

# Cuantificación de biomasa aérea de *Guadua angustifolia Kunth* en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, en Pitalito (Huila), Colombia

Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba  
Diana Stefany Molina Calderón  
William Sneyder Montealegre Rojas  
Nelly María Méndez Pedroza  
Andrés Mauricio Munar Samboní

**Cómo citar:** Ramírez, G., Molina, D., Montealegre, W., Méndez, N. y Munar, A., (2024). Cuantificación de biomasa aérea de *Guadua angustifolia Kunth* en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, en Pitalito (Huila), Colombia. En Méndez, N., Munar, A., (Comp.). *Biodiversidad y servicios ecosistémicos de bosques secundarios andino-amazónicos*. (60-74). Sello Editorial UNAD. <https://doi.org/10.22490/UNAD.9789586519878>

## Resumen

Los bosques de bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) desempeñan un papel significativo en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, la cuantificación de biomasa y sus características a nivel de cuencas hidrográficas es poco estudiada. El objetivo de este estudio fue cuantificar la biomasa aérea en los bosques naturales de la *Guadua angustifolia Kunth*, que se encuentran en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, ubicada al sur de Colombia.

Para obtener estos resultados, se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple en el campo, que resultó en la medición de 120 rodales, de los cuales se registraron las dimensiones dasométricas. Se tomaron muestras (método directo) destructivas de tallo y muestras húmedas (hojas, ramas y madera) de tres guaduas (al azar) por cada rodal, siguiendo rutas establecidas en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Posteriormente, se secaron las muestras durante 48 horas a 50°C para obtener los valores de peso húmedo, peso inicial y peso seco. A partir de estos datos, se calcularon las tasas de humedad y el volumen de biomasa seca. En la zona de estudio, se estimó un promedio aproximado del 34% de humedad en la *Guadua* y un total de 82 toneladas de biomasa seca por hectárea. Se observó una variabilidad significativa en los niveles de biomasa seca por hectárea en las diferentes rutas, con valores que oscilan entre 68 y 100 toneladas por hectárea.

Estos resultados permiten llevar a cabo investigaciones para incluir la *Guadua* en proyectos de carbono, estrategias de adaptación al cambio climático y conservación

de recursos naturales, entre otros; además de fomentar su comercio e industrialización en el mercado colombiano.

*Palabras clave:* Dasometría, método destructivo, rodales, cambio climático.

## Abstract

Bamboo forests (*Guadua angustifolia* Kunth) play a significant role in mitigating greenhouse gas emissions. However, the quantification of biomass and its characteristics at the watershed level is understudied. The objective of this study was to quantify the aboveground biomass in natural forests of *Guadua angustifolia* Kunth, located in the Guarapas River basin, in southern Colombia.

To obtain these results, a simple random sampling was carried out in the field, which resulted in the measurement of 120 stands, of which the dasometric dimensions were recorded. Destructive (direct method) stem samples were taken, and wet samples (leaves, branches and wood) were taken from three random *guaduas* for each stand, following routes established in the Watershed Management Plan. Subsequently, the samples were dried for 48 hours at 50°C to obtain the values of wet weight, initial weight, and dry weight. Based on these data, moisture rates and the volume of dry biomass were calculated. In the study area, an average of approximately 34% moisture content in the *Guadua* and a total of 82 tons of dry biomass per hectare were estimated. Significant variability was observed in the levels of dry biomass per hectare in the different routes, with values ranging from 68 to 100 tons per hectare. These results allow the possibility of carrying out research to include *Guadua* in carbon projects, climate change adaptation strategies, and conservation of natural resources, among others. In addition, to promote its trade and industrialization in the Colombian market.

*Keywords:* Dasometry, destructive method, stands, climate change.

## Introducción

La *Guadua*, técnicamente clasificada como un bambú leñoso, o más comúnmente considerada un pasto gigante, pertenece taxonómicamente a la familia de *Poaceae* o *Gramineae*. En todo el mundo existen alrededor de 1400 especies de bambú, de las cuales 435 son nativas de América (Méndez Pedroza & Montealegre, 2021) y aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú. Colombia se destaca por poseer la especie *Guadua angustifolia* Kunth, que cuenta con las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y una extraordinaria durabilidad. Esta especie se caracteriza por tener culmos erectos que alcanzan alturas de hasta 25 m y diámetros de 10 a 25 cm, con entrenudos que presentan paredes de hasta 2 cm de espesor (Camargo, 2014).

Además de sus características físicas, la *Guadua angustifolia* ofrece una serie de beneficios notables. Uno de ellos es su capacidad de reproducción permanente, que la convierte en un recurso altamente renovable (Brand *et al.*, 2019). Así mismo, contribuye a la conservación del suelo, evita la movilización de tierra y presenta una destacada capacidad para el almacenamiento de agua (Ceccon & Gómez Ruiz, 2019). También ofrece una significativa contribución a la fijación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo cual constituye un valioso aporte al control del cambio climático, un desafío que claramente afecta al mundo de manera adversa (Camargo García *et al.*, 2010).

