

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



**VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE
“SHALLUCHE” (*Miconia minutiflora* (Blonpl.) DC, MELASTOMATACEAE)
PROVENIENTES DEL CASERÍO DE MACORA, CHINCHAO-HUÁNUCO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

DENY PIMENTEL VILLAR

Tingo María - Perú

2021





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de Marzo del 2022 a hora 6:00 p. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE “SHALLUCHE” (*Miconia minutiflora* (Blonpl.) DC, MELASTOMATACEAE) PROVENIENTES DEL CASERÍO DE MACORA, CHINCHAO-HUÁNUCO”


Presentado por el Bachiller: **PIMENTEL VILLAR, Deny** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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


Tingo María, 22 de Marzo de 2022


Dra. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**
PRESIDENTE DEL JURADO


Ing. MSc. **RICARDO OCHOA CUYA**
MIEMBRO DEL JURADO


Ing. **JORGE L. VERGARA PALOMINO**
MIEMBRO DEL JURADO




Ing. MSc. **ROBERT L. PECHO DE LA CRUZ**
ASESOR DE LA TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE “SHALLUCHE” (*Miconia minutiflora* (Blonpl.) DC, MELASTOMATACEAE) PROVENIENTES DEL CASERÍO DE MACORA, CHINCHAO-HUÁNUCO

Ejecutor : PIMENTEL VILLAR, Deny

Asesor : 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 : Laboratorio de Anatomía de la UNAS

Duración : 6 meses

Financiamiento : 3.235,21

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Recursos Naturales Renovables

Título de tesis : Variabilidad de las propiedades físicas de la madera de “shalluche” (Miconia minutiflora (Blonpl.) dc, Melastomataceae) provenientes del caserío de Macora, Chinchao-Huánuco

Autor : Deny Pimentel Villar

Asesor : Ing. Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz

Programa de investigación : Química, física y anatomía

Líneas de investigación : Anatomía y física forestal

Ejes temáticos : Características organolépticas, macroscópicas y propiedades físicas de la madera y otros materiales lignocelulósicos

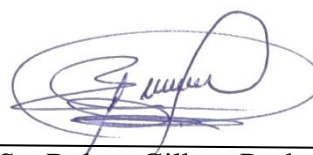
Lugar de ejecución : Laboratorio de Anatomía de la Madera

Duración : Fecha de inicio : agosto 2020
: Fecha de término : enero 2021

Financiamiento : Recursos propios: S/ 3 235, 21



Bach. Deny Pimentel Villar



Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz

DEDICATORIA

A Dios, por darme una familia unida, la oportunidad de concretar mis metas y seguir a pesar de los tropiezos que hay en la vida.

A mi padre, Zocimo Pimentel por las inolvidables tardes que pasamos juntos en casa conversando de cómo era los tiempos que viviste cuando tenías mi edad; a mi madre María Villar, por sus sabios consejos, su sensibilidad frente a los errores que cometí que al final eres el mayor reconocimiento que me ha dado Dios; a ustedes por haber forjado por la persona que soy hoy en día; muchas de las cosas que he logrado se las debo a ustedes, por ser el motor y aliento en los momentos difíciles. Este es un pequeño detalle por lo mucho que hicieron por mí.

A mi hermano Yerin, por enseñarme a dar los primeros pasos en mi niñez y el apoyo incondicional hasta hoy en día; a mi hermana Gisel, por recordarme a mamá en cuanto a su carácter, esfuerzo y cariño; en otras palabras, la vida que pasé junto a ustedes fue inefable.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por concederme la vida y la de mi familia en los tiempos muy difíciles que pasamos por diferentes sucesos ocurridos en la sociedad.

Al Ing. M.Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz, por su asesoría en la investigación.

Al Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por su tiempo durante la corrección del informe de tesis.

Al Ing. Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya, por su presencia como jurado durante el habilitado y toma de datos en el laboratorio.

Al señor, Mario Soza Shapiama como técnico de Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria forestal, por el habilitado de probetas.

Al Ing. Cleide Santos Flores, técnico del laboratorio de Anatomía de la Madera; por dar facilidad con los materiales y equipos necesarios durante la evaluación.

A mis hermanos Yerin y Gisel, por su ayuda incondicional en la toma de datos y habilitado.

A mis compañeras Elayne y Yuvis, por la toma de datos durante que duró la investigación.

“Tú conciencia sea el límite de tus actos”

ÍNDICE

| | Página. |
|---|---------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 14 |
| 2.1. Marco teórico | 14 |
| 2.1.1. Propiedades de la madera | 14 |
| 2.1.2. Variabilidad de las propiedades de la madera | 15 |
| 2.1.3. Propiedades físicas de la madera..... | 17 |
| 2.1.4. <i>Miconia minutiflora</i> | 23 |
| 2.2. Estado del arte | 24 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1. Lugar de ejecución | 30 |
| 3.2. Material y método | 30 |
| 3.2.1. Materiales y equipos..... | 30 |
| 3.2.2. Metodología..... | 31 |
| 3.2.3. Diseño de la investigación..... | 37 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 39 |
| 4.1. Contenido de humedad | 39 |
| 4.1.1. Contenido de humedad saturado | 39 |
| 4.1.2. Contenido de humedad seco al aire | 40 |
| 4.2. Densidad | 41 |
| 4.3. Contracción | 46 |
| 4.3.1. Contracción radial | 46 |
| 4.3.2. Contracción tangencial | 47 |
| 4.3.3. Contracción longitudinal | 48 |

| | |
|---|----|
| 4.3.4. Contracción volumétrica | 49 |
| 4.3.5. Relación tangencial/radial | 51 |
| V. CONCLUSIONES | 53 |
| VI. PROPUESTA A FUTURO | 54 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 55 |
| ANEXO | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Clasificación de la madera por su densidad básica según (Aróstegui, 1982)..... | 21 |
| 2. Clasificación según contracción volumétrica (Aróstegui <i>et al.</i> , sf)..... | 22 |
| 3. Estabilidad dimensional; relación T/R, según CITEMadera (2009)..... | 23 |
| 4. Esquema ANVA | 37 |
| 5. Contenido de humedad saturado en los 10 árboles de la especie <i>M. minutiflora</i> | 65 |
| 6. Contenido de humedad seca al aire de la especie <i>M. minutiflora</i> | 65 |
| 7. Densidad saturada de la especie de <i>M. minutiflora</i> | 65 |
| 8. Densidad anhidra de la especie de <i>M. minutiflora</i> | 66 |
| 9. Densidad básica de la especie <i>M. minutiflora</i> | 66 |
| 10. Contracción tangencial de la especie <i>M. minutiflora</i> | 66 |
| 11. Contracción radial de la especie <i>M. minutiflora</i> | 67 |
| 12. Contracción longitudinal de la especie <i>M. minutiflora</i> | 67 |
| 13. Contracción volumétrica de la especie <i>M. minutiflora</i> | 67 |
| 14. Relación tangencial radial de la especie <i>M. minutiflora</i> | 68 |
| 15. Pesos y contenido de humedad registrado en probetas de <i>M. minutiflora</i> | 68 |
| 16. Dimensiones y volumen en estado húmedo y anhidro de las probetas | 73 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| Imagen | Página |
|---|--------|
| 1. Esquema de obtención de tucos y las probetas del fuste del árbol | 33 |
| 2. Certificado de la identificación botánica | 78 |
| 3. Marcado del norte con pintura spray | 79 |
| 4. Tala de los árboles de <i>M. minutiflora</i> | 79 |
| 5. Medición de altura | 80 |
| 6. Obtención de tucos | 80 |
| 7. Codificación de los tucos..... | 81 |
| 8. Codificación de los tucos..... | 81 |
| 9. Habilitado con la garlopa..... | 82 |
| 10. Habilitado en sierra disco | 82 |
| 11. Habilitado en la cepilladora calibradora | 83 |
| 12. Verificación del jurado durante el habilitado | 83 |
| 13. Medición longitudinal con el vernier digital | 84 |
| 14. Medición del lado radial y tangencial con el micrómetro digital | 84 |
| 15. Medición del lado radial y tangencial con el micrómetro digital | 85 |
| 16. Pesado de probetas en estado de saturado a estado anhidro | 85 |
| 17. Probetas en el desecador por 15 minutos..... | 86 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| 1. Comparación de medias de la humedad saturada de la <i>M. minutiflora</i> | 39 |
| 2. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire de la madera de <i>M. minutiflora</i> | 41 |
| 3. Comparación de medias de la densidad saturada de la madera de <i>M. Minutiflora</i> | 42 |
| 4. Comparación de medias de la densidad básica en la madera de <i>M. minutiflora</i> | 44 |
| 5. Análisis de medias de la densidad anhidra de la madera de <i>M. minutiflora</i> | 45 |
| 6. Análisis de medias de la contracción radial en la madera de <i>M. minutiflora</i> | 46 |
| 7. Medias de comparación de la contracción tangencial en la madera de <i>M. minutiflora</i> | 48 |
| 8. Análisis de medias de la contracción longitudinal de la madera de <i>M. minutiflora</i> | 49 |
| 9. Análisis de medias de la contracción volumétrica de la madera de <i>M. minutiflora</i> | 50 |
| 10. Comparación de medias de la relación tangencial radial de la madera de <i>M. minutiflora</i> | 52 |

RESUMEN

El estudio de la madera de *Miconia minutiflora* provenientes del caserío de Macora distrito Chinchao, provincia y departamento Huánuco tuvo el objetivo de evaluar sus propiedades físicas (contenido de humedad, densidad y contracción), tomando como referencia las Normas Técnicas Peruanas (251.010.2014; 251.011.2014; 251.012.2015; 251.008.2016). Donde se hizo un censo de 104 individuos con diámetros menor a 30 cm del cual se taló 10 árboles al azar, seguidamente se obtuvieron tucos de 50 cm de los tres niveles, cada uno con su respectivo código de identificación (base, media y ápice) y llegando a obtener 4 probetas de espesor y ancho con 2,5 cm y 10 cm de longitud por cada nivel obteniendo un total de 120 probetas. Los resultados obtenidos en el contenido de humedad fueron de 100,24% para el estado saturado y 16,12% en seca al aire. Con respecto a las densidades en los diferentes estados se encontró lo siguiente: saturada con 1,14 g/cm³; una densidad básica media de 0,57 g/cm³; densidad anhidra de 0,65 g/cm³. En cuanto a las contracciones promedias fueron: longitudinal de 0,41%; radial de 4,11%; tangencial de 10,18%; volumétrica 12,11%; relación tangencial radial de 2,51. Por las propiedades mostradas la especie de *M. minutiflora* cumple con los usos en construcción, postes, encofrados, puntales de mina, carpintería, etc.

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación en el Perú es una situación que está poniendo en peligro los bosques naturales por la excesiva explotación de los árboles cuyas especies son de alto valor económico en el mercado, es decir, se hace un aprovechamiento selectivo; asimismo, nuestro país es megadiverso, donde existe una gran cantidad de especies, cada uno teniendo una particularidad en sus propiedades tecnológicas que pueden proporcionar el mismo o mejor uso final con respecto a los que se encuentra en el mercado.

Las propiedades físicas de una especie son indicadores de gran importancia para poder entender su comportamiento frente a los diversos medios en la cual cumpla satisfactoriamente el trabajo y su importancia radica por su capacidad de su desempeño durante el servicio, que, además, para su entendimiento de las propiedades físicas de una especie este muestra la posibilidad de usos en la sociedad (construcción, muebles, papel, etc.).

El desconocimiento de las propiedades físicas de una determinada especie es un vacío que ocasiona su potencial uso en la industria, construcción, además, hace que la especie no pueda ser competitiva en el mercado en cuanto a precio y sus propiedades físicas con otras de similares que se encuentran en el bosque.

En el distrito Chinchao los bosques tienen perturbaciones exógenas (cultivo y deforestación), sin embargo, en estos espacios deforestados, la *Miconia minutiflora* perteneciente a la familia melastomaceae es una de las especies pioneras en cubrir los claros del bosque, la cual es de rápido crecimiento. La población rural se beneficia de esta especie en construcciones, cercos, leña, entre otros. Este aprovechamiento es realizado desconociendo sus propiedades tecnológicas.

