricas	Dap	Dap2 x h	Biomasa del fuste	Biomasa de ramas	Biomasa de hojarasca	Biomasa aérea total
23	4.36 - 5.27	4.436	221.379	2.773	0.810	0.455	4.038
24	4.36 - 5.27	4.579	109.659	2.679	4.148	0.820	7.647
25	4.36 - 5.27	4.587	145.811	3.027	1.112	0.653	4.792
26	4.36 - 5.27	4.375	134.367	2.241	0.522	0.379	3.142
27	4.36 - 5.27	5.016	190.212	3.882	1.995	1.163	7.040
28	4.36 - 5.27	4.367	142.077	2.804	1.268	0.850	4.922
29	4.36 - 5.27	4.486	129.197	2.543	1.808	0.416	4.767
30	4.36 - 5.27	4.967	129.277	2.549	2.366	0.191	5.106
31	4.36 - 5.27	4.894	263.464	6.070	2.036	2.236	10.342
32	4.36 - 5.27	5.138	199.049	3.761	1.363	0.639	5.763
33	5.27 - 6.18	5.464	251.680	4.265	1.926	1.388	7.578
34	5.27 - 6.18	6.104	219.454	4.687	4.182	14.523	23.392
35	5.27 - 6.18	6.148	298.603	3.870	1.125	0.907	5.902
36	5.27 - 6.18	6.120	366.304	5.924	2.056	1.046	9.027
37	5.27 - 6.18	5.284	201.029	3.483	1.667	0.612	5.761
38	5.27 - 6.18	5.885	304.080	5.424	1.886	0.718	8.028
39	5.27 - 6.18	5.624	272.645	6.098	1.699	0.695	8.492
40	5.27 - 6.18	6.019	358.661	8.972	3.262	1.085	13.318
41	5.27 - 6.18	5.810	301.780	4.124	1.394	1.089	6.607
42	6.18 - 7.10	6.369	452.290	4.101	1.090	0.930	6.121
43	6.18 - 7.10	6.776	555.562	6.144	1.216	1.100	8.460
44	6.18 - 7.10	6.505	306.784	7.078	1.355	1.188	9.621
45	6.18 - 7.10	6.689	455.033	6.871	1.610	1.861	10.341
46	6.18 - 7.10	6.654	428.146	7.789	1.238	1.615	10.642
47	6.18 - 7.10	6.694	427.036	7.064	1.188	1.350	9.602
48	7.10 - 8.01	7.461	652.968	7.448	1.674	0.751	9.874
49	7.10 - 8.01	7.284	506.160	9.924	1.231	1.461	12.616
50	7.10 - 8.01	7.802	708.541	11.726	3.180	2.062	16.967
51	7.10 - 8.01	7.602	765.145	15.706	3.785	2.050	21.542
52	7.10 - 8.01	7.173	526.353	10.716	2.262	0.844	13.822
53	7.10 - 8.01	7.543	590.020	12.637	1.756	0.754	15.146
54	8.01 - 8.92	8.416	920.778	15.951	2.907	2.576	21.434
55	8.01 - 8.92	8.863	1032.969	24.247	4.368	2.848	31.463
56	8.92 - 9.85	9.331	1084.862	14.406	3.070	3.200	20.676

Tabla 10: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*Dap	R ²
0.71 - 4.36	Ecuación lineal	$y = 1.4449x - 2.1378$	0.8624
	Ecuación exponencial	$y = 0.0683e^{1.0467x}$	0.7103
	Ecuación logarítmica	$y = 3.7888\ln(x) - 1.7817$	0.8433
	Ecuación polinómica	$y = -0.034x^2 + 1.6381x - 2.3861$	0.8627
	Ecuación potencial	$y = 0.079x^{2.8506}$	0.8065

Tabla 11: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable DxH, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R ²
0.71 - 4.36	Ecuación lineal	$y = 6.5124x + 4.8731$	0.7675
	Ecuación exponencial	$y = 5.5752e^{0.4697x}$	0.6423
	Ecuación logarítmica	$y = 9.0883\ln(x) + 15.039$	0.7765
	Ecuación polinómica	$y = -1.7611x^2 + 13.89x + 0.2913$	0.82
	Ecuación potencial	$y = 11.36x^{0.7005}$	0.7934

Tabla 12: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.71 – 4.36) y la variable H, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R ²
0.71 - 4.36	Ecuación lineal	$Y = 0.494x - 0.7086$	0.5913
	Ecuación exponencial	$Y = 0.166e^{0.3824x}$	0.3587
	Ecuación logarítmica	$Y = 2.5353\ln(x) - 2.0991$	0.6266
	Ecuación polinómica	$Y = -0.0796x^2 + 1.3942x - 2.9049$	0.657
	Ecuación potencial	$Y = 0.0518x^{2.0149}$	0.5032

