

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer EN TRES ESTADÍOS DE MADUREZ, EN TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

JHON FRANKLIN GUZMAN FLORES

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado, reunidos con fecha 09 de noviembre de 2021, a horas 5:10 p.m. en la Sala virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal para calificar la Tesis titulada:

VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer EN TRES ESTADÍOS DE MADUREZ, EN TINGO MARÍA

Presentado por el Bachiller: **GUZMAN FLORES, Jhon Franklin**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de “**BUENO**”

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

Tingo María, 18 de enero de 2022

Ing. Mg. Ricardo Ochoa Cuya
Presidente

Dra. Tania Elizabeht Guerrero Vejarano
Miembro

Ing. Raúl Araujo Torres
Miembro



Ing. M. Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz
Asesor

Ing. Jorge Luis Vergara Palomino
Asesor

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



VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Dendrocalamus asper*
(Schultes f.) Backer EN TRES ESTADÍOS DE MADUREZ, EN TINGO MARÍA

Autor	: GUZMAN FLORES, Jhon Franklin
Asesores	: Ing. VERGARA PALOMINO, Jorge Luis Ing. M.Sc. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert
Programa de investigación	: Ciencias básicas Forestal (Química, Física, Anatomía Biotecnología Forestal)
Línea de investigación	: Física Forestal
Eje temático	: Propiedades físicas de la madera y otros materiales lignocelulósicos
Lugar de ejecución	: BRUNAS
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: 1.552,10

Tingo María - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar y guiar mis pasos por el camino del bien.

A mis padres; Jorge Guzmán y Aurelia Flores, por su inmenso amor, dedicación, entrega y apoyo incondicional, brindado durante todo este tiempo de mi formación profesional.

.

A mis hermanos; Mariluz, Cesar, Jorge y Rolando, por su gran apoyo, confianza y afecto al brindarme su fuerza para ser cada día mejor.

A mi tía Julia Flores Simón, que desde el cielo guía mis pasos, por el camino del bien.

AGRADECIMIENTOS

En el periodo de duración de mi trabajo de investigación, quiero expresar mis agradecimientos a aquellas personas que me han brindado su ayuda y apoyo en forma directa e indirectamente:

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por sus enseñanzas para enriquecer mis conocimientos para mi formación profesional.

A mis asesores Ing. Jorge Luis VERGARA PALOMINO y Ing. M.Sc. Robert Gilbert PECHO DE LA CRUZ, por la orientación y conocimientos, para fortalecer el trabajo de investigación

A don Mario Sosa Shapiama, técnico del Laboratorio Taller de aprovechamiento y tecnología de la madera, por el apoyo en la extracción de cañas de bambú correspondiente para la investigación.

A Cleide Santos Flores, técnico de Laboratorio de Anatomía de la madera, por el apoyo en la ejecución de la investigación.

A mi señorita enamorada Nérida Ydalia Quispe Soto, que estuvo conmigo, en los momentos más difíciles y alegres y a mi cuñado José Villanueva Segura quien siempre me incentivó a ser persona de bien.

A Rony Vásquez Puelles, quien me apoyó en la extracción de culmos de bambú,

En general quiero dar mis más expresivas gracias a todos que de alguna u otra manera me apoyaron y compartieron momentos muy gratos en mi formación académica

ÍNDICE GENERAL

	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. El bambú.....	3
2.1.2. Importancia del bambú	3
2.1.3. Estadíos de madurez	4
2.1.4. El bambú como unidad estructural	6
2.1.5. Ventajas y desventajas del bambú.....	6
2.1.6. <i>Dendrocalamus asper</i> (Schultes f.) Backer	7
2.1.7. Propiedades físicas del bambú.....	9
2.2. Estudio del arte	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Descripción de la zona de trabajo	19
3.1.1. Lugar de ejecución.....	19
3.1.2. Ubicación política.....	19
3.1.3. Zona de vida	19
3.1.4. Condiciones climáticas	19
3.2. Materiales y equipos	21
3.2.1. Materiales, herramientas e insumos	21
3.2.2. Equipos	21
3.3. Metodología.....	21
3.3.1. Contenido de humedad para diferentes estadíos de madurez de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres niveles de altura.....	21

3.3.2. Densidad saturada, anhidra y básica para diferentes estadios de madurez de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres niveles de altura	24
3.3.3. Contracción tangencial, radial y longitudinal para diferentes estadios de madurez de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres niveles de altura.....	25
3.4. Diseño de la investigación	26
3.4.1. Diseño experimental.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Contenido de humedad saturada de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres estadios de madurez.....	29
4.2. Densidad saturada, anhidra y básica para diferentes estadios de madurez de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres niveles de altura	32
4.3. Contracción tangencial, radial y longitudinal para diferentes estadios de madurez de <i>Dendrocalamus asper</i> , en tres niveles de altura	39
4.3.1. Contracción tangencial	39
4.3.2. Contracción radial.....	41
4.3.3. Contracción longitudinal	44
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO	48
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO	54

ÍNDICE DE TABLA

Tabla	Página
1. Promedio de CH en culmos de Guadua.....	10
2. Coordenada y altitud de cada mata seleccionada	22
3. Factores y niveles en estudio; estadio de madurez(a) y nivel (b).....	27
4. Esquema del análisis de varianza (ANVA)	27
6. Análisis de varianza de la densidad saturada de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura.	32
7. Análisis de varianza de densidad básica de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura	34
8. Análisis de varianza de la densidad anhidra (g/cm^3) de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura.....	37
9. Análisis de varianza de la contracción tangencial de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura.....	39
10. Analisis de varianza de la contracción radial de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura.	42
11. Análisis de varianza de la contracción longitudinal de probetas de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadios de madurez y niveles de altura.....	44
12. Promedios de contenido de humedad saturada (%) de <i>Dendrocalamus asper</i>	61
13. Promedios de densidad saturada (g/cm^3) <i>Dendrocalamus asper</i>	61
14. Promedios de densidad básica (%) para <i>Dendrocalamus asper</i>	62
15. Promedios de densidad anhidra (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i>	62
16. Promedios de la contracción tangencial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i>	63
17. Promedios de la contracción radial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i>	63
18. Contracción longitudinal (%) de <i>Dendrocalamus asper</i>	64

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación política de la investigación.....	20
2. Obtención de cañas en tres estadíos de madurez.....	22
3. Obtención de anillos para por nivel.....	23
4. Prueba de Duncan para el contenido de humedad saturada de culmos de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	30
5. Prueba de Duncan para la densidad saturada (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	33
6. Prueba de Duncan para la densidad saturada (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	34
7. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	35
8. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	36
9. Prueba de Duncan para la densidad anhidra (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	38
10. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	39
11. Prueba de Duncan para la contracción tangencial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	40
12. Prueba de Duncan para la contracción tangencial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	41
13. Prueba de Duncan para la contracción radial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	43
14. Prueba de Duncan para la contracción radial (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	44
15. Prueba de Duncan para la contracción longitudinal (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en tres estadíos de madurez.....	45
16. Prueba de Duncan para la contracción longitudinal (%) de <i>Dendrocalamus asper</i> en los niveles de altura.....	46
17. observación de las matas de <i>Dendrocalamus asper</i>	55

18. Extracción de los culmos de <i>Dendrocalamus arper</i>	55
19. Evaluación de los culmos cortados.....	56
20. Seccionado de los culmos para los tres niveles	56
21. Obtención de probetas	57
23. Evaluación de las dimensiones en las secciones tangencial, radial y longitudinal	58
24. Principio de Arquímedes	58
25. Probetas colocadas a la estufa	59
26. Probetas retiradas y puestas al desecador	59
27. Evaluación de las dimensiones después de la estufa	60
28. Principio de Arquímedes después de la estufa	60

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades físicas de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer, en tres estadios de madurez (verde, maduro, sobre maduro) y a lo largo de los culmos (base, medio, ápice), en Tingo María, con probetas de dimensiones de 2,5 x 2,5 cm x el espesor de los culmos. Para los ensayos de las propiedades físicas se trabajó bajo las NTC. 5525 y NTC 5300.

Los resultados obtenidos se registró que el contenido de humedad saturado (%), en estadios de madurez fue: en culmos verdes fue 100,87%, en maduro 79,90%, en sobre maduro 69,15% y en los niveles de altura se registró para la base 97,88%, en el medio 81,03 y en el ápice 71,00%. La densidad saturada en las probetas extraídos de los culmos sobre maduros fue 1,18 g/cm³, en culmos maduros 1,16 g/cm³ y en culmos verdes, 1,15g/cm³; mientras que, en los niveles de altura fue 1,17 g/cm³ en el medio, 1,16 g/cm³ en el ápice y 1,16 g/cm³ en la base. Con respecto a la densidad básica se obtuvo valores de 0,71 g/cm³ en culmos sobre maduros, 0,66 g/cm³ en maduros y 0,58 g/cm³ en culmos verdes y en los niveles de altura fue de 0,70 g/cm³ en el ápice, 0,65 g/cm³ medio y 0,60 g/cm³ en la base. La densidad anhidra (%) fue 0,86 g/cm³ en los culmos sobre maduros, 0,83 g/cm³ en los culmos maduros y 0,78 g/cm³ en verde; sin embargo, en los niveles de altura fue 0,84 g/cm³ en el ápice, 0,83 g/cm³ en el medio y 0,80 g/cm³ en la base. La contracción tangencial (%) fue 13,11% en los culmos verdes, 10,46% en culmos maduros y 8,74% en sobre maduros; mientras, en los niveles de altura fue ,15,01% en la base, 10,20% en el medio y 7,11% en el ápice.

La contracción radial (%) en los estadios de madurez fue 19,83% en culmos verdes, 14,76% en culmos maduros y 11,84% en sobre maduros; mientras, en los niveles de altura fue de 18,63% en la base, 15,68% en el medio y 12,11% en el ápice. La contracción longitudinal (%) evaluada en los tres estadios de madurez fue de 0,22% en los culmos verdes, 0,17% en maduros y 0,12% en sobre maduros; mientras, que en los niveles de altura se obtuvo 0,24% en la base, 0,14% en el medio y 0,12% en el ápice.

Palabras clave: *Dendrocalamus asper*, estadios de madurez, propiedades físicas, densidad básica, contracción tangencial, contracción volumétrica.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the physical properties of *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer at three stages of maturity (green, mature, overly mature) and for the entire length of the culms (base, middle, apex), in Tingo Maria, Peru. For the testing of the physical properties, the NTC. 5525 and NTC 5300 norms were used.

From the results that were obtained, it was registered that the saturated humidity content (%) in the mature states was: 100.87% for the green culms, 79.90% for the ripe culms and 69.15% for the overly ripe culms, and for the height levels, 97.88% was registered for the base, 81.03% for the middle, and 71.00% for the apex. The saturated density of the samples that were extracted from the overly mature culms was 1.18 g/cm^3 , for the mature culms it was 1.16 g/cm^3 , and for the green culms it was 1.15 g/cm^3 ; while for the height levels, the middle had 1.17 g/cm^3 , the apex had 1.16 g/cm^3 and the base had 1.16 g/cm^3 . With respect to the basic density, values of 0.71 g/cm^3 were obtained for the overly ripe culms, 0.66 g/cm^3 for the ripe culms and 0.58 g/cm^3 for the green culms, and for the height levels, it was 0.70 g/cm^3 for the apex, 0.65 g/cm^3 for the middle, and 0.60 g/cm^3 for the base. The anhydrous density (%) was 0.86 g/cm^3 for the overly ripe culms, 0.83 g/cm^3 for the ripe culms and 0.78 g/cm^3 for the green culms; however, for the height levels, it was 0.84 g/cm^3 for the apex, 0.83 g/cm^3 for the middle and 0.80 g/cm^3 for the base. The tangential contraction (%) was 13.11% for the green culms, 10.46% for the ripe culms and 8.74% for the overly ripe culms; meanwhile, for the height levels it was 15.01% for the base, 10.20% for the middle and 7.11% for the apex.

The radial contraction (%) for the different states of maturity were 19.83% for the green culms, 14.76% for the mature culms and 11.84% for the overly ripe culms; meanwhile, for the height levels it was 18.63% for the base, 15.68% for the middle and 12.11% for the apex. The longitudinal contraction that was evaluated for the three states of maturity 0.22% for the green culms, 0.17% for the ripe culms and 0.12% for the overly ripe cu while for the height levels, 0.24% was obtained for the base, 0.14% for the middle and 0.12% for the apex.

Keywords: *Dendrocalamus asper*, state of maturity, physical properties, basic density, tangential contraction, volumetric contraction

I. INTRODUCCIÓN

En la Amazonía peruana existe una excesiva tala indiscriminada de especies forestales maderables para usos comerciales causando efecto negativo en el medio ambiente; sin embargo, hoy en día se está promoviendo el bambú ya que cuenta con un crecimiento mucho más rápido que las especies maderables y asimismo tiene excelentes propiedades físicas y mecánicas, que lo convierten en materia prima para múltiples usos en la industria forestal. Conocido internacionalmente como el acero vegetal.

Los culmos del bambú tienen excelentes propiedades tecnológicas, además, presentan bondades incomparables con otros materiales de construcción como son: bajo peso, alto contenido de fibras, flexibilidad, facilidad de trabajo, son ideales para diferentes propósitos tecnológicos e industriales. Sin embargo, en nuestro medio existen pocos estudios sobre las propiedades tecnológicas de las diferentes especies de bambúes que existen en la zona del Alto Huallaga. Conociendo las propiedades tecnológicas del bambú a nivel longitudinal, estadíos de madurez y niveles altitudinales, permitirá generar mayores usos de este material lignocelulósico. Lo que se traducirá en la generación de mayor mano de obra en las comunidades y de esa manera elevar el nivel socioeconómico de la población de una manera sostenible.

El estadío de madurez y los niveles de altura de los culmos de los bambúes tienen influencia en la variabilidad de sus propiedades físicas; el contenido de humedad, la densidad y el cambio dimensional están directamente afectados por el estadíos de madurez y los niveles de altura. Según revisiones bibliográficas los culmos maduros son dimensionalmente más estables que los jóvenes, el contenido de humedad decrece desde la base hacia el ápice del culmo, mientras que la densidad va en aumento desde la base hacia el ápice. Por lo que se formula la siguiente interrogante ¿Cuál será la variabilidad de las propiedades físicas de culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y en tres niveles de altura, en Tingo María?

El objetivo de esta investigación fue estudiar la variabilidad de las propiedades físicas en culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y tres niveles de altura, para generar aportes a la ciencia y a la industria forestal

con la finalidad de darles un mejor uso. El estudio demuestra que estadíos de madurez y niveles de altura del culmo del bambú tiene efectos significativos en las propiedades físicas.

Objetivo General

- Evaluar la variabilidad de las propiedades físicas de culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y tres niveles de altura, en Tingo María.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad saturada de culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y tres niveles de altura.
- Determinar la densidad: saturada, básica y anhidra de culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y tres niveles de altura.
- Determinar la contracción: tangencial, radial y longitudinal de culmos de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer en tres estadíos de madurez y tres niveles de altura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. El bambú

Los bambúes vienen a ser plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas (Poaceae). Se encuentran de forma herbáceos y otros leñosos, que crecen en culmos (cañas o tallos) al año, estas cuentan con alturas de 1 hasta 60 m. y con un diámetro de hasta 30 cm. muy aproximado en la base. La mayoría son rectos, pero algunas especies cuentan con tallos flexionados en las puntas, unos crecen en forma adheridos, formando espesuras impenetrables y otros en forma lineal (Rodríguez & Ruiz, 2016).

Gutiérrez, (2000) manifiesta que, hoy por hoy el bambú se viene considerando como una prominente alternativa forestal sostenible. Además, se ha considerado como una gran fuente tanto para la economía, sociedad y la cultura (Ramanayake, 2006).

En la actualidad, hay 90 géneros y 1.100 especies de bambú en el planeta, con la mitad de la variedad en América, son 41 géneros y 455 especies, que se desarrollan desde el sureste de Estados Unidos hacia el sur de Chile. En la ciudad de Bahía, Brasil, es uno de los espacios con mayor endemismo y variedad en la región, seguido por la cordillera de los Andes y además incorpora algunas zonas del sur de Mesoamérica (Londoño P., 2002).

2.1.2. Importancia del bambú

El bambú es visto como una de las plantas más valiosas del planeta y su utilización fluctúa según la calidad y las propiedades de su culmo; la investigación de las propiedades físico-mecánicas del bambú decide su razonabilidad como componente primario en el desarrollo y producción de muebles. No obstante, las propiedades anatómicas son determinantes para su utilización en la pasta para papel o fibra material (Londoño P., 2002).

Hay que tener en cuenta que un número importante de los usos descritos se refieren a usos habituales cuya influencia en la economía es generalmente local; sin embargo, hay artículos modernos creados a partir del bambú que tienen un efecto monetario más notable. El mercado mundial de artículos derivados del bambú supera los 10.000 millones de dólares anuales y se prevé que supere los 20.000 millones en 2015 (MINAG, 2008).