Por tanto, ante la carencia de datos de las propiedades tecnológicas de esta especie, surge la necesidad de realizar estudios de las propiedades físicas de dicha especie para lo cual se formuló la siguiente interrogante ¿cuál será la variabilidad de las propiedades físicas de la madera de *Miconia minutiflora* provenientes del caserío de Macora, Chinchao-Huánuco?

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas de dicha especie como el contenido de humedad, la densidad y la contracción contribuye a mejorar los usos de manera más eficiente, generando mayor valor agregado a dicha especie que, además, permite dar mayor trabajo a los pobladores de la zona, elevando el nivel socioeconómico y en aspecto medio

ambiental genera conciencia en la reposición del bosque con un aprovechamiento sostenible de los recursos forestales.

Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar la variabilidad de las propiedades físicas de la madera de *Miconia minutiflora* en el eje longitudinal, provenientes del caserío de Macora, Chinchao-Huánuco.

Objetivos específicos

Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire de la madera de *Miconia minutiflora* a lo largo del eje longitudinal.

Determinar las densidades: saturada, básica y anhidra de la madera de *Miconia minutiflora* a lo largo del eje longitudinal.

Determinar las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de la madera de *Miconia minutiflora* a lo largo del eje longitudinal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Propiedades de la madera

Higroscopicidad

La madera es un material higroscópico porque puede intercambiar masa de agua con el ambiente, tanto a nivel intermolecular, como entre su estructura anatómica. Esta particularidad se da efectivamente en dos puntos muy importantes en la madera, el cual está enmarcado desde un contenido de humedad anhidro, donde el peso de la madera es solo el elemento lignocelulósico, hasta el contenido de humedad semejante con el punto de saturación de la fibra que se encuentra alrededor de 28% y 32% con respecto al peso seco de la masa de la madera (Sotomayor *et al.*, 2010).

El comportamiento higroscópico de la madera está asociado con la capacidad de este material poroso, para generar intercambio de agua, en el intervalo que va desde el estado anhidro, es decir, cuando su contenido de humedad es igual a cero, hasta el estado saturado, que corresponde a la condición en la cual la pared celular está completamente embebida con agua, pero que el lumen y los espacios intercelulares no la contienen, este límite queda definida como el punto de saturación de la fibra. Cuando la madera tiene el uso final, este hecho de higroscopicidad se da por la humedad que contiene el medio ambiente que lo rodea (Sotomayor y Ramírez, 2013)

Anisotropía

Una de las propiedades fundamentales que diferencia a la madera de otros materiales es la anisotropía. Esta indica que tiene distintas características y comportamientos, físicos y mecánicos, en relación al sentido tangencial, radial o longitudinal de su fibra. Además, sus propiedades varían también, a diferentes alturas del árbol y en sentido transversal desde la médula hasta la corteza (Alvarez y Lerda, 2011; Rodríguez y Villasante, 1998).

La anisotropía, es una propiedad que sustenta la diferencia en el cambio de sus características físicas dependiendo de la dirección de medida, siendo estas direcciones u orientaciones radial, tangencial y longitudinal con respecto al plano leñoso (Sotomayor y Ramírez, 2013). En la madera las contracciones e hinchamientos se da a conocer en magnitudes totalmente diferentes en esas direcciones; siendo mayores en la dirección

tangencial que en la radial y esta, a su vez, mayor que la longitudinal y la contracción longitudinal en la madera es casi despreciable, por lo tanto, no se toma en cuenta (Córdoba, 2005).

La variabilidad diferencial en las direcciones radial y tangencial se debe a la pared celular de la madera que consiste en microfibrillas con alta resistencia a la tensión según su eje longitudinal y que cumple una función de soporte. Estas microfibrillas están sumergidas en una matriz amorfa, constituida esencialmente por lignina y hemicelulosas. Sí se aumenta o se retira masa de agua, las microfibrillas cambian muy poco a lo largo y poco lateralmente. Del mismo modo, la matriz tiende a cambiar sus dimensiones de manera casi proporcional en todas sus dimensiones, pero en una proporción mayor con respecto al de las microfibrillas. El refuerzo de las microfibrillas deforma la matriz y genera cambios a lo ancho, largo y en el espesor de la pared celular, generando de esta manera cambios insignificantes en la dirección al fuste, pero considerables cambios estructural laterales (Sotomayor *et al.*, 2010).

Adicionalmente el mismo autor señala que la mayoría de las células leñosas en la madera están ordenadas en sentido longitudinal al fuste de la madera, es decir, en la orientación axial del desarrollo del árbol. Por lo tanto y en base a las afirmaciones anteriores, la variación dimensional en las direcciones transversales de la madera es mucho mayor que el cambio dimensional en la dirección longitudinal. Y a nivel microscópico las variaciones dimensionales en las direcciones radial y tangencial está establecida por la variación del espesor de la pared celular y en las diferentes orientaciones de las capas celulares entre la madera temprana y tardía que forman una estructura del crecimiento de la madera. La madera temprana tiene células con paredes delgadas y un porcentaje relativamente menor de la capa S2 y que, además, los cambios en dimensión lateral son influenciados en su mayoría por el bajo ángulo de la orientación microfibrilar de la pared secundaria en las capas S1 y S3 (Sotomayor *et al.*, 2010).

2.1.2. Variabilidad de las propiedades de la madera

La madera es un organismo vivo constituido por carbono, oxígeno e hidrógeno. Está conformado por varios formas de células, en su mayoría son largas y ahusadas, con vacíos, de ahí su particularidad porosa y estas son las responsables de sus diferentes propiedades, las que varían según la dirección que se observe (CITEmadera, 2009, 2017b; Barra, 2016).

La madera es un material complejo y variable, que posee unas propiedades físico-mecánicas que se deben de tener en cuenta a la hora de trabajar con ella (Cáceres, 2016). Conocer estas variaciones permite realizar el uso adecuado de la pieza y para ello es necesario realizar estudios de la madera que sean representativos del valor del árbol (Igartúa y Monteoliva, 2009; Blanco *et al.*, 2014).

La madera con respecto a sus propiedades físicas y mecánicas presentan variaciones entre individuos semejantes especies y siendo mayor más en el mismo árbol. Por ejemplo, en una misma especie hay una gran variabilidad de acuerdo a la altura del fuste y estudiar estas propiedades permite comparar materiales, establecer resistencias y tensiones admisibles en su uso. (Suirezs y Berger, 2009; Perpiñan y Pietrarelly, 1992).

Una de las formas para darle un mayor y mejor uso a las maderas tropicales poco utilizadas, es generando información sobre sus características tecnológicas y las recomendaciones para su uso en base a dicha información (Centeno, 2017; Downs, 2000; Pazos, 1995; Bárcenas, 1995; Campos *et al.*, 1990). De esta manera, se podrá dar a conocer su calidad y a partir de esta, asignar una mejor utilización en la elaboración de diferentes productos, lo que podría llevar a su industrialización y a un aumento en su valor agregado (Díaz, 2005).

Conocer las propiedades de una determinada especie no resulta una tarea fácil ya que es un material extraordinariamente complejo y variable en su comportamiento, lo que es necesario efectuar muestreos muy grandes para considerar todos los posibles casos de variación. Es por ello que para un estudio tecnológico de una determinada especie puede durar un buen tiempo, no menos de tres o cuatro años (Fernández *et al.*, 2001).

Investigar y cuantificar los orígenes de variación de la madera resulta de vital importancia para la plantear los usos racionales del recurso, así como para el desarrollo de programas de mejoramiento forestal, esencialmente en especies de bosque nativo, donde hay variaciones debido a la genética, clima, origen, edad, sitio, entre otros, aumentando la heterogeneidad del material (Andrea *et al.*, 2015, Blanco *et al.*, 2014; Rivero y Moya, 2006). Por otro lado, las maderas de edad juvenil tienden a ser más variables en sus propiedades, teniendo una inestabilidad y mayor contracción longitudinal (Riesco y Rodríguez, 2010; Bhat *et al.*, 2001).

Dentro de una vivienda a base de madera se distinguen una variedad de materiales celulósicos con distintas propiedades, la primera se encuentra todo aquel material empleado con fines de resistencia, como techos, pisos elevados, columnas, entre otros, que forman la estructura de construcciones y la segunda tiene lugar los materiales usados para revestimientos, puertas, ventanas, muebles, que no están destinados a soportar pesos importantes, y de preferencia con una densidad básica de la madera debe ser mayor de $0,4 \text{ g/cm}^3$ para permitir a los clavos desarrollar sus cargas de trabajo, sin embargo, en las especies con mayor densidad se tienen problemas de clavado y labrado cuando se encuentra secas (Barreto y Arbaiza, 2011).

2.1.3. Propiedades físicas de la madera

Dentro del ambiente de las propiedades físicas de la madera, como la densidad, el contenido de humedad y los cambios estructurales esta influenciado por cambios en el contenido de humedad de la madera, son tenidos en cuenta como propiedades de relevancia para su aprovechamiento de la madera en diversas productos finales (Fuentes *et al.*, 2012).

2.1.3.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad está definido por la cantidad de agua y sustancias volátiles que pueden encontrarse en la madera, medida en porcentaje de peso anhidro en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (NTP, 2014).

La madera recién talada tiene un gran contenido de humedad por sus funciones vitales de transporte de la savia bruta y elaborada, variando este efecto según la época del año, procedencia y la especie que además, el agua en la madera, se encuentra de tres tipos según CITEmadera (2009); Suirezs y Berger (2009):

Agua libre. Se encuentra en los lúmenes celulares de la madera. Esto se pierde con facilidad por medio de la evaporación, una vez eliminada el agua de los lúmenes de la madera se encuentra en el punto de saturación de las fibras, que oscila un contenido de humedad con intervalo de 21 y 32%. Al extraerse no hay cambio alguno en sus dimensiones.

Agua de saturación, higroscópica o ligada. Localizado en la estructura celular, se requiere mayor calor para eliminarla. Su extracción genera cambios dimensionales, una vez que haya eliminado toda el agua del lumen comienza a perder la humedad o agua de

higroscópica, hasta llegar a un equilibrio con el ambiente que varía de 12 y 18% de humedad, variando según el sitio.

Agua de constitución. Localizada en las paredes celulares, para extraerla se tiene que quemar la madera. Al eliminar el agua se afecta las propiedades de la madera.

Cuando la madera pasa suficiente tiempo en un determinado lugar, llega un tiempo dado en que su humedad se estabiliza alcanzando un equilibrio con el ambiente denominado el “equilibrio higroscópico” que depende de la humedad relativa y de la temperatura del aire del ambiente que la rodea; en este punto, el paso de humedad entre la madera y el ambiente es mínimo; a consecuencia de ello, cualquier cambio dimensional es insignificante (CITEmadera, 2017).

El contenido de humedad de la madera es un factor imprescindible en el procesamiento y calidad de los productos maderables, influyendo directamente en la estabilidad dimensional y trabajabilidad de los mismos (CITEmadera, 2017).

Cuando un árbol está recién talado, la madera contiene bastante el líquido vital, que puede estar aproximadamente entre 35% y 200% en comparación con su peso, dependiendo de la especie de madera, las condiciones climáticas de la zona en donde se desarrolla, altura sobre el fuste, tipo de corte, entre otros factores (Tenorio, 2011). En conclusión se dice que las maderas de baja densidad, por tener más espacio poroso, conlleva a tener mayor cantidad de agua que las maderas de alta densidad, y por consecuentemente presentan un mayor contenido de humedad con respecto a su peso seco, además la humedad influencia en sus propiedades mecánicas (Moscoso *et al.*, 2013; De la Mata, 2011).

Según Roldan (2014) y Moscoso *et al.* (2013) afirman que una eliminación adecuada de la humedad permite tener una estabilidad de las medidas de una pieza, aumentando su resistencia mecánica y biológica. Por otro lado, Encinas y Briceño (2010) describen que mejora sus propiedades de aislante térmico, acústico, eléctrico como también, genera un mejor valor en el mercado concediéndolo una introducción a la venta de especies maderables menos conocidas.

