

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

ARTÍCULO 002

DETERMINACIÓN DE LA
DENSIDAD LONGITUDINAL
EN TALLOS DE
Guadua angustifolia Kunth
PROVENIENTES DE LOS
LLANOS VENEZOLANOS

Mery Deisy Velásquez Soto
Ligia Josefina Gutiérrez Nava
Shakespeare Simón Trejo Puentes
Styles Will Valero

Artículo 002

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD LONGITUDINAL EN TALLOS DE *Guadua angustifolia* Kunth PROVENIENTES DE LOS LLANOS VENEZOLANOS

Determination of longitudinal density in stems of *Guadua angustifolia* Kunth from the Venezuelan Plains

103

Mery Deisy Velásquez Soto, Ligia Josefina Gutiérrez Nava,
Shakespeare Simón Trejo Puentes¹ y Styles Will Valero¹

1. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Sección de Ensayos; Sección de Tableros Aglomerados y Contrachapados. Mérida, Venezuela. E-mails: merydeisyvelasquezso@gmail.com; ligiajosefinagutierreznava@gmail.com; shakespeare@ula.ve; styles@ula.ve

Recibido: 01/06/22. Aceptado: 17/02/23.

RESUMEN

A través de la historia se han buscado alternativas de materiales de construcción que sean de bajo costo, fácil uso, resistentes y amigables con la naturaleza. Es por ello, que la utilización de materiales de bajo costo y ambientalmente sostenibles es una necesidad palpable en la actualidad, donde cada día los recursos son más limitados. En este sentido, la *Guadua angustifolia* Kunth ha venido adquiriendo cierto grado de reconocimiento por sus características de crecimiento rápido y ecológico y por su alta relación de peso y resistencia. En relación con el Desarrollo Sostenible, existe un interés renovado en su uso para las construcciones modernas. Incluir la guadua dentro de la solución técnica como elemento constructivo alternativo, le aporta un carácter de responsabilidad social y ambiental a la solución, porque este recurso beneficia el contexto rural y el desarrollo ambiental del recurso forestal. Venezuela como país tropical presentan condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las Bambusaceae, siendo la misma una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento. El objetivo del presente estudio consistió en determinar las propiedades físicas de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de los llanos occidentales venezolanos. Los resultados obtenidos permiten inferir que los tallos de esta gramínea podrían ser utilizados en una diversidad de usos como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

Palabras clave: Desarrollo Sostenible, densidad, peso específico básico, *Guadua angustifolia* Kunth.

SUMMARY

Throughout history, alternative construction materials have been sought that are low cost, easy to use, resistant and friendly to nature. This is why the use of low-cost and environmentally sustainable materials is a palpable need today, where resources are more limited every day. In this sense, *Guadua angustifolia* Kunth has been acquiring a certain degree of recognition for its characteristics of rapid and ecological growth and for its high weight and resistance ratio. In relation to Sustainable Development, there is renewed interest in its use for modern constructions. Including *guadua* in the technical solution as an alternative construction element provides a character of social and environmental responsibility to the solution, because this resource benefits the rural context and the environmental development of the forest resource. Venezuela, as a tropical country, has climate and soil conditions that favor the development of a large number of species that make up the Bambusaceae family, being one of the species that is easy to develop and grow. The objective of the present study was to determine the physical properties of density (in green humidity, air-dry and oven-dry conditions) and basic specific weight of the species *Guadua angustifolia* Kunth, from the western Venezuelan plains. The results obtained allow us to infer that the stems of this grass could be used in a variety of uses as an alternative environmentally friendly construction element.

Key words: Sustainable Development, density, basic specific gravity, *Guadua angustifolia* Kunth.

1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia se han buscado alternativas de materiales de construcción que sean de bajo costo, de fácil uso, resistentes y amigables con la naturaleza, ya que en la actualidad es una necesidad evidente, dado que los recursos comienzan hacer más limitados. A lo largo del tiempo y en todo el mundo se han ido buscando alternativas para la sustitución de algunos materiales usados en el sector de la construcción (Moreno y Cendales, 2018); por ende, el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de todo material es esencial dado que permite estimar y direccionar con facilidad su uso correcto en la construcción civil (Rodríguez *et al.*, 2023).

Hoy en día, solo el 20% de la población mundial consume el 80% de las materias primas. Los países en vías de desarrollo usan cerca del 90% del cemento y 80% del acero consumido por el sector de la construcción global. Según Future Cities

Laboratory (FCL), el 70% del daño en el ambiente construido en la actualidad, es causado por la corrosión del acero dentro de las estructuras de concreto reforzadas. Con estas cifras no es posible la elevación de la calidad de vida de una gran parte de la humanidad. Por eso, los recursos deben aprovecharse pensando en el largo plazo; es decir, para satisfacer las necesidades actuales sin descuidar las de las generaciones futuras (Rodríguez, 2017).

La utilización de materiales de bajo costo y ambientalmente sostenibles es una necesidad palpable, donde cada día los recursos son más limitados; es por esto que alrededor del mundo se han implementado diferentes alternativas que en menor o mayor medida han significado esfuerzos en investigación e innovación científica y tecnológica (Rojas, 2013; Gutiérrez y Takeuchi, 2014; Gómez y Díaz, 2017). Una sociedad sustentable, no se basa solo en usar menos recursos naturales y preservar el medio ambiente, por el contrario, la sustentabilidad es un concepto sistémico que debe abarcar todos los campos del desarrollo humano (Rodríguez, 2017).

Como recurso forestal, la guadua es una especie que permite un aprovechamiento de gran volumen en tiempos cortos, cuya maduración está entre los cuatro y cinco años, convirtiéndose, además, en una inversión rentable que asegura un ingreso económico sostenido (González, 2001).

En este sentido, el bambú y en especial la guadua, ha venido adquiriendo cierto grado de reconocimiento por sus características de crecimiento rápido y ecológico y por su alta relación de peso y resistencia. En relación con el desarrollo sostenible, existe un interés renovado en su uso para las construcciones modernas (Xiao, 2016).

Por su parte, Ramos y Torres (2018) afirman que, en el mundo actual, se considera la guadua como uno de los factores importantes en la construcción de obras de ingeniería, pero no se ha tenido en cuenta que su uso constante y su inmunización a futuro mitigarían el impacto ambiental y social que están teniendo los materiales de construcción tradicional.

Incluir la guadua dentro de la solución técnica como elemento constructivo alternativo, le aporta un carácter de responsabilidad social y ambiental a la solución, porque este recurso beneficia el contexto rural y el desarrollo ambiental del recurso forestal. Así está demostrado en países de Asia en donde 2,3 billones de dólares al año, representan el aprovechamiento del bambú que tiene una altísima tasa de renovación frente a la madera de selva tropical en peligro de extinción (Barreto, 2018).