Es importante destacar que diversos trabajos a nivel local han enriquecido esta investigación, como el *Plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la Guadua en la zona sur del Huila, Colombia* (Cuellar B. *et al.*, 2016). Además, la *Guadua* adquiere una gran relevancia ambiental en el municipio de Pitalito, Huila, donde se encuentran aproximadamente 347,9 hectáreas de esta especie (Montealegre, 2014).

El grupo de investigación del Macizo Colombiano Inyumacizo (2012) y el semillero de investigación del Macizo Colombiano SIMAC han establecido como prioridad, dentro de su plan de acción, avanzar en el estudio de la especie natural de flora silvestre *Guadua angustifolia Kunth*. A lo largo de su desarrollo, estos grupos han llevado a cabo investigaciones orientadas a esa especie vegetal, como el *Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la Guadua (Guadua angustifolia Kunth), con participación comunitaria en la cuenca hidrográfica del río guarapas, zona sur* (Méndez Pedroza, 2014) y la *Formulación del plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la Guadua en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, departamento del Huila, Colombia* (Montealegre, 2014), entre otros. Con ellas han contribuido al conocimiento y aprovechamiento sostenible de esta valiosa especie vegetal.

Por esta razón, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal la cuantificación de la biomasa aérea en la especie *Guadua angustifolia Kunth*, a través de la medición de parámetros dasométricos. Este estudio se llevó a cabo en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, ubicada en el municipio de Pitalito, en el departamento de Huila. A su vez, se enmarca en una iniciativa más amplia, que busca contribuir a la mitigación del cambio climático y apoyar las investigaciones relacionadas con la estimación del carbono orgánico en los bosques de bambú (Ramírez Córdoba & Guaca Cruz, 2021).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, ubicada al sur del departamento de Huila, en los municipios de Palestina y Pitalito. Esta

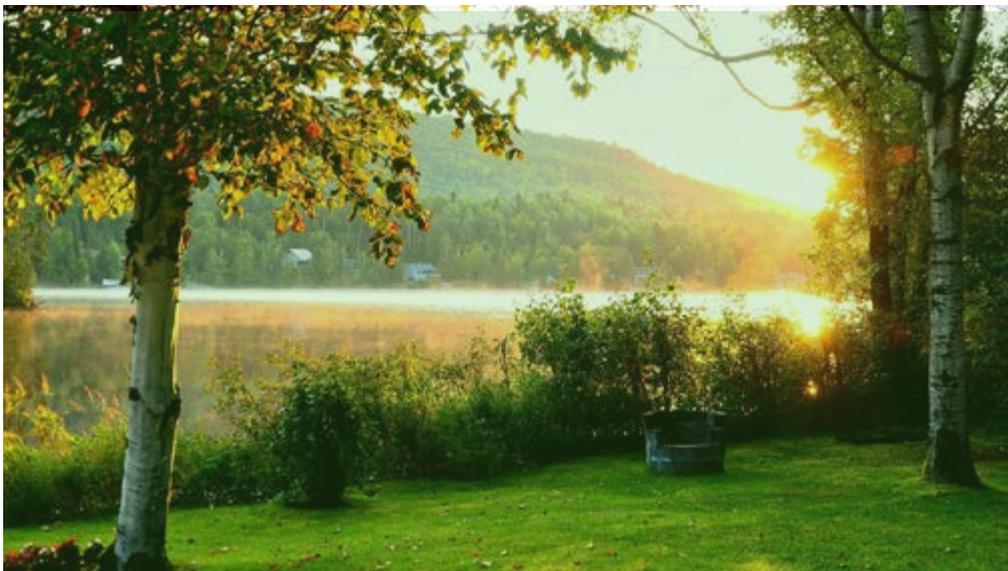
cuenca abarca un área de 70 567 ha y tiene su origen en el Macizo Colombiano; más específicamente, en el flanco occidental de la cordillera oriental, a una altitud aproximada de 2715 m s. n. m., en la vereda Villas del Macizo del municipio de Palestina. A lo largo de su curso, el río recorre una distancia de 71,4 km antes de desembocar en el río Magdalena, alcanzando una altitud de 1203 m s. n. m. en la vereda Chillurco del municipio de Pitalito (Méndez Pedroza, 2014).