2.1.3.2. Densidad

La densidad es la división entre el peso y el volumen de una madera. Como tanto el peso y el volumen de la madera se ven influenciados por la cantidad de agua en su interior, al

mencionar de densidad se debe comprender a que porcentaje humedad está hecha la medida (Vignote y Martínez, 2006; Barra, 2016).

La densidad es un indicador de suma importancia en la eliminación de la humedad, cuan más densidad tenga una madera, más masa de agua hay que extrae y por ende el secado tiende a demorar más tiempo. Existen especies que son excepción a esta generalidad como con el estoraque y el Huayruro, que son especies con alta densidad, pero tienen un buen comportamiento al secado que especies menos densas como el Ishpingo, Nogal (Ugarte y Stoffler, 2017).

La densidad es muy útil que además de darnos nociones de qué tan compacta es una madera, también a través de unos cálculos muy fáciles nos permite estimar el peso de una troza de madera (Ugarte y Stoffler, 2017).

La densidad simplifica la calidad de la madera porque está estrechamente relacionada con sus propiedades físicas y mecánicas y por ende es un indicador a tomar en cuenta para su industrialización. Se puede estimar sus propiedades frente a los distintos esfuerzos a partir de su densidad (Böthig, 2003).

Pereyra y Gelid (2003) observaron que la densidad de la madera aumenta con la edad, independientemente de la procedencia o región y que depende casi exclusivamente de la proporción de leño tardío.

La densidad indirectamente proporciona argumentos de las propiedades mecánicas puesto que está relacionado directamente. La resistencia esta influenciado por varios tipos de propiedades diferentes; una madera de alta resistente en una propiedad no tiene el mismo comportamiento en otros. Además, la resistencia depende de la humedad que tiene la madera y de la dirección en la que esté aserrada teniendo en cuenta la dirección de su eje. La madera siempre es muy resistente cuando se corta en la dirección del grano, es decir cortes radiales (Barreto y Arbaiza, 2011).

Densidad saturada

La densidad saturada es la relación de masa del árbol recién apeado en relación del volumen en su mismo estado (Ávila y Herrera, 2012).

Densidad anhidra

Es el coeficiente de la masa y el volumen después de que las muestras obtengan un peso constante en el horno a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Pérez *et al.*, 2011).

2.1.3.3. Densidad básica

La densidad básica es la propiedad física más común cuando hablamos de las maderas del Perú, siendo un dato que están registrados casi siempre cuando buscamos información sobre investigaciones de las mismas (Ugarte y Stoffler, 2017). La densidad básica es una propiedad fácil de calcular y que tiene una estrecha relación con la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, variando entre árboles y aún más dentro del mismo, ya sea en dirección del radio, como también en la altura del fuste (González, 2018). Determinar qué factores influyen sobre ésta y cómo varía dentro del árbol es de gran interés para lograr un mayor y mejor uso de la madera como materia prima (Von *et al.*, 2007). La densidad básica es una propiedad que indica que tan “dura” o “compacta” es una madera, lo cual está relacionado a la facilidad que puede presentar en la eliminación de la humedad (CITEMadera, 2017a).

La densidad básica de la madera es una característica hereditaria, que también es afectada por prácticas silvícolas (Bárceñas *et al.*, 2005). Además, la densidad básica tiene que ver con el incremento del espesor de la pared celular, que al aumentar la misma genera contracciones altas (Goche *et al.*, 2000). Cobas *et al.* (2014) hace mención que la densidad básica en maderas juveniles se mantiene constante en el árbol y Winck *et al.* (2012) menciona que el leño juvenil tiene baja densidad básica y un gran ángulo microfibrilar, lo cual influye negativamente en las propiedades tecnológicas de la madera. Arango *et al.* (2001) y Salazar (2016) afirman que esta variación dentro y entre individuos depende de factores como la edad, el sitio y los tratamientos silviculturales (densidad de plantación).

La densidad básica en la madera puede variar de 0,12 hasta $1,2 \text{ g/cm}^3$ correspondientes a una porosidad que varía de 92% hasta 18%, esto se debe a que todas las células desarrollan una pared secundaria con un grosor que varía según la función asignada, de los cuales las fibras que están para soporte y las tráqueas son de transporte (Vittoria, 2010).

En la **Tabla 1** se observa según lo que propuso Aróstegui (1982) la clasificación de la madera por su densidad básica y en específico las maderas del Grupo III están calificadas por

su buen acabado en el trabajo con los equipos de carpintería, en cuanto a su contracción, resistencia mecánica y durabilidad. De acuerdo a esta caracterización, estas maderas tienen posibilidades de uso en la industria de la construcción: como encofrados, revestimientos, estructuras con uniones de clavos y pernos, como también en carpintería de obra (puertas y ventanas).

Tabla 1. Clasificación de la madera por su densidad básica según (Aróstegui, 1982)

| Grupo | Rango | Clasificación |
|-------|----------------------------------|---------------|
| I | Menos de 0,30 g/cm ³ | Muy baja |
| II | De 0,30 a 0,40 g/cm ³ | Baja |
| III | De 0,41 a 0,60 g/cm ³ | Media |
| IV | De 0,61 a 0,75 g/cm ³ | Alta |
| V | Mayor de 0,75 g/cm ³ | Muy alta |

Fuente: Aróstegui (1982).

2.1.3.4. Cambio dimensional (contracción e hinchamiento)

El cambio dimensional es la variabilidad del volumen de una pieza de madera, es decir, del material leñoso sólido, que puede dar a conocer con el hecho de que la adición de una cantidad de agua o de otro líquido polar a la pared celular ocasiona que las microfibrillas se extiendan en proporción a la cantidad de líquido que se adiciona. Este fenómeno tiene lugar hasta que la madera alcanza el punto de saturación de la fibra (Sotomayor *et al.*, 2010).

El cambio dimensional en la madera está dado por la contracción e hinchamiento, siendo el primero la disminución que sufre la madera por debajo del punto saturación de las fibras hasta el estado anhidro, además, esto se da a conocer como porcentaje de su medida que tenía la madera en estado verde. El segundo fenómeno ocurre hasta el punto de saturación de las fibras y se expresa en porcentaje de la medida anhidra. El valor de estos cambios da a conocer cómo se comporta la madera frente al incremento o disminución de humedad que se puede observar durante el secado (Hernández y Pinilla, 1999; Cobas y Monteoliva, 2018). Por otro lado, estas variaciones está directamente relacionado con la diferencia de humedad (Juella, 2015).

Este cambio se explica cuando el agua se encuentra entre los elementos leñosos que componen la pared celular (fibrillas elementales, microfibrillas, etc) distanciándolos o

uniéndolos, según si la cantidad aumente o disminuya (Rodríguez y Villasante, 1998), y se asocia a defectos como deformaciones y grietas (Igartúa *et al.*, 2009).

La variabilidad dimensional que se da en la madera no solo está relacionada con la cantidad de agua que hay en la madera, también está considerada la cantidad de gomas, resinas, etc. en la pared celular. En general, la contracción y el hinchamiento de la madera aumentan proporcionalmente con su densidad (Sotomayor *et al.*, 2010).

La contracción tangencial es un indicador de la cantidad de microfibrillas celulósicas cuya orientación es paralela al fuste del árbol que no está influenciada por la presencia de los radios leñosos y que debido a esta orientación contribuyen en gran parte el comportamiento físico de la madera (Bárceñas *et al.*, 2005).

La contracción longitudinal es mínima, lo cual no excede del 0,8%; siendo mayor de 1 a 7,8%, en dirección los radios, y aun más de 5 a 11,5% perpendicular a los radios. La contracción se refleja más en la albura en comparación con en el duramen (Cruz, 2011). Sin embargo, esto puede ser mayor en presencia de madera juvenil (Glass y Zelinka, 2021). Esto se debe a gran parte por el ángulo fibrilar, tamaño de las células y contenido de celulosa (Panshin y De Zeew citado por Goche *et al.*, 2000).

Aróstegui *et al.* (sf) hace una clasificación de la contracción volumétrica de la madera desde el estado saturado hasta anhidro o seco al horno observable en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Clasificación según contracción volumétrica (Aróstegui *et al.*, sf).

| Grupo | Rango | Clasificación |
|-------|--------------|---------------|
| 1 | Menos de 9 | Muy baja |
| 2 | De 9,1 a 11 | Baja |
| 3 | De 11,1 a 13 | Media |
| 4 | De 13,1 a 15 | Alta |
| 5 | Más de 15,1 | Muy alta |

Fuente: Aróstegui *et al.*, (sf)

Estabilidad dimensional

La estabilidad dimensional de la madera no es más que la relación entre la contracción tangencial y radial como también conocido relación T/R (CITEMadera, 2009).

La relación de la contracción de las secciones tangenciales y radiales, que viene a ser índice del comportamiento de la madera frente al secado, si esta relación resulta ser mayor su comportamiento está ligado con defectos (grietas, rajaduras y deformaciones) que ,además, maderas de baja contracción volumétrica y relación tangencial radial sea bajo, muy cercanos a la unidad, tienden a tener buena estabilidad en cuanto a sus cambios dimensionales que además su comportamiento frente al secado es bueno, sin defectos (Muñoz y Moreno, 2013; Baluarte y Arrostequi, 1991). Además, Serrano (2005) y Mendoza (2009) mencionan que la madera juvenil es propensa a sufrir mayores problemas de estabilidad dimensional y rajaduras que la madera adulta. Por otro lado, CITEmadera (2009) propone una clasificación de la madera por su estabilidad (T/R) que se puede observar en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Estabilidad dimensional; relación T/R, según CITEmadera (2009).

| Nivel de estabilidad | Rango |
|----------------------|----------------|
| Muy estable | Menor de 1,50 |
| Estable | De 1,50 a 2,50 |
| Inestable | De 2,51 a 3,00 |
| Muy inestable | Mayor a 3,00 |

Fuente: CITEmadera (2009).

2.1.4. *Miconia minutiflora*

Descripción taxonómica de *M. minutiflora* por Herbario JBB (2021).

| | |
|--------------------|-----------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Tracheophyta |
| Superclase: | Angiospermae |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Myrtales |
| Familia: | Melastomataceae |
| Género: | Miconia |
| Especie: | Minutiflora |

Autor de la especie: (Bonpl) DC.

Esta especie se encuentra 5 a 2500 m.s.n.m., registrándose en Belice, Bolivia, Brasil Norte, Brasil Noreste, Brasil Sudeste, Brasil Centro-Oeste, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guayana Francesa, Guatemala, Honduras, Sudeste de México, Nicaragua, Panamá, Perú, Sudoeste de México, Centro de México, Golfo de México, Surinam, Trinidad-Tobago, Venezuela, Antillas Venezolanas.

2.2. Estado del arte

En *Pterygota amazónica* LO Williams ex Dorr (paujil ruro), Dávila (2020) muestra que a nivel estadístico en el contenido de humedad (saturada y seca al aire), contracción radial y la relación tangencial radial de la madera en sus tres niveles del fuste no existe diferencias significativas, sin embargo en la densidad saturada, al equilibrio con el ambiente, anhidra, básica y contracciones tangencial, longitudinal y volumétrica, si existen diferencias significativas. Asimismo, la tendencia del contenido de humedad saturada y seca al aire son inversamente proporcional a los niveles longitudinales de la madera en estudiada, esto quiere decir que hay mayor humedad saturada en el ápice a consecuencia que las células en ese nivel son juveniles y retienen mayor cantidad de fluido, y cuando está en equilibrio con el ambiente, el ápice presenta menor porcentaje de humedad posiblemente por el recorrido tangencial que es corto y la densidad saturada, al equilibrio con el ambiente, seca al horno y básica tiende a disminuir con la altura sucediendo lo mismo con la contracción radial, longitudinal, volumétrica y la relación tangencial radial, sin embargo la contracción tangencial presenta una tendencia irregular siendo mayor en el nivel medio y menor en el ápice.