Por otra parte, la guadua se clasifica como un bambú leñoso del cual existen aproximadamente 1000 especies, de las cuales, 500 de estas especies se encuentran presentes en América. El bambú *Guadua angustifolia* Kunth, se encuentra principalmente en países como Colombia, Venezuela y Ecuador, aunque también existe en grandes cantidades en países centroamericanos como Panamá y Costa Rica, que junto con Colombia se han caracterizado por el uso de esta especie en diferentes campos (Olarte, 2012; Guerra y Lozano, 2020). En Venezuela se le encuentra ampliamente dispersa en los bosques de los llanos occidentales y en el estado Yaracuy, conformando rodales casi puros que cumplen indiscutible efecto protector sobre el suelo y las aguas (Giraldo y Sabogal, 1999).

En este contexto, Venezuela como país tropical presenta condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las Bambusaceae, siendo la *Guadua angustifolia* Kunth una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento, así como también, su distribución geográfica puede abarcar todos los estados del país (Moreno *et al.*, 2010).

Es por ello, que, de la familia de la Bambusaceae, esta gramínea ha tomado importancia comercial debido a su rápido crecimiento, a su capacidad de rebrote, a su sencillo manejo, a la variedad de usos, además de los beneficios ambientales que se obtienen mediante el establecimiento de plantaciones a gran escala para el control de la erosión y captura de carbono (Trejo *et al.*, 2020).

Así mismo, esta especie sobresale dentro del género por sus propiedades físicas, mecánicas y por el tamaño de sus culmos, que llegan hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Por estas características la *Guadua angustifolia* Kunth ha sido seleccionada entre las veinte especies de bambúes mejores del mundo, ya que tiene una gran capacidad para absorber energía y aceptar una fuerte flexión, que la convierten en un material ideal para construcciones sismorresistentes (Carpio y Vásquez, 2016).

Y es que la guadua como material alternativo en la construcción tiene una gran acogida por su economía y versatilidad a la hora de su aplicación, desde puentes, edificios, bodegas, infraestructuras agropecuarias, construcciones rurales, conducción de aguas, columnas, vigas, pisos, laminados, paneles aglomerados, hasta muebles, puertas, ventanas, esterillas, utensilios para el hogar, artesanías, instrumentos musicales (Villegas, 2003; Morales, 2010; Henao y Rodríguez, 2011; Márquez *et al.*, 2012; Brand, Ruiz y Lozano, 2015; Carpio y Vásquez, 2016).

Por ende, a raíz de la problemática ambiental y económica que atraviesa el planeta en la actualidad, se ha estimulado e incrementado el interés en el desarrollo de investigaciones que estén encaminadas a obtener recursos renovables, que puedan reemplazar o complementar, a un menor costo ambiental, materiales convencionales en la construcción, como el acero, el cemento y la mampostería en arcilla (Gutiérrez, 2011; Toro *et al.*, 2023).

Por esta razón y debido a la gran acogida que ha tenido la *Guadua angustifolia* Kunth en el mundo, principalmente en Japón, Colombia, Venezuela y Brasil, se han venido realizando diferentes estudios, de análisis y comportamiento del material, ya que el estudio de cada uno de los aspectos de este material es relevante para su adecuado manejo (Moreno y Cendales, 2018).

En este sentido, el objetivo del presente estudio consistió en determinar las propiedades físicas de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de los llanos occidentales venezolanos. Los resultados obtenidos

permiten inferir que los tallos de esta gramínea, podrían ser utilizados como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con tallos de *Guadua angustifolia* Kunth de 10 años de edad, proveniente del sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, estado Barinas, Venezuela, la cual fue trasladada al Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Se seleccionaron cinco (05) tallos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, tomando en consideración el diámetro y altura, calidad y buen estado fitosanitario. Luego los tallos fueron seccionados en área basal, media y apical. Posteriormente, se procedió a la obtención de probetas siguiendo el patrón establecido en las Estipulaciones para Ensayos Físicos y Mecánicos de la Madera Hoheisel (1968), adaptando las mismas a las características particulares de los tallos.

108

2.1. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

El estudio de las propiedades físicas de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth, se realizó en la Sección de Ensayos, Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, siguiendo las estipulaciones de Hoheisel (1968), con ciertas modificaciones, para ser adaptadas al material en estudio (Tabla 1).

2.1.1. Densidad

Por definición, la densidad es la relación de la masa por unidad de volumen (Kollmann, 1959; Durán, 1995; Montoya, 2008). Hace referencia a la relación entre

el peso anhidro y el volumen de un cuerpo. La gravedad específica del culmo o tallo, es medida en función de las sustancias sólidas, es un indicador de las propiedades mecánicas, y sus valores dependen tanto de la estructura anatómica como de la cantidad y distribución de fibras y haces vasculares (Moreno y Cendales, 2018).

La densidad de la guadua expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la guadua es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la guadua el volumen interno de espacios vacíos existentes (FNCC, 1990; Galvis y Rodríguez, 2007).

Por otra parte, la Densidad Verde (*DV*) se define como la relación que existe entre el Peso Verde (*PV*) y el Volumen Verde (*VV*). La Densidad Seca al Aire (*DSA*) es la relación que tienen las muestras existentes entre el Peso Seco al Aire (*PSA*) y el Volumen Seco al Aire (*VSA*). La Densidad Anhidra (*DA*) será la relación entre el peso anhidro o Peso Seco al Horno (*PSH*) y el Volumen Seco al Horno (*VSH*) (Gutiérrez, 2011).

El ensayo de densidad se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar la densidad en las condiciones de humedad verde (ρ_v), seca al aire (ρ_{sa}) y seca al horno (ρ_{sh}) de las muestras, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación (Ecu: 1):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecu: 1}$$

Donde:

ρ : densidad (g/cm^3).

m : masa (g).

v : volumen (cm^3).

2.1.2. Peso Específico Básico

El peso del material es la suma del peso de la parte sólida y el peso del agua contenida en sus cavidades internas. El peso específico (Pe), es la relación entre la masa seca al horno y la masa del agua desplazada por el volumen de la madera. Debido a que esta relación involucra masas, no posee dimensiones (Durán, 1995). Si se considera que el agua tiene una densidad de 1 g/cm^3 , se puede decir que la relación entre la densidad de la madera o el bambú y la densidad del agua son iguales a su peso específico. La gravedad específica es otra manera de referirse al peso específico (Gutiérrez, 2011). El ensayo de peso específico básico (PEB) se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar el peso específico básico en las secciones basal, media y apical de las muestras, se calculó de acuerdo a la ecuación (Ecu: 2):

$$G = \frac{m_o}{V D_a} \quad \text{Ecu: 2}$$

Donde:

G: Peso específico de la madera al contenido de humedad.

m_o : masa seca al horno (g).

v: volumen determinado al contenido de humedad dado (cm^3).