Una de las ventajas del bambú es que puede establecerse muy bien en una amplia gama de terrenos, sirve para fusionar terrenos no utilizados para el desarrollo, previene la desintegración del suelo, rehabilita terrenos degradados y favorece la disposición de microclimas para la recuperación de los bosques (Kumar y Sastry, 1999).

Las raíces de bambú conforman un medio de aseguramiento de la inclinación, previniendo la desintegración en las orillas de los cursos de agua, arroyos y montañas, permitiendo la expansión del nivel de agua de las cuencas y además cumple función de cortina rompe viento asegurando los cultivos (Nieto, 2008).

Además, se le atribuye un alto beneficio nutricional, cuando se desarrolla para la obtención de forraje. Además, contiene propiedades reconstituyentes, es una fuente de alimentación humana y tiene un increíble valor decorativo (García, Freire, Tejeda, & Reyes, 2007).

2.1.3. Estadíos de madurez

Las propiedades físico-mecánicas y los atributos sintéticos del bambú cambian con el tiempo, razón por la cual las características químicas varían en cada fase de desarrollo del culmo, de esta manera el estadio de madurez es un factor determinante en los culmos de bambú, ya que de esta manera permite conocer su potencial para diversas aplicaciones. Según Londoño (2002) el culmo es la parte más valiosa del bambú y su utilización está controlada por la fase de desarrollo. El patrón de existencia del bambú depende de cada especie, excepto que todas las especies tienen cuatro fases de desarrollo:

- Brote

Este es el primer periodo de mejora del bambú. Comienza cuando la parte apical del rizoma se levanta de la tierra e inicia el desarrollo del culmo, que nace con un diámetro determinado. El desarrollo del culmo es excepcionalmente rápido, llegando a su mayor altura entre medio año y un año, que es el punto en el que se cierra esta etapa. Los brotes no fomentan ramas basales ni apicales, los tallos están totalmente cubiertos por las hojas

caulinares que se crean a partir de los nudos. Los brotes de bambú son muy conocidos en la comida asiática, donde es normal entregarlos para su utilización por el hombre, ya que se consideran sabrosos y nutritivos (Diver, 2001).

Los nuevos tallos del bambú se llaman brotes y surgen del rizoma. Los brotes están asegurados por vainas de color café llamadas "hojas caulinares"(INBAR, 2015).

- Tallo tierno o verde

Esta fase comienza una vez que han caído todas las hojas caulinares y empiezan a aparecer las ramas basales y apicales. Las varas son de color verde radiante y en los nudos aparecen dos grupos blanquecinos llamados bandas nodales (Soria y Poppens, 2004). La resistencia de los tallos en esta etapa no ha llegado al estadios ideal para su utilización, no obstante, los tallos partidos y enderezados pueden ser utilizados para hacer canastos, esteras y diferentes trabajos minuciosos (Soria y Poppens, 2004).

Cuando el tallo tiene entre 1 y 3 años de edad, ha perdido sus hojas caulinares y se reconoce por su deslumbrante tono verde. En esta fase, el tallo es todavía excesivamente delicado para su uso en el ámbito de la construcción (INBAR, 2015).

- Tallo maduro

Los culmos abandonan el verde deslumbrante para pasar a un verde algo más opaco debido al desarrollo de los líquenes, por lo que las bandas nodales no son tan perceptibles (Soria y Poppens, 2004). El culmo procura su nivel más significativo de resistencia, razón por la cual es excelente para su uso en el desarrollo.

Cuando el tallo tiene más de 4 años, es apto para ser cortado y utilizado. Se supone que es "maduro" y se reconoce por su tono verde opaco. El tallo está hasta cierto punto cubierto de manchas de líquenes blancos (INBAR, 2015).

- Tallo sobremaduro

Esta es la última etapa, en la que los culmos comienzan un curso de degradación fisiológica. El follaje se vuelve amarillento y después comienza la defoliación, los tallos también adquieren un tono amarillento y finalmente mueren (Soria y Poppens, 2004). Los tallos secos actualmente no tienen resistencia mecánica, sin embargo, son un increíble

material combustible y se utilizan en estufas para diferentes ciclos como la cerámica y la cocina para la elaboración del pan (Díaz, 2010).

Cuando los tallos están totalmente cubiertos de un tono amarillo blanquecino, implica que han perdido sus cualidades físicas y mecánicas para su uso en la construcción. Se supone que el tallo está sobremaduro y se corta para dar abono a diferentes plantas o para ser utilizado como leña (INBAR, 2015).

2.1.4. El bambú como unidad estructural

La estructura del tallo de bambú se compone de largas fibras de celulosa, ajustados e inundados en un marco de lignina. La proximidad de un segmento transversal de un tallo de bambú muestra que la distribución de las fibras es variable a lo largo de todo su espesor, lo que implica que el material debe caracterizarse por la distribución del estado de esfuerzos en su contexto natural (Castrillón y Malaver, 2001).

Los atributos esenciales para lograr un diseño y comportamiento de la estructura para la construcción a pesar de las ocasiones notables es contar con materiales con las características y límites que requiere la norma E100 vigente, comenzando por la edad de cosecha que cambia de 4 a 6 años, siendo este un periodo imperativo donde el material adquiere sus propiedades físicas y mecánicas ideales para su utilización como componente primario, en cuanto a las diferentes cualidades que deben ser consideradas para el diseño, pasando por que la humedad del material debe estar en equilibrio con la de la zona, sin tener distorsiones del eje más notables que el 0,33% de su longitud, sin introducir una forma del 1% y rotura más destacada o equivalente al 20% de la longitud sin que otras cualidades negativas puedan repercutir en el adecuado comportamiento del material como componente estructural (Sapaico, 2018).

2.1.5. Ventajas y desventajas del bambú

Carpio y Vásquez (2016) nos presentan un conjunto de ventajas cerca del bambú las cuales se mencionan a continuación:

- El bambú como material es ligero y seguro, los diseños trabajados con bambú son ligeros, adaptables y seguros, lo que da a la construcción una marca de seguridad sísmica.

- Al tratarse de un material ligero, no es difícil de trasladar y almacenar y ofrece la posibilidad de construir diseños rápidos, impermanentes o duraderos.
- Los bambúes se aprovechan por completo, la planta no tiene corteza ni ninguna parte que pueda considerarse un residuo.
- Un beneficio vital del bambú es que tiende a ser utilizado con otros materiales de estructura como el hormigón como componente de ayuda.
- Es un recurso renovable.

Rodriguez y Ruiz (2016) manifiesta que, una serie de desventajas acerca del bambú los cuales lo manifiestan a continuación:

- Como material característico, el bambú requiere de aditivos, similares a los de la madera, para asegurarlo contra el ataque de insectos o hongos, y por general, debido a su durabilidad natural es inferior a de la madera.
- El fuego es uno de los principales causantes en la destrucción del bambú y la madera como materiales de construcción. La madera es un componente subyacente de segmentos vigorosos y mantiene su límite de soporte de la carga durante un incendio durante un período de tiempo más prolongado, debido al seguro dado por la capa carbonizada enmarcada en su superficie durante un incendio, que pasa como una cubierta. Inesperadamente, en un componente de bambú con resistencia semejante, esta oposición disminuye a la luz del hecho de que transitoriamente es como un cilindro con ligeras paredes delgadas, en contraste con las áreas fuertes de un pedazo de madera; no obstante, con un diseño y mantenimiento apropiados, este peligro puede ser disminuido impresionantemente.
- Debido a su naturaleza vegetal, sus tallos no son ni rectos ni de segmentos normales, lo que presenta problemas para que las uniones estructurales sean abordadas con seguridad, además su problemática radica en la industrialización de los componentes del bambú y su construcción como componentes constructivos.

2.1.6. *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer

2.1.6.1. Descripción general

Dendrocalamus asper, considerado una especie que cuenta con ciertas cualidades y propiedades únicas para su utilización, por ejemplo, de fácil propagación, la regeneración increíble, el desarrollo rápido, rápida maduración y rotación breve (Wenyue , 1987).

Los culmos de bambú, además de ser rectas, ligeras, sólidas, duras, con un alto contenido de fibra y sencillas de trabajar, son excelentes para diferentes aplicaciones especializadas. Debido a su versatilidad y a la variedad de ambientes existentes en el Perú, los bambúes están distribuidos por todo el dominio territorial a nivel nacional, con varias especies a reconocer, particularmente en los bosques húmedos de montaña de los Andes tropicales (Londoño, 2001).

2.1.6.2. Taxonomía

Según Cronquist (1981), indica la siguiente clasificación:

- Reino : PLANTAE
- División : MAGNOLIOPHYTA
- FAMILIA : POACEAE
- Subfamilia : Bambusoideae
- Género : *Dendrocalamus*
- Especie : *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer

2.1.6.3. Descripción botánica

Plantados o naturalizadas de 0 a 1.500 m.s.n.m, de precipitación promedio anual de cerca de 2.400 mm. Se desarrollan bien a diferentes tipos de suelo, incluso en suelos arenosos y bastantes ácidos, pero se inclina a favor de los suelos bien drenados.

El *Dendrocalamus asper* alcanzan de 20 a 39 metros de altura y un diámetro de 20 a 30 centímetros. Las paredes del tallo tipo tubular tienen un grosor de 0.5 a 2.0 centímetros. Los entrenudos distan de 30 a 45 centímetros, su rizoma es de tipo paquimorfo (Valdez, 2010).

Ruiz y Arevalo (2004) en un trabajo descriptivo de las especies de bambúes establecidos en el Bosque Reservado de la UNAS, describen botánicamente al *Dendrocalamus asper* lo siguiente:

Tallos o cañas: Tono verde opaco (por la presencia de abundantes líquenes) cuando los culmos están desarrolladas (maduro) y verde claro cuando están en etapa de maduración, perceptiblemente enormes en contraste con la mayoría de las especies. Tienen una altura de 20 a 38 m, con diámetro de 12 a 18 cm, los tallos en la parte basal y medial es totalmente limpia, es decir, no hay ramas laterales, sólo las ramas no son realmente gruesas desde el tercio superior hasta el ápice. La pared del culmo tiene un grosor de 2 a 2,5 cm siendo la abertura sobre normal de 10 cm. Rizoma: Es paquimórfico y cestiposo, es decir que enmarca un macollo con hijuelos periféricos, que se traen al mundo desde los rizomas y que se desarrolla de 6 a 8 cañas/m². Se extiende de forma desinhibida y contundente por la tierra.

2.1.7. Propiedades físicas del bambú

Ghavami (2004) hace referencia a que, las propiedades físico-mecánicas de un tallo de bambú están enfáticamente relacionadas con su estructura anatómica, como se ha exhibido en numerosos estudios. Por lo general, estas propiedades mecánicas están determinadas o enmarcadas por la gravedad específica, que fluctúa aproximadamente entre 0,5-0,9 g/cm³. La gravedad específica depende principalmente del contenido de fibra, de la anchura de la fibra y del grosor de la célula de la pared de la fibra, y en consecuencia cambia de forma impresionante dentro de un culmo similar entre especies.

2.1.7.1. Contenido de humedad

Moran (2006) en los materiales higroscópicos, como la madera y el bambú, el contenido de humedad se refiere a la medida de agua, regularmente conocida como "savia", que se encuentra en el interior del material y repercute en el comportamiento de sus propiedades físicas.

El contenido de humedad en la caña puede cambiar por una serie de razones, entre ellas:

- Especie

- Parte del culmo
- Edad del culmo
- Época de corte

Según Hidalgo (1974) la evaluación del contenido de humedad en las cañas de bambú, se expresa como porcentaje del peso seco al horno. Se calcula a través de la fórmula empleada en la madera.

De acuerdo a Sapaico (2019) aporta datos promedios con respecto al contenido de humedad en las cañas de Guadua, con respecto a su estadio de madurez. La siguiente Tabla 1 muestra los valores en términos porcentuales:

Tabla 1. Promedio de CH en culmos de Guadua

Estadio inicial del culmo		Estadio seco al aire del culmo	
Verde	Maduro	Jóvenes	Maduros
194%	86 (51 - 127)	15%	13%

Sapaico (2019)

2.1.7.2. Densidad

Por definición, la densidad es la masa por unidad de volumen Montoya y Prozo (2008) algunos investigadores 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.

En cuanto a resistencia, existe una conexión entre la densidad y resistencia a la compresión paralela del culmo. La presencia de un enorme número de haces vasculares y fibras en la parte superior, que tiene un volumen más modesto, hace que el peso específico aumente. En este sentido, la Guadua es más resistente a la compresión en la parte superior (Cortes, 2009).

Londoño (2002) indica que la gravedad específica del bambú, también conocida como densidad básica, depende principalmente del contenido de fibra, del diámetro de la fibra y del espesor de la pared de las células, por lo tanto, difiere ampliamente dentro de cada especie y entre ellas.

2.1.7.3. Contracción

Esta propiedad está ligada y depende de la estructura anatómica y de su estructura blanda en la parte interna de la pared del culmo. Su afectación es al grosor de la pared como al diámetro del culmo y a lo largo de su estructura disminuye desde la base hasta la parte superior.

Este término se encuentra relacionado con el contenido de humedad, y su unidad de medida es el porcentaje.

Montoya y Prozco (2008) manifiesta que la contracción del bambú comienza desde la etapa que se realiza el corte, ya que a partir de esta etapa comienza a perder agua, hasta llegar a una condición semi-seca, con un valor constante y que disminuye con la edad y altura de las cañas.

La expansión o contracción aparente de las cañas de bambú en sentido radial es moderadamente mayor, en algunos casos es muy similar a la contracción en sentido tangencial. Esto debido a dos factores: uno de ellos es que el bambú carece de células orientadas radialmente, a comparación de la madera, lo que llegaría ser un limitante esta contracción en la dirección radial; otro factor es, en el caso que los canutos de los culmos se secan o se humedecen, lo que conlleva que el transporte del agua está dado de forma radialmente a través de la lacuna y, por ende, la inestabilidad dimensional se origina principalmente en la dirección radial (Liese y Köhl, 2015).

Las células del parénquima se presentan en mayor proporción que las fibras. Esto siendo al contrario en el caso de la madera, para el bambú, se inicia la merma por debajo del punto de saturación de las fibras. La contracción se produce tanto en la medida como en el grosor de la pared de la fibra. Debido a los contrastes en su estructura, densidad y características anatómicas, y el grosor, hay una enorme variación en la dirección tangencial desde el interior hasta la pieza externa de la pared. Esto conlleva a las anomalías de sequía, , por ejemplo, la caída y la separación, y esto a la vez que el bambú se somete a tratamiento de la presión se ve influenciado en su comportamiento de las mismas cañas (Hidalgo, 1974).

2.2. Estado del arte

Como indican Maya *et al.* (2017) notan que, se concentraron en las cualidades o características de las cañas de Guadua según el sitio y su etapa de desarrollo (madurez), Los ejemplares (muestras) fueron escogidos de las zonas de Yarima y Jardín Botánico ambos de la región de Pereira, Colombia (Yarima= cañas de 1,5, 3, 4, 5 y 5 años de edad; Jardín Botánico: caña de 1, 3 y 5 años de edad) donde decido en cuanto a la condición de madurez, la densidad básica fue más notable en cañas de 3 y 5 años de edad, ya que muy bien puede acreditarse que estas alteraciones en las propiedades físicas, muestran una inclinación a incrementarse con el desarrollo (madurez) y adicionalmente la edad es más prominente en las cañas.

Cobos y León (2007) observan que durante los primeros años el tallo pasa por un ciclo de desarrollo. Estas se modifican, con respecto a su estructura, y de esta manera cambian sus propiedades y las razones por las que se utilizan. El tallo de un año (juvenil) posee paredes celulares delgadas de fibras y parénquima, con el volumen más reducido de lignina. Las células carecen de almidón. Posterior a los años siguientes, se observa que las fibras y las células de parénquima aumentan su grosor a través de la ubicación o posición de laminillas adicionales y una lignificación posterior, El engrosamiento de las paredes de las fibras puede proceder incluso después de 10 años. Asimismo, el envejecimiento de los tallos influye en la eficacia funcional. Estudios dirigidos en 1987 demuestran que la constitución cambia esencialmente en el rango de 1 y 7 años.

Conesa (2010) especifica que, los estudios dirigidos a *Bambusa vulgaris* en estadíos de desarrollo maduro rastrearon que las propiedades físicas en cuanto a contenido de humedad y densidad básica fueron: CH inicial (%) =51,50%, mientras que el secado al aire encontró un contenido de humedad de 23,70%, la densidad básica fue de 0,53 g/cm³.

Damiani (2013) manifiesta que, investigaciones basadas en *Dendrocalamus asper* con respecto a sus propiedades físicas teniendo valores de: densidad básica 0,64 g/cm³, contracción tangencial con 3,25%, contracción radial 3,08% y la contracción longitudinal con 0,18%.