Tabla 13: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dap	R ²
4.36 - 7.10	Ecuación lineal	$Y = 2.5064x - 5.9151$	0.2737
	Ecuación exponencial	$Y = 1.1337e^{0.3355x}$	0.25
	Ecuación logarítmica	$Y = 13.958\ln(x) - 15.773$	0.2835
	Ecuación polinómica	$Y = -1.4331x^2 + 18.395x - 49.016$	0.3086
	Ecuación potencial	$Y = 0.3014x^{1.8715}$	0.2636

Tabla 14: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R²
4.36 - 7.10	Ecuación lineal	$y = 1.0214x + 39.806$	0.068
	Ecuación exponencial	$y = 37.771e^{0.0234x}$	0.0432
	Ecuación logarítmica	$y = 15.833\ln(x) + 16.615$	0.1868
	Ecuación polinómica	$y = -0.3154x^2 + 8.7916x + 2.8479$	0.4254
	Ecuación potencial	$y = 22.645x^{0.3528}$	0.1448

Tabla 15: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.36 – 7.10) y la variable H, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R²
4.36 - 7.10	Ecuación lineal	$y = 0.1272x + 6.8019$	0.0044
	Ecuación exponencial	$y = 4.973e^{0.0431x}$	0.0049
	Ecuación logarítmica	$y = 0.8225\ln(x) + 6.1484$	0.0026
	Ecuación polinómica	$y = 0.0623x^2 - 0.9876x + 11.528$	0.0102
	Ecuación potencial	$y = 3.4437x^{0.3477}$	0.0032

Tabla 16: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable DAP, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dap	R²
7.10 - 9.85	Ecuación lineal	$Y = 6.258x - 31.528$	0.5335
	Ecuación exponencial	$Y = 1.1905e^{0.3364x}$	0.4863
	Ecuación logarítmica	$Y = 51.897\ln(x) - 89.166$	0.5471
	Ecuación polinómica	$Y = -4.9399x^2 + 87.558x - 363.13$	0.6299
	Ecuación potencial	$Y = 0.0536x^{2.7904}$	0.505

Tabla 17: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable DxH, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R²
7.10 - 9.85	Ecuación lineal	$y = 2.2723x + 52.298$	0.6608
	Ecuación exponencial	$y = 59.361e^{0.0241x}$	0.6361
	Ecuación logarítmica	$y = 41.782\ln(x) - 25.318$	0.6458
	Ecuación polinómica	$y = -0.0472x^2 + 4.2132x + 34.385$	0.6759
	Ecuación potencial	$y = 25.982x^{0.4444}$	0.6623

Tabla 18: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (7.10 – 9.85) y la variable H, de los culmos en estado verde.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R ²
7.10 - 9.85	Ecuación lineal	$y = 3.4449x - 22.157$	0.5448
	Ecuación exponencial	$y = 2.0443e^{0.182x}$	0.5871
	Ecuación logarítmica	$y = 38.475\ln(x) - 76.236$	0.5226
	Ecuación polinómica	$y = 1.7265x^2 - 36.238x + 202.84$	0.6697
	Ecuación potencial	$y = 0.1174x^{2.0329}$	0.5664

Tabla 19: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dap	R ²
0.72 - 2.75	Ecuación lineal	$Y = 0.588x - 0.6026$	0.7561
	Ecuación exponencial	$y = 0.0304e^{1.3614x}$	0.7517
	Ecuación logarítmica	$y = 0.993\ln(x) - 0.0823$	0.7085
	Ecuación polinómica	$y = 0.2372x^2 - 0.2864x + 0.1425$	0.7791
	Ecuación potencial	$y = 0.0982x^{2.3483}$	0.7777

Tabla 20: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R ²
0.72 - 2.75	Ecuación lineal	$y = 6.4412x + 2.3304$	0.5634
	Ecuación exponencial	$y = 2.5839e^{1.2504x}$	0.414
	Ecuación logarítmica	$y = 3.2683\ln(x) + 8.5832$	0.6686
	Ecuación polinómica	$y = -12.125x^2 + 21.271x - 0.7776$	0.7493
	Ecuación potencial	$y = 8.8932x^{0.6606}$	0.6118