**Tabla 1.** Variables climatológicas óptimas para la Guadua

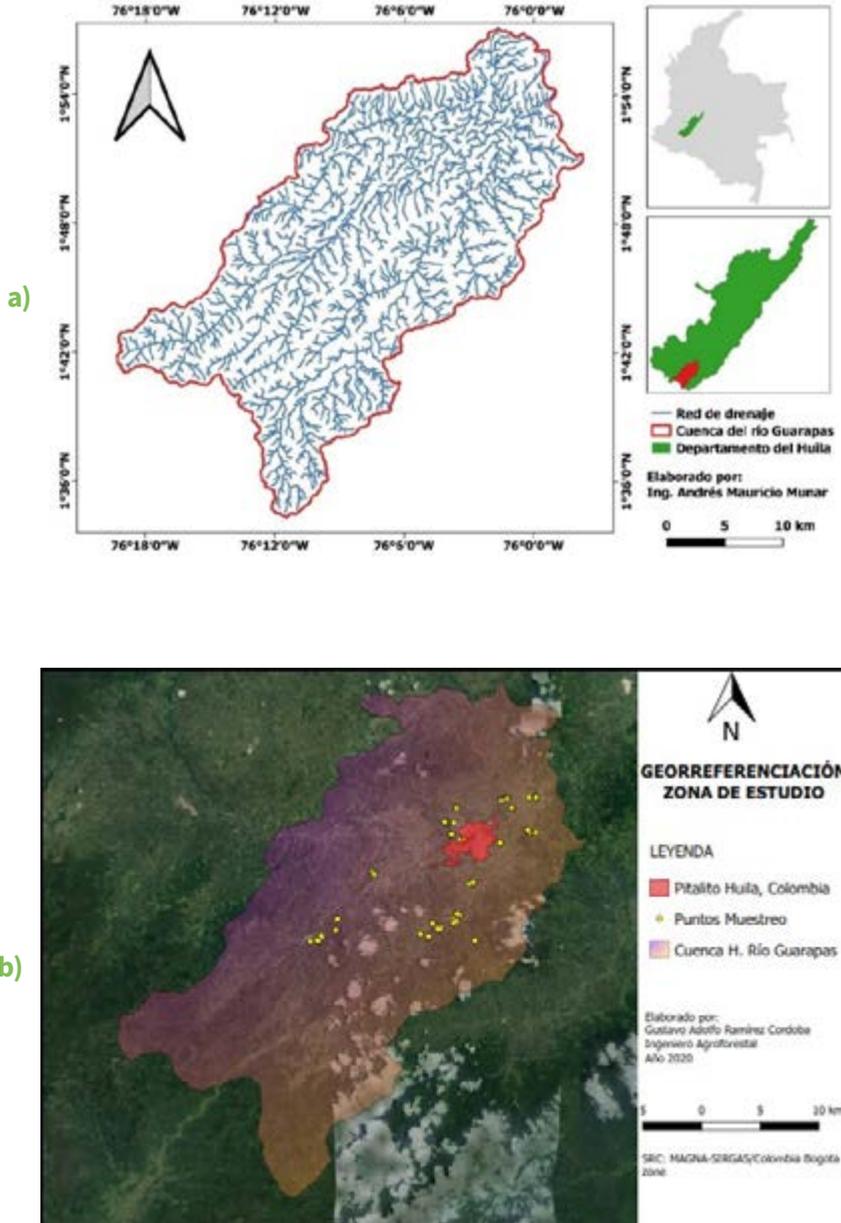
Hábitat		
Precipitación	Superior a 1200 mm/año	
Humedad relativa	75 %-85 %	
Condiciones de desarrollo óptimo	Altitud	900-2000 ms. n. m.
	Precipitación	2000-2500 mm/año
	Temperatura	20 °C-26 °C

**Fuente:** Méndez Pedroza (2014).

El área del proyecto está en el municipio de Pitalito, Huila, sobre la cuenca del río Guarapas; cuenta con 7 corregimientos y 120 veredas, con alturas s. n. m. desde 1000 m hasta 2200 m, y presenta una extensión aproximada de 347,9 ha de Guadua, con una densidad promedio de 5466 guaduas/ha, según Montealegre (2014).



**Figura 1.** a) Localización de la cuenca hidrográfica del río Guarapas y b) Georreferenciación de los puntos de muestreo de la *Guadua angustifolia* Kunth en el municipio de Pitalito.



## Trabajo de Campo

El trabajo de campo se llevó a cabo mediante la aplicación del método destructivo, que implica la utilización de los individuos para obtener muestras húmedas (Mónaco *et al.*, 2015) (anexo 2). Este proceso realizó en las siguientes etapas:

*Selección de la Muestra:* Se seleccionaron 120 rodales de Guadua ubicados en diversas áreas que cubren la totalidad de la cuenca del río Guarapas. En cada rodal de Guadua, se eligieron tres guaduas como muestras representativas para el desarrollo del proyecto.

*Marcación de Guadua:* Las guaduas se seleccionaron al azar, asegurando que estuvieran ubicadas en diferentes puntos dentro del rodal. Se llevó cabo una georreferenciación precisa de estas guaduas en el área geográfica del rodal (fig.1).