Por su parte Castro (2016) estudió las propiedades reales de *Guadua angustifolia* Kunth en la zona de Tingo María, extrayendo las cañas en estadíos maduro teniendo en

cuenta los niveles de altura (base, centro y cenit), obteniendo los resultados que acompañan: un contenido de humedad en el nivel de la base es de 110,39%, el nivel del centro 92,49%. También, en el nivel del ápice 78,77%, teniendo una media general de 93,88%. En la determinación de la densidad saturada en el nivel de la base 1,14 g/cm³, el nivel medio 1,15 g/cm³. También, en el nivel del ápice 1,15 g/cm³. La densidad básica en el nivel de base es de 0,55 g/cm³, en el nivel medio de 0,60 g/cm³ y en el nivel de altura de 0,65 g/cm³, con una media de 0,598 g/cm³. En la contracción en la dirección tangencial en el nivel de base es del 16,82%, en el nivel medio del 15,01% y en el nivel de ápice fue 11,76%. Por otro lado, la contracción radial en el nivel de base es del 30,43%, en el nivel medio del 33,59% y en el nivel del ápice fue 31,89%, con un promedio de 31,97%. La contracción longitudinal en el nivel de la base es del 0,26%, en el nivel medio del 0,26%, y en el nivel del ápice de 0,25%, con una media general de 0,26%.

Calo (2018) en su investigación realizó caracterización física y mecánica de tres especies de bambúes utilizadas en la construcción, en lo cual se seleccionaron y cortaron 15 cañas de bambú de aproximadamente cinco metros de longitud de cada especie para una suma de 45 cañas. Los bambúes tenían una edad de entre cuatro y cinco años. En el sitio, los tallos de cada especie fueron marcados, luego, en ese momento se trasladó a las oficinas del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ingeniería situado dentro del recinto focal de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con respecto a las propiedades físicas los resultados: el contenido de humedad en estadios verde de la especie *Dendrocalamus asper* fue de 34,46% en el ápice, 42,29% en el medio y 45,48% en la base, mientras que la especie *Guadua angustifolia* fue de 57,90% en el ápice, 85,86% en el medio y 94,73% en la base, por otro lado, la especie *Guadua Verticillata* tuvo un contenido de humedad en estadios verde de 37,67% en el ápice, 51,30% en el medio y 57,77% en la base. Otra propiedad es la densidad en estadios saturado, donde la especie *Dendrocalamus asper* alistó un valor de 846,44 kg/m³ en el ápice, 857,64 kg/m³ en el medio, 890,96 kg/m³ en la base; sin embargo, en la especie *Guadua angustifolia* la densidad saturada fue de 827,47 kg/m³ en el ápice, 839,20 kg/m³ en el medio, 868,00 kg/m³ en la base; mientras que, en la especie *Guadua verticillata* se adquirieron valores de 762,05 kg/m³ en el ápice, 839,29 kg/m³ en el centro, 850,59 kg/m³ en la base.

Reátegui *et al.* (2013) realizaron una evaluación de las propiedades físicas de *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer (Bambú), donde se extrajeron cinco (5) cañas

maduras del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva (BRUNAS) en Tingo María, donde fueron consideradas por niveles y orientaciones. Encontrando un contenido de humedad que difiere desde la base con 116,66% hasta llegar al ápice con 49,21% con una media general de 67,17%, la densidad saturada que cambia desde la base con 1,16 g/cm³ hasta llegar al ápice con 1,26 g/cm³ con una media general de 1,23 g/cm³. Mientras que la densidad básica que va de 0,54 g/cm³ en la base hasta 0,84 g/cm³ en el ápice, con una media general de 0,75 g/cm³, con respecto a la contracción longitudinal (0,10% - 0,20%), con una media de 0,11%; contracción radial (16,52% - 4,23%), con un promedio de 11,15%; contracción tangencial (17,46% - 3,24%), con un promedio de 7,86%; y en cuanto a las direcciones u orientaciones, no se encontraron contrastes estadísticos.

En cuanto a las fases de desarrollo (estadios de madurez) de *D. asper* Villanueva, Córdor y Alca (2014) expresan que las cañas verdes duran entre 6 y 24 meses y no han fomentado los atributos de resistencia físico-mecánica; además, en esta etapa el contenido de humedad alcanza el 100%, introduciendo alta sustancia de azúcares y almidones. En contraste con las cañas maduras, éstos crecen en 4 a 5 años para fomentar su resistencia biomecánica más extrema, lo cual se encuentran influenciado por el contexto natural y condiciones de la zona, por lo tanto, esta etapa es la adecuada para la utilización del material donde el contenido de humedad de las cañas oscila en algún lugar en el rango de 60 y 90%.

Campos (2015) se concentró al estudiar la estructura anatómica del culmo de *Bambusa vulgaris* var. *vitata* (Bambú), considerando tres niveles de altura y dos fases de madurez, para lo cual se recolectaron 10 culmos (5 verdes y 5 maduros) dentro del campus de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA); además, se observó que los culmos escogidos estén con un estadio fisiológico y sanitario aceptable, de cada segmento: base, centro y ápice del culmo verde y maduro se obtuvieron tres cortes de 6 cm de largo, en total 30 cortes (15 verdes y 15 maduros); de estos cortes se adquirieron dos sub muestras de 3 cm de largo debidamente codificadas (superior e inferior). Los resultados obtenidos mostraron que la extensión de los elementos leñosos: poros, fibras y parénquima de *Bambusa vulgaris* var. *Vitata*, con respecto al nivel macroscópico, en estadios verde: 12,0%, 28,9% y 59,1%, en estadios maduro 10,6%, 32,4% y 57,1% respectivamente. Teniendo en cuenta los estadios de madurez, los poros alcanzaron mayor

proporción en el ápice con 14%, mientras en las fibras el nivel del medio fue más notable en el nivel del medio con 31,5% y en cuanto al parénquima la base llegó a la tasa más elevada (63%). En la sección transversal los niveles tanto en la condición verde como madura los poros consumen un espacio más notable (11, 16 y 22%) y (10, 18 y 19%) respectivamente. Mientras las fibras en sección externa en la parte exterior implicaron la tasa más notable, en la condición verde y madura (36,46 y 44%) y (44,43 y 47%); en cuanto al parénquima la sección interior introdujo la tasa más notable, verde (71, 67 y 62%) y en madura (73, 64 y 62% por separado).

El tamaño de los componentes leñosos (vasos/poros s/poros y parénquima) de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, a nivel microscópico, en estadíos verde teniendo en cuenta la longitud y el diámetro: (0,5673mm 'y 0,0341mm), (0,0308mm y 0,0150mm); en estadíos maduro (0,05406mm y 0,0339mm) y (0,0312mm y 0,0169 respectivamente); en cuanto a los niveles, el nivel medio llegó a las calidades más elevadas de 0,5929mm y 0,0368mm y en el parénquima el nivel base llegó a las calidades más elevadas tanto de largo y diámetro con 0,0368mm y 0,0177mm individualmente.

Srivaro y Jakranod (2016) estudiaron la influencia de los nodos sobre las propiedades físicas y mecánicas de *Dendrocalamus asper*, para lo cual se prepararon dos tipos de muestras, con y sin nudos, de la pieza inferior y superior de los culmos de bambú para probar sus propiedades físicas densidad, absorción de agua, encogimiento e hinchamiento) y mecánico (resistencia al corte paralelo al grano, resistencia a la tracción paralela a la fibra, módulo de rotura y módulo de elasticidad). A continuación, se analizaron los resultados obtenidos en los dos tipos de muestras. Los resultados mostraron que las propiedades de hinchamiento y contracción de radial, la resistencia a la tracción paralela al grano y los resultados registrados del módulo de ruptura de las muestras con nudos fueron inferiores a los de los ejemplares sin nudos en las dos posiciones de altura del culmo estudiados. Las diferentes propiedades a lo largo de la altura del culmo no se encontraron evidencias estadísticas significativas para los dos tipos de muestras (con y sin nudos). Asimismo, los resultados muestran que las influencias de los nodos deben ser considerados como parte de las estructuras de diversos artículos de bambú de *D. asper*, particularmente cuando se utiliza bambú con nudos.

Aguinsatan *et al.* (2018) se enfocaron en las propiedades morfológicas, físicas y mecánicas del (*Dendrocalamus asper*) influenciados por el sitio, esto realizado en el área

de Bukidnon, Mindanao, Filipinas. Para ello, se eligieron al azar dieciocho cañas de bambú de 3 a 4 años de edad y se recogieron de tres grupos, en cada uno de los dos sitios preestablecidos en el territorio de Bukidnon, isla de Mindanao, Filipinas. En general, los bambúes de las tierras altas obtuvieron una mayor gravedad específica, con una pared del culmo delgada y un menor contenido de humedad que los bambúes ribereños. La resistencia a la flexión de los tallos de los dos destinos fue consistente con las propiedades físicas, con postes cultivados en las tierras altas siendo superiores en la flexión en comparación que los bambúes ribereños y de las tierras altas. Siendo estadísticamente solo el CM, gravedad específica, contracción volumétrica, hinchazón radial y espesor de la pared del culmos entre los postes de la zona de desarrollo como un limitante que podría influencia y afectar en las propiedades física y morfológicas del bambú

Correal y Arbeldez (2010) investigaron sobre las propiedades mecánicas del bambú *Guadua angustifolia* de Colombia, debido a su edad y niveles de altura en el árbol. En este estudio se basó en la evaluación de las propiedades mecánicas de *Guadua angustifolia* de tallos de 2 a 5 años de edad, situados en varios niveles de altura, usando métodos de prueba estándar a nivel mundial (ISO 22157). Donde los resultados de los ensayos, se comprobó que la parte superior (ápice) mostraba la resistencia y el módulo de elasticidad más elevados en contraste con los diferentes segmentos, ya que esta pieza de bambú tiene una mayor densidad. Además, al estudiar la densidad de *Guadua angustifolia*. Las cañas tienen más impacto en el módulo de rotura por flexión que en cualquiera de las otras propiedades mecánicas consideradas. A pesar de la altura del culmo, aparentemente el estadio maduro de *Guadua angustifolia* se alcanza en el rango de los 3 y 4 años, sobre la base de que las propiedades mecánicas a esas edades fueron las más notables y se mantuvieron prácticamente estables, mientras que las propiedades mecánicas de los culmos a la edad de 5 años fueron las menores.

Sánchez (2018) llevó a cabo un estudio de las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del distrito de Socorro, Santander-Colombia, para lo cual se escogieron 12 culmos de guadua de 9,00m, cortados a 1,5 m para la parte inferior, 4,5 m para la parte central y 3,00 m para la parte superior. 3,00 m para la parte superior, De estas se escogieron muestras para contenido de humedad, densidad, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, corte con nudo y sin nudo, tensión paralela a la fibra y flexión, siguiendo los procedimientos establecidos en la NTC 5525: El contenido de

humedad CH, para los culmos adquiridos en Socorro Santander, osciló entre las muestras con menor contenido de humedad (flexión 41,75% CH) y para las muestras ensayadas de tensión paralela tuvieron el contenido de humedad más notable (126,78%). Esto podría deberse a que las probetas de flexión, como consecuencia de la hora de recogida de cada ensayo y de su tamaño, pueden haber perdido humedad al entrar en contacto con el clima; por tanto, es concebible que necesiten un tiempo adicional al del resto de los ejemplares (el menos esperado de unos catorce días) para que el agua se infiltre en los entrenudos y llegue al punto de inmersión del material. Mientras que los resultados adquiridos para la densidad demuestran que el segmento con la densidad más notable es el superior (551,98 kg/m³), la parte con el menor valor es el central (522,58 kg/m³). El valor promedio registrado en este estudio fue de 545,98 kg/m³.

Hernández (2019) estudió el estadio de madurez de *Guadua angustifolia* a través de sus propiedades físico-mecánicas, donde reunió ejemplares de 2, 4 y 6 años de edad. Los resultados adquiridos para densidad básica muestran que hay un incremento desde la base hasta la parte superior, con valores de 0,438 g/cm³ a 0,567 g/cm³ respectivamente, para culmos de 2 años, 0,501 g/cm³ a 0,615 g/cm³ para culmos de 4 años y 0,462 g/cm³ a 0,612 g/cm³ para culmos de 6 años, encontrándose diferencias significativas en el segmento superior comparables a los dos segmentos siguientes, siendo el comportamiento para las tres edades de manera similar. Por otra parte, se registró que no hay evidencia significativa entre la densidad del bambú grosor del bambú en las distintas edades, pero si numéricamente.

Hernao y Rodríguez (s.f.) estudiaron las variaciones en las propiedades físico-mecánicas de cañas de *Guadua angustifolia*. Se evaluaron probetas de culmos del Eje Cafetero colombiano: ocho cañas del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, dos del caserío El Bambusal y tres de la hacienda Nápoles, la madurez estuvo en un rango de uno y cinco años. Los esfuerzos de compresión, cizallamiento y dureza Brinell tal como lo indican las normas ISO/TR 22157-1, ISO/TR 22157-2 y DIN EN 1534. Los resultados obtenidos se concentraron por su estadio de madurez y por la zona para establecer comparaciones. Los óptimos valores con respecto en la resistencia a la compresión y al corte se mostraron 5 años después del levantamiento del culmo. Se constató que tanto la resistencia a la compresión como la resistencia al cizallamiento se identifican con el estadio de madurez y que los valores aumentan en algún momento entre

uno y cinco años, y después empiezan a disminuir. La dureza Brinell introdujo valores irregulares que no dependen del estadio de madurez.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de trabajo

3.1.1. Lugar de ejecución

El lugar donde se ejecutó la investigación estuvo comprendido en los ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, en la margen izquierda de la carretera hacia la ciudad de Huánuco. El área pertenece políticamente al distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco: la extracción de los culmos en los tres estadíos de madurez fue extraídas del Bosque Reservado, la elaboración de las probetas fue elaborado en el Laboratorio Taller de Tecnología y Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, y para la evaluación de las propiedades físicas se llevó a cabo en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR).

3.1.2. Ubicación política

- Región : Huánuco
- Provincia : Leoncio Prado
- Distrito : Rupa Rupa
- Localidad : Tingo María

3.1.3. Zona de vida

Se clasifica como bosque muy húmedo Pre montano Subtropical (bmh – PMST) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta (Holdridge, 1987).

3.1.4. Condiciones climáticas

El área donde se desarrolló, presenta elevada pluviosidad con una precipitación anual promedio de 3103.4 mm, humedad relativa de 85 % de temperatura máxima de 28.3 °C, mínima de 24.6 °C y la media anual de 25.5 °C (Castillo, 2015).

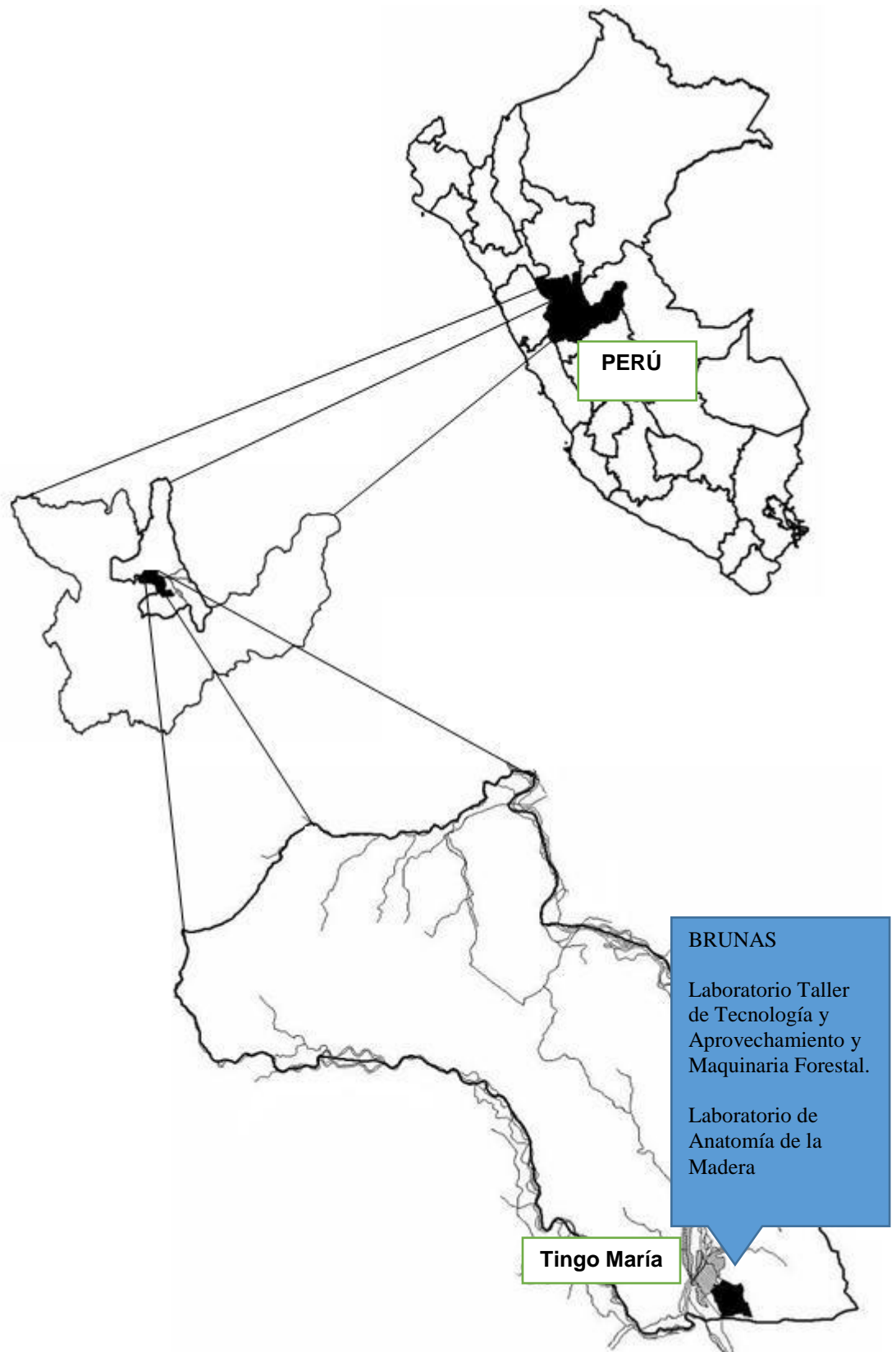


Figura 1. Ubicación política de la investigación.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales, herramientas e insumos

Para el siguiente trabajo de investigación se emplearon los siguientes materiales y herramientas: cinta métrica de 30 metros, cinta de costurero, machetes, bolígrafos, correctores, guantes, formulario de evaluación, libreta de campo, vaso precipitado, punzón, parafina, tenaza y soporte universal

Los insumos que se utilizaron fueron: 01 cojín de aceite Diesel de dos tiempos, 1/3 de galón de gasolina y agua destilada.