D_a : Densidad del agua (1g/cm^3).

2.1.3. Contenido de Humedad

Este parámetro físico es de suma importancia dado que, en relación con la estructura anatómica del culmo, el contenido de humedad incide en su resistencia. La humedad corresponde al peso del agua contenida en la pared celular de la sección del culmo, y se expresa en porcentaje como la relación del peso húmedo y el peso anhidro o seco (Moreno y Cendales, 2018).

El ensayo de contenido de humedad se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar el contenido de humedad en las condiciones verde (CHV) y seca al aire (CHSA) de las muestras, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación (Ecu: 3):

$$C. h. = \frac{(P_i - P_f)}{(p_f)} \times 100 = (\%) \quad \text{Ecu: 3}$$

TABLA 1. Dimensiones de las probetas para los ensayos de las propiedades físicas de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

Propiedades físicas	Dimensiones de las probetas para los tallos de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth (cm)	Dimensiones de las probetas para madera (cm)	Norma DIN
Densidad (verde, seca al aire y seca al horno)	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182
Peso específico	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182
Contenido de humedad (verde y seco al aire)	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182

Nota: vp es el valor de espesor en la probeta en centímetros que varía en el tallo de acuerdo a su ubicación en la misma, no es constante y está comprendido entre 1,5 cm a 3,5 cm.

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar el efecto de las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth en las secciones basal, media y apical, sobre las variables respuestas correspondientes a los ensayos físicos de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza $\alpha = 0,05$ utilizando el programa estadístico Minitab versión 22.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PERSPECTIVAS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL USO CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ

La presencia de los bambúes en el mundo ha sido importante para el desarrollo de los seres humanos. Este recurso forestal brinda soluciones respecto al clima a millones de comunidades rurales. El bambú por ser una planta versátil, rápidamente renovable, abundante y con una amplia variedad de aplicaciones en los países de regiones tropicales del mundo, ha permitido contribuir en el desarrollo de medios de vida cada vez más sostenibles, brindando servicios ecosistémicos como sumideros de carbono efectivos, grandes agentes de control de erosión del suelo, hábitats de biodiversidad, fuente de materia prima local para construcción y energía, alimentación y oportunidades de generar ingresos a corto y mediano plazo a las familias menos favorecidas (Paucar y Trillo, 2020).

En este contexto, el bambú es una especie considerada como la solución del futuro por su impacto directo sobre el planeta, los estudios realizados describen contribuciones tales como: los bosques de bambú producen 35% más oxígeno, capturan 50 a 100% más carbono y almacenan 30 a 60% más celulosa que la mayoría de las especies de árboles maderables, entre otros (Yachi, 2020).

Por otro lado, la existencia de la problemática de tala selectiva de especies maderables líderes de alto valor ecológico y económico; la deforestación de bosques primarios para la realización de agricultura migratoria, sumándose a este escenario el problema de la minería ilegal, invitan a los diferentes sectores relacionados a promover el uso y manejo de nuevos recursos sostenibles, como el bambú (Salinas y Morocho, 2020). Es así, que el bambú puede ser empleado como alternativa a la explotación tradicional de maderas, ya que provee de un recurso leñoso rápidamente, lo que permite reducir la presión sobre otros ecosistemas forestales (Laestadius *et al.*, 2011).

En consecuencia, la generación de nuevos emprendimientos con el bambú, está generando oportunidades e ingresos económicos para las poblaciones locales. El

uso de maquinarias utilizadas en carpinterías y aserraderos, cada vez son menos usadas por falta de materia prima (madera); frente a ello, el emprendedor ha adaptado y empleado estas máquinas para la elaboración de muebles, artesanías, lámparas y latillas de bambú, de manera artesanal (Paucar y Trillo, 2020).

En este sentido, existe una necesidad urgente de establecer un nuevo paradigma para promover la conservación y la sostenibilidad ambiental. Para conseguirlo se necesita considerar en los productos la disponibilidad suficiente, capacidad de renovación, características físico-mecánicas adecuadas, eficiencia de costos, fácil acceso, producción simple, tecnología local adaptada a las condiciones locales y durabilidad (Torres *et al.*, 2019).

Por ello, el bambú se presenta como una alternativa a este paradigma, debido a que se encuentra en todas las regiones del mundo y sus 1.600 especies están distribuidas en 33 países en un área aproximada de 31,5 millones de hectáreas. Presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas, económicas y ambientales (FAO, 2010; Añazco y Rojas, 2015).

Por ende, el bambú es considerado en la actualidad como un material versátil debido a su alta relación resistencia-peso, facilidad de trabajo y disponibilidad; dependiendo de su situación y aplicación puede remplazar al concreto, la madera o el acero (Bhardwaj and Kumar, 2014; Pardo *et al.*, 2016; Harison *et al.*, 2017). Una mayor participación del bambú disminuiría el uso del acero y, con ello lo que su uso significa en términos de impacto ambiental, representando una fortaleza para situar al bambú como el abanderado en la construcción sostenible en los países en vías de desarrollo (Torres *et al.*, 2019).

En el contexto de la construcción sostenible y por consiguiente el uso de materiales renovables, se debe mencionar que el interés por la *Guadua angustifolia* Kunth, nace de la buena respuesta estructural de las edificaciones construidas con este material a la actividad sísmica (Sapuyes *et al.*, 2018). Además, fomentar el uso de materiales renovables en la construcción es

fundamental para reducir el impacto ambiental, impulsar el desarrollo y progreso del sector construcción y el uso de la guadua es un camino para lograrlo (Estefan, 2016).

Entre las características clave de sostenibilidad que la guadua ofrece se encuentran rápido crecimiento, fácil renovación y ser biodegradable, así como la capacidad de absorber carbono; sugiere que el material puede desempeñar un papel importante en la industria de la construcción, artesanía y medicina y, de hecho, se ha estimado que algunas especies de bambú podrían tener una tasa de uso cuatro veces más grande que la madera (De Flander and Rovers, 2009).

Desde hace años, muchos despachos de arquitectura se han interesado por las construcciones en bambú, queriendo utilizarlo en sus proyectos. Su interés recae sobre las propiedades mecánicas del material o sobre la apariencia del mismo (Montaner, 2002; Ruggiero, 2015). Con esto en cuenta, se puede decir que la guadua tiene un gran futuro en el campo de la construcción y la arquitectura, pues con el aumento de su uso disminuirá la escala de deforestación, la contaminación ambiental, el cambio climático y demás problemas que genera la construcción masiva de concreto y acero (Toro *et al.*, 2023).