Tabla 21: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (0.72 – 2.75) y la variable H, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R ²
0.72 - 2.75	Ecuación lineal	$y = 0.2362x - 0.1302$	0.3559
	Ecuación exponencial	$y = 0.0827e^{0.5793x}$	0.3276
	Ecuación logarítmica	$y = 0.6497\ln(x) - 0.1081$	0.3488
	Ecuación polinómica	$y = -0.0022x^2 + 0.2494x - 0.1484$	0.3559
	Ecuación potencial	$y = 0.0831x^{1.6429}$	0.3512

Tabla 22: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dap	R²
2.75 - 4.78	Ecuación lineal	$y = 2.6979x - 7.2238$	0.8235
	Ecuación exponencial	$y = 0.0357e^{1.1147x}$	0.8193
	Ecuación logarítmica	$y = 9.8091\ln(x) - 9.9602$	0.8001
	Ecuación polinómica	$y = 0.658x^2 - 2.2519x + 1.871$	0.8406
	Ecuación potencial	$y = 0.0099x^{4.1668}$	0.8347

Tabla 23: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R²
2.75 - 4.78	Ecuación lineal	$y = 4.1184x + 9.5006$	0.7337
	Ecuación exponencial	$y = 11.275e^{0.1957x}$	0.7482
	Ecuación logarítmica	$y = 9.2187\ln(x) + 13.556$	0.6645
	Ecuación polinómica	$y = 0.3043x^2 + 2.1738x + 11.688$	0.7416
	Ecuación potencial	$y = 13.27x^{0.4757}$	0.7148

Tabla 24: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (2.75 – 4.78) y la variable H, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R²
2.75 - 4.78	Ecuación lineal	$y = 0.7675x - 1.458$	0.4717
	Ecuación exponencial	$y = 0.3618e^{0.3293x}$	0.4157
	Ecuación logarítmica	$y = 4.1726\ln(x) - 4.1908$	0.4764
	Ecuación polinómica	$y = -0.0496x^2 + 1.3418x - 3.0018$	0.4771
	Ecuación potencial	$y = 0.0971x^{1.8762}$	0.4517

Tabla 25: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable DAP, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dap	R²
4.78 - 7.38	Ecuación lineal	$Y = 0.4564x + 5.3076$	0.0156
	Ecuación exponencial	$Y = 5.5269e^{0.0532x}$	0.0143
	Ecuación logarítmica	$Y = 3.0101\ln(x) + 2.7051$	0.0193
	Ecuación polinómica	$Y = -2.6418x^2 + 32.059x - 87.313$	0.1546
	Ecuación potencial	$Y = 4.1276x^{0.344}$	0.0181

Tabla 26: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable DxH, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*dxh	R ²
4.78 - 7.38	Ecuación lineal	$y = 1.8932x + 20.922$	0.2893
	Ecuación exponencial	$y = 23.16e^{0.0503x}$	0.3037
	Ecuación logarítmica	$y = 14.597\ln(x) + 6.5057$	0.2513
	Ecuación polinómica	$y = 0.4853x^2 - 6.6897x + 54.865$	0.3643
	Ecuación potencial	$y = 15.911x^{0.3841}$	0.267

Tabla 27: Ecuaciones alométricas generadas por clase diamétrica (4.78 – 7.38) y la variable H, de los culmos en estado maduro.

Clase diamétrica	Tipo de ecuación	Biomasa*h	R ²
4.78 - 7.38	Ecuación lineal	$y = 0.5474x + 4.2449$	0.136
	Ecuación exponencial	$y = 4.9176e^{0.0627x}$	0.148
	Ecuación logarítmica	$y = 2.3274\ln(x) + 3.5923$	0.1021
	Ecuación polinómica	$y = 0.1852x^2 - 1.5043x + 9.1131$	0.2015
	Ecuación potencial	$y = 4.6294x^{0.2587}$	0.1105

Anexo B. Panel fotográfico.



Figura 8. Reconocimiento de la parcela



Figura 9. Toma de puntos con el GPS.



Figura 10. Inventario y selección de culmos verdes y maduros.



Figura 11. Medición del diámetro de los culmos a 30 cm. del suelo.



Figura 12. Instalación de las trampas para la recolección de hojarasca.



Figura 13. Medición de la altura total y codificación de los culmos cortados.



Figura 14. Recolección y pesaje del peso húmedo de la hojarasca



Figura 15. Seccionado de los culmos en base, medio y ápice.



Figura 16. Obtención de las ramas y hojas por culmo seleccionado



Figura 17. Pesaje en estado húmedo de las secciones del culmo (ápice, medio, base).



Figura 18. Muestras colocadas en la estufa para la obtención del peso seco



Figura 19. Pesaje en estado seco de los culmos, hojas y ramas