3.2.2. Equipos

Los equipos que se utilizaron en la investigación fueron: Motosierra Sthill Ms 250, GPS, cámara digital, sierra disco, balanza electrónica, estufa eléctrica, desecador, vernier digital, micrómetro (precisión 0.001mm) y cocina eléctrica.

3.3. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se adaptó a las (Norma Técnica Colombiana - NTC 5525, 2007) Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunt y (Norma Técnica Colombiana - NTC 5300, 2008) Cosecha y post cosecha del culmo de *Guadua angustifolia* Kunt, ya que hasta el momento no existe norma técnica específica para la especie de *Dendrocalamus asper*.

3.3.1. Contenido de humedad de los culmos de *Dendrocalamus asper* para diferentes estadios de madurez y niveles de altura.

Para la selección y cosecha de las muestras de bambú de los tres estadios de madurez (verde, maduro y sobre maduro) se empleó la norma (Norma Técnica Colombiana - NTC 5300, 2008);, donde se extrajeron 5 culmos por estadios de madurez de la mata seleccionada en el bosque, donde se identificaron los culmos verdes, maduros y sobremaduros por sus características propias de ellas, ya que en la provincia no se cuenta con plantaciones de bambúes con edades conocidas, teniendo un total de 15 cañas de *Dendrocalamus asper* pertenecientes a una mata ubicada en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva.

En la Tabla 3 se muestra las coordenadas y altitud de las matas seleccionadas

Tabla 2. Coordenada y altitud de cada mata seleccionada

N° de matas	Coordenada		Altitud
	X	Y	
Mata N°1	0390598	8971003	721
Mata N°2	0390614	8971015	708
Mata N°3	0390652	8971034	706
Mata N°4	0390643	8971026	707
Mata N°5	0390669	8971016	703

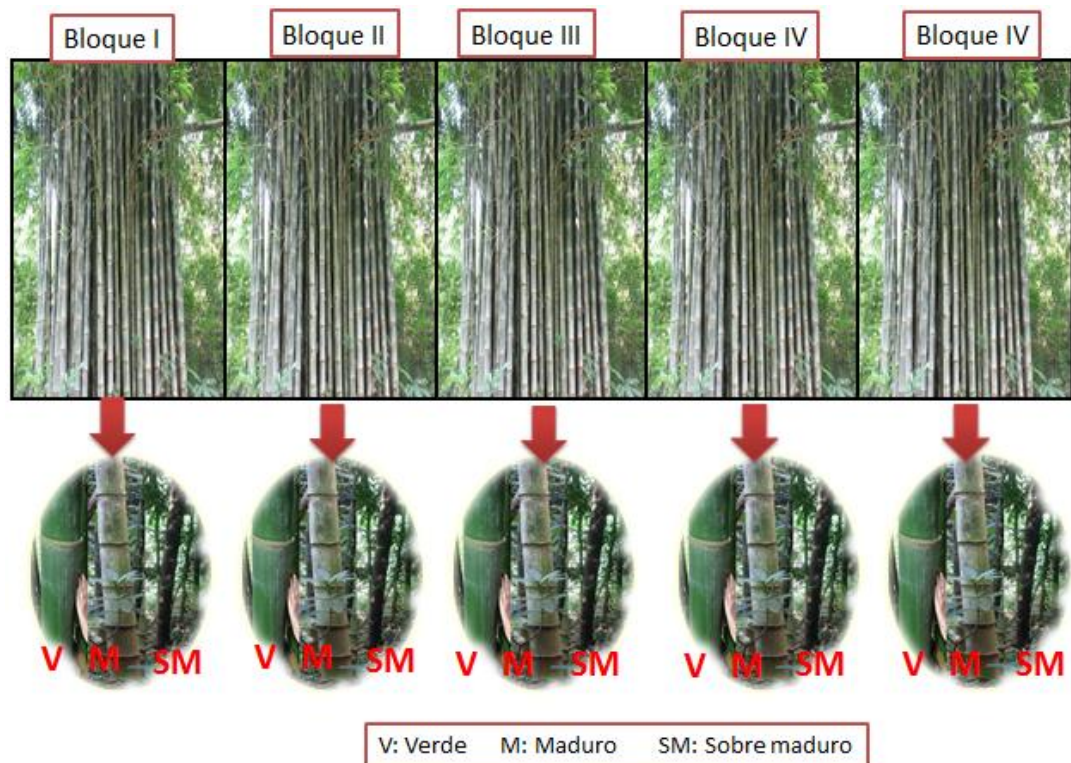


Figura 2. Obtención de cañas en tres estadios de madurez

Se seleccionó culmos de buen desarrollo, recto y sin daños patológicos. Los culmos elegidos deben estar libres de defectos, se descartaron los culmos de bambúes quebrados, dañados y descoloridos (NTC. 5525). Asimismo, se limpió la hierba que se encontraba alrededor de la mata, para no tener problema en el corte y traslado de las cañas. El corte de

los culmos se realizó aproximadamente después del primer anillo. Una vez derribado los culmos se midió y se marcó las partes a utilizar

También se identificó la relación a la posición del segmento en el culmo, "base", "medio" o "ápice", cada uno constituyendo 1/3 de la porción utilizable del culmo.

Se seccionaron en tres partes (base, medio, ápice), teniendo en cuenta la altura útil determinada.

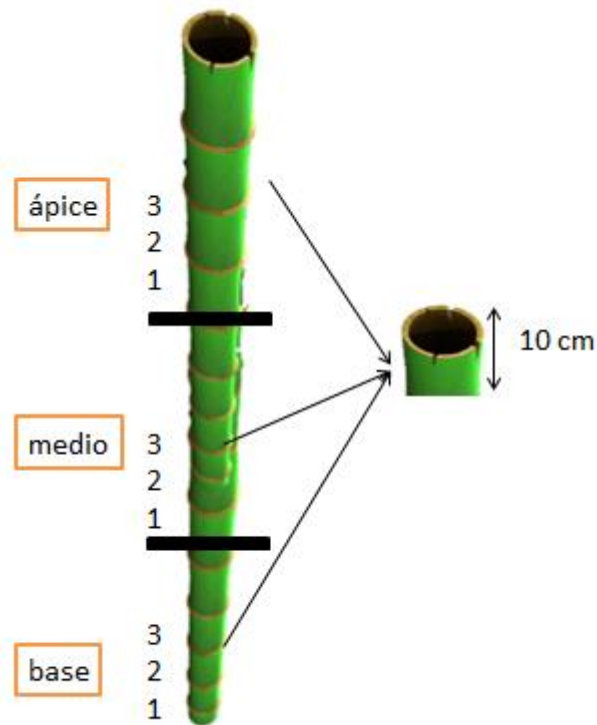


Figura 3. Obtención de anillos para por nivel

Para ensayo de propiedades físicas se consideró anillos de 10 cm de longitud, un anillo por cada nivel del culmo que fueron cortados con la motosierra después del tercer anillo, donde se obtuvieron probetas de 2,5 x 10 cm por el espesor de la caña siguiendo la metodología según norma NTC 5525.

Para el cálculo del contenido de humedad fue bajo la norma técnica NTC 5525. Se determinó, mediante el pesaje de la pérdida de masa de la probeta, y el secado en la estufa. Las probetas fueron pesadas con una exactitud de 0.01 gr en el momento inicial de obtención de las probetas, posterior se hicieron secar por periodo de tres meses para evitar cambios en la estructura, para después colocarlas a la estufa a una temperatura de 30 a 103 °C \pm 2 °C gradualmente, y hacer la última pesada.

Para el contenido de humedad inicial (saturado) nos adaptamos a lo propuesto en la NTC 5525 (2007); lo cual plantea la siguiente fórmula:

- Contenido de humedad inicial

$$CH(S) = \frac{ph - psh}{psh} \times 100$$

Dónde:

CH(s) = Contenido de humedad en base seca (%)

Ph =Peso húmedo

Psh =peso seco al horno

3.3.2. Densidad saturada, anhidra y básica de los culmos de *Dendrocalamus asper* para diferentes estadios de madurez y niveles de altura.

Con respecto a la densidad se trabajó la NTC 5525:2007 lo cual se determinó pesando primeramente las probetas en estadios saturado para obtener el peso húmedo (Ph). El volumen húmedo (Vh) se determinó por el principio de Arquímedes) sumergiendo la probeta en un peso ya conocido de agua destilada con la ayuda de un punzón en forma perpendicular, donde registró el incremento de peso correspondiente, que representó el volumen desplazado por la probeta. Las probetas fueron puestas al aire por un tiempo aproximado de tres meses, para evitar cambios bruscos en la estructura. Seguidamente se aplicó un calentamiento gradualmente hasta 103 ± 2 °C, dejando a esta temperatura por 24 h. Seguidamente se retiró las probetas de la estufa, colocándolas en el desecador dejando enfriarlas por un espacio de unos 15 minutos, para luego pesarlas. Donde se obtuvo los pesos y volúmenes finales (las probetas deberán estar parafinadas para obtener el volumen por el principio de Arquímedes).

En el caso de las densidades será bajo la norma (Norma Técnica Colombiana - NTC 5525, 2007), lo cual plantea las siguientes formulas.

- **Densidad saturada**

$$DS = \frac{PH}{VH}$$

Dónde:

DS : Densidad saturada (g/cm³).

PH : Peso húmedo (g.).

VH : Volumen húmedo (cm³)

- Densidad anhidra

$$D_o = \frac{PSH}{VSH}$$

Do : Densidad anhidra (g/cm³).

PSH : Peso seco al horno (g.).

VSH : Volumen seco al horno (cm³)

- Densidad básica

$$DB = \frac{PSH}{VH}$$

Dónde:

DB : densidad básica (g/cm³).

PsH : peso seco al horno (g.).

VH : volumen húmedo (cm³)

3.3.3. Contracción tangencial, radial y longitudinal de los culmos de *Dendrocalamus asper* para diferentes estadios de madurez y niveles de altura.

La contracción de las probetas de *Dendrocalamus asper* se determinó bajo la técnica colombiana NTC 5525. Donde se tomó en cuenta que las dimensiones siempre serán tomadas en los mismos puntos centrales de las caras o puntos marcados desde un principio de la evaluación, para las dimensiones con respecto a la sección tangencial y radial se registró haciendo uso del micrómetro y para la sección longitudinal fue con la ayuda del vernier o pie de rey, teniendo un registro inicial, por último, las probetas se sometieron en un horno con temperatura aproximada de 30 °C a 103 °C ± 2 °C gradualmente de tal forma que se sequen completamente, donde se tomaron las dimensiones por última vez.

En el caso de las densidades se trabajó con la norma (Norma Técnica Colombiana - NTC 5525, 2007), lo cual plantea las siguientes formulas.

- Contracción tangencial total

$$CTt = \frac{Dth - Dtsh}{Dth} \times 100$$

Dónde:

CTt = Contracción tangencial total

Dth = Dimensión tangencial humedad

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno

- Contracción radial total

$$CRt = \frac{Drh - Drsh}{Drh} \times 100$$

Dónde:

CRt = Contracción radial total

Drh = Dimensión radial humedad

Drsh = Dimensión radial seca al horno

- Contracción longitudinal total

$$CLt = \frac{Dlh - Dlsh}{Dlh} \times 100$$

Dónde:

CLt = Contracción longitudinal total

Dlh = Dimensión longitudinal humedad

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental fue un DBCA con arreglo factorial 3 (A) x 3 (B) (Factor A: Estadíos de madurez. y Factor B: Niveles de altura), con cinco repeticiones, el análisis de

varianza será al 95% de confiabilidad, se utilizará el test de rangos múltiples de Duncan al 95%.

Tabla 3. Factores y niveles en estudio; estadío de madurez(a) y nivel (b)

Estadío de madurez	Niveles	Interacción
Verde(a ₁)	Base(b ₁)	a ₁ .b ₁
	Medio(b ₂)	a ₁ .b ₂
	Ápice(b ₃)	a ₁ .b ₃
Maduro(a ₂)	Base(a ₁)	a ₂ .b ₁
	Medio(b ₂)	a ₂ .b ₂
	Ápice(b ₃)	a ₂ .b ₃
Sobre maduro(a ₃)	Base(a ₁)	a ₃ .b ₁
	Medio(b ₂)	a ₃ .b ₂
	Ápice(b ₃)	a ₃ .b ₃

La investigación tendrá como cinco cañas de *Dendrocalamus asper* por estadíos de madurez, teniendo un total de 15 cañas siendo los factores independientes los estadíos de madurez de las cañas (A) y niveles de altura (base, medio y ápice), y los factores dependientes el contenido de humedad, contracción tangencial, contracción radial, longitudinal y densidad.

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones(matas)	r-1=4
Estadíos de madurez(A)	a-1=2
Nivel de altura(B)	b-1=2
Interacción A X B	(a-1)*(b-1)=4
Error experimental	(t-1)*(r-1)=32
Total	44

El presente experimento tuvo el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida en la ijk - ésima unidad experimental

μ = Media general

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor "A"

β_j = Efecto del j - ésimo nivel del factor "B"

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i - ésimo nivel del factor "A" y el j - ésimo nivel del factor "B"

γ_k = Efecto del k - ésimo bloque

ε_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk - ésima unidad experimental

- **Características del experimento**

- Factor 1(A): Estadíos de madurez
- Factor 2 (B): Niveles de altura
- Repeticiones: 5 (cañas) por estadíos de madurez
- N° de unidades experimentales: 45
- N° de probetas por unidad experimental: 4 probetas
- N° total de probetas: 180

3.4.2. Variables

3.4.2.1. Variables independientes

- Niveles (Base, medio y ápice)
- Estadíos de madurez (Verde, maduro y sobre maduro)

3.4.2.2. Variables dependientes

- Contenido de humedad
- Densidad
- Contracción

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad saturada de los culmos de *Dendrocalamus asper*, en tres estadios de madurez y niveles de altura.

4.1.1. Contenido de humedad saturada

En el análisis de varianza (Tabla 5) se muestra que existe diferencias significativas para las matas (bloque) con respecto al contenido de humedad saturada ($P = 0,01$) lo que se deduce que al menos una mata con respecto a las cañas obtenidas obtuvo valores diferentes a comparación de las demás matas el cual señala que al menos un individuo obtuvo diferente valor de la variable en mención frente a los demás culmos.

Tabla 5. Análisis de varianzas del Contenido de humedad saturada (%) de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	4967,09	1241,77	3,97	0,0101*
Estadios de madurez	2	7807,43	3903,72	12,47	0,0001**
Nivel	2	5534,91	2767,45	8,84	0,0009**
Estadios de madurez*Nivel	4	277,79	69,45	0,22	0,9243 ^{ns}
Error	32	10018,74	313,09		
Total	44	28605,96			

C.V: 21.19; R2: 0.59; *: Significativo; **: Altamente significativo; ns: No significativo

Con respecto a los estadios de madurez (verde, maduro y sobre maduro) y niveles de altura de los culmos (base, medio y ápice) se encontraron diferencias altamente significativo ($P = 0,0101$) para ambos factores en estudio; asimismo, en este modelo estadístico se registró un CV de 21,24% y un coeficiente de determinación de 0,65.