El posicionamiento del bambú como insumo de la construcción está asociado a la exposición de proyectos arquitectónicos factibles y funcionales, en donde los dos ejes son: un insumo de alta calidad y un especialista innovador, detrás están las organizaciones y gestores como universidades, entidades públicas, ONGs, que en base a la investigación acercan la ciencia a un producto útil que resuelve una problemática de acceso, de generación de ingresos y de bienestar (Yachi, 2020).

En definitiva, se puede determinar que el bambú es un recurso versátil y rápidamente renovable, con una amplia gama de aplicaciones que incluye más de 10.000 usos documentados, desde muebles y papel hasta telas, suelos y viviendas climáticamente inteligentes. Es muy probable que su función económica se expanda a un ritmo acelerado, tanto a nivel local como en el comercio internacional, a medida que otros recursos forestales se vuelvan cada vez más

tenso debido al cambio climático, ya que el imperativo de mitigarlo tiene una menor dependencia de los combustibles fósiles y los recursos forestales en peligro de extinción, y la investigación descubre nuevas aplicaciones del bambú cada día (Fernández, 2022).

3.2. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD VERDE

En la tabla 2, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad verde.

TABLA 2. Densidad en condición de humedad verde, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad verde (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,091	0,023	2,094	1,118	1,046	10
Caña 2	1,092	0,029	2,660	1,155	1,052	10
Caña 3	1,139	0,024	2,097	1,178	1,102	10
Caña 4	1,116	0,023	2,061	1,174	1,091	10
Caña 5	1,136	0,024	2,101	1,171	1,080	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,117	0,013	1,208	1,137	1,099	10
Caña 2	1,112	0,025	2,204	1,165	1,080	10
Caña 3	1,150	0,016	1,380	1,175	1,127	10
Caña 4	1,143	0,008	0,738	1,153	1,122	10
Caña 5	1,139	0,016	1,389	1,168	1,107	10

Continuación tabla 2...

Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,125	0,016	1,393	1,146	1,101	10
Caña 2	1,141	0,017	1,456	1,163	1,117	10
Caña 3	1,157	0,015	1,254	1,189	1,144	10
Caña 4	1,151	0,012	1,072	1,165	1,125	10
Caña 5	1,144	0,009	0,811	1,157	1,126	10
Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,111	0,023	2,034	1,146	1,046	30
Caña 2	1,115	0,031	2,781	1,165	1,052	30
Caña 3	1,149	0,019	1,688	1,189	1,102	30
Caña 4	1,137	0,022	1,901	1,174	1,091	30
Caña 5	1,140	0,017	1,497	1,171	1,080	30

116

En la tabla 3, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad verde.

TABLA 3. Densidad promedio por sección en condición de humedad verde (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Contenido humedad verde (%)	Número de Probetas (n)
Basal	1,115	0,025	2,203	123,89	10
Media	1,132	0,016	1,384	100,076	10
Apical	1,144	0,014	1,197	106,661	10

3.2. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD SECA AL AIRE

En la tabla 4, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad seca al aire.

TABLA 4. Densidad en condición de humedad seca al aire al 14 % de contenido de humedad, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad seca al aire (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,597	0,013	2,105	0,622	0,574	10
Caña 2	0,584	0,042	7,249	0,676	0,515	10
Caña 3	0,709	0,042	5,905	0,757	0,636	10
Caña 4	0,579	0,035	6,053	0,656	0,530	10
Caña 5	0,608	0,129	21,257	0,970	0,514	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,620	0,012	1,988	0,637	0,595	10
Caña 2	0,631	0,013	1,983	0,644	0,608	10
Caña 3	0,729	0,063	8,633	0,901	0,679	10
Caña 4	0,650	0,010	0,911	0,659	0,599	10
Caña 5	0,623	0,022	3,487	0,648	0,591	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,653	0,014	2,154	0,668	0,629	10
Caña 2	0,665	0,016	2,382	0,686	0,638	10
Caña 3	0,743	0,019	2,518	0,780	0,718	10
Caña 4	0,706	0,010	1,471	0,721	0,692	10
Caña 5	0,661	0,030	4,572	0,705	0,614	10
Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,623	0,026	4,243	0,668	0,574	30
Caña 2	0,627	0,043	6,818	0,686	0,515	30
Caña 3	0,727	0,046	6,291	0,901	0,636	30
Caña 4	0,807	0,242	30,054	1,143	0,530	30
Caña 5	0,631	0,078	12,413	0,970	0,514	30

En la tabla 5, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad seca al aire.

TABLA 5. Densidad promedio por sección en condición de humedad seca al aire (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

118

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación (%)	Contenido humedad seca al aire (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,615	0,052	8,514	14,055	10
Media	0,651	0,024	3,400	13,707	10
Apical	0,686	0,018	2,619	13,488	10

3.3. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD SECA AL HORNO

En la tabla 6, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad seca al horno.

TABLA 6. Densidad en condición de humedad seca al horno, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