En estudios de variabilidad de las propiedades físicas de *Araucaria angustifolia* de una edad de 6 años de una plantación forestal en Oxapampa, Romero (2019) determinó una densidad básica y contracción volumétrica con tendencia de disminuir con respecto a la altura del fuste. Y Omonte *et al.* (2019) en árboles de *Eucalyptus nitens* con dimensiones aserrables registró una variabilidad del contenido de humedad con tendencia de incrementar en los primeros niveles del fuste que luego disminuyó, que además, la densidad básica tiende a incrementar con la altura.

Díaz *et al.* (2019) en una investigación de propiedades físicas de *Miconia amazónica* del distrito de San Gabán, provincia de Carabaya, departamento de Puno registraron un contenido de humedad media final de la especie de 106,04% (mínimo de 92,79% y máximo de 119,28%); densidad básica media fue de 0,57 g/cm³, un mínimo de 0,52 g/cm³ y un máximo de 0,60 g/cm³; la contracción longitudinal promedio de la especie fue 0,90 % (máximo de 1,36% y mínimo de 0,16%); la contracción radial promedio fue 8,45% (mínimo de 5,35% y 11,96% máximo); la contracción tangencial media fue 9,46% (mínimo de 4,22% y 12,46 máximo); la contracción volumétrica media fue de 12,73% (mínimo de 8,795 y 19,35% máximo), clasificado como contracción media y la relación T/R = 1,12% (madera muy estable).

Por otro lado Salinas (2019) en una investigación sobre caracterización anatómica en la colonia Simón Bolívar, provincia de Pataza en la madera de cinco especies forestales del Pastaza registró una densidad al equilibrio con el ambiente de 0,613 g/cm³ en *Miconia rivaldis* Wurdack.

Alarcón (2019) en una investigación que tuvo lugar en el campus de Ingeniería Agropecuaria en la hacienda El Prado, Ecuador registró en *Miconia crocea* y *Miconia papillosa* densidades básicas de 0,60 g/cm³ y 0,49 g/cm³. Por otro lado, Díaz (2020) en un estudio desarrollado en el corregimiento de Dapa, municipio de Yumbo, en *Miconia caudata* registró una densidad básica de 0,62 g/cm³ y Centeno (2003) para determinar la biomasa aérea en *Miconia barbeyana* "Paliperro" en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva encontró una densidad básica de 0,56 g/cm³.

Zelada (2018) en un bosque húmedo tropical en Huánuco realizó investigación sobre área foliar y densidad básica de las ramas de especies arbóreas en diferentes altitudes registrando en *Miconia elongata* una densidad básica de 0,51 g/cm³, mientras que Guerrero (2007) en *Miconia barbeyana* describe una densidad básica de 0,5372 g/cm³.

Maza *et al.*, (2014) en su investigación ubicada en los cantones Zamora y Centinela del Cóndor, provincia de Zamora con madera proveniente de bosques secundarios con edades 10 y 15 años, registraron en *Miconia glaberrima* un incremento de la densidad básica de 0,64 g/cm³ (10 años) a 0,67 g/cm³ (15 años); con respecto la estabilidad T/R obtuvo 1,98 (10 años) y 1,88 (15 años); contracción tangencial de 4,5% (10 años) y 6% (15 años).

Carlos (2013) en su investigación de *Miconia barbeyana* determinó que el contenido de humedad que varía desde 73,08%; 85,02% y 91,69% respectivamente y que, además, tuvo una tendencia de aumento desde el nivel de la base del fuste hacia la parte apical sin mostrar diferencia estadística significativa. La contracción radial y tangencial fue similar al comportamiento de la humedad incrementando respecto a la altura del fuste.

Álvarez *et al.*, (2013) en su estudio sobre la densidad básica en *Miconia spicellata* registró una densidad básica de 0,644 g/cm³, por otro lado, Woodcock (2000) en un estudio en el sur de la Amazonía peruana en *Miconia calvescens* registró una densidad básica de 0,40 g/cm³ y mostrando una gran variabilidad en la densidad básica entre los árboles de un solo sitio.

Puchaicela (2013) en su estudio en bosques secundarios de cinco especies maderables de 10 y 15 años sobre las características anatómicas y propiedades físico mecánicas del cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, registró para la especie *Miconia glaberrima* lo siguiente: densidad saturada que disminuye de 1,11 g/cm³ (10 años), 0,97 g/cm³ (15 años); densidad anhidra incrementa de 0,77 g/cm³ (10 años), 0,88 g/cm³ (15 años), y la densidad básica incrementa su valor de 0,66 g/cm³ (10 años) a 0,83 g/cm³ (15 años), en cuanto al cambio dimensional la contracción tangencial incrementa de 3,56% (10 años) a 5,83% (15 años), la contracción radial incrementa de 1,37% (10 años) a 3,17% (15 años), la contracción volumétrica tiende a aumentar de 4,97% (10 años) a 9,36% (15 años) y la relación T/R disminuye de 3,09 (10 años) a 1,98 (15 años).

Según Casas (2013) en su investigación registró una densidad básica en *Miconia sp* de 0,645 g/cm³. Además, hace mención que la variación en la densidad está asociada la interacción de varios factores como: disponibilidad de nutrientes en los suelos, a posibles existencias y duración de periodos de inundación, composición florística, estado de madurez de los bosques y factores genéticos.

En un trabajo de investigación en Rifari (*Miconia af. Dolychorrhyncha* Naudin) Salvador y Saavedra (2007) registró una densidad básica media de 0,55 g/cm³; un valor máximo en el nivel de la base con 0,57 g/cm³, y mínimo en el nivel medio con 0,54 g/cm³; con un coeficiente de variación de 2,8%, de acuerdo a estos resultados presenta bondades como para ser usados en carpintería de obra, tales como marcos de puertas y ventanas, forro de cielo raso, paredes, molduras de barandas y pasamanos, tapa marcos, rodones, zócalos y

contra zócalos. Asimismo, la contracción volumétrica con una media de 14,60%, teniendo mayor valor en el nivel del ápice con 16,84%; con un valor mínimo en el nivel medio (13,13%) ligeramente menor que la base, un coeficiente de variación de 13,5%; por lo tanto, las trozas en el patio por lo general presentan grietas de tamaño medio y para su conservación debe hacerse mediante rociado de agua, hasta su transformación siguiente y su utilización debe ser como madera rolliza (postes, puntales de mina). Finalmente, el índice de estabilidad que es contracción tangencial radial con una media de 1,77 (primer, segundo y tercer nivel, presentan 1,7; 1,6 y 2); coeficiente de variación de 11,8%; según lo expresado la madera tiene buen comportamiento, en consecuencia, la madera puede ser muy bien utilizada en trabajos de carpintería y ebanistería.

Según Romani citado por Aliaga (2007) en la investigación titulada determinación de pH y capacidad buffer en base, media y ápice de altura del fuste la especie *Miconia barbeyana* Cogniaux (paliperro) muestra los siguientes datos relacionados a densidad básica de un valor promedio de 0,537 g/cm³ y un rango de 0,506 g/cm³ a 0,554 g/cm³; contracción volumétrica con un promedio de 12,069% y un rango de 11,54% a 12,96%; contracción radial con un promedio de 5,799%, con un rango de 5,536% a 6,265%; contracción tangencial con un promedio de 10,42%, con un rango de 10,08% a 11% .

Ganzhi (2006) en un estudio anatómico en la estación científica de San Francisco de las especies arbóreas registró en la especie *Miconia quadripora* Wurdack un valor en la densidad saturada de 0,65 g/cm³; densidad anhidra de 0,47 g/cm³, una densidad básica de 0,44 g/cm³ y un contenido de humedad de 45,78%. Para dicha especie en cuanto a los usos posibles son: encofrados, construcción y leña (Gutiérrez y Romo, 2016).

Según Vásquez (2006) en estudios de *Miconia barbeyana* cogniaux (paliperro) a la acción del hongo *Ganoderma* con respecto a la durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal *applanatum* registró una densidad básica con respecto a los niveles de altura, obteniendo en el nivel base un valor de 0,49 g/cm³, nivel medio un valor de 0,51 g/cm³ y ápice un valor de 0,53 g/cm³, de otro lado, García (2008) en la misma especie registró la densidad básica con una variación de 0,43 g/cm³ a 0,45 g/cm³ y un contenido de humedad seca al ambiente con una variación de 17,662% a 14,646%.

PromPerú (2004) en su investigación de la especie de Huimba *Ceiba samauma* (Mart.) se registraron las siguientes propiedades físicas como la densidad básica de 0,56 g/cm³,

contracción tangencial de 7,5%, contracción radial de 4,20%, contracción volumétrica de 10,40% y una relación tangencial radial de 1,60 (estable); con usos en armaduras, viguetas, columnas, mueblería, cajas de embalaje, pulpa papel, tableros y laminados. Del mismo modo en Mashonaste *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav, con propiedades de densidad básica de 0,56 gr/cm³, contracción tangencial de 6,30%, contracción radial de 3%, contracción volumétrica de 9,40%, relación tangencial radial de 2,10 (inestable) y presencia de sílice con posibilidad de uso en vigas, columnas, pisos, durmientes, carpintería de interiores, carrocerías, mobiliarios y parihuelas.

Chumbimune (2017) en su investigación de propiedades físicas en Ulcumano *Retrophyllum rospigliosii* de 32 años determino un contenido humedad saturada de 120,36%; en contenido seco al aire con 14,86% en ambos casos con una tendencia irregular siendo mayor en el nivel medio; en cuestión de la densidad anhidra con 0,38 g/cm³, siendo mayor en el nivel medio; en la densidad básica con 0,35 g/cm³, con una tendencia de aumentar con la altura y se mantiene constante en el nivel medio y ápice. Por otro lado, con respecto a la contracción volumétrica de 9,01%, en la contracción tangencial de 5,98% siendo en ambos mayores en el nivel medio con tendencia irregular; en la contracción radial con 2,91% siendo mayor en la base, pero menor el nivel medio y ápice casi constantes; en la contracción longitudinal con 0,32% mostrando ser mayor en el ápice y la relación tangencial radial con 2,12 siendo mayor en la base con tendencia irregular.

Bravo (2017) en su estudio muestra los resultados de la variación longitudinal de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith de lo cual señala un contenido de humedad saturado de 57,34%; contracción longitudinal de 0,27% siendo ascendentes de base al ápice; una densidad básica y anhidra de 0,78; 0,91 g/cm³, contracción volumétrica de 13,37% que presentan una tendencia viceversa al contenido de humedad; una contracción radial y tangencial de 4,88% y 9,80% y la relación tangencial radial de 2,06 con comportamientos irregulares.

Aguirre (2009) con respecto a las propiedades físicas de 5 árboles de la *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don obtuvo lo siguiente: contenido de humedad saturado 96,54% con una tendencia de disminuir con la altura; en cuanto a densidad saturada, básica y anhidra de 0,60 g/cm³, 0,31 g/cm³ y 0,35 g/cm³ con una tendencia contraria a al contenido de humedad, como también en contracción tangencial, radial, longitudinal de 8,22%, 4,87%, 0,40% con

comportamientos irregulares y una contracción volumétrica de 15,44% decreciente en la altura al igual que la relación tangencial radial de 1,71.

Gamez (2009) en su valuación de las características físicas del *Calycophyllum spruceanum* a tres niveles del fuste observó que el contenido de humedad saturado en los niveles de altura de 70,72% y ascendente desde la parte basal hasta el ápice, hay menor contenido de humedad en la parte basal; una densidad básica de 0,65 g/cm³ con un comportamiento descendente desde la parte basal hasta el ápice; en las contracciones tangencial, radial, longitudinal y volumétrica (7,73%, 3,86%, 0,34% y 10,72%) se encontró un comportamiento descendente de base al ápice y la relación tangencial radial (2,06) con un comportamiento similar a las contracciones.