*Corte:* Las guaduas seleccionadas para el muestreo se cortaron en el primer o segundo entrenudo, evitando dejar depósitos de agua que pudieran afectar la regeneración de su rizoma. Luego, se realizaron mediciones dasométricas como altura total, altura de copa, altura a la primera rama y diámetro del tallo (Duarte-Vargas *et al.*, 2021). Posteriormente, se dividió el tallo en tres compartimentos, para efectuar mediciones de canutos que incluyen altura y circunferencia. Se repitió esta variable diez veces por cada Guadua; además de medir la densidad de la madera (Ramírez Córdoba & Guaca Cruz, 2021) cumpliendo con las especificaciones del método destructivo. Luego de realizado este proceso, se tomó por cada Guadua una muestra de 1 kg de biomasa húmeda, compuesta por 400 g de madera, 300 g de hojas y 300 g de ramas.

*Secado:* Las muestras recolectadas se metieron en un horno, previamente pesadas, y se secaron a una temperatura constante de 50°C durante 48 horas continuas. Este proceso permitirá determinar el contenido de humedad, lo que a su vez facilitará el cálculo de la cantidad de biomasa de la *Guadua angustifolia Kunth*. Es importante mencionar que, en investigaciones de Camargo *et al.* (Camargo García *et al.*, 2010), se utilizó una temperatura de 60°C durante 48 horas continuas. En este proyecto se empleó un equipo de secado conocido como «silo»; el cual está diseñado para el secado de café, y su eficiencia para eliminar la humedad de las muestras vegetales es muy rápida. Este funciona con un intercambiador de calor automático y un ventilador centrífugo. Este proceso optimiza significativamente la liberación y evaporación de la humedad de las muestras.

## Análisis y estimación de biomasa

Después de la recolección de datos en el campo, se procede a realizar un análisis y estimación de la biomasa aérea. Esto se logra utilizando los datos obtenidos durante los procesos de corte y secado, aplicando las siguientes ecuaciones:

- A. Peso fresco (*Pf*): Se refiere al peso húmedo encontrado en el campo.

- B. Peso inicial ( $P_i$ ): Corresponde al peso de la muestra o submuestra antes de someterse al proceso de secado.
- C. Peso seco ( $P_s$ ): Indica el peso obtenido después de completar el proceso de secado.

A partir de estas tres variables, es posible calcular el contenido de humedad ( $C.H$ ) presente en cada una de las muestras, siguiendo la siguiente ecuación (Camargo, 2010):

$$C.H = \frac{P_i(\text{gr}) - P_s(\text{gr})}{P_i(\text{gr})}$$

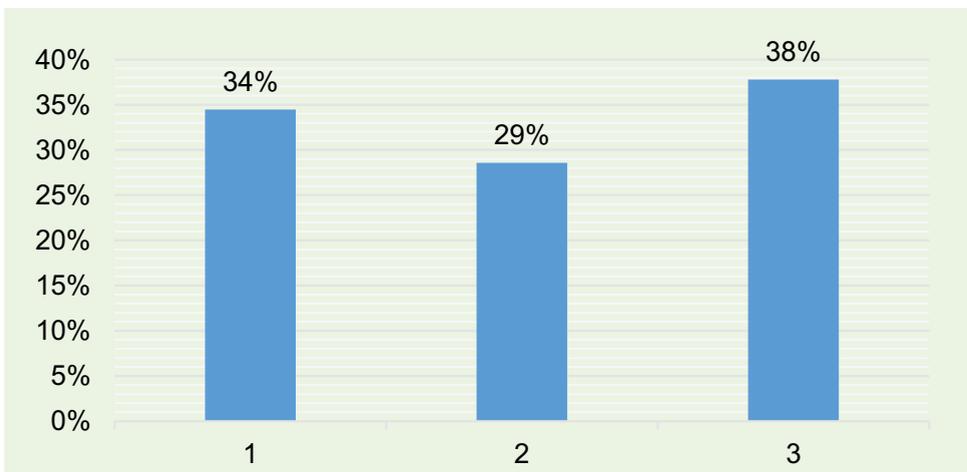
Luego, la biomasa ( $B$ ) se determina con la siguiente ecuación:

$$B = P_f - (P_f * C.H)$$

## Resultados y discusión

En un primer análisis, se registró un contenido de humedad promedio del 34% por individuo. Al desglosar los datos según el componente evaluado (culmo, ramas, hojas), se obtuvieron los siguientes resultados:

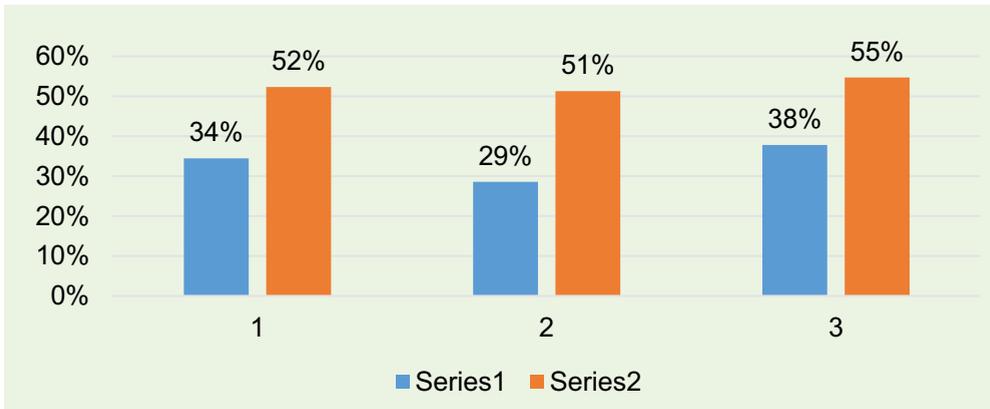
**Figura 2.** Contenido de humedad por componente



**Fuente:** Molina y Montealegre (2018)

La figura 2 ilustra una comparación entre los tres componentes, en términos de contenido de humedad, resaltando una marcada disparidad de 9% entre las ramas y las hojas.