Al encontrar diferencias estadísticas en los estadios de madurez, en la Figura 4, se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan al 95%, donde se observa que valores mayores de contenido de humedad se registró en las cañas verdes con 100,87%, en las cañas maduras se encontró un valor promedio de 79,90%; sin embargo, el menor valor promedio se registró en cañas sobre maduras con 69,15%, esta variabilidad guarda relación a lo reportado por Sapaico (2019) donde al estudiar la *Guadua angustifolia* Kunth, los

valores de contenido de humedad inicial presentaron valores hasta 194% en cañas verdes, mientras que en cañas maduras se registraron valores que oscilan de 51 a 127%; asimismo, Rodríguez *et al* (2010) manifiesta que las propiedades físico mecánicas del bambú se ven afectados en función al tiempo de madurez, considerándose un factor principal y esta es la que define la calidad de la materia prima, a ello se puede atribuir que las cañas de *Dendrocalamus asper* en estadio de madurez verde duran entre 6 y 24 meses y no aún no se ha desarrollado sus características de resistencia físico-mecánica; además, en esta fase el contenido de humedad alcanza el 100% mostrando elevados contenidos de azúcares y almidones. Cabe recalcar que, a comparación con las cañas maduras, estos se desarrollan en 4 y 5 años para desarrollar su máxima resistencia biomecánica, lo cual estos dependen de las condiciones climáticas y de la zona, por ende, en esta etapa es la adecuada para el aprovechamiento y su utilización del material donde el contenido de humedad de las cañas varía de 60 y 90%.

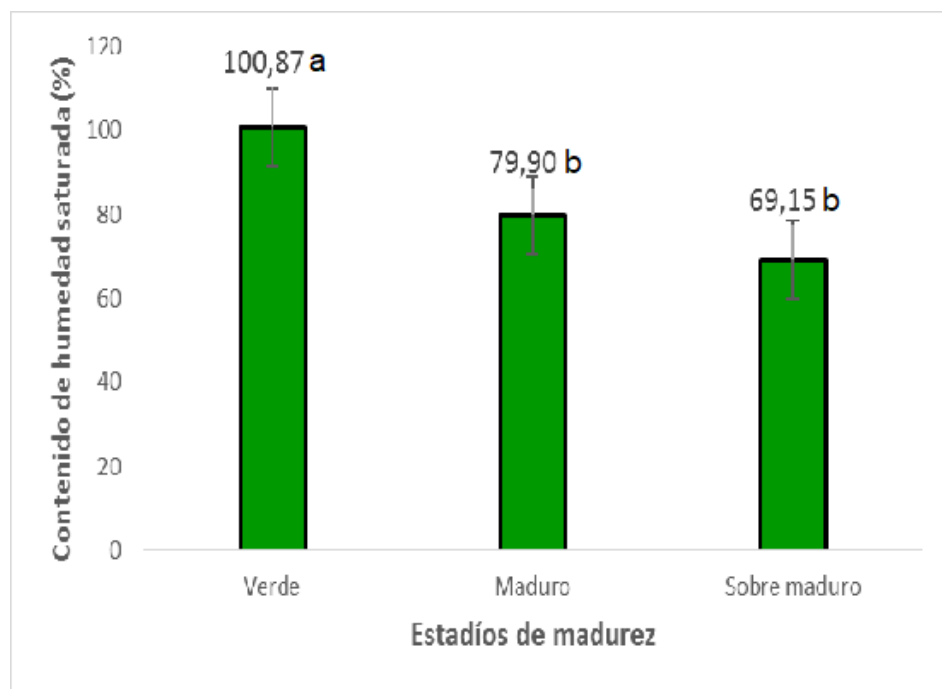


Figura 4. Prueba de Duncan para el contenido de humedad saturada de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez.

Al considerar los niveles de altura (base, medio y ápice), en la Figura 5, se muestra la prueba de Duncan, donde el contenido de humedad saturada decrece de la base hacia el ápice, con valores promedio de 97,88% en la base, 81,03% en el medio y 71,00 % en el ápice, esto coincide con lo reportado por Reátegui *et al* (2013) donde el contenido de humedad varía desde la base con 116,66% hasta llegar al ápice con 49,21% con un promedio de 67,17%; esta variación también encontró, Calo(2018) sobre las propiedades

físicas de especies de bambúes idóneas para la construcción, donde determinó que, el contenido de humedad de la especie de *Dendrocalamus asper* fue de 34,46% en el ápice, 42,29% en el medio y 45,48% en la base, sin embargo en la especie *Guadua angustifolia* fue de 57,90% en el ápice, 85.86% en el medio y 94,73% en la base, mientras que, en la especie de *Guadua Verticillata* presentó contenido de humedad de 37,67% en el ápice, 51,30%, en el medio, 57,77% en la base, esto debido que el bambú a comparación de la madera en la base presenta mayor porcentaje de parénquima, mientras que en la parte apical tiene mayor proporción de fibras y estas a su vez tienen menor proporción de agua, cabe recalcar que el parénquima almacena sustancias de reserva, por ende tiene la capacidad de absorber mayor humedad. Lo reportado por Srivaro y Jakranod (2016) manifiestan que al estudiar las propiedades físicas de *D. asper* no encontraron diferencias significativas, sin embargo, se registró mayores valores de las propiedades en probetas obtenidas con nudos, a lo que se le atribuye que los efectos de los nudos deben considerarse como parte del diseño práctico de los productos de bambú de *D. asper*,

Por lo tanto, según los resultados obtenidos el menor porcentaje de contenido de humedad se concentran en el nivel del ápice, a esto se le puede atribuir que la estructura anatómica es distinta en los tres niveles, como es en el caso de la base, la estructura es más gruesa que el ápice por ende hay mayor presencia de parénquima que cumplen función de reserva.

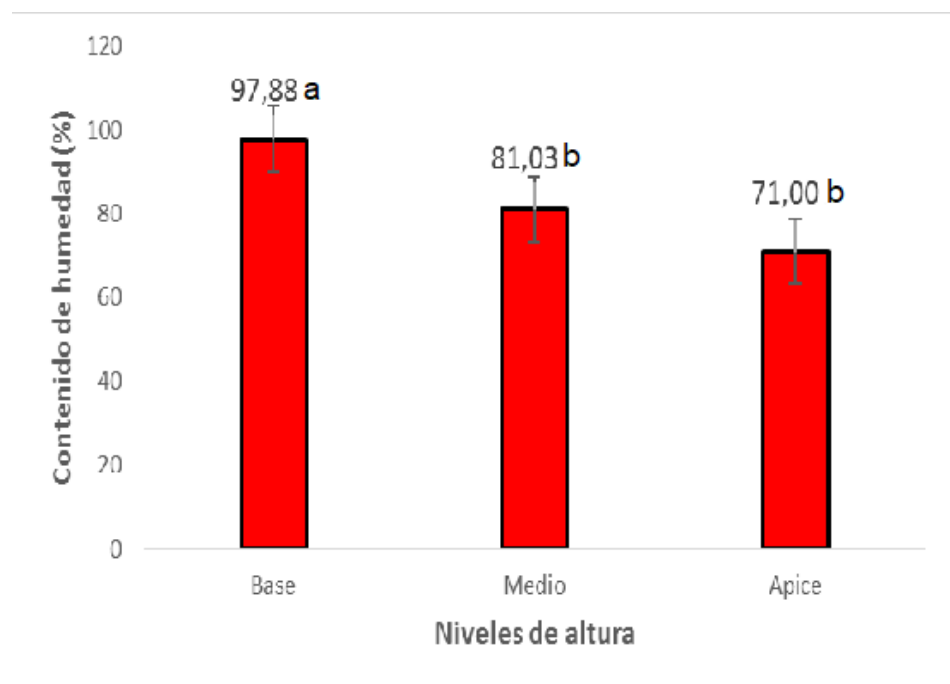


Figura 5. Prueba de Duncan para el contenido de humedad saturada de culmos de *Dendrocalamus asper* en niveles de altura.

4.2. Densidad saturada, anhidra y básica de los culmos de *Dendrocalamus asper*, en tres estadios de madurez y niveles de altura.

4.2.1. Densidad saturada

Al realizar el análisis de varianza, en la Tabla 6, se muestra que no existe diferencias significativas ($P=0,0504$) para las matas de *Dendrocalamus asper* en estudio; mientras, para los estadios de madurez se registró significativas ($P=0,0483$); sin embargo, en los niveles de altura no se muestra diferencias significativas ($P=0,5876$). Asimismo, no se reportó diferencias estadísticas en la interacción de ambos factores en estudio. El arreglo estadístico presenta un C.V de 3,56% y un coeficiente de determinación de 0,38.

Tabla 6. Análisis de varianza de la densidad saturada de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	0,01	2,4E-03	2,66	0,0504ns
Estadios de madurez	2	0,01	3,6E-03	3,34	0,0483*
Nivel	2	9,6E-04	4,8E-04	0,54	0,5876ns
Estadios de madurez*Nivel	4	8,8E-04	2,2E-04	0,25	0,9103ns
Error	32	0,03	8,9E-04		
Total	44	0,36			

C.V: 2,57; R²:0,38; *: significativo; ns: No significativo

Al no encontrarse diferencias estadísticas en la interacción se analizaron las pruebas POST ANVA independientemente por factor, donde en la Figura 5, muestra la prueba de Duncan al 95%, donde se encontró diferencias estadísticas entre los estadios de madurez (verde, maduro y sobre maduro), donde la densidad saturada en los culmos verdes (1,15 g/cm³) fueron inferior estadísticamente en comparación con los culmos maduros (1,16 g/cm³). Asimismo, los culmos sobre maduros (1,18 g/cm³) tienen una densidad saturada estadísticamente igual a las cañas maduras (1,16 g/cm³). A esto le atribuye lo que menciona Cobos y León (2007) que los tallos de bambú mediante su proceso de maduración, donde existen cambios en la estructura y propiedades, los culmos en estadio verde tienen paredes celulares delgadas de fibras.

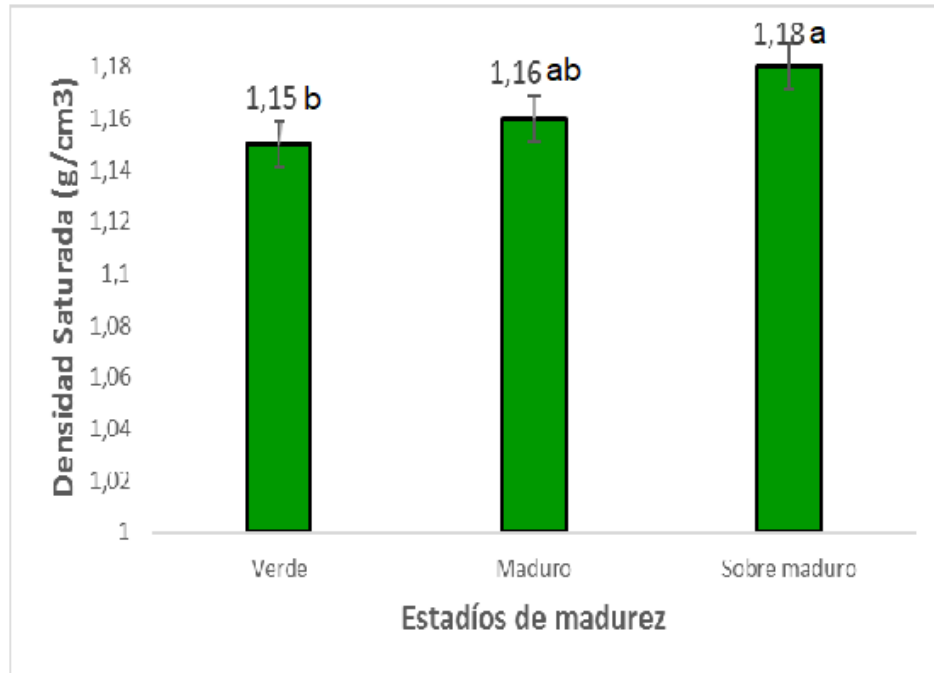


Figura 5. Prueba de Duncan para la densidad saturada (g/cm^3) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez.

Al estudiar 180 probetas, la prueba de comparación de medias muestra que no existe diferencias estadísticas significativas entre los niveles de altura (base, medio, ápice); asimismo, en el nivel de la base se registró un valor de densidad saturada con $1,16 \text{ g/cm}^3$ en el nivel medio se registró $1,17 \text{ g/cm}^3$ siendo numéricamente mayor y en el nivel ápice se registró $1,16 \text{ g/cm}^3$ (Figura 6). Por su parte Castro (2016) encontró valores semejantes en *Guadua angustifolia* Kunth, donde la densidad saturada en el nivel base $1,14 \text{ g/cm}^3$, nivel medio $1,15 \text{ g/cm}^3$. y en nivel ápice $1,15 \text{ g/cm}^3$. De igual manera, Reátegui *et al* (2013) atinó valores muy parecidos en las propiedades físicas de *Dendrocalamus asper*, los valores obtenidos de densidad saturada fueron de $1,16 \text{ g/cm}^3$ hasta llegar al ápice con $1,26 \text{ g/cm}^3$ con un promedio de $1,23 \text{ g/cm}^3$. Esto debido a que esta propiedad física depende de las estructuras anatómicas ya que el porcentaje de fibras aumenta desde la base hacia el ápice. Valores diferentes encontró Calo (2018) en un estudio de caracterización física de tres especies de bambú, donde la especie *Dendrocalamus asper*, obtuvo valores de densidad saturada fue $0,83 \text{ g/cm}^3$ en el ápice, $0,84 \text{ g/cm}^3$ en el medio, $0,87 \text{ g/cm}^3$ en la base, este se debe a que las condiciones edafoclimáticas no fueron las mismas y estas se ven influenciadas por la calidad del sitio para cada especie y otros factores que influyen son: lugar de procedencia, edad del culmo, etc.

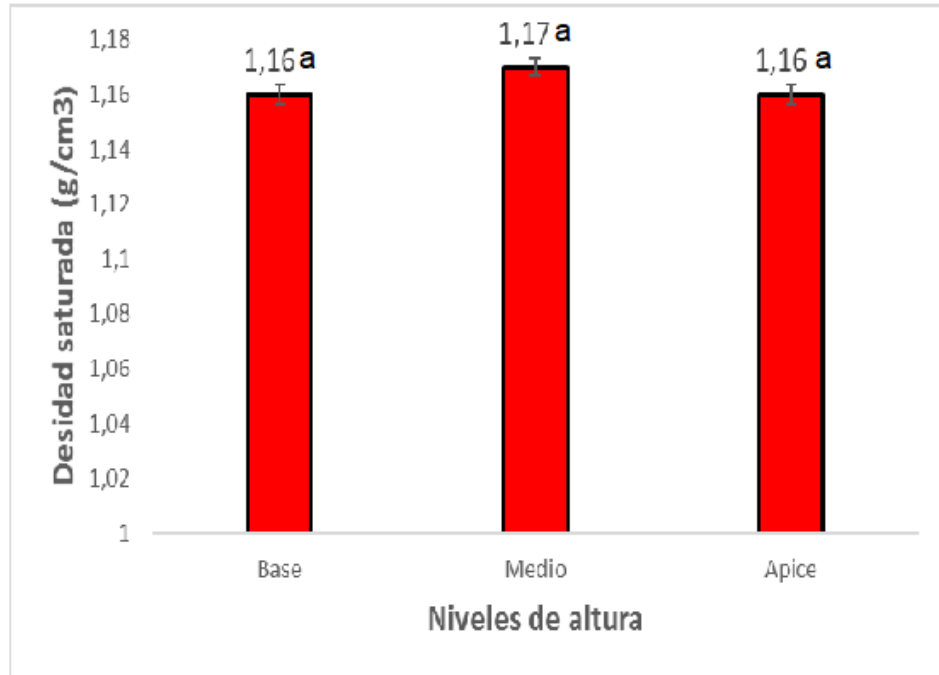


Figura 6. Prueba de Duncan para la densidad saturada (g/cm^3) de los culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

4.2.2. Densidad básica

En la Tabla 7, después realizar el análisis de varianza al 95% se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para las matas ($P=0.0029$), lo cual indica que al menos una mata es diferente a los demás extraídos de las demás con respecto a la densidad básica; asimismo, para el factor estadíos de madurez y niveles de altura también se encontró que existen diferencias altamente significativas ($P=0.0001$ y $P=0,0025$), lo cual indica que al menos un nivel de cada factor es diferente a los demás. El diseño presenta un CV de 11,04%.

Tabla 7. Análisis de varianza de densidad básica de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	0,10	0,03	5,05	0,0029**
Estadíos de madurez	2	0,13	0,07	12,91	0,0001**
Nivel	2	0,07	0,04	7,28	0,0025**
Estadíos de madurez*Nivel	4	0,01	1,5E-03	0,30	0,8785ns
Error	32	0,16	0,01		
Total	44	0,48			

C.V: 11,04; R2: 0,66; **: Altamente significativo; ns: No significativo

Considerando que existe diferencias estadísticas entre los estadios de madurez, en la Figura 7, se muestra la prueba de Duncan donde, se registró que culmos verdes presenta una densidad básica de $0,58 \text{ g/cm}^3$ y los culmos maduros $0,66 \text{ g/cm}^3$ y los sobre maduros presentaron mayor valor promedio con $0,71 \text{ g/cm}^3$ siendo superior estadísticamente a los culmos maduros, en efecto Conesa (2010) determinó algunas propiedades físicas de culmos maduros de *Bambusa vulgaris* teniendo una densidad básica de $0,53 \text{ g/cm}^3$. Mientras Damiáni (2013) encontró un valor similar de densidad básica en culmos maduros de *Dendrocalamus asper* con $0,64 \text{ g/cm}^3$. Esto se fundamenta que la proporción de fibras es mayor en los culmos maduros que en los culmos verdes; asimismo que la densidad básica, depende principalmente del contenido de fibra, del diámetro de la fibra y del espesor de la pared de las células, por lo tanto, varía considerablemente entre culmos.