Cárdenas (2012) en *Guazuma crinita* C. Martius observó el contenido de humedad saturado de 85,63% mostrando diferencia estadística con una tendencia de incrementar de base al ápice y muy similar la densidad saturada (0,59 g/cm³) con respecto a lo estadístico y contrario a la tendencia; y la densidad anhidra y básica (0,36 g/cm³ y 0,32 g/cm³) de siendo mayor en la base y constante en medio y ápice; en las contracciones tangencial y longitudinal (5,16% y 0,18%) mostró mayor valor en la base y constante en la media y ápice; en la contracción radial (3,30%) siendo mayor en el nivel medio con tendencia irregular del mismo que la contracción volumétrica, mostrando mayor valor en la base.

Arechaga (2009) observó las propiedades físicas de Carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) tales como: el contenido de humedad saturado (disminuye con la altura), densidad saturada (comportamiento irregular, mayor en el ápice), densidad básica (irregular, mayor en el ápice), densidad anhidra (ascendente de base al ápice), contracción tangencial y contracción radial (comportamiento irregular), contracción volumétrica (descendente en la altura) y el coeficiente de estabilidad dimensional (tendencia irregular, mayor en el nivel medio) con valores de 87,68 %; 0,79 gr/cm³ ; 0,42 gr/cm³ ; 0,42 gr/cm³ ; 8,58 %; 4,96 %; 11,95% y 2,26 respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las muestras botánicas y de madera de la especie *M. minutiflora* con una edad de 5 a 6 años aproximadamente que fueron obtenidas de cafetales abandonados (purmas) ubicados en el caserío de Macora, distrito Chinchao, provincia y departamento Huánuco.

| ESTE | NORTE | ALTITUD | DESCRIPCIÓN |
|--------|---------|---------|----------------|
| 388262 | 8938952 | 1466 | Cultivo café 1 |
| 388093 | 8938952 | 1494 | Cultivo café 2 |

El habilitado se realizó en los espacios del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y la evaluación de las probetas para determinar las propiedades físicas de la madera se llevaron a cabo en el laboratorio de Anatomía de la Madera, ubicados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva geográficamente encontrándose en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y departamento Huánuco. Con coordenadas este: 390380 norte: 8970785 y con una altitud de 660 msnm.

La ciudad de Tingo María registra una temperatura promedio anual de 24,9°C, humedad relativa promedio de 86%, una precipitación de 3042 mm y la velocidad del viento de 20,2 m/s (UNAS, 2020). De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite y de zonas de vida de Holdrige, la ciudad de Tingo María ubicado a 660 metros sobre el nivel del mar que además, presenta un clima de tipo cálido muy lluvioso de bosques muy húmedo premontano, con gran cantidad de lluvias en todas las épocas del año (Campero, 2012). De otro lado, los datos promedio de temperatura y humedad relativa del ambiente donde se realizó la investigación fueron lo siguiente: 26,7°C y 65%, tomados a diario a las 8 de la mañana.

3.2. Material y método

3.2.1. Materiales y equipos

Materiales y equipos de campo

Durante la fase de campo se dio uso lo siguiente: un formato, para apuntes de datos en campo; lápiz, apunte y marcado de diagonales de las probetas; 4 plumones indeleble (codificación); wincha de 50 metros, para medición de la altura de los árboles apeado; cinta de costurero, para medición del DAP; cámara fotográfica; motosierra Husqvarna 372 XP para el tumbado de los árboles para el estudio; GPS Garmin Etrex 10 para georreferenciación del lugar de cada árbol; cojín, para gasolina de motosierra de 2 tiempos; gasolina 1 galón; 1 machete, para el desrame; garlopa, para alisado de cara y canto de las tabillas; sierra disco, para obtención de tabillas y probetas; prensa botánica, para colección de hojas y fruto; papel periódico y cartón, para colección de muestras botánicas; cámara de secado para las muestras botánicas y pintura spray (pintado del norte de los tucos).

Materiales y equipos de laboratorio

Por otro lado, en fase de laboratorio se usó lo siguiente: estufa esterilizada, secado de probetas y conseguir el estado anhidro; vernier digital kamsa (precisión de 0,01mm), para la medición longitudinal de las probetas; desecador de laboratorio, recipiente de recepción de las probetas que se sacaron de la estufa y evitar la ganancia de humedad; micrómetro digital Mitutuyo (0,001 mm) para la medición radial y tangencial de las probetas; cocina eléctrica, para el calentamiento de la parafina; balanza electrónica (precisión de 0,01 gramos) para obtener el peso de las probetas; vaso precipitado, como recipiente de parafina; soporte universal y tenaza para el método de Arquímedes; parafina, para evitar ganancia de humedad de las probetas; agua destilada, principio de Arquímedes; punzón de soporte de las probetas. Además, en gabinete se usó una computadora (laptop proceso de redacción y procesamiento de datos) con programas de Microsoft office 2013; programa estadístico SPSS (libre).

3.2.2. Metodología

La metodología para llevar adelante la investigación, se tomaron como referencia las normas Técnicas Peruanas.

3.2.2.1. Para la determinación del contenido de humedad de la madera de

Miconia minutiflora.

Para la cantidad de muestras de árboles a evaluar se consideró la norma NTP 251.008.2016 de “Selección y colección de muestras”, la cual hace referencia que para

árboles con DAP menor a 30 cm es preferente tomar 10 individuos para una mayor confiabilidad estadística del 95% y un intervalo de confianza de $\pm 15\%$.

Por lo tanto, se realizó un censo de los árboles que tuvieron un diámetro a 1,30 m del suelo de 8 cm a más, obteniendo un total de 104 individuos, de los cuales se hizo una elección al azar usando el Microsoft Excel.

El día 21 de enero del 2021 a horas 8 de la mañana comenzando con las actividades de extracción antes de la tala de los 10 árboles se realizó un pintado del norte con spray color negro (**Imagen 3**) luego se procedió con la tala (**Imagen 4**), a cargo de una persona con experiencia de manejo de la motosierra, posteriormente, el fuste del árbol fue medido hasta el punto donde se inicia las ramificaciones (**Imagen 5**), luego se dividió en tres niveles, base, medio, ápice; se trozó tucos de 0,5 m de longitud por cada nivel (**Imagen 6**). Los 30 tucos obtenidos del trozado se codificaron (**Imagen 7**) y luego fueron trasladados hasta el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la UNAS para la elaboración de probetas. Para la identificación botánica de la especie, se tomó muestras de hojas, frutos e inflorescencia que posteriormente fueron enviados para ser identificados en el Herbario HTIN-UNAS (**Imagen 8**).

Cada tuco se habilito con la motosierra y posterior: alisando en la garlopa (**Imagen 9**), y los cortes de medida en la sierra disco (**Imagen 10**) y obteniendo la medida final en cepilladora calibradora (**Imagen 11**), obteniendo listones de orientación sur y norte, de los cuales se prepararon 4 probetas (2 de cada orientación) con dimensiones establecidas (2.5 cm x 2.5 cm x 10 cm) obteniendo un total de 120, con sus respectivos niveles de fuste (base, medio y ápice). Además, se tuvo la visita del jurado durante el habilitado (**Imagen 12**).

Cada probeta se identificó detalladamente, con los códigos únicos de la siguiente forma s: número correlativo de cada árbol (1-10), niveles de altura (B-M-A), norte y sur.

Ejemplo: 1 B E 1

1: Probeta del árbol uno.

B: Nivel base del fuste.

E: Este.

1: repetición uno.

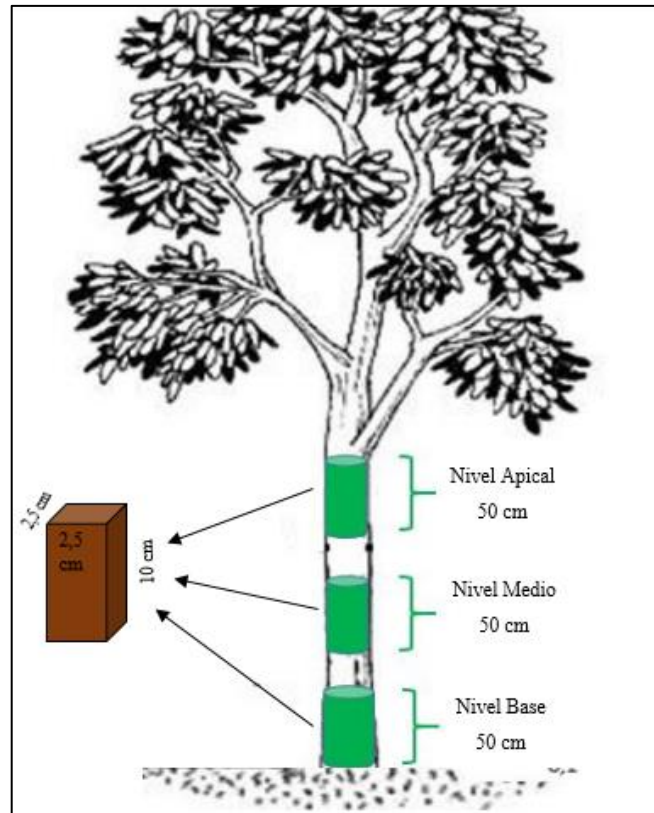


Imagen 1. Esquema de obtención de tucos y las probetas del fuste del árbol

Posteriormente se determinó el contenido de humedad en los diferentes estados (saturada, seca al aire y anhidra), se consideró la norma técnica peruana (NTP): 251.010.2014.

Humedad saturada

Para obtener esta propiedad se procedió al pesaje de las probetas (**Imagen 14**) al finalizar su habilitado. Después se dejó las probetas en un ambiente donde la luz solar no llegue directamente, en una posición perpendicular al eje longitudinal hasta conseguir un peso constante, que posterior se colocaron las probetas en la estufa, este proceso consistió en incrementar la temperatura a diario, donde se empezó con 30°C y luego con intervalos de 10°C a diario hasta llegar a 103°C, y se registró los pesos al finalizar el octavo día, hasta obtener peso constante, luego se tuvo que retirar las probetas de la estufa y se colocaron en el desecador, después se apuntó el peso seco al horno (Psh).

La fórmula para calcular el contenido de humedad saturada fue:

$$CHsa (\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

CHsa (%) = contenido de humedad saturada.

Ph = peso húmedo o saturado (g).

Psh = peso seco al horno (g).

Humedad seca al aire

Las probetas fueron secadas al aire hasta conseguir un peso casi constante y posterior se fueron llevadas a la estufa. Anterior proceso servirá para conseguir esta variable.

$$CH (S) = \frac{Psa - Psh}{Psh} \times 100$$

CH (s) = contenido de humedad en estado seca al aire (%).

Psa = peso seco al aire (g).

Psh = peso seco al horno o anhidra (g).

3.2.2.2. Para la determinación de la densidad de la madera de Miconia minutiflora.

Se consideró la Norma Técnica Peruana N.º: 251.011.2014

Densidad saturada

Considerando el proceso anteriormente mencionado que se anotó del peso húmedo (Ph) de las probetas recién elaboradas en estado húmedo; se le añadió un segundo el registro del volumen húmedo (Vh), que se calculó en forma indirecta mediante el principio de Arquímedes, el cual consistirá en utilizar un vaso precipitado contenido con agua lo suficiente que al introducir la probeta quede cubierto, posterior se puso en la balanza analítica y se taró a cero; luego se sumergió la probeta con la ayuda de un punzón sin tocar el fondo del recipiente ni las paredes, registrando el peso, el cual representará el volumen de la probeta.

$$DS = \frac{Ph}{Vh}$$

Donde:

DS = Densidad saturada (g/cm³).

Ph = Peso húmedo (g).

Vh = Volumen húmedo (cm³).

Densidad básica

Para obtener esta variable, se usó el peso seco al horno y el volumen en estado húmedo descritos para la obtención de la variable de densidad saturada.

$$DB = \frac{Psh}{Vh}$$

Donde:

DB = densidad básica (g/cm³).

Psh= peso seco al horno (g).

Vh = volumen húmedo (cm³).

Densidad anhidra

Del mismo modo, para determinar esta propiedad, se hizo con el peso seco en estufa obtenido; mientras que, para obtener el volumen seco al horno (Vsh) las probetas se parafinaron para luego hacer el cálculo de forma indirecta por inmersión en agua de acuerdo al principio de Arquímedes, con el mismo proceso de la obtención del volumen saturado, el valor se obtendrá mediante la fórmula:

$$DA = \frac{Psh}{Vsh}$$

Donde:

DA = densidad anhidra (g/cm³).

Psh= peso seco al horno (g).

Vsh= volumen seco al horno (cm³).

3.2.2.3. Para la determinación de la contracción de la madera de Miconia minutiflora.

Para esta propiedad se consideró la Norma Técnica Peruana N.º: 251.012.2015

Para determinar esta propiedad se anotó las dimensiones (**Imagen 11 y 12**) en las intersecciones de las diagonales trazadas después del habilitado en cada probeta, considerando las orientaciones radial, tangencial y axial en condición saturada (recién cortadas), en equilibrio con el ambiente y seca al horno, donde el aumento de calor fue gradual por cada día, iniciando a 30°C que luego se incrementó con 10°C a diario hasta los 103°C, teniendo en cuenta el peso constante se alojaron las probetas a un desecador (Imagen 14) y luego se registraron las medidas de las probetas con la ayuda de un pie de rey digital para la longitud y

en caso del ancho, espesor se utilizaron un micrómetro digital y volumen anhidro por el método de Arquímedes (Imagen 13) .

Contracción tangencial total

La fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$CTt = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100$$

Donde:

CTt = Contracción tangencial total (%).

Dth = Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (cm).

Contracción radial total

La fórmula que se consideró fue la siguiente:

$$CRt = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100$$

Donde:

CRt = Contracción radial total (%).

Drh = Dimensión radial húmeda (cm).

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

Contracción longitudinal total

La fórmula considerada fue el siguiente:

$$CLt = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100$$

Donde:

CLt = Contracción longitudinal total (%).

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda (cm).

Dlsh= Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

Contracción volumétrica total

La fórmula que se consideró fue la siguiente:

$$CVt = \frac{Vh - Vsh}{Vh} \times 100$$

Donde:

CVt = Contracción volumétrica total (%).

Vh = Volumen húmedo (cm³).

Vsh = Volumen seco al horno (cm³).

Relación tangencial/radial

Para determinar el valor de dicha relación, se consideró utilizar la fórmula siguiente:

$$Relación = \frac{CTt}{CRt}$$

Donde:

CTt = Contracción tangencial total (%).

CRt = Contracción radial total (%).

3.2.3. Diseño de la investigación

La investigación es descriptiva ya que no se ha manipulado alguna variable en lo cual se empleó un diseño completamente al azar con un análisis de varianza unifactorial (AV1) para determinar si existe diferencia significativa entre las propiedades físicas de la madera de 3 niveles del fuste. En donde hubo diferencia significativa se aplicó una prueba de medias (Prueba de Duncan al 95%), para determinar qué tratamientos difieren entre sí. El análisis de variancia y la prueba de medias (si así lo requiere) se hicieron para cada propiedad física.

Dónde:

Factor a : Niveles de altura

Nº unidades experimentales : 30

Nº de probetas por unidad exp: 4

Repeticiones : 10 (árboles de cada especie)

N° probetas : 120 probetas

Tabla 4. Esquema ANVA

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Nivel de altura(A) | a-1=2 |
| Error experimental | A(r-1)=27 |
| Total | Ar-1=29 |

El trabajo de investigación tendrá un modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_j + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable respuesta.

μ : Media poblacional

T_i : Efecto de los i-esimo niveles del fuste (Base, medio y ápice).

e_{ij} : error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

Las variables independientes y dependientes son:

- **Variables independientes.** -, niveles del fuste (base, medio y ápice)

- **Variables dependientes.** - contenido de humedad (Saturado, seco al aire), densidad (saturada, básica y anhidra) y contracción (longitudinal, radial, tangencial y volumétrica).

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad

4.1.1. Contenido de humedad saturado

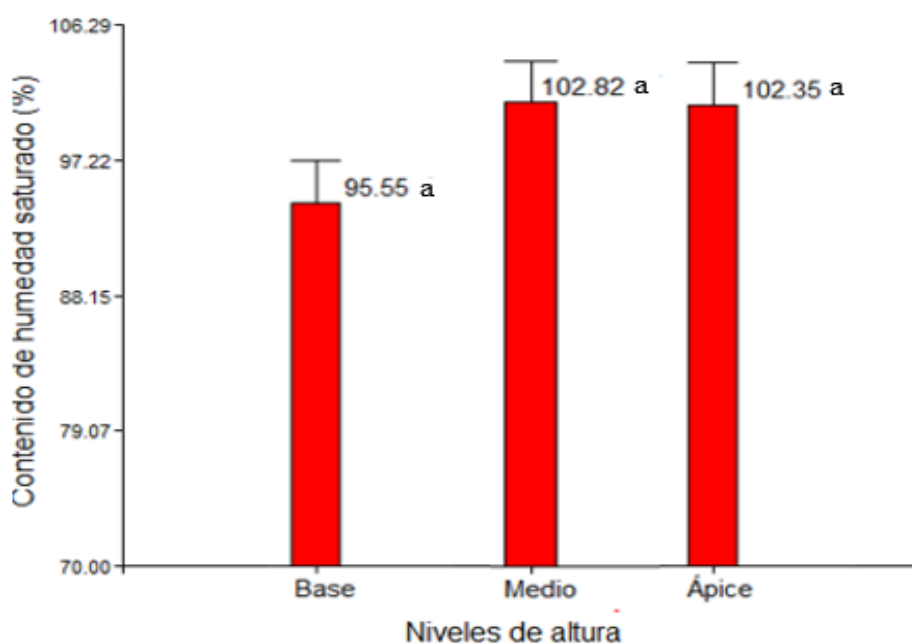
Al evaluar 120 probetas de *M. minutiflora* en los tres niveles de altura (base, media y ápice), se muestra (**Tabla 5**) el análisis de varianza al 95% de nivel de confianza, donde no se registró diferencia significativa entre los niveles de altura (base, media y ápice) con un p valor de 0,172. El diseño presenta un coeficiente de variación de 9,32%.

Tabla 5. Análisis de varianza de la especie *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|---------|----|--------|------|---------------------|
| Niveles | 330,64 | 2 | 165,32 | 1,88 | 0,172 ^{NS} |
| Error | 2373,62 | 27 | 87,91 | | |
| Total | 2704,26 | 29 | | | |

NS: No significativo; CV (%): 9.35

Al realizar la comparación de medias, no se registró diferencia estadística en los niveles del fuste (base, media y ápice) de *M. minutiflora* (**Figura 1**).



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 1. Comparación de medias de la humedad saturada de la *M. minutiflora*

Sin embargo, se tuvo un promedio de 100,24%; numéricamente el nivel medio y ápice tiene una ligera diferencia con 102,82% y 102,35% y el nivel base presentó un menor valor con 95,55%. Los resultados obtenidos de esta investigación es superior a los evaluados por Omonte *et al.*, (2019) *Eucalyptus nitens*, Bravo (2017) en Tamarindo, Cárdenas (2012) en Bolaina y Gamez (2009) en Capirona con tendencia de aumento en la altura del fuste y Aguirre (2009) en Huamanzamana con tendencia viceversa, y Carlos (2013), Arechaga (2009) en Carahuasca y Ganzhi (2006), en sus resultados sin mostrar diferencia significativa y Chumbimune (2017) en Ulcumano reportó valores muy superiores con tendencia irregular, sin embargo, Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazonica* y Carlos (2013) *Miconia barbeyana* cogniaux registró valores similares. Este fenómeno se puede atribuir a que cuando la madera está embebida, hay mayor cantidad de humedad en el ápice debido a que las células en ese nivel son juveniles y retienen gran cantidad de fluido.

4.1.2. Contenido de humedad seco al aire

En la **Tabla 6** se muestra el análisis de varianza a un 95%, resultando con diferencia significativa en los tres niveles de altura, con un p valor de 0,0089; además, el diseño presenta un coeficiente de variación de 2,35%.

Tabla 6. Análisis estadístico del contenido de humedad seca al aire en los niveles de altura (base, media y ápice) de la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|------|----|------|-------|----------|
| Niveles de altura | 1,61 | 2 | 0,8 | 5,655 | 0,0089** |
| Error | 3,84 | 27 | 0,14 | | |
| Total | 5,45 | 29 | | | |

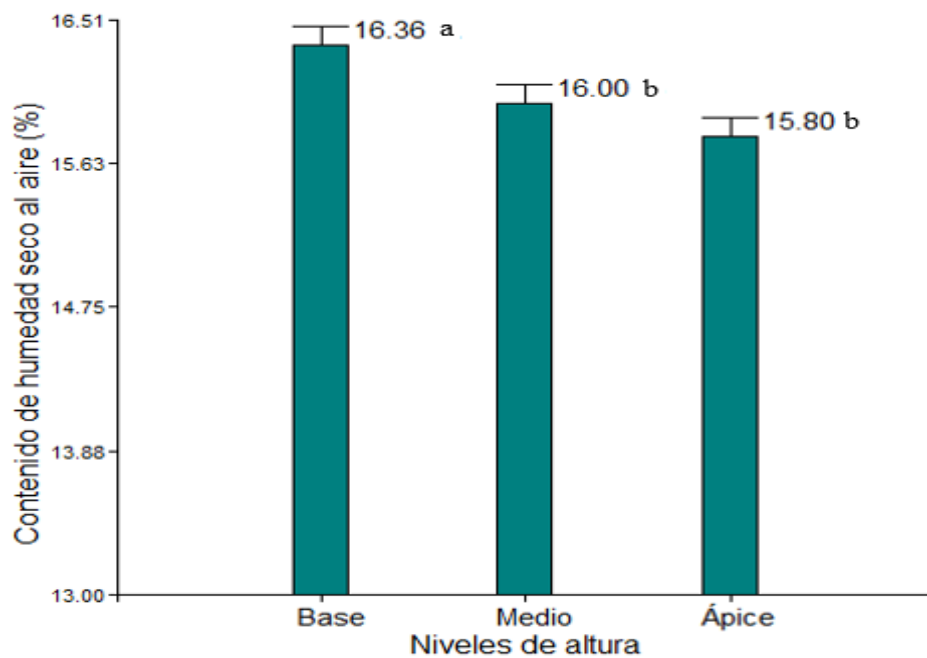
** : Significativo; CV (%) : 2,35

En la **Figura 2** se da a conocer la comparación de medias de Duncan del contenido de humedad seco al aire, donde a nivel estadístico hay diferencia con respecto al nivel de altura base, media y ápice), obteniendo promedio de 16,12%.

Presenta una tendencia de disminución con respecto a la altura de fuste, siendo similares los niveles del ápice y media de 15,80% y 16%, con un mayor valor en el nivel de la base con 16,36%, los resultados obtenidos coincide con los datos reportados por García (2008), esto se puede atribuir a que en el ápice la humedad tiene un recorrido tangencial corto

y es más porosa la estructura de la madera, pero difieren en cuanto a su comportamiento irregular con Chumbimune (2017) en Ulcumano .

Además, posiblemente puede estar influenciado por la cantidad de pared celular, algunos extractivos como gomas, resinas, aceite; que dificultan la salida o pérdida de humedad y esto manifestándose en las diferencias de humedad en equilibrio con el ambiente en cada pieza de madera según el nivel evaluado.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 2. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire de la madera de *M. minutiflora*.

4.2. Densidad

4.2.1. Densidad saturada

En la **Tabla 7** se da a conocer que no hay diferencia significativa al 95% de la densidad saturada con respecto a los niveles de altura (base, media y ápice) con un p valor de 0,1129 y un coeficiente de variación de 1,53%.

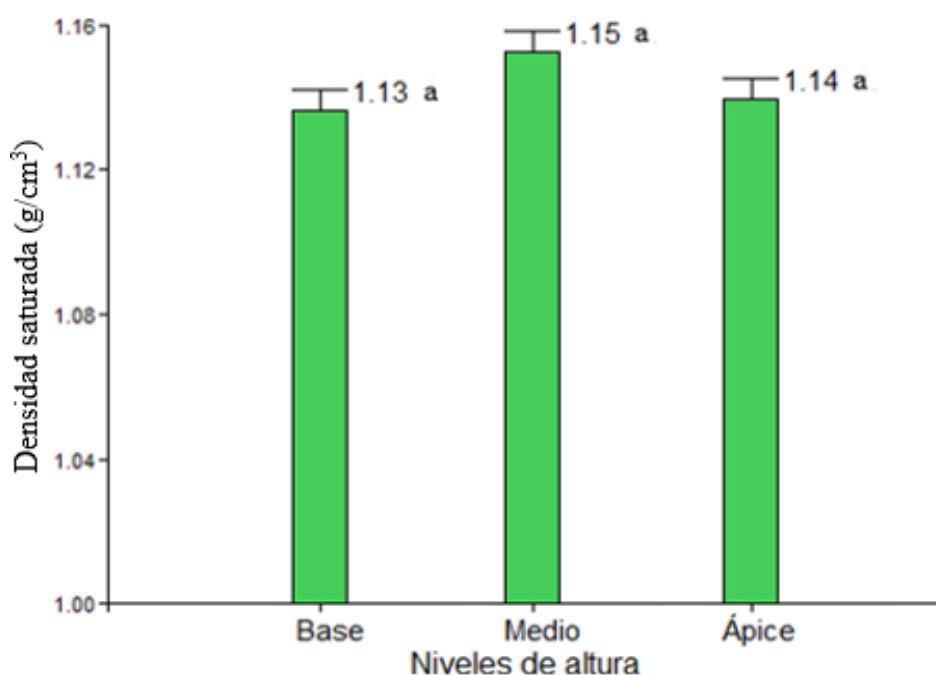
Tabla 7. Análisis estadístico de la densidad saturada en los niveles de altura (base, medio y ápice) de la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|--------|----|---------|--------|---------|
| Niveles de altura | 0,0014 | 2 | 0,00072 | 2,3673 | 0,1129* |
| Error | 0,0082 | 27 | 0,00031 | | |
| Total | 0,0097 | 29 | | | |

*: No significativo; CV: 1,53%

En la **Figura 3** se observa la comparación de medias de la densidad saturada al 95% del nivel de confianza, en los niveles del fuste (base, media y ápice) de *M. minutiflora* donde se observa que no hay diferencia en los niveles de altura y un promedio de $1,14 \text{ g/cm}^3$, pero numéricamente hay un mayor valor en el nivel medio con $1,15 \text{ g/cm}^3$, seguido del nivel del ápice con $1,14 \text{ g/cm}^3$ y por último el nivel de la base con $1,13 \text{ g/cm}^3$; lo cual coincide con Dávila (2020) *Pterygota amazónica* en al no mostrar diferencia estadística en densidad saturada en el nivel del fuste, pero, con una tendencia de disminuir con la altura del fuste, mientras que Aguirre (2009) en Huamanzamana, Arechaga (2009) en Carahuasca y Cárdenas (2012) en Bolaina muestra valores inferiores, posiblemente la variación se deba a la especie, lugar de crecimiento, factores climáticos, etc.

La variación a nivel numérico de la densidad saturada en la madera de *M. minutiflora* posiblemente se debe a que la madera contiene mayor cantidad de madera adulta en la base por que genera mayor pared celular y menor espacio poroso, como también puede estar influenciado por la genética de la especie, lugar de crecimiento, entre otros.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 3. Comparación de medias de la densidad saturada de la madera de *M. Minutiflora*.

4.2.2. Densidad básica

En la **Tabla 8** se observa el análisis de varianza de la densidad básica de la madera de *M. minutiflora*, donde no hay diferencia significativa, teniendo un p valor de 0,4326 y un coeficiente de variación de 5,78%.

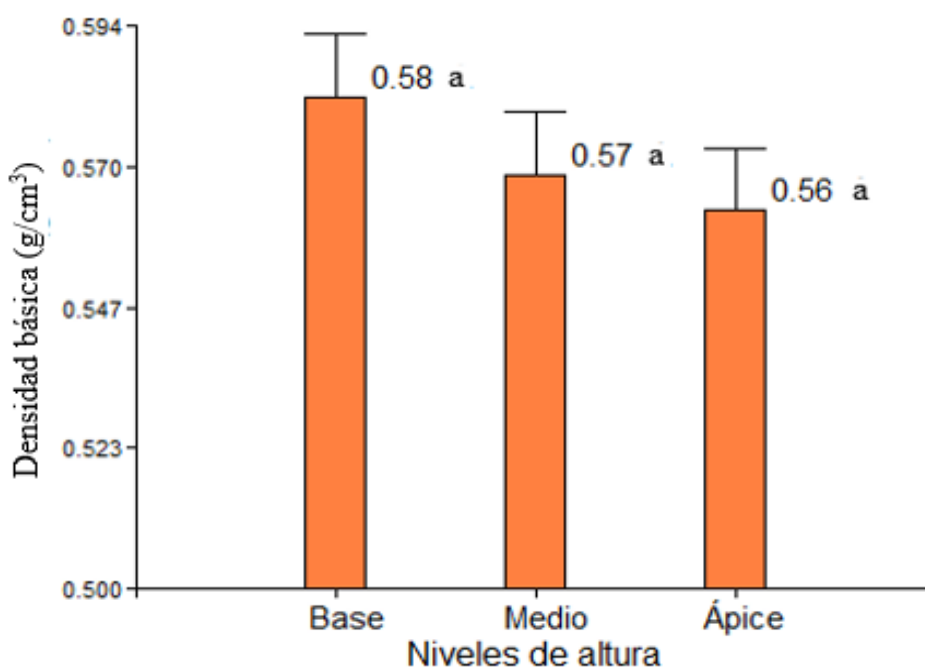
Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad básica de la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Niveles de altura | 0,0019 | 2 | 0,0009 | 0,8646 | 0,4326* |
| Error | 0,0295 | 27 | 0,0011 | | |
| Total | 0,0313 | 29 | | | |

*: No significativo; CV (%): 5,78.

En la **Figura 4** se observa que no hay diferencia estadística al 95% de nivel confianza en los niveles del fuste (base, media y ápice) y un promedio de 0,57 g/cm³, sin embargo, numéricamente hay un valor mayor en la base con 0,58 g/cm³, seguido del nivel medio con un valor 0,57 g/cm³ y 0,56 g/cm³ el menor valor del nivel del ápice, disminuyendo con respecto a la altura, estos resultados difieren con Salvador y Saavedra (2007) en *Miconia at*, Ganzhi (2006) en *Miconia quadripora*, García (2008) en *Miconia barbeyana*, Zelada (2018) en *Miconia elongata*, Guerrero (2007) en *Miconia barbeyana*, Woodcock (2000), Aguirre (2009) en Huamanzamana, Chumbimune (2017), Cárdenas (2012) en Bolaina, Arechaga (2009) en Carahuasca y Romani citado por Aliaga (2007) en *Miconia barbeyana* que muestran valores inferiores a los encontrados en esta investigación, de otro lado Salinas (2019) en *Miconia rivaldis*, Bravo (2017) en Tamarindo, Gamez (2009) en Capirona, Álvarez *et al.*, (2013) en *Miconia spicellata*, Casas (2013) en *Miconia sp*, Díaz (2020) , en *Miconia caudata* , Maza *et al.*, (2014) , en *Miconia caudata*, Alarcón (2019) en *Miconia crocea* y *Miconia papillosa* mostraron valores superiores, mientras, que Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazónica*, PromPerú (2004) en Huimba y Mashonaste y Centeno (2003) en *Miconia barbeyana* muestran datos similares. En cuanto a la tendencia de disminución de la densidad básica con respecto a la altura es similar a los encontrados por Romero (2019) en *Araucaria angustifolia* y viceversa a los reportados por Chumbimune (2017) en *Retrophyllum rospigliosii*, Vásquez (2006) en *Miconia barbeyana* y Omonte *et al.*, (2019) en *Eucalyptus nitens*. La variación de

la densidad básica se da entre árboles, dentro del árbol y en la altura siendo responsable de la esta propiedad posiblemente factores genéticos, calidad del suelo, edad, etc. Teniendo los valores de la investigación las posibilidades de uso de la especie estudiada son en obras de carpintería, tales como marcos de puertas y ventanas, forro de cielo raso, paredes, molduras de barandas y pasamanos, tapa marcos; para carpintería se utiliza de preferencia madera con densidad básica mayor de $0,4 \text{ g/cm}^3$. Por lo tanto, según la clasificación de Aróstegui (1982) se clasifica como una densidad media, perteneciente al grupo III con aptitudes en encofrados, revestimientos, estructuras con uniones de pernos y clavos, así como en carpintería de obra (puertas y ventanas) y PromPerú (2004) en viguetas, mueblería, cajas de embalaje, carrocerías y parihuelas.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 4. Comparación de medias de la densidad básica en la madera de *M. minutiflora*.

4.2.3. Densidad anhidra

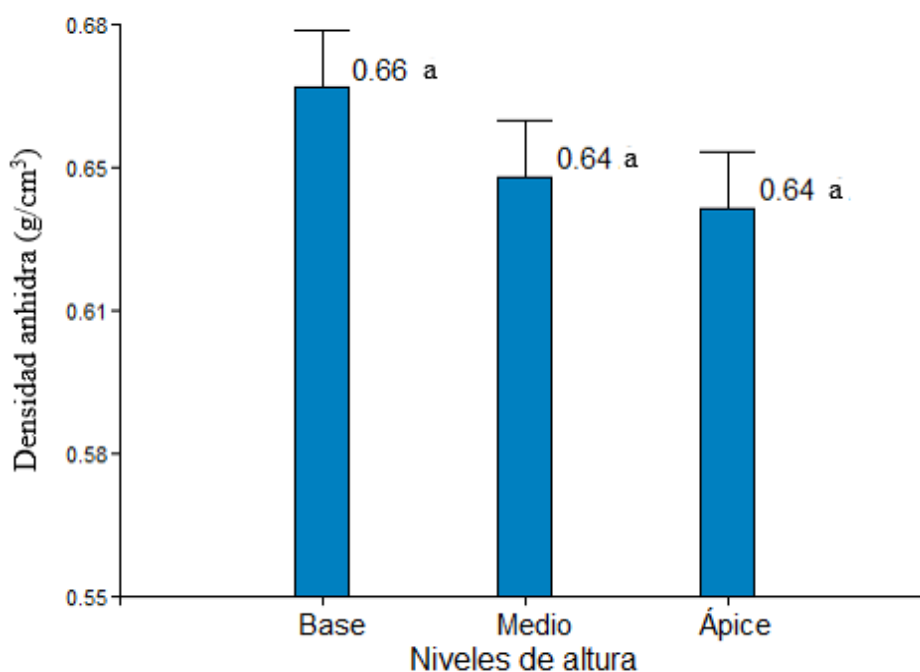
En la **Tabla 9** se observa el análisis de varianza de la densidad anhidra, mostrando que no hay diferencia significativa de la densidad anhidra con respecto al niveles del fuste (base, medio y ápice), con un p valor de 0,3016 y un coeficiente de variación de 6,10%.

Tabla 9. Análisis de varianza de la densidad anhidra de la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Niveles de altura | 0,0039 | 2 | 0,002 | 1,253 | 0,3016* |
| Error | 0,0423 | 27 | 0,0016 | | |
| Total | 0,0462 | 29 | | | |

*: No significativo; CV (%): 6,10.