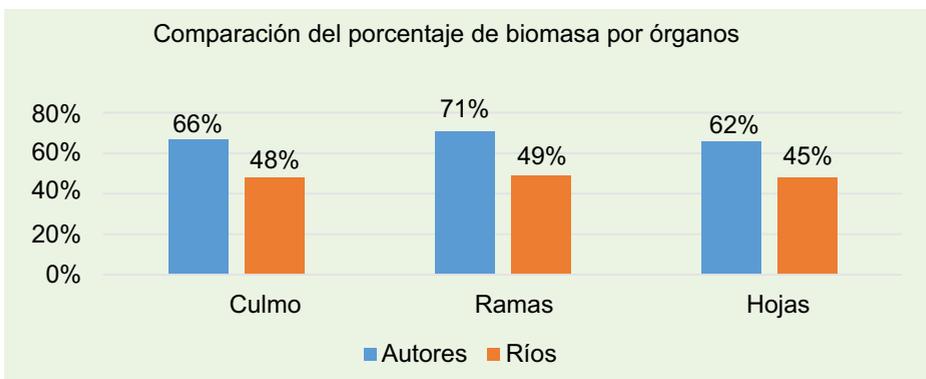
**Figura 3.** Comparación de contenido de humedad



**Fuente:** Molina y Montealegre (2018)

Asimismo, se llevó a cabo una comparación con los resultados de un estudio similar realizado por Cruz Ríos (2015) en plantaciones de Guadua en México. La figura 3 refleja una notoria disparidad en el contenido de humedad de cada componente evaluado, revelando valores significativamente más bajos para la Guadua estudiada en esta investigación.

**Figura 4.** Comparación del porcentaje de biomasa por órganos



**Fuente:** Molina y Montealegre (2018)

Se llevó a cabo otro análisis que se centró en el porcentaje de biomasa por órgano. Los valores resultantes están representados en las columnas azules de la figura 4. Además, se realizó una comparación con los datos obtenidos en el estudio de Cruz Ríos (2015); en esta ocasión, los resultados fueron altamente favorables en cuanto al porcentaje de biomasa por Guadua.

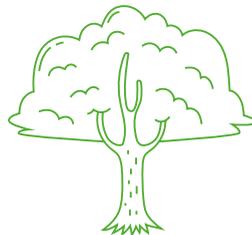
Tabla 2. Resultados de biomasa seca

	Culmo	Ramas	Hojas	Total
Promedio biomasa Seca/cm <sup>3</sup> Guadua	15647,32	4729,94	1582,75	21960,01
Promedio biomasa seca/m <sup>3</sup> Guadua	0,015	0,0047	0,0015	0,02
Densidad Guadua kg/m <sup>3</sup>	687,08	687,08	687,08	687,08
Promedio biomasa seca/kg Guadua	10,75	3,25	1,087	15,08
Promedio biomasa seca/ha cm <sup>3</sup>	85528274,5	25853852,8	8651315,15	120033442,5
Promedio biomasa seca/ha m <sup>3</sup>	85,53	25,85	8,65	120,03
Promedio biomasa seca/ha kg	58764,77	17763,66	5944,14	82472,57
Promedio biomasa seca/ha t	58,76	17,76	5,94	82,47
Biomasa seca total CH t	20444,26	6179,98	2067,97	28692,20

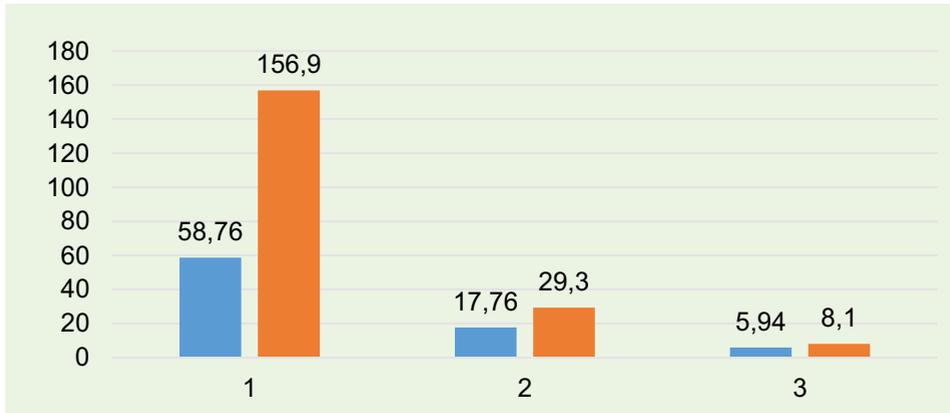
**Fuente:** Ramírez *et al.* (2018).