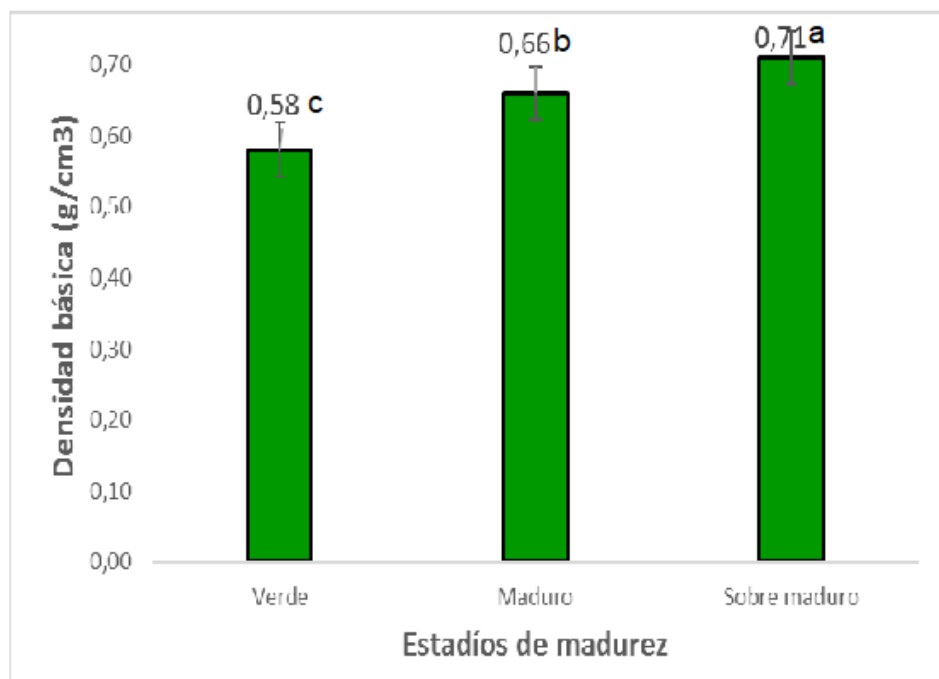


Figura 7. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez.

Siendo importante los niveles de altura lo cual fue considerado como factor de estudio, en la Figura 8 se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan, donde se registró que en el nivel de la base $0,59 \text{ g/cm}^3$ y el nivel medio $0,66 \text{ g/cm}^3$ son inferior estadísticamente al nivel ápice donde se encontró un valor promedio de $0,69 \text{ g/cm}^3$.

Muy parecido encontró Reátegui *et al.* (2013) al estudiar las propiedades físicas de *Dendrocalamus asper* encontró valores de densidad de básica que varía desde la base con $0,54 \text{ g/cm}^3$ hasta llegar al ápice con $0,84 \text{ g/cm}^3$, así también, Castro (2018) estudió las propiedades físicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde obtuvo resultados de densidad básica en el nivel base de $0,55 \text{ g/cm}^3$, nivel medio $0,60 \text{ g/cm}^3$ y en nivel ápice $0,65 \text{ g/cm}^3$, lo obtenido hay coherencia a lo reportado por Sánchez (2018) que manifiesta que la sección con mayor densidad es la parte superior del culmo con $0,55 \text{ g/cm}^3$, registrándose el menor valor en la sección media con $0,52 \text{ g/cm}^3$. Asimismo, Hernández (2019) aporta que, al estudiar las propiedades físicas, encontró que existe un aumento de la base hacia la parte superior, con valores de $0,438 \text{ g/cm}^3$ a $0,567 \text{ g/cm}^3$ respectivamente para culmos de 2 años, $0,501 \text{ g/cm}^3$ a $0,615 \text{ g/cm}^3$ para los de 4 años y $0,462 \text{ g/cm}^3$ a $0,612 \text{ g/cm}^3$ para los de 6 años de edad, encontrándose diferencias significativas de la sección superior en relación con las otras dos secciones. Esto se debe a que existe una relación de la densidad básica con la estructura anatómica, y la cantidad y distribución de fibras de todos los haces vasculares, diámetro del culmo y la pared celular, la cantidad de fibras aumenta desde la capa más interna hacia la parte periférica, y de la base hasta el tope, es decir, la superficie externa y la copa son las partes más resistentes del culmo.

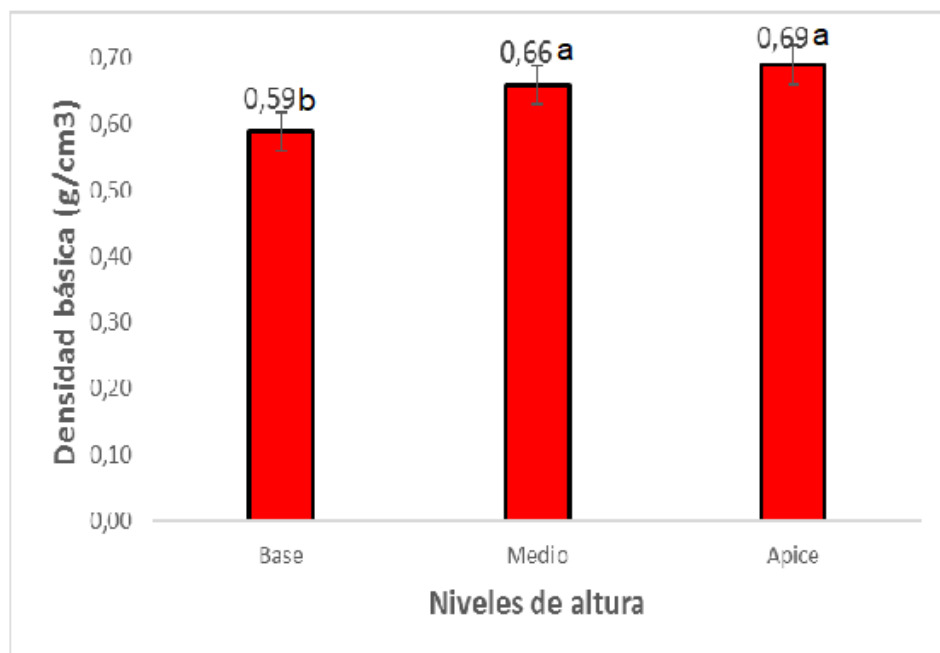


Figura 7. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

4.2.3. Densidad anhidra

En la Tabla 8, se muestra el ANVA para las probetas de *Dendrocalamus asper*, donde se evaluó la densidad anhidra, donde se encontró que existe diferencias entre matas y los estadíos de madurez (P valor=0,0048 y 0,004), lo cual que se deduce que al menos una mata y algún nivel de estadíos de madurez es diferente al otro; sin embargo, para los niveles y la interacción de ambos factores en estudio no se encontró diferencias estadísticas. El diseño estadístico presenta un CV de 6,22%, con R² de 0,58.

Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad anhidra (g/cm³) de probetas de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	0,05	0,01	4,59	0,0048**
Estadíos de madurez	2	0,05	0,03	9,92	0,0004**
Nivel	2	0,01	0,01	1,97	0,1556 ^{ns}
Estadíos de madurez*Nivel	4	0,01	1,4E-03	0,54	0,7039 ^{ns}
Error	32	0,08	2,6E-03		
Total	44	0,20			

C.V: 6,22; R2: 0,58; **: Altamente significativo; ns: No significativo.

Al evaluar en tres estadíos de madurez, en la Figura 9, se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan, donde la densidad anhidra en los culmos verdes (0,78 g/cm³) fue inferior estadísticamente a los valores obtenidos en las culmos maduras (0,83 g/cm³) y sobre maduras (0,86 g/cm³). A lo que Londoño (2002) manifiesta que el bambú cambia con el tiempo por lo cual esta propiedad física se ve influenciado en cada fase de desarrollo del culmo, de esta manera los estados de madurez es un factor determinante en las propiedades fisicomecánicas, por esta razón los resultados obtenidos muestran una gran variabilidad entre las cañas verdes, maduras y sobre maduras esto dado por el porcentaje de fibras contenidas en todo el culmo.

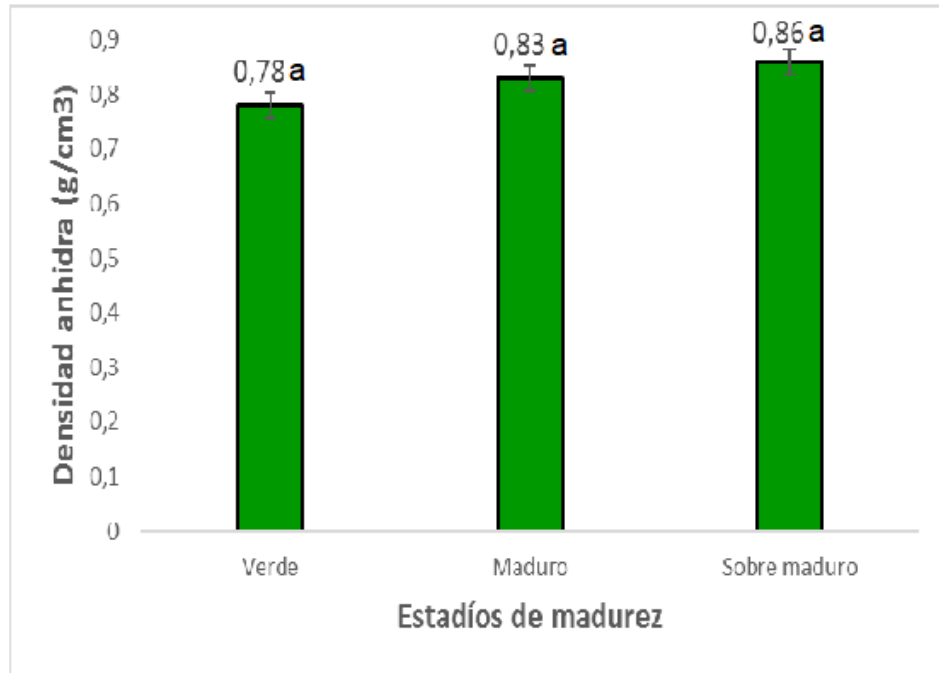


Figura 8. Prueba de Duncan para la densidad anhidra (g/cm^3) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez.

Al considerar los niveles de altura (base, medio y ápice) para la densidad anhidra, la Figura 10, muestra la prueba de comparación de medias de Duncan, donde no se registró diferencias estadísticas entre los niveles de altura; sin embargo, en el nivel de la base se obtuvo ($0,80 \text{ g}/\text{cm}^3$) siendo inferior numéricamente a los niveles de medio ($0,83 \text{ g}/\text{cm}^3$) y ápice ($0,84 \text{ g}/\text{cm}^3$). Valores semejantes obtuvo Calo (2018) al estudiar tres especies de bambú dentro de ellas el *Dendrocalamus asper*, $0,78 \text{ g}/\text{cm}^3$ en el ápice, $0,64 \text{ g}/\text{cm}^3$ en el medio y $0,71 \text{ g}/\text{cm}^3$ en la base; mientras, en los culmos de *Guadua angustifolia* Kunth, obtuvo mayor densidad seca en el ápice con $0,59 \text{ g}/\text{cm}^3$, seguido por la base con $0,56 \text{ g}/\text{cm}^3$ y medio con $0,57 \text{ g}/\text{cm}^3$; con respecto a la especie *Guadua verticillata*, los valores de densidad seco fue superior en la parte apical $0,55 \text{ g}/\text{cm}^3$, en el medio $0,44 \text{ g}/\text{cm}^3$, en la base $0,44 \text{ g}/\text{cm}^3$. Los valores de esta propiedad física pueden variar según la procedencia, edad del culmos, factores edáficos, etc.

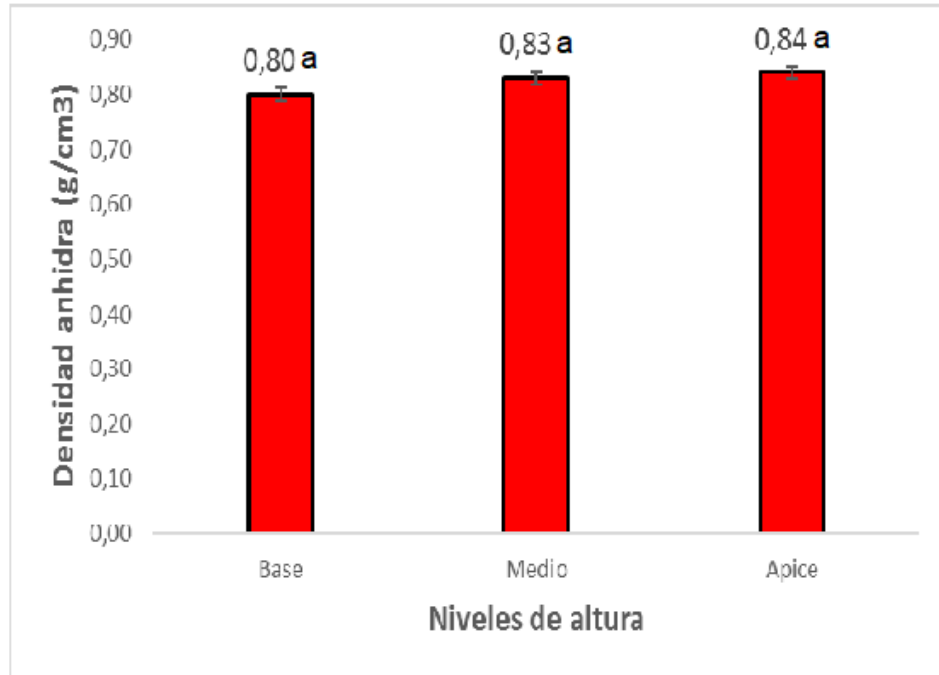


Figura 9. Prueba de Duncan para la densidad básica (g/cm^3) de culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

4.3. Contracción tangencial, radial y longitudinal de los culmos de *Dendrocalamus asper*, en tres estadios de madurez y niveles de altura.

4.3.1. Contracción tangencial

Al analizar el DBCA considerando los factores de estadios de madurez y niveles de altura, en la Tabla 9, se puede observar que solo se registró diferencias estadísticas para los estadios de madurez ($P=0,0001$) y niveles de altura ($P=0,0001$), habiendo diferencias estadísticas entre los niveles de forma independiente. El diseño presenta un coeficiente de determinación de 0,92 y un CV de 12,70%.

Tabla 5. Análisis de varianza de la contracción tangencial de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	11,60	2,90	1,52	0,2116 ^{ns}

Estadíos de madurez	2	145,53	72,77	38,90	0,0001**
Nivel	2	475,64	237,82	127,12	0,0001**
Estadíos de madurez*Nivel	4	14,27	3,57	1,91	0,1334 ^{ns}
Error	32	59,87	1,87		
Total	44	706,90			

C.V: 12,70; R2: 0,92; **: Altamente significativo; ns: No significativo.

En la Figura 17, se muestra la prueba de comparación de medias de Duncan al 95% sobre la contracción tangencial en los tres estadíos de madurez, donde se puede observar, que las probetas extraídas de los culmos verdes obtuvieron mayor contracción tangencial con 13,11% siendo superior estadísticamente a los culmos maduros 10,46% y culmos sobre maduros 8,74%, a esto da mayor énfasis Montoya y Prozco (2008) donde manifiestan que la contracción guarda relación con el contenido de humedad; asimismo, estos valores inician desde el momento del corte, ya que desde esta fase empieza a perder agua, este valor decrece con la edad y altura del culmos, lo cual guarda relación con la investigación, ya que las probetas extraídas de los culmos verdes tuvieron mayor contenido de humedad, por ende los valores de contracción son superiores que en los culmos maduros.

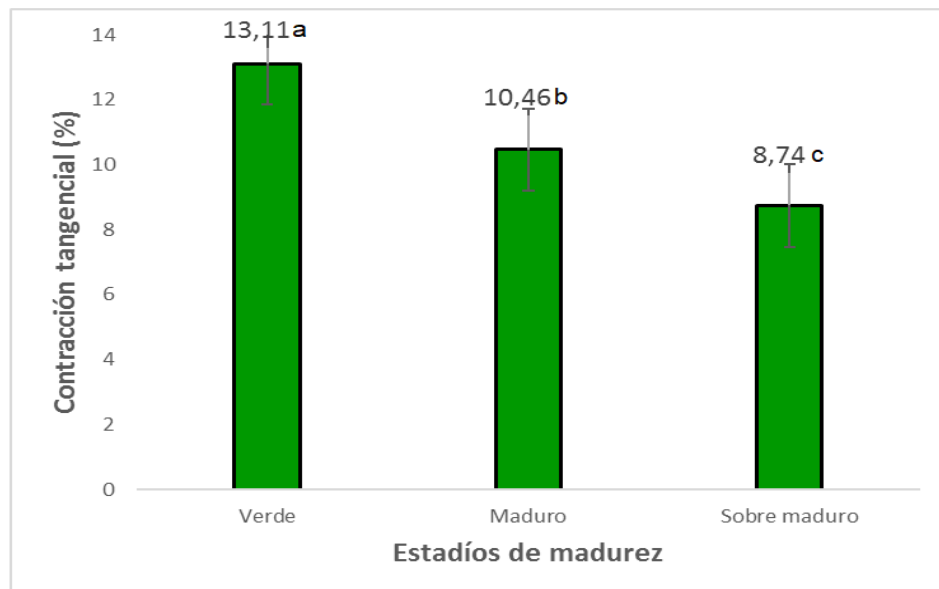


Figura 10. Prueba de Duncan para la contracción tangencial (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez.