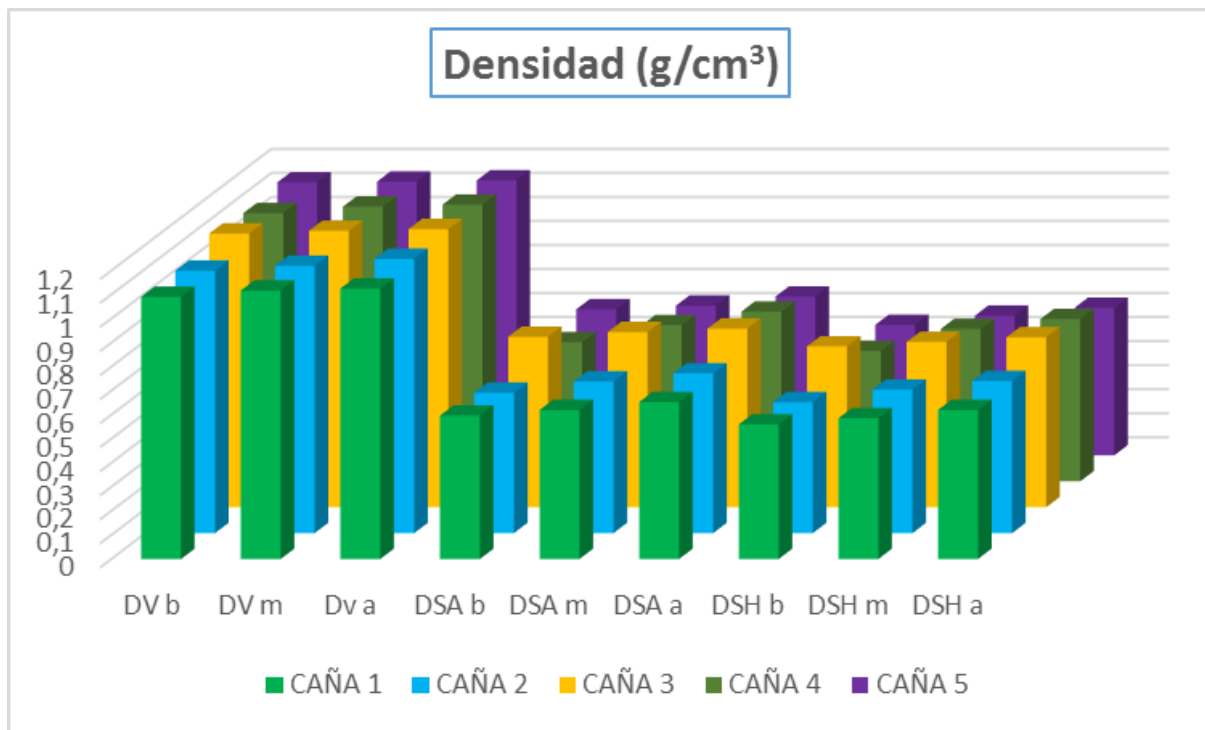
Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad seca al horno (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,560	0,011	2,017	0,577	0,541	10
Caña 2	0,545	0,041	7,458	0,634	0,478	10
Caña 3	0,669	0,041	6,206	0,720	0,594	10
Caña 4	0,542	0,036	6,606	0,620	0,493	10
Caña 5	0,543	0,049	9,107	0,669	0,475	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,586	0,011	1,901	0,601	0,563	10
Caña 2	0,597	0,015	2,562	0,622	0,569	10
Caña 3	0,688	0,037	5,337	0,748	0,641	10
Caña 4	0,634	0,025	4,016	0,677	0,600	10
Caña 5	0,581	0,022	3,762	0,614	0,548	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,620	0,015	2,393	0,636	0,594	10
Caña 2	0,633	0,022	3,398	0,678	0,610	10
Caña 3	0,707	0,015	2,101	0,730	0,684	10
Caña 4	0,675	0,011	1,610	0,694	0,655	10
Caña 5	0,614	0,028	4,572	0,656	0,574	10
Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,589	0,028	4,683	0,636	0,541	30
Caña 2	0,592	0,046	7,698	0,678	0,478	30
Caña 3	0,688	0,036	5,186	0,748	0,594	30
Caña 4	0,617	0,062	10,028	0,694	0,493	30
Caña 5	0,580	0,045	7,756	0,669	0,475	30

En la tabla 7, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad seca al horno.

TABLA 7. Densidad promedio por sección en condición de humedad seca al horno (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,572	0,036	6,279	10
Media	0,617	0,022	3,516	10
Apical	0,650	0,018	2,815	10

En la figura 1, se muestran los valores obtenidos de los ensayos de la propiedad física de densidad en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno, en función a los valores promedios para cada una de las cañas (tallos) evaluadas de la especie *Guadua angustifolia* Kunth. En la figura 1, se puede observar que la densidad de esta especie, en sus diferentes condiciones de humedad, aumenta desde la base hasta el área apical. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por un diverso número de autores, quienes afirman que la densidad del bambú aumenta desde la base hasta el tramo superior del culmo. Esto se debe a que la densidad de las fibras es mucho mayor en la parte superior del tallo que en la parte inferior, y son las fibras quienes aportan la mayor parte de la masa del material. Como el espesor de la pared y el diámetro del culmo se reducen a medida que aumenta la altura del tallo, el volumen también disminuye; y como parece ser que el número de fibras continúa siendo el mismo, el peso del material no se ve reducido en la misma proporción que su volumen, por lo que la densidad (relación peso a volumen) del material aumenta en la parte superior del culmo (Gutiérrez, 2011).



DV b = densidad verde basal; DV m = densidad verde media; DV a = densidad verde apical; DSA b = densidad seca al aire basal; DSA m = densidad seca al aire media; DSA a = densidad seca al aire apical; DSH b = densidad seca al horno basal; DSH m = densidad seca al horno media; DSH a = densidad seca al horno apical.

FIGURA 1. Densidad en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno, para las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, de acuerdo a los resultados obtenidos de las probetas ensayadas para la especie *Guadua angustifolia* Kunth, se determinó que la densidad promedio en condición de humedad verde en la sección basal fue de 1,115 g/cm³, con una desviación estándar de 0,025 y un coeficiente de variación de 2,20%. Esta densidad corresponde a un contenido de humedad promedio de 123,89%. Para la sección media fue de 1,132 g/cm³, con una desviación estándar de 0,016 y un coeficiente de variación de 1,38% a un contenido de humedad promedio de 100,07%. Para la sección apical fue de 1,144 g/cm³, con una desviación estándar

de 0,014 y un coeficiente de variación de 1,19% y un contenido de humedad promedio de 106,66%.

En cuanto a los valores promedios obtenidos para la densidad en condición de humedad seca al aire en la sección basal fue de 0,615 g/cm³, con una desviación estándar de 0,052 y un coeficiente de variación de 8,51% a un contenido de humedad promedio de 14,05%. Para la sección media fue de 0,651 g/cm³, con una desviación estándar de 0,024 y un coeficiente de variación de 3,40% a un contenido de humedad promedio de 13,70%. Para la sección apical fue de 0,686 g/cm³, con una desviación estándar de 0,018 y un coeficiente de variación de 2,61% al contenido de humedad promedio de 13,48%.

Finalmente, para la densidad en condición de humedad seca al horno los valores promedios obtenidos en la sección basal fueron de 0,572 g/cm³, con una desviación estándar de 0,036 y un coeficiente de variación de 6,27%.; para la sección media fue de 0,617 g/cm³, con una desviación estándar de 0,022 y un coeficiente de variación de 3,51% y en la sección apical fue de 0,650 g/cm³, con una desviación estándar de 0,018 y un coeficiente de variación de 2,81%.

Por su parte, Brand, Ruiz y Lozano (2015), reportaron valores obtenidos en cuanto a la densidad de la *Guadua angustifolia* Kunth en cepa: 719,7 kg/m³ (0,719 g/cm³) con una desviación estándar de 49,44 y un coeficiente de variación de 6,9%; basa: 774,6 kg/m³ (0,774 g/cm³) con una desviación estándar de 49,77 y un coeficiente de variación de 6,4%; y en sobre basa: 690,8 kg/m³ (0,690 g/cm³) con una desviación estándar de 23,60 y un coeficiente de variación de 3,4%.

Gutiérrez (2011), en un estudio sobre el factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth presente en la región de Cundinamarca, obtuvo valores promedios de densidades para esta especie en cepa: 0,510 g/cm³ y en basa: 0,644 g/cm³.

Galvis y Rodríguez (2007), en la investigación tratamiento físico-químico a la Guadua (bambusa guadua) para la producción de baldosas por el método de

laminado pegado, determinaron que los resultados obtenidos en las probetas ensayadas de guadua de la base son menores que para la parte media y alta, coincidiendo con los resultados de esta investigación.