En la tabla 3 se presentan los resultados de los valores correspondientes a la biomasa seca, que constituye el enfoque principal de este estudio. Se destacan los valores de biomasa seca por hectárea (ha) en toneladas (t) para cada órgano evaluado; y el total, que arroja un promedio de 82,47 t/ha de biomasa aérea seca. Esto se traduce en un valor total de 28 692,20 t para toda la cuenca hidrográfica del río Guarapas, ubicada en el municipio de Pitalito.

A estos datos también se les hizo una comparación con el trabajo de Cruz Ríos (2015). Los resultados fueron más bajos, ya que los de Cruz Ríos (2015) dan unos valores relativamente altos, tomando en cuenta que la densidad de culmos por hectárea no es muy diferenciada (5755 para Cruz Ríos, 5466 para el presente estudio). Esta diferencia puede deberse a que Cruz Ríos (2015) consideró la edad y el estado de madurez de cada individuo; en nuestro caso, se utilizaron guaduales naturales.

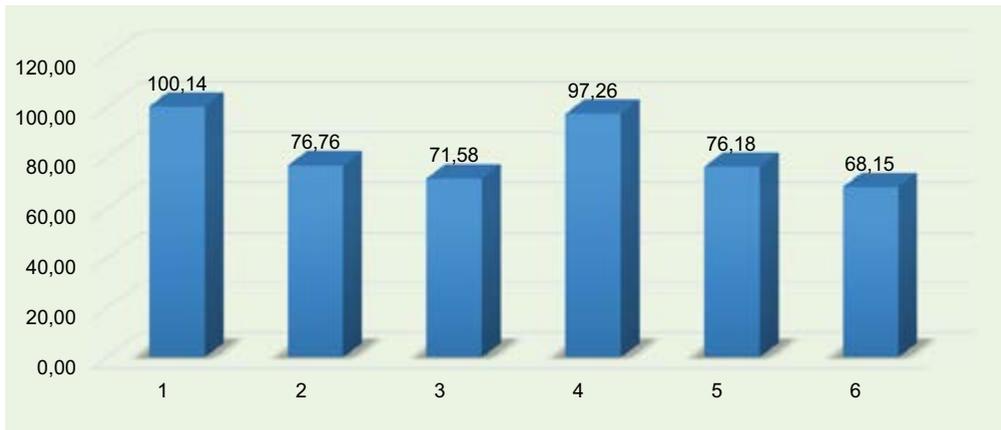


**Figura 5.** Comparación de biomasa seca por órganos



**Fuente:** Molina y Montealegre (2018)

**Figura 6.** Biomasa por ruta t/ha



**Fuente:** Molina y Montealegre (2018)

La figura 6 presenta los resultados de biomasa seca en toneladas por hectárea (t/ha) para cada ruta analizada, destacando especialmente la significativa contribución de la ruta Palestina, la cual supera la marca de las 100 t/ha.

El aporte de biomasa total más destacado en promedio se observa en la ruta Palestina, con un promedio de 100,14 toneladas por hectárea (t/ha). En comparación con las otras rutas evaluadas, es importante destacar que esta ruta cuenta con una mayor densidad de guaduales, condiciones ambientales favorables y un buen nivel de manejo y cuidado de los guaduales.

El cálculo estimado de la biomasa aérea seca total proporcionada por la *Guadua angustifolia* Kunth en el municipio de Pitalito (Huila), en la cuenca del río Guarapas, asciende a 28 692,20 toneladas. Este valor se deriva del promedio general de biomasa seca por hectárea y de la extensión total de guadua en el municipio de Pitalito, que abarca 347,9 ha. Sin embargo, es importante mencionar que no se disponen de datos precisos sobre la extensión de cada área en el municipio, lo que podría influir en los resultados finales; como en el caso de la ruta Palestina, que posiblemente tenga una mayor proporción de Guadua en comparación con otras áreas.

En cuanto a las comparaciones realizadas con el estudio de Cruz Ríos (2015), se observa una notable disparidad en el contenido de humedad, con una diferencia de más del 20 % en favor de los resultados obtenidos por Cruz Ríos (2015). Esta variación podría estar relacionada con la ubicación geográfica; aunque esta es una cuestión que requiere investigaciones adicionales, incluyendo aspectos geográficos, de suelos, flora y fauna asociados (entre otros) que pueden influir en esta variable. También se podría atribuir a que en el presente estudio no se consideró la variable de edad, mientras que Cruz Ríos (2015) afirma que la *Guadua angustifolia* Kunth presenta una mayor producción de biomasa a las edades de 4, 5 y 6 años. Por lo tanto, esta variable debería ser tomada en cuenta en futuras investigaciones.