Siendo de gran importancia, estudiar la contracción a lo largo del culmo, en la Figura 12, se muestra la prueba de Duncan para los niveles de altura de probetas de *Dendrocalamus asper*, donde se registró un mayor porcentaje en el nivel de la base

15,01%, lo cual resultó superior estadísticamente a los niveles del medio 10,20% y ápice 7,11%. Lo mismo ocurre a lo encontrado por Reátegui *et al* (2013) al evaluar las propiedades físicas de *Dendrocalamus asper*, los valores varían de la base hacia el ápice (17,46% - 3,24%); mientras, Castro (2016) determinó las propiedades físicas en *Guadua angustifolia* en Tingo María, donde encontró valores semejantes de contracción tangencial en el nivel base 16,82% en el nivel medio 15,01% y en nivel ápice 11,76%, este valor está íntimamente relacionado con el contenido de humedad, donde el nivel de la base obtiene porcentajes altos de contenido de humedad, debido a su estructura anatómica, ya que a mayor altura las cañas de bambú presentan mayor contenido de fibra y menos parénquima.

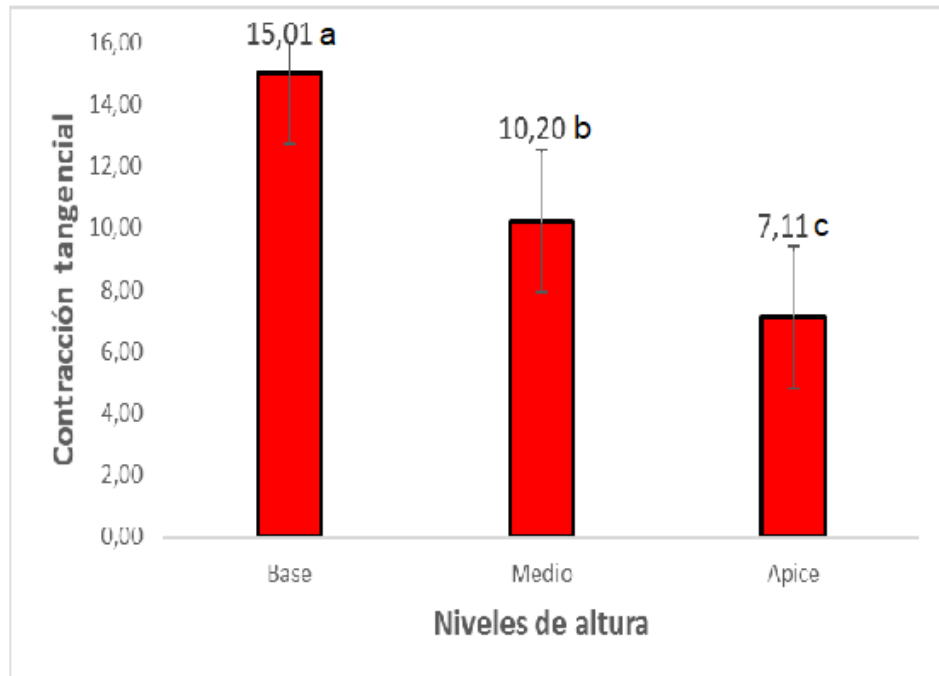


Figura 11. Prueba de Duncan para la contracción tangencial (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

4.3.2. Contracción radial

En la Tabla 10, se muestra el análisis de varianza para las probetas de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura, donde se registró diferencias estadísticas altamente significativas para los estadios de madurez ($P=0,0001$) y niveles de alturas ($P=0,0001$). El diseño presenta un coeficiente de variación de 7,31%.

Tabla 6. Análisis de varianza de la contracción radial de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	14,05	3,51	2,74	0,0455 *
Estadios de madurez	2	489,66	244,83	191,24	0,0001 **
Nivel	2	319,56	159,78	124,81	0,0001 **
Estadios de madurez*Nivel	4	5,50	1,37	1,07	0,3860 ^{ns}
Error	32	40,97	1,28		
Total	179	869,73			

C.V: 7,31; R2: 0,95; **: Altamente significativo; ns: No significativo; *: Significativo

Al haber diferencias estadísticas en los estadios de madurez, en la Figura 13, muestra la prueba de comparación de medias de Duncan al 95%, donde las probetas obtenidas de culmos verdes obtuvieron mayor contracción radial con 19,83%, siendo superior estadísticamente a las probetas obtenidas de los culmos maduros 14,74% y sobre maduros 11,84%. Por su parte Liesse y Köhl (2015) manifiestan que, la contracción en dirección radial es levemente mayor, esto puede atribuirse a que el bambú no contiene células orientadas radialmente como sí se presenta en la madera, lo que podría limitar la contracción en esa dirección y, por lo tanto, la inestabilidad dimensional ocurre principalmente en la dirección radial, según los resultados obtenidos en a la investigación los culmos verdes son más inestables, ya que obtuvieron mayor contracción radial.

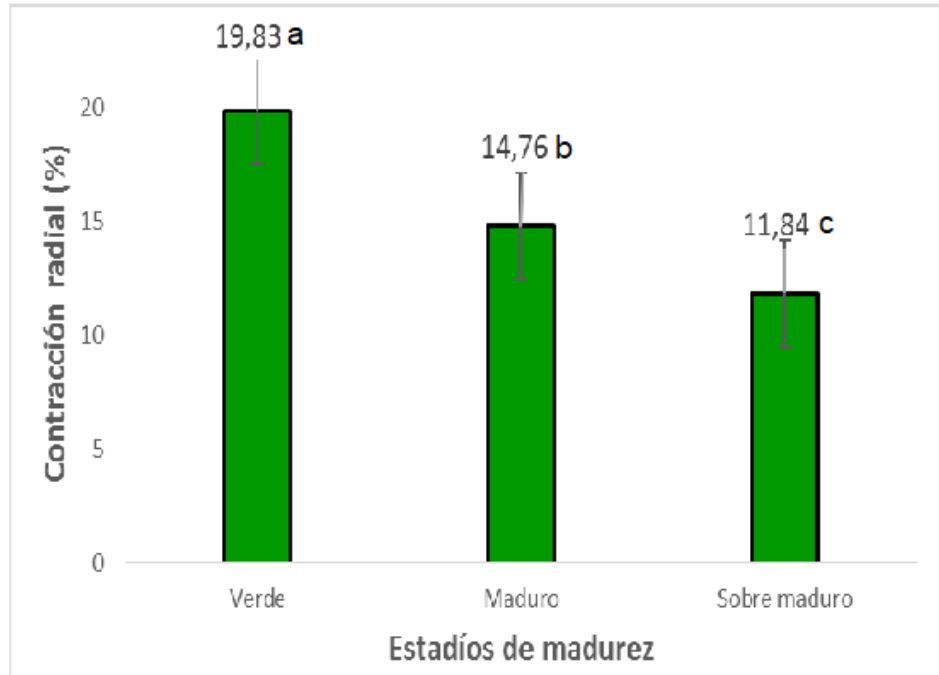


Figura 12. Prueba de Duncan para la contracción radial (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadíos de madurez.

Al estudiar la contracción radial de las probetas de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura, la Figura 14 muestra la prueba de Duncan al 95%, donde se puede observar que en el nivel de la base 18,63% se encontró mayor valor de esta propiedad, siendo superior estadísticamente a los niveles del medio 15,68% y ápice 12,11%. Esto se asemeja a lo obtenido por Reátegui *et al* (2013) al estudiar probetas de *Dendrocalamus asper* en tres niveles de altura, donde la contracción radial, se reportó valores de 16,52% disminuyendo hacia el ápice con 3,24%; sin embargo, Castro (2016) determino las propiedades físicas de *Guadua angustifolia*, encontrando valores altos de contracción radial, en el nivel base es de 30,43%, nivel medio 33,59%, y en nivel ápice 31.89%, con un promedio de 31,97%. Al analizar los resultados de la presente investigación se puede apreciar que en la parte superior del culmos (ápice) son más estables dimensionalmente, por tener valores inferiores de contracción radial, por presentar mayor porcentaje de fibras.

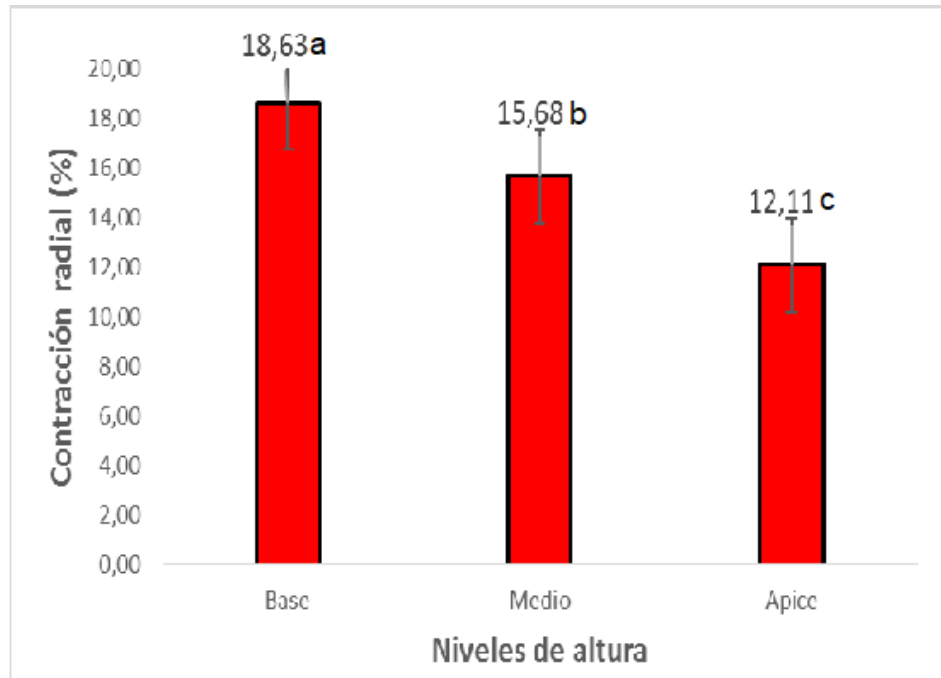


Figura 13. Prueba de Duncan para la contracción radial (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

4.3.3. Contracción longitudinal

En la Tabla 11, se muestra el análisis de varianza para la contracción radial en tres estadios de madurez (verde, maduro, sobre maduro) y tres niveles de altura (base, medio, ápice), donde se muestra diferencias significativas para los estadios de madurez ($P=0,0151$) y para los niveles de altura ($0,0022$), donde se deduce que algún nivel es diferente al otro con respecto a la variable evaluada, El diseño presenta un CV de 53,15%.

Tabla 7. Análisis de varianza de la contracción longitudinal de probetas de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez y niveles de altura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	p-valor
Matas	4	0,10	0,03	3,14	0,0276*
Estadios de madurez	2	0,08	0,04	4,79	0,0151*
Nivel	2	0,12	0,06	7,44	0,0022**
Estadios de madurez*Nivel	4	0,03	0,01	0,92	0,4663 ^{ns}
Error	32	0,26	0,01		
Total	179	5,58			

C.V: 53,15; R2: 0,56; **: Altamente significativo; ns: No significativo; *: Significativo

Al realizar la prueba de comparación de medias para la contracción longitudinal evaluada a tres estadios de madurez, en la Figura 15 se muestra que las probetas extraídas en los culmos verdes 0,22% tienen mayor contracción, siendo superior estadísticamente a las probetas extraídas en los culmos maduros 0,17% y sobre maduros 0,12%. Por eso Villanueva *et al* (2010) menciona que los culmos verdes, en este periodo no han desarrollado en su totalidad las propiedades físico mecánicas; además, en esta etapa el contenido de humedad supera el 100%, dependiendo del clima y las condiciones de sitio. Esto está ligado que los culmos aumentan en estadios maduro la cantidad de fibras, siendo importante en el momento de la contracción. Sin embargo, el tallo de un año de edad (inmaduro), tiene paredes celulares delgadas de fibras y parénquima, con el más bajo volumen de lignina. Durante los años siguientes, se ve que las fibras y las células de parénquima aumentan su espesor a través de la deposición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva.

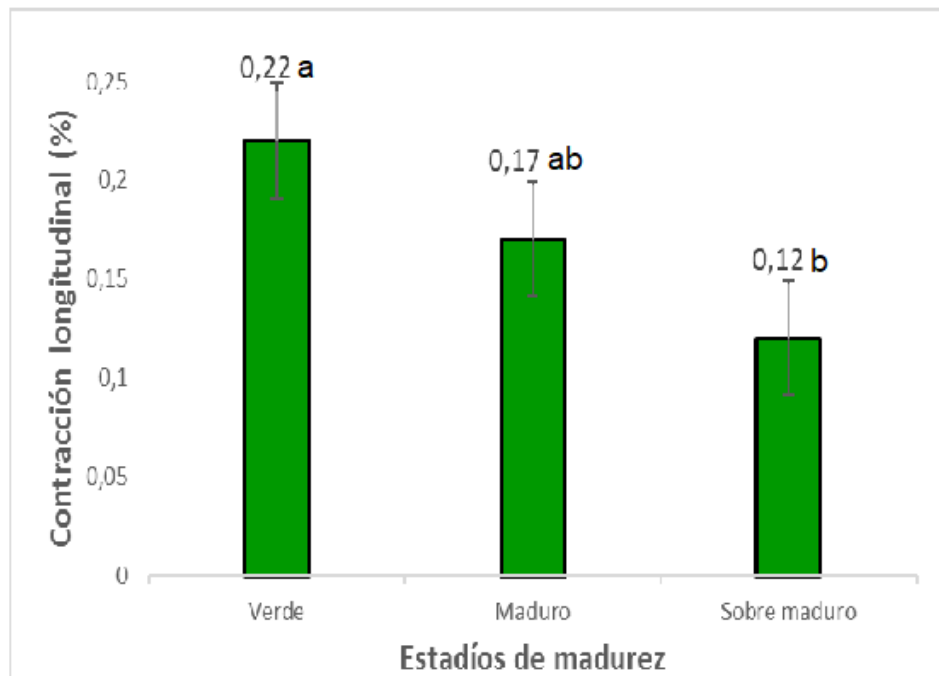


Figura 14. Prueba de Duncan para la contracción longitudinal (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en tres estadios de madurez.

En la Figura 16, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan, para la contracción longitudinal en niveles de altura estudiados, donde el nivel de la base (0,24%) fue superior estadísticamente a los niveles del medio 0,14% y ápice 0,12%. Por su parte Reátegui *et al* (2013) encontró valores similares que varía de 0,10 a 0,20%; mientras, Castro (2016) al evaluar las propiedades físicas de *Guadua angustifolia* donde los valores de contracción longitudinal en el nivel base es de 0,26 %, nivel medio 0,26%, y en nivel ápice 0,25%. Esto debido a que a mayor altura las cañas de bambú presentan más fibras y menos parénquimas, por lo cual autores coinciden que la contracción longitudinal es despreciable, en algunos casos no lo toman en cuenta.