Por otra parte, Trejo *et al.* (2020) reportaron valores promedios de densidad de los tallos de ***Guadua angustifolia*** Kunth en condición verde: 1021 kg/m³ (1,021 g/cm³) con 164,96% de CH; condición seca al aire de 510 kg/m³ (0,510 g/cm³) con 14,649 % CH y densidad seca al horno de 476 kg/m³ (0,476 g/cm³).

De igual forma Moreno *et al.* (2010), encontraron valores promedios de densidad de los tallos de ***Guadua angustifolia*** Kunth en condición verde de 924 kg/m³ (0,924 g/cm³) a un contenido de humedad de 83%; 794 kg/m³ (0,794 g/cm³) para la condición seca al aire al 12% de contenido de humedad y 767 kg/m³ (0,767 g/cm³) para la condición seca al horno.

Carpio y Vásquez (2016), presentaron valores promedios de densidad de 733,7 kg/m³ (0,733 g/cm³) y 655,8 kg/m³ (0,655 g/cm³) en probetas de ***Guadua angustifolia*** Kunth de 4 y 5 años respectivamente, en el trabajo de investigación características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales.

Moreno y Cendales (2018) en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la ***Guadua angustifolia*** Kunth originaria de Armenia Quindio, obtuvieron valores de densidad promedio de 607,651 Kg/m³ (0,607 g/cm³), con una desviación estándar de 142,36 y un coeficiente de variación de 23,4%

En este sentido, Correal y Arbeláez (2010) citado por (Brand, Ruiz y Lozano, 2015) afirman que la densidad de la ***Guadua angustifolia*** Kunth está entre el rango de 600 y 900 kg/m³, (0,600 y 0,900 g/cm³), lo cual es coherente con los resultados obtenidos en esta investigación.

3.4. PESO ESPECÍFICO BÁSICO

En la tabla 8, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de peso específico básico.

TABLA 8. Peso específico básico, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

124

Propiedad Física						
Peso específico básico						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,491	0,009	1,922	0,508	0,476	10
Caña 2	0,490	0,033	6,838	0,561	0,435	10
Caña 3	0,579	0,038	6,607	0,644	0,516	10
Caña 4	0,481	0,031	6,403	0,551	0,438	10
Caña 5	0,469	0,045	9,573	0,589	0,428	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,505	0,012	2,316	0,525	0,486	10
Caña 2	0,525	0,017	3,236	0,555	0,499	10
Caña 3	0,579	0,020	3,375	0,625	0,546	10
Caña 4	0,546	0,020	3,598	0,579	0,519	10
Caña 5	0,484	0,024	4,931	0,526	0,447	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,535	0,013	2,445	0,553	0,512	10
Caña 2	0,549	0,016	2,849	0,569	0,526	10
Caña 3	0,609	0,018	2,997	0,639	0,582	10
Caña 4	0,580	0,008	1,373	0,588	0,565	10
Caña 5	0,505	0,018	3,619	0,538	0,481	10

Continuación tabla 8...

Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,511	0,022	4,256	0,553	0,476	30
Caña 2	0,521	0,033	6,423	0,569	0,435	30
Caña 3	0,589	0,030	5,046	0,644	0,516	30
Caña 4	0,536	0,047	8,723	0,588	0,438	30
Caña 5	0,486	0,034	6,949	0,589	0,428	30

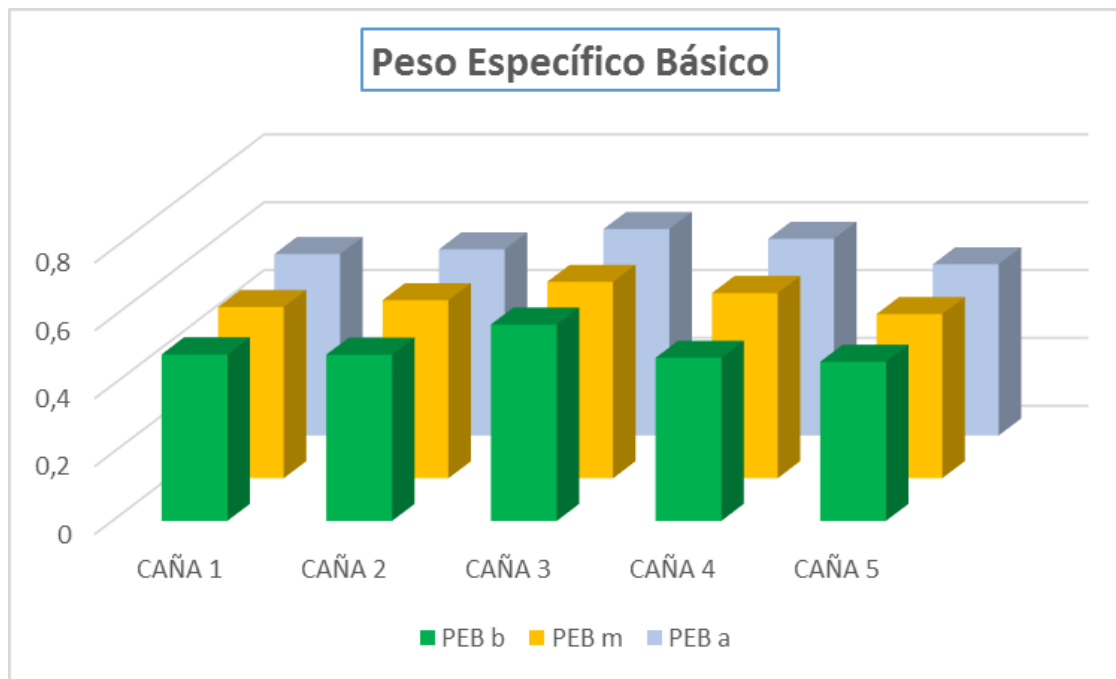
125

En la tabla 9, se presentan los valores promedios obtenidos de peso específico básico por sección de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.

TABLA 9. Peso específico básico promedio por sección. Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,502	0,031	6,269	10
Media	0,528	0,019	3,491	10
Apical	0,556	0,015	2,657	10

En la figura 2, se presentan los valores obtenidos en los ensayos para la propiedad física de peso específico básico, en función a los valores promedios para cada una de las cañas (tallos) evaluadas de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.



PEB b = peso específico básico basal; PEB m = peso específico básico media; PEB a = peso específico básico apical.