En consecuencia, los resultados derivados de la estimación de la biomasa aérea total en la *Guadua angustifolia* Kunth, que alcanzó los 82 Mg ha en tallos de aproximadamente 3 años, muestran una marcada diferencia en comparación con la biomasa aérea total estimada en la plantación de *Bambusa oldhamii*, que alcanzó los 103,4 Mg ha<sup>-1</sup> en culmos de 4 años; así como con la biomasa aérea total estimada en la plantación de *Guadua angustifolia* Kunth, que se situó en 47,7 Mg ha<sup>-1</sup>, según el estudio de Aguirre-Cadena *et al.* (2018).

De acuerdo con el estudio de Kaushal *et al.* (2016), los resultados en términos de biomasa para plantaciones de *Dendrocalamus Strictus*, tanto en su etapa joven (6 años) como en su fase madura (20 años), arrojaron valores de 18,91 t/ha y 109,30 t/ha, respectivamente. Por lo tanto, es importante destacar que estos primeros valores, según la edad, se sitúan por debajo de los obtenidos en el presente estudio.

Estos hallazgos sugieren que *Bambusa oldhamii* se destaca como una especie con una mayor producción de biomasa, aunque no muy distante de los resultados obtenidos en nuestro estudio; donde la *Guadua angustifolia* Kunth, con sus 82 Mg ha, se revela como una especie vegetal prometedora en la producción de biomasa. Esto es de suma importancia para la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI).

Basándonos en el aporte de biomasa seca por hectárea, que promedia 82,47 t/ha, podemos estimar que la *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca hidrográfica del río

Guarapas, municipio de Pitalito, aporta en promedio 110,54 toneladas por hectárea, incluyendo rizomas y raíces. Esto se fundamenta en la estimación de que la biomasa aérea constituye aproximadamente el 74,6% de la biomasa total de la Guadua, según Camargo (2010).

## Conclusiones

En este estudio se llevaron a cabo el análisis y la estimación de la biomasa aérea recolectada de los individuos seleccionados, y se obtuvo un valor promedio de 82 toneladas por hectárea (t/ha) para todos los rodales estudiados. Se observó una marcada variabilidad en los valores obtenidos en las diferentes rutas, tanto en términos de contenido de humedad como de volumen de biomasa. Esto sugiere que la *Guadua angustifolia Kunth* presente en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, en el municipio de Pitalito, experimenta condiciones diversas en diferentes sectores, a pesar de pertenecer a una misma cuenca. Esta variabilidad podría respaldar futuros estudios más específicos, ya sea evaluando áreas más pequeñas o incorporando nuevas variables, como la edad de las guaduas, el tamaño de los rodales, los tiempos de corte, la proximidad a centros poblados o carreteras transitadas y otros factores que puedan influir en los resultados.

Los resultados finales de este trabajo destacan el importante papel ambiental que desempeña la *Guadua angustifolia Kunth* en el municipio de Pitalito; especialmente en relación con las fuentes de agua, dado que suele encontrarse cerca de ellas. Además, identifica ciertos problemas en el tratamiento de esta especie: la Guadua requiere cuidado y manejo periódico para desarrollarse adecuadamente, pero las legislaciones nacional y regional imponen restricciones que dificultan la implementación de prácticas silviculturales adecuadas. Esto puede resultar en una menor producción de biomasa y, por tanto, en una capacidad reducida para capturar carbono, entre otras consecuencias negativas.

Es destacable el potencial de la Guadua en términos ambientales, económicos y sociales. Además, respecto a sus servicios ecosistémicos, este estudio demostró que puede generar un promedio de 82 t/ha de biomasa. Su ciclo de crecimiento relativamente corto, de alrededor de 6 años, la hace más atractiva en comparación con las especies maderables tradicionales. Además, puede sustituir la madera, lo que contribuye a la protección de especies maderables en peligro de extinción. Su versatilidad permite el uso manual o con maquinaria industrial, lo que la convierte en un recurso altamente manejable. Asimismo, puede generar empleo en la región, impulsar la economía local y nacional, y promover productos nacionales, en lugar de importados.

Este artículo puede ser un punto de partida para cuantificar la cantidad de carbono orgánico en rodales naturales de Guadua, con el objetivo de mitigar el cambio

climático en la zona sur de Colombia, específicamente en la cuenca hidrográfica del río Guarapas. Además, contribuye a impulsar investigaciones que promueven la conservación, sostenibilidad y un uso adecuado de los recursos naturales vinculados a esta especie vegetal.

Finalmente, este estudio proporciona datos primordiales para comprender el ciclo del carbono, la productividad del bosque y su capacidad para almacenarlo, lo que es crucial para la mitigación del cambio climático. Además, la información sobre la biomasa aérea de la *Guadua* es fundamental para la gestión forestal sostenible, la planificación del uso del suelo y la evaluación de proyectos de reforestación y restauración. Esta cuantificación también puede ayudar a monitorear el impacto de perturbaciones como incendios forestales o deforestación, facilitando estrategias de conservación y manejo adaptadas a las necesidades de estos ecosistemas.