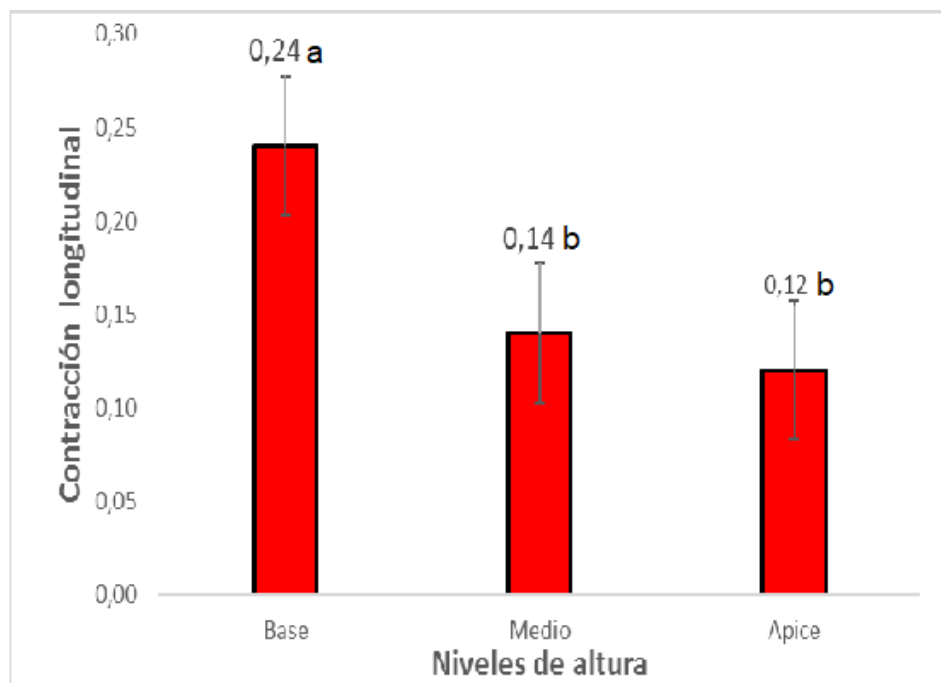


Figura 15. Prueba de Duncan para la contracción longitudinal (%) de culmos de *Dendrocalamus asper* en los niveles de altura.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad en los estadios de madurez fue: en culmos verdes fue 100,87%, en maduro 79,90%, y sobre maduro 69,15% y en los niveles de altura se registró para la base 97,88%, en el medio 81,03 y en el ápice 71,00%.
2. La densidad saturada en las probetas extraídas de los culmos verdes fue 1,15g/cm³ en culmos maduros 1,16 g/cm³ y sobre maduros fue 1,18 g/cm³; mientras que, en los niveles de altura fue 1,16 g/cm³ en la base, 1,17 g/cm³ en el medio y 1,16 g/cm³ en el ápice y. con respecto a la densidad básica se obtuvo valores de 0,58 g/cm³ en culmos verdes, 0,66 g/cm³ en maduros y 0,71 g/cm³ en culmos sobre maduros, y en los niveles de altura fue de 0,60 g/cm³ en la base, 0,65 g/cm³ medio y 0,70 g/cm³ en el ápice.
La densidad anhidra (g/cm³) en los estadios de madurez: fue 0,78 g/cm³ en verde; 0,83 g/cm³ en los culmos maduros y 0,86 g/cm³ en los culmos sobre maduros; sin embargo, en los niveles de altura fue 0,80 g/cm³ en la base, 0,83 g/cm³ en el medio y 0,84 g/cm³ en el ápice.
3. La contracción tangencial (%) en los estadios de madurez fue: 13,11% en los culmos verdes, 10,46% en culmos maduros y 8,74% en sobre maduros; mientras, en los niveles de altura fue, 15,01% en la base, 10,20% en el medio y 7,11% en el ápice.
La contracción radial (%) en los estadios de madurez fue: 19,83% en culmos verdes, 14,76% en culmos maduros y 11,84% en sobre maduros; mientras, en los niveles de altura fue de 18,63% en la base, 15,68% en el medio y 12,11% en el ápice.
La contracción longitudinal (%) evaluada en los tres estadios de madurez fue: de 0,22% en los culmos verdes, 0,17% en maduros y 0,12% en sobre maduros; mientras, que en los niveles de altura se obtuvo 0,24% en la base, 0,14% en el medio y 0,12% en el ápice.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Realizar estudios de características anatómicas, físicas y mecánicas, en estadíos de madurez de otras especies de bambúes, de esta manera generar información tecnológica, sobre el uso adecuado.

Se recomienda estudiar el comportamiento de estas especies en la industrialización.

Promover e incentivar a las autoridades proyectos de establecimiento de plantaciones de bambúes de uso estructural, con la finalidad de generar alternativas sobre los usos en las necesidades de la población.

Generar estudios sobre las propiedades tecnológicas de otras especies de bambúes, con el fin de garantizar el aprovechamiento adecuado que se le debe dar.

Promover el mejor uso de cada parte del culmo (base, medio, ápice) de *Dendrocalamus asper* y de otras especies de bambúes, con la finalidad de darle el uso esencial de cada parte, según los estudios de propiedades físicas, para no generar desperdicios de elementos que pueden ser más resistentes.

Realizar estudios de propiedades físicas en productos como laminado y pisos de bambú, para promover el desarrollo económico.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinsatan, R., Razal, R., Carandang, M., Peralta, E. (2018). Site influence on the morphological, physical and mechanical properties of giant bamboo (*Dendrocalamus asper*) in bukidnon province, Mindanao, Philippines. *Rev. Journal of Tropical Forest Science* 31(1): 99–107
- Campos, L. (2015). *Estudio de la estructura anatómica del culmo de Bambusa vulgaris var. vittata (Bambú), en tres niveles de altura y dos estadios de madurez, en el campus de la UNIA*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia] Repositorio UNIA.
<http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/81>
- Castrillón, B. M., Malaver, D. M. (2001). *Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la guadua*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia] Tesis no publicada.
- Calo, N. (2018). *Caracterización física y mecánica de tres especies de bambú aptas para la construcción en Guatemala*. [Tesis pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala] Repositorio USAC.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8629/>
- Carpio, P. A., Vásquez, S. A. (2016). *Características Físicas y Mecánicas del Bambú*. Trujillo, Perú.
- Castillo, C. A. (2015). *Ecuación alométricas para estimar biomasa, carbono aéreo almacenado y dióxido de carbono capturado en pino chuncho (Schizolobium arahyba (Vell.) S.F Blake)*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María] Tesis no publicada
- Castro, A. (2016). *Evaluación de las propiedades físicas del culmo de Guadua angustifolia Kunth., del fundo de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva,] Tesis no publicada
- Cobos, J., & León, X. (2007). *Propiedades físicas-mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II*. [Tesis pregrado, Escuela Politécnica del Ejército] Repositorio ESPE.

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/1562>

- Conesa, J. (2010). *Determinacion de los parámetros mecánicos del culmo del bambú especies Bambusa Vulgaris*. [Tesis pregrado, Universidad Central Martha Abreu de Las Villas] Repositorio UCLV.
<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/5999>.
- Correal, J; Arbeldez, j. (2010). Influence of age and height Position on Colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical Properties. *Rev. Maderas Ciencia y tecnologia*, 12(2):105-113.
- Cortes, J. (2009). *Evaluación de la influencia del tipo de pegante en el comportamiento mecánico de Guadua laminada prensada pegada*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia] Tesis no publicada.
- Cronquist, A. (1981). *Lista de las Clases, subClases, órdenes y familias de las angiospermas*. Colombia: Columbia University Press.
- Damiani, C. (2013). *Caracterización anatómica de las especies Bambusa vulgaris y Dendrocalamus asper provenientes de Oxapampa (Perú)*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina] Repositorio UNALM.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/823>
- Díaz, F. (2010). *El pequeño manual del bambú: Physis. Taller del Fénix*.
- Diver, S. (2001). *Bamboo, a multipurpose agroforestry crop. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas*.
- García, R. Y., Freire, S. M., Tejeda, M., & Reyes, M. (2007). Germinación in vitro de semillas de *Dendrocalamus strictus* (Rosb.) Nees. *Biotecnología Vegetal*, 7(1), 41-44.
- Ghavami, K. (2004). *El bambú como material estructural análisis de un caso práctico*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Gutiérrez, J. A. (2000). Structural adequacy of traditional bamboo housing in Latin America Technical Report No 19. International Network for Bamboo and Rattan. Beijing.

- Hernao, E., Rodriguez, J. (s.f). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estadios de madurez. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*.61 (1): 26-31.
- Hernández, S. (2019). Determinación de la madurez de *Guadua angustifolia* Kunth por propiedades físico-mecánicas. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma Chapingo] Repositorio institucional RC.
<http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/410>
- Hidalgo, O. (1974). *Bambú su cultivo y aplicaciones en: Fabricación de papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía*.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Agroamerica.
- Kumar, A., & Sastry, C. B. (1999). INBAR Red internacional del Bambú y el Ratán. Los productos forestales no madereros y la generación de ingresos. *Unasylva*, 50, 48-53.
- Liese, W., & Köhl, M. (2015). *Bamboo: The Plant and its Uses (Tropical Forestry)*. Cham: Springer International Publishing.
- Londoño, P. (2002). *Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo*. Catedra Maestria en Construccion.Maestría en Construcción Universidad Nacional de Colombia, Santa fe de Bogotá, Maderinsa.
- Londoño, X. (2001). *Estudio botánico, ecológico, silvicultura, económico e industrial de las Bambusoideaes de Colombia*. Colombia.
- Maya, J., Camargo, J., & Marino, O. (2017). Características de los Culmos de Guadua de acuerdo al sitio y su estadios de madurez. *Rev. Colombia Forestal*, 2(20), 171-180.
- Mendez, L. A., Solís, K. (2019). *Determinación de las propiedades físico-mecánicas del dendrocalamus asper y propuestas de viviendas no-convencionales para el grupo de Fuerzas Especiales N° 26 “Cenepa” y la empresa 3A Composites de la ciudad de Quevedo - Ecuador*. [Tesis pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas] Repositorio ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/21362>

- Ministerio de Agricultura (MINAG). (2008). *Programa para el Desarrollo de la Amazonia-Plan Nacional de Promoción del Bambú*. Lima, Perú.
- Montoya, A., & Prozco, C. (2008). *Fundamentos prácticos del Secado de Guadua – Bambú. Proyecto de la Energía Solar para el Secado Industrial de la Guadua Angustifolia*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Moran, J. (2006). *Documento: Preguntas frecuentes sobre el Bambú*.
- Nieto, F. (2008). *Estudio anatómico de los culmos de "bambú macho" (Guadua angustifolia Kunth) y "bambú hembra" (Bambusa vulgaris Schard. ex.J.C. Wendl) del distrito de Santa Cruz de Flores, Cañete*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La molina] Tesis no publicada.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5300. (2008). Cosecha y postcosecha de culmo de Guadua angustifolia Kunth. NTC 5300. Bogotá, Colombia.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5525. (2007). Métodos de ensayo para determinar las propiedades física y mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth. NTC 5525. Bogotá, Colombia.
- Ramanayake, D. (2006). Flowering in bamboo: an enigma. *Cey. J. Sci. (Bio. Sci.)*, 35(2), 95-105.
- Reátegui, R., Pecho, R., Lluncor, D., & Vergara, J. (2013). valuación de las propiedades físicas del Dendrocalamus asper (Schultes f.) Backer (Bambú) del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. *Rev. Forestal de Ucayali*, 1(8), 182-196.
- Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR). (2015). *Construir con Bambú. Manual de construcción*.
- Rodríguez, J., & Ruiz, M. (2016). *Manual de Construcción de obras civiles para viviendas unifamiliares ecológicas con el uso del bambú*. San Juan de Morros, Venezuela.
- Rodríguez, J., Camargo, J., & Suárez, J. (2010). Determinación en campo de la madurez de culmos de Guadua angustifolia en el Eje Cafetero de Colombia. *Rev. Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 100-106.

- Ruiz, L., & Arevalo, C. (2004). *Distribución y determinación de las especies de bambú nativo e introducido en el campus de la universidad nacional agraria de la selva*. Tingo María, Perú.
- Sapaico, E. L. (2018). *Análisis y diseño estructural de los elementos en Bambú de una edificación de la Municipalidad provincia de Satipo-2018*. [Tesis pregrado, Universidad Peruana Los Andes] Repositorio UPLA.
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/930>
- Sánchez, L. (2018). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la Guadua angustifolia kunth del municipio de Socorro, Santander – Colombia*. [Tesis postgrado, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio UNC
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69554>
- Soria, P., Poppens, R. (2004). *El manejo de guaduales naturales para la transformación y comercialización de latillas: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)*.
- Srivaro, S; Jakranod, W. (2016). Comparison of physical and mechanical properties of *Dendrocalamus asper* Backer specimens with and without nodes. *Rev. Springer*. 1-7
- Valdez, D. (2010). *Evaluación del crecimiento y desarrollo del Bambú Dendrocalamus asper en cuatro centros de investigación del ICTA*.
- Villanueva, F., Córdor, J., & Alca, A. (2014). Experiencias sobre la silvicultura y usos del bambú en Colombia. *Rev. Xilema*, 1(27), 1997-6496.
- Wenyue , H. (1987). El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. *Revista UNASYLVA*, 39(56), 42-49.

ANEXO



Figura 16. Observación de las matas de *Dendrocalamus asper*



Figura 17. Extracción de los culmos de *Dendrocalamus arper*



Figura 18. Evaluación de los culmos cortados



Figura 190. Seccionado de los culmos para los tres niveles



Figura 201. Obtención de probetas



Figura 22. Probetas codificadas



Figura 21. Evaluación de las dimensiones en las secciones tangencial, radial y longitudinal



Figura 22. Principio de Arquímedes



Figura 23. Probetas colocadas a la estufa



Figura 24. Probetas retiradas y puestas al desecador



Figura 25. Evaluación de las dimensiones después de la estufa



Figura 26. Principio de Arquímedes después de la estufa

Tabla 8. Promedios de contenido de humedad saturada (%) de *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	160.10	103.82	131.80	103.47	91.29
	Medio	128.34	82.60	106.52	101.34	76.16
	Ápice	118.60	67.54	92.17	90.40	58.93
Maduro	Base	84.09	74.72	70.59	107.38	113.08
	Medio	75.44	57.79	66.06	99.20	94.59
	Ápice	64.02	46.78	72.88	100.84	71.01
Sobre maduro	Base	83.13	53.96	93.59	99.72	97.51
	Medio	42.36	49.05	73.47	86.16	76.45
	Ápice	40.48	44.12	58.56	77.37	61.36

Tabla 9. Promedios de densidad saturada (g/cm^3) *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	1.11	1.16	1.16	1.16	1.17
	Medio	1.12	1.17	1.13	1.16	1.18
	Ápice	1.11	1.18	1.11	1.14	1.18
Maduro	Base	1.17	1.12	1.19	1.14	1.14
	Medio	1.18	1.21	1.16	1.13	1.16
	Ápice	1.18	1.22	1.17	1.09	1.15
Sobre maduro	Base	1.16	1.22	1.15	1.15	1.15
	Medio	1.23	1.20	1.18	1.15	1.16
	Ápice	1.23	1.19	1.19	1.14	1.16

Tabla 10. Promedios de densidad básica (%) para *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	0.43	0.57	0.50	0.57	0.61
	Medio	0.49	0.64	0.55	0.57	0.61
	Ápice	0.51	0.70	0.58	0.60	0.74
Maduro	Base	0.64	0.65	0.70	0.55	0.54
	Medio	0.67	0.77	0.70	0.57	0.60
	Ápice	0.72	0.83	0.68	0.55	0.68
Sobre maduro	Base	0.63	0.79	0.60	0.58	0.58
	Medio	0.86	0.81	0.68	0.62	0.66
	Ápice	0.90	0.83	0.75	0.64	0.72

Tabla 11. Promedios de densidad anhidra (g/cm^3) de *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	0.65	0.81	0.70	0.81	0.83
	Medio	0.71	0.84	0.73	0.78	0.85
	Ápice	0.69	0.87	0.74	0.78	0.85
Maduro	Base	0.82	0.87	0.87	0.78	0.79
	Medio	0.84	0.89	0.87	0.75	0.82
	Ápice	0.87	0.92	0.82	0.72	0.84
Sobre maduro	Base	0.82	0.88	0.81	0.77	0.80
	Medio	0.93	0.91	0.85	0.81	0.84
	Ápice	0.96	0.91	0.86	0.83	0.88

Tabla 12. Promedios de la contracción tangencial (%) de *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	18.45	19.35	18.65	17.43	17.92
	Medio	14.95	12.05	11.83	11.41	11.98
	Ápice	11.22	9.18	8.77	7.79	5.66
Maduro	Base	16.12	11.02	13.49	14.19	16.39
	Medio	11.45	7.22	10.55	10.00	10.68
	Ápice	7.61	4.94	7.59	8.08	7.59
Sobre maduro	Base	13.25	11.94	12.03	13.25	11.62
	Medio	6.23	8.34	8.25	9.26	8.73
	Ápice	4.82	5.64	5.60	6.04	6.05

Tabla 13. Promedios de la contracción radial (%) de *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	24.63	22.82	21.76	21.41	21.51
	Medio	21.50	20.45	18.70	21.46	18.52
	Ápice	18.11	17.71	16.31	16.81	15.68
Maduro	Base	18.62	17.36	17.09	18.92	18.84
	Medio	15.72	12.80	16.59	15.35	15.54
	Ápice	12.17	6.87	11.58	12.16	11.75
Sobre maduro	Base	15.,91	14.35	15.73	15.60	14.93
	Medio	11.42	10.78	12.47	12.02	11.85
	Ápice	8.36	8.22	8.55	8.55	8.88

Tabla 14. Contracción longitudinal (%) de *Dendrocalamus asper*

ESTADÍOS		BLOQUES				
DE	NIVEL	I	II	III	IV	V
MADUREZ						
Verde	Base	0.58	0.18	0.24	0.43	0.17
	Medio	0.21	0.12	0.15	0.27	0.14
	Ápice	0.13	0.08	0.10	0.35	0.15
Maduro	Base	0.48	0.40	0.12	0.11	0.17
	Medio	0.16	0.11	0.10	0.13	0.08
	Ápice	0.25	0.13	0.07	0.11	0.09
Sobre maduro	Base	0.17	0.21	0.10	0.12	0.13
	Medio	0.16	0.23	0.08	0.11	0.09
	Ápice	0.06	0.05	0.06	0.10	0.11