FIGURA 2. Peso específico básico para las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se puede observar que el peso específico básico de la *Guadua angustifolia* Kunth en sus diferentes secciones, aumenta desde la sección basal hasta la sección apical. Estos resultados coinciden con la afirmación de varios autores, los cuales relacionan esta característica, también llamada gravedad específica, con la estructura anatómica, la cantidad y distribución de fibras de todos los haces vasculares, diámetro del culmo y la pared celular. El rango de valores de este parámetro oscila entre 0,5 – 0,9 gr/cm³. En la estructura del culmo, este valor aumenta desde la capa más interna hacia la parte periférica, y de la base hasta el tope, debido al incremento del porcentaje de fibra. Es decir, la superficie externa y la copa son las partes más resistentes del culmo (Morales, 2010).

En cuanto a los valores promedios obtenidos para el peso específico básico de la *Guadua angustifolia* Kunth en la sección basal fue de $0,502 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,031 y un coeficiente de variación de 6,26%; para la sección media fue de $0,528 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,019 y un coeficiente de variación de 3,49% y en la sección apical fue de $0,556 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,015 y un coeficiente de variación de 2,65%.

El valor del peso específico básico promedio de las tres secciones de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth fue de $0,529 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,033 y un coeficiente de variación de 6,27%, el cual puede ser considerado de media a baja densidad, conforme a la clasificación presentada por Méndez *et al.*, (2001). En este sentido, la misma es una especie no maderable con mejor densidad en comparación con la madera de Pino con densidad media de $0,450 \text{ g/cm}^3$ (Trianoski *et al.*, 2013).

De acuerdo a los resultados obtenidos la especie *Guadua angustifolia* Kunth puede ser utilizada como elemento constructivo alternativo de viviendas (columnas, cerchas, vigas, pisos, techos, paredes), así como también, para escaleras, pasamanos puertas, ventanas, camas, cunas, literas, sillas, muebles, mecedoras, mesas, bancas, escritorios, bibliotecas, escaparates, closets, persianas, marcos de espejos, lámparas, floreros, materos, cajones, cestas, envases para alimentos, bandejas, vasos, tasas, juguetes, instrumentos musicales, porta lápices, palillos, cercas, jaulas, bebederos de agua, pulpa para papel, tableros de partículas, entre otros.

Es importante destacar, que la especie *Guadua angustifolia* Kunth es una especie versátil y muy prometedora, que debe ser incorporada en los planes de establecimiento de plantaciones a nivel nacional, ya que es de rápido crecimiento y a corto plazo, puede ser aprovechada e incorporada como materia prima para una cantidad de usos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del sector Palma Sola, asentamiento campesino Ticoporo, municipio Autónomo Antonio José de Sucre, estado Barinas, Venezuela, arrojó los siguientes resultados en valores promedios provenientes de la evaluación de cinco cañas (tallos) en sus tres estratos (basal, media y apical) para la densidad en condición verde $1,130 \text{ g/cm}^3$ al 110,21 % de contenido de humedad, para la densidad en condición seca al aire $0,683 \text{ g/cm}^3$ al 13,75 % de contenido de humedad, para la densidad en condición seca al horno $0,613 \text{ g/cm}^3$; y para el peso específico básico 0,529.

De acuerdo a los valores obtenidos podemos inferir que las cañas de *Guadua angustifolia* Kunth en longitudes no mayores de cuatro metros procedentes de la sección basal, son las recomendadas para ser utilizadas como elementos estructurales al momento de que se requieran ser utilizadas para la construcción de edificaciones. Lo antes señalado, no significa que el resto de la caña en la sección media y apical no tiene utilidad, al contrario, estas secciones deberían ser utilizadas en otras áreas de la construcción donde no sean sometidas a grandes esfuerzos.

De las investigaciones realizadas se ha podido concluir que las propiedades físicas del bambú guadua varían considerablemente con respecto a la altura o el espesor de la pared. Esto se debe a los cambios considerables en la densidad de fibras y el peso específico que presenta el material (Gutiérrez, 2011).

La comparación de la *Guadua angustifolia* Kunth con algunas especies de madera como el pino radiata, indican que la guadua puede considerarse dentro del rango de maderas densas. Su densidad es un buen indicador de su rigidez, parámetro de mayor importancia en el dimensionamiento y diseño de elementos estructurales (López y Correal, 2009).

Los resultados obtenidos permiten inferir que la *Guadua angustifolia* Kunth puede ser utilizada en una diversidad de usos para la construcción en general.

Los valores promedios anteriormente señalados son el producto de la evaluación de las cinco cañas (tallos) en sus tres secciones (basal, media y apical), por ende, el comportamiento en las propiedades físicas de densidad y peso específico básico, no presentan un patrón y comportamiento definido; por lo cual, es de gran importancia seguir realizando estudios con esta valiosa especie para ser utilizada como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio Nacional de Productos Forestales; al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo; a COREBAMBÚ, por la donación de los tallos de *Guadua angustifolia* que se utilizaron en esta investigación; A las Ingenieras Forestales Miriam Ramírez y Gisela Fernández, por su valiosa colaboración en la presente investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÑAZCO, M., y S. ROJAS.** 2015. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR.
- BARRETO, W.** 2018. Entrepisos en bambú y concreto. Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura. Proyecto de investigación resultado la convocatoria interna 5 de 2016 hecha por la Dirección de investigaciones de la Universidad La Gran Colombia. Del 25 de noviembre de 2016 al 11 de noviembre de 2017. Titulado *Sistema de entepiso en esterilla contra laminada de guadua y concreto para vivienda de bajo costo en Colombia*. Con el apoyo del proyecto Laboratorio de arquitectura en tierra y madera, de la Facultad de Arquitectura.
- BHARDWAJ, S., y R. KUMAR.** 2014. An alternative to steel: Bamboo-A review (New Advances). *Journal of Engineering Computers & Applied Sciences* 3(10): 2319–5606.

- BRAND, R., D., RUIZ, y N. LOZANO.** 2015. *Caracterización física y mecánica de la guadua rolliza de la especie angustifolia Kunth mediante procesamiento digital de imágenes* (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá, Colombia.
- CARPIO, P., y J. VÁSQUEZ.** 2016. *Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo, Perú.
- DE FLANDES, K., y R. ROVERS.** 2009. One laminated bamboo-frame house per hectare per year. *Construction and Building Materials* 23(1): 210-218.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN.** 1976. Testing of wood; determination of density. German National Standard. DIN 52182. 3p.
- DURÁN, J.** 1995. *Manual de experimentos para física de la madera.* (Trabajo de Ascenso). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal, Departamento de Ingeniería, Mérida, Venezuela.
- ESTEFAN, S.** 2016. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Oiba, Santander (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Maestría en Construcción, Bogotá, Colombia.
- FAO.** 2010. Global Forest Resources Assessment 2010.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA.** 1990. *La Guadua: Un regalo de la naturaleza.* Boletín No. 72 (ago. 1990). Bogotá, Colombia.
- FERNÁNDEZ, A.** 2022. Estudio del bambú y su uso en la construcción. Caracterización mecánica (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, E.T.S. de Ingeniería de Edificación, Programa de Doctorado en Ingeniería Civil, Granada, España.
- GALVIS, P., y S. RODRÍGUEZ.** 2007. *Tratamiento físico-químico a la Guadua (bambusa guadua) para la producción de baldosas por el método de laminado pegado* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Bucaramanga, Colombia.
- GIRALDO, E., y A. SABOGAL.** 1999. *La Guadua angustifolia* Kunth en Colombia. Nota Técnica N° 5. Corporación Autónoma Regional del Quindío, Córdoba – Quindío – Colombia.
- GÓMEZ, L., y W. DÍAZ.** 2017. *Unión metálica para estructuras en guadua* (Tesis de Pregrado). Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura, Tecnología en Construcciones Arquitectónicas, Bogotá, Colombia.
- GONZÁLEZ, L.** 2001. Uso del bambú en el concreto reforzado Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