## Referencias

- Aguirre-Cadena, J. F., Ramírez Valverde, B., Cadena-Iñiguez, J., Juárez-Sánchez, J. P., Caso-Barrera, L., & Martínez-Carrera, D. (2018). Biomasa y carbono en *Guadua angustifolia* Kunth y *Bambusa oldhamii* Munro en dos comunidades de la sierra Nororiental de Puebla, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1701–1708. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.33364>
- Alto Magdalena CAM, C. A. R. (2009). *Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del Río Guarapas*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena.
- Brand, M. A., Balduino Junior, A. L., Nones, D. L., & Gaa, A. Z. N. (2019). Potential of bamboo species for the production of briquettes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49, e54178. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954178>
- Camargo, G. J. (2014). Defining growth and quality of guadua bamboo culms: A case study of guadua bamboo forests, Colombia. *Journal of Tropical Forest Science*, 26(2), 218–224. <https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/267>
- Camargo García, J. C., Rodríguez, J. A., & Arango Arango, Á. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente Número*, 61, 86–94. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5987>
- Ceccon, E., & Gómez Ruiz, P. A. (2019). Bamboos ecological functions on environmental services and productive ecosystems restoration. *Revista de Biología Tropical*, 67(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.35189>

- Cruz Ríos, H. (2015). *Biomass generation and Carbon fixation in Guadua Bamboo: Guadua angustifolia Kunth*. 10th World Bamboo Congress, Korea 2015. <https://worldbamboo.net/wbcx/Sessions/Theme%20Ecology%20Environmental%20Concerns/Cruz%20R%C3%ADos,%20Hormilson%20.pdf>
- Cuellar B., A., Montealegre T., W., & Méndez P. Nelly, M. (2016). *Formulación Plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la Guadua en la zona sur del Huila Colombia*.
- Duarte-Vargas, J. H., Melo, O., Mora-Delgado, J., Castañeda-Serrano, R., & Váquiro, H. (2021). Producción de vainas y variables dasométricas del árbol *Senna spectabilis* (Fabaceae) en un bosque seco tropical. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 218–230.
- Inyumacizo. (2012). *Promoción, innovación y desarrollo industrial de la guadua (Guadua angustifolia Kunth), en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, departamento del Huila Colombia*.
- Kaushal, R., Subbulakshmi, V., Tomar, J. M. S., Alam, N. M., Jayaparkash, J., Mehta, H., & Chaturvedi, O. P. (2016). Predictive models for biomass and carbon stock estimation in male bamboo (*Dendrocalamus strictus* L.) in Doon valley, India. *Acta Ecologica Sinica*, 36(6), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.07.003>
- Méndez Pedroza, N. M. (2014). *Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (Guadua angustifolia Kunth), con participación comunitaria en la cuenca hidrográfica del río guarapas, zona sur*. Universidad Católica de Ávila.
- Méndez Pedroza, N. M., & Montealegre, W. I. (2021). Capacidad de adaptabilidad de seis biotipos de la especie *Guadua Angustifolia Kunth* en bosque húmedo premontano, en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia. *Gestión Ambiental y Desarrollo Agropecuario Sostenible*, 140.
- Molina Calderón, D. S., & Montealegre Rojas, W. S. (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 pregrado en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/20917/1/1078754850.pdf>
- Mónaco, N., Rosa, M. J., Santa, V., Aufrán, V., & Heguiabehere, A. (2015). *Utilización de estimadores para determinación de biomasa a campo*. *European Scientific Journal*. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/download/6653/6390>

Montealegre Torres, W. I. (2014). Trabajo de grado maestría. *Formulación del plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la guadua en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, departamento del Huila, Colombia.*

Ramírez Córdoba, G., & Guaca Cruz, L. (2021). *Biomasa y Carbono Orgánico en Rodales Naturales de Guadua para la Mitigación del Cambio Climático en una Zona Surcolombiana.* Universidad de la Amazonia.

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), que permitió que se llevaran a cabo de la mejor manera la formulación y trabajo de campo en los tiempos y espacios programados por el investigador principal y sus coautores.

Agradecimiento especial, también, a los egresados del programa de Ingeniería Ambiental de la UNAD Diana Stefany Molina Calderón y William Sneyder Montealegre Rojas, quienes fueron las personas que participaron en el proceso investigativo recolectando muestras y elaborando la tesis con la que optaron por el título del programa de Ingeniería Ambiental.

A PhD Nelly María Méndez, líder zonal (ZSur) de la Escuela de ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, quien permitió los espacios y tiempos necesarios para la realización de este trabajo investigativo.

Y a PhD Andrés Mauricio Munar, por su apoyo en la revisión, estructuración y retroalimentación durante la realización de este artículo científico.