En la **Figura 5** se observa la comparación de medias de la densidad anhidra en los diferentes niveles, resaltando que no hay diferencias significativas al 95% con un promedio de $0,65 \text{ g/cm}^3$, sin embargo, hay diferencia numérica teniendo como valor máximo el nivel de la base con $0,66 \text{ g/cm}^3$ y un mínimo valor en los niveles medio y ápice con $0,64 \text{ g/cm}^3$, mientras que Ganzhi (2006) un *Miconia quadripora*, Cárdenas (2012) en Bolaina, Aguirre (2009) en Huamanzamana, Arechaga (2009) en Carahuasca y Chumbimune (2017) en *Retrophyllum rospigliosii* de 32 años registraron valores inferiores y mientras que Bravo (2017) en Tamarindo superior a los mencionados en esta investigación, donde este variación se puede atribuir a los numerosos elementos leñosos en la madera (pared celular).



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 5. Análisis de medias de la densidad anhidra de la madera de *M. minutiflora*.

4.3. Contracción

4.3.1. Contracción radial

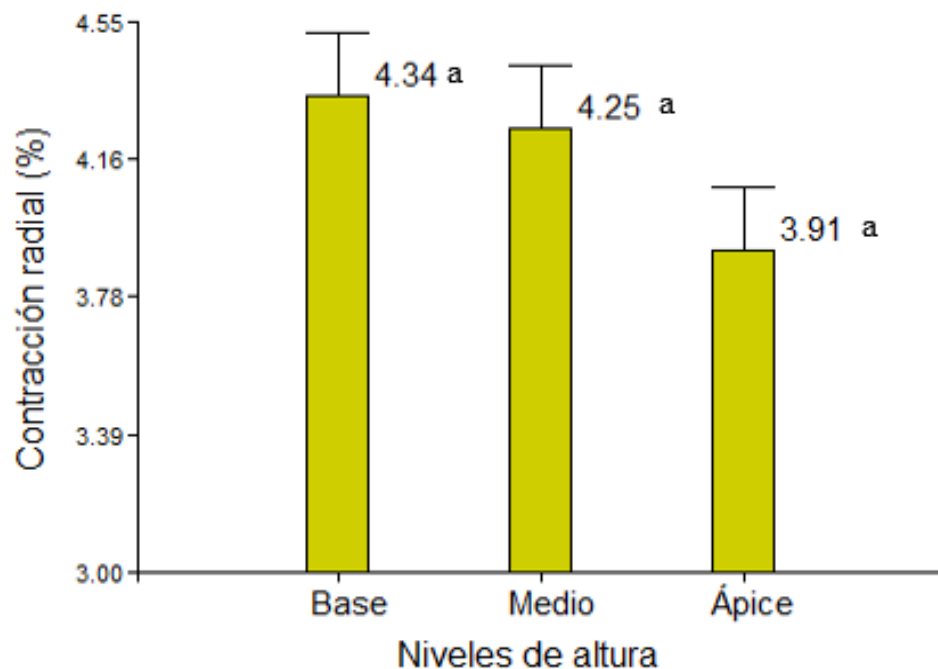
En la **Tabla 10** muestra el análisis de varianza en la contracción radial (base, medio y ápice) al 95% de nivel de confianza indicando que no hay diferencia significativa entre niveles con un p valor de 0,214 y un coeficiente de variación de 13,66%.

Tabla 10. Análisis de varianza de la contracción radial en la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Niveles | 1,06 | 2 | 0,53 | 1,63 | 0,214* |
| Error | 8,74 | 27 | 0,32 | | |
| Total | 9,8 | 29 | | | |

*: No significativo; CV (%): 13,66.

En la **Figura 6** se observa las medias de la contracción radial notando que no hay diferencia significativa a nivel estadístico con un promedio de 4,11%, pero en referencia numérica muestra un valor mayor en el nivel medio con 4,25%, seguido por el nivel de la base con 4,12% y nivel ápice con 3,97%.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 6. Análisis de medias de la contracción radial en la madera de *M. minutiflora*.

A nivel numérico hay una diferencia entre los niveles de atura posiblemente al encuentro de madera juvenil y la constitución de la madera (elementos leñosos: fibras, radios y parénquima). Sin embargo, los resultados registrados por Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazónica*, Gamez (2009) en Capirona, Bravo (2017) en Tamarindo y Arechaga (2009) en Carahuasca son muy superiores y ligeramente mayor a los encontrados por Aguirre (2009) en Huamanzamana e inferior a los reportados por Cárdenas (2012) en Bolaina, Romani citado por Aliaga (2007) en *Miconia barbeyana*, y Chumbimune (2017) en *Retrophyllum rospigliosii* de 32 años muy similares a PromPerú (2004) en Huimba y Mashonaste, por otro lado, Carlos (2013) en *Miconia barbeyana* hasta seca al aire observo un incremento de la contracción radial del nivel de la base al ápice, siendo inversa a los evaluados en este estudio.

4.3.2. Contracción tangencial

En la **Tabla 11** se muestra el análisis de varianza al 95% del nivel confianza de la contracción tangencial en los niveles del fuste (base, medio y ápice) en el cual se observa que hay diferencia significativa con un p valor de 0,007; un coeficiente de variación de 5,25%.

Tabla 11. Análisis de varianza de la contracción tangencial de la madera de *M. minutiflora*.

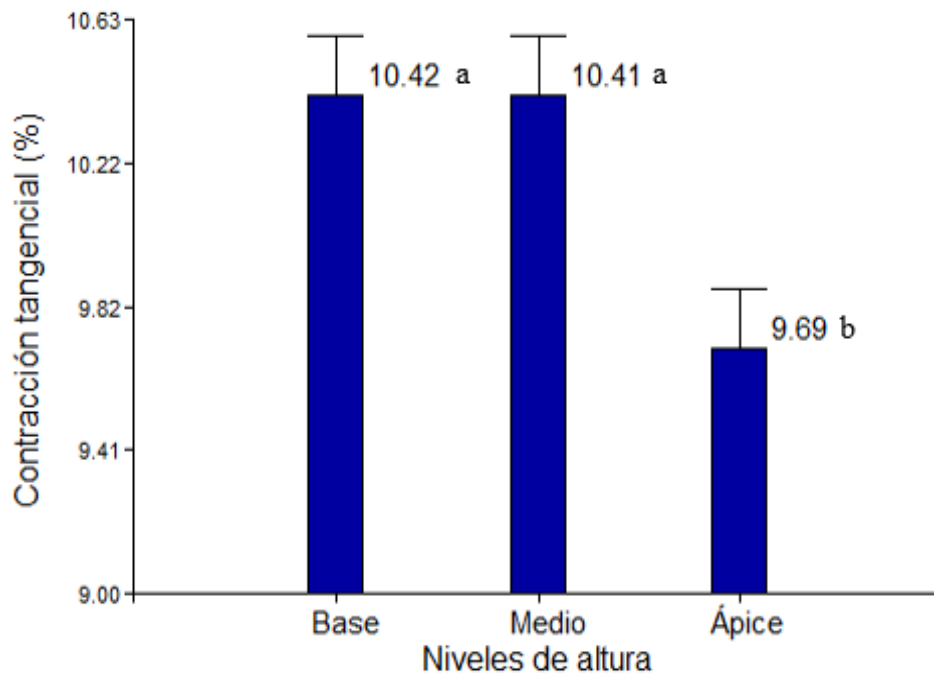
| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|-------|----|-------|-------|----------|
| Niveles | 3,47 | 2 | 1,735 | 6,077 | 0,0070** |
| Error | 7,71 | 27 | 0,286 | | |
| Total | 11,18 | 29 | | | |

** : Significativo; CV (%): 5,25.

En la **Figura 7** se observa la comparación de medias de Duncan para la contracción tangencial en los niveles del fuste (base, medio y ápice), mostrando una tendencia de disminuir de base al ápice.

Los valores superiores y similares entre sí en los niveles base y medio con 10,42% y 10,41%, un valor menor en el nivel del ápice con 9,69% y un coeficiente de variación de 5,25%; estos resultados coinciden con los reportados por Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazónica* y Romani citado por Aliaga (2007) en *Miconia barbeyana* mostrando una similitud al observar mayor contracción tangencial en el nivel de la base, sin embargo, se difiere con Chumbimune (2017) en Ulcumano y PromPerú (2004) en Huimba y Mashonaste, Cárdenas

(2012) en Bolaina y Bravo (2017) en Tamarindo, Arechaga (2009) en Carahuasca y Gamez (2009) en Capirona con un comportamiento descendente de base al ápice



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 7. Medias de comparación de la contracción tangencial en la madera de *M. minutiflora*.

4.3.3. Contracción longitudinal

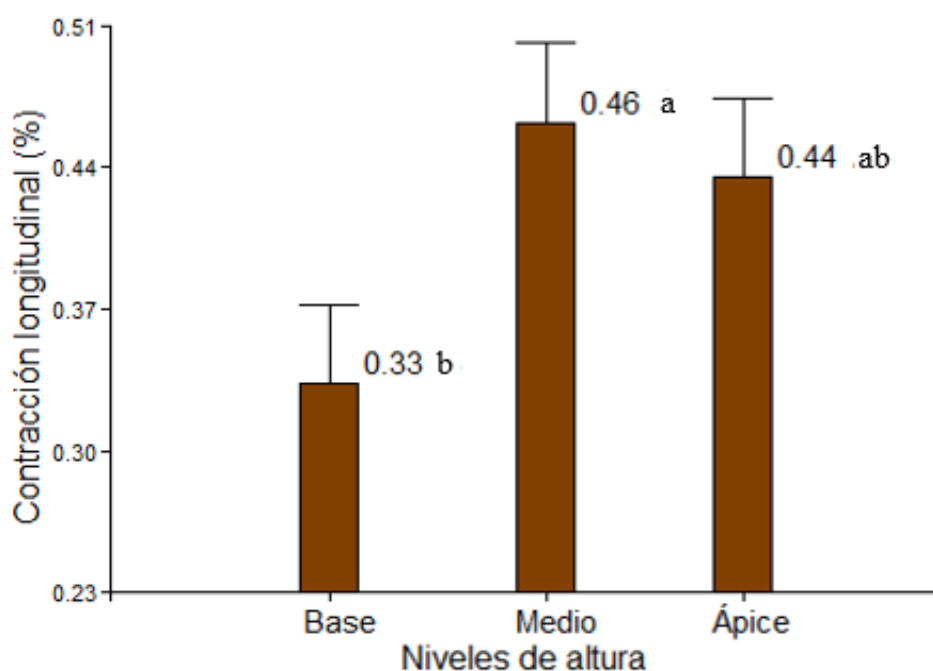
En la **Tabla 12** se muestra el análisis de varianza al 95% del nivel de confianza de la contracción de la madera de *M. Minutiflora*, observando que no hay diferencia significativa con respecto a los niveles del fuste (base, medio y ápice) con un p valor de 0,07.

Tabla 12. Análisis de varianza de la contracción longitudinal de la madera de *M. minutiflora*

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|------|----|-------|-------|---------|
| Niveles | 0,09 | 2 | 0,046 | 2,988 | 0,07* |
| Error | 0,42 | 27 | 0,015 | | |
| Total | 0,51 | 29 | | | |

*: No Significativo; CV (%): 30,36.

En la **Figura 8** se observa la comparación de medias de medias de la contracción longitudinal de la madera de *M. minutiflora* en los niveles del fuste (base, medio y ápice) mostrando un promedio de 0,41%.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 8. Análisis de medias de la contracción longitudinal de la madera de *M. minutiflora*

los valores mayores se encuentran en el nivel de la medio y ápice con 0,46% y 0,44%; de otro lado la más baja es en nivel de la base con un valor de 0,33%; un coeficiente de variación de 30,36%; sin embargo, Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazónica* determinó valores muy superiores acercándose al 1%, lo cual podría atribuirse a la presencia de madera juvenil que tiene mayor ángulo microfibrillas, de otro lado, Cruz (2011), Gamez (2009) en Capirona , Chumbimune (2017) en Ulcumano, Cárdenas (2012) en Bolaina y Aguirre (2009) en Huamanzamana reportó valores inferiores con tendencias irregular.

4.3.4. Contracción volumétrica

En la **Tabla 13** se observa el análisis de varianza de la contracción volumétrica de la especie de *M. minutiflora* en los niveles de altura.