- GUERRA, A., y J. LOZANO.** 2020. Comportamiento a flexión de vigas de madera reutilizada unida con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) para uso estructural. *Revista Ciencia* 22(1): 11-33.
- GUTIÉRREZ, M.** 2011. *Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la Guadua angustifolia* Kunth (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Maestría en Ingeniería – estructuras, Bogotá, Colombia.
- GUTIÉRREZ, M., y C. TAKEUCHI.** 2014. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. En línea: <http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/9117> [Consultado: 23/11/2021].
- HARISON, A., A. AGRAWAL, A. IMAM y A. HARISON.** 2017. Bamboo as an alternative to steel for green construction towards low cost housing. *Journal of Environmental Nanotechnology* 6(2): 100–104.
- HENAO, E., y J. RODRÍGUEZ.** 2011. Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente* (61): 26-31.
- HOHEISEL, H.** 1968. *Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera*. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela.
- KOLLMANN, F.** 1959. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España.
- LAESTADIUS, L., S. MAGINNIS, S. MINNEMEYER, P. POTAPOY, C. SAINT-LAURENT y N. SIZER.** 2011. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva* 62(2): 47-48.
- LÓPEZ, L., y J. CORREAL.** 2009. Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 11(3): 171-182.
- MÁRQUEZ, L., D. MARÍN, O. ROJAS y C. RUÍZ, C.** 2012. Inventario florístico de bambusoideas que crecen naturalmente o son cultivadas en cinco municipios del estado Yaracuy (Venezuela). *Ernstia* 22(2): 101-116.
- MENDES, L., J. SILVA, P. TRUGILHO y J. LIMA.** 2001. Densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede no sentido longitudinal dos caules. *Cerne* 5(1): 105-111.
- MONTANER, J.** 2002. *Las formas do siglo XX*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.
- MONTOYA, P.** 2008. *Fundamentos prácticos del secado de Guadua – Bambú*. Proyecto de la energía solar para el secado industrial de la *Guadua angustifolia*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

- MORALES, C. 2010.** *Validación de parámetros para la fabricación de productos derivados del bambú, especie Guadua angustifolia Kunth, como elementos estructurales, mediante la aplicación de diseño de experimentos* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador.
- MORENO, J., y M. CENDALES.** 2018. *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth originaria de Armenia Quindío* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Bogotá Colombia.
- MORENO, P., D. GARAY, J. DURÁN, S. VALERO y S. TREJO.** 2010. Utilización de tallos de Guadua angustifolia en la fabricación de tableros de partículas. *Forest Systems* 19(2): 241-248.
- OLARTE, A.** 2012. *Diseño de conexiones en elementos estructurales de bambú - Guadua laminada pegada prensada para un proyecto de vivienda.* Bogotá, Colombia.
- PARDO, S., F. BAEZ y N. CASTELLANOS,** 2016. Connections between a column and its foundation for *Guadua angustifolia* structures under lateral loads. *Key Engineering Materials* 668: 227–237.
- PAUCAR, S., y N. TRILLO,** 2020. El bambú, su aplicación como material sostenible en la construcción y productos alternativos en selva central. *Revista Bambucyt* 3: 31-34.
- RAMOS, L., y M. TORRES.** 2018. *Revisión de la literatura para hallar los factores determinantes en la producción y uso de la guadua* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia.
- RODRÍGUEZ, J., C. ABANTO, M. FLORES, K. RODRÍGUEZ, D. W. DEL CASTILLO, GUERRA, D. GARCÍA, H. GUERRA y J. REVILLA,** 2023. Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. *Ciencia Florestal*, 33(1): 1-23.
- RODRÍGUEZ, R.** 2017. *El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la construcción.* Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil. Santa Clara, Cuba.
- ROJAS, J.** 2013. *Análisis de las propiedades mecánicas de la Guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá, Colombia.
- RUGGIERO, M.** 2015. *O bambu e a construção da arquitetura contemporânea: um olhar às obras no Brasil.* Dissertação de Mestrado. São Paulo. FAU--USP, Brasil.
- SALINAS, L., y F. MOROCHO.** 2020. Proyecto ChildrenBambooRainforest (CBR): el bambú como alternativa para la conservación y reforestación. *Revista Bambucyt* 3: 45-48.

- SAPUYES, E., J. OSORIO, C. TAKEUCHI, M. DUARTE y W. ERAZO.** 2018. Resistencia y elasticidad a la flexión de la *Guadua angustifolia* Kunth de Pitalito, Huila. *Revista de Investigación* 11(1): 97-111.
- TORO, A., D. TORRADO, M. ARENA, A. CHINCHILLA, M. DE LA ROSA, J. HOYOS, y B. VELÁSQUEZ,** 2023. *Guadua (Guadua angustifolia)* material de innovación para el diseño. En línea: <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/104> [Consultado: 23/11/2021].
- TORRES, B., M. SEGARRA, y L. BRAGANÇA.** 2019. El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo Innovación y Transferencia Tecnológica* 5: 389-400.
- TREJO, S., S. VALERO, P. MORENO, J. DURÁN y D. GARAY.** 2020. Factibilidad de uso de la *Guadua (Guadua angustifolia)* provenientes de los llanos occidentales de Venezuela, en la fabricación de tableros de lana de madera y cemento para la construcción. *Revista Ciencia e Ingeniería* 41(1): 91-98.
- TRIANOSKI, R., J. MATOS, S. IWAKIRI y J. PRATA.** 2013. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus. *Floresta e Ambiente* 20(3): 398-406.
- VILLEGAS, M.** 2003. *Guadua Arquitectura y Diseño*. Villegas Editores.
- XIAO, Y.** 2016. *Engineered Bamboo*. College of Civil Engineering, Nanjing Tech University. Nanjing, China.
- YACHI, K.** 2020. La cadena de valor del bambú: Una mirada a la construcción. *Revista Bambucyt* 3: 19-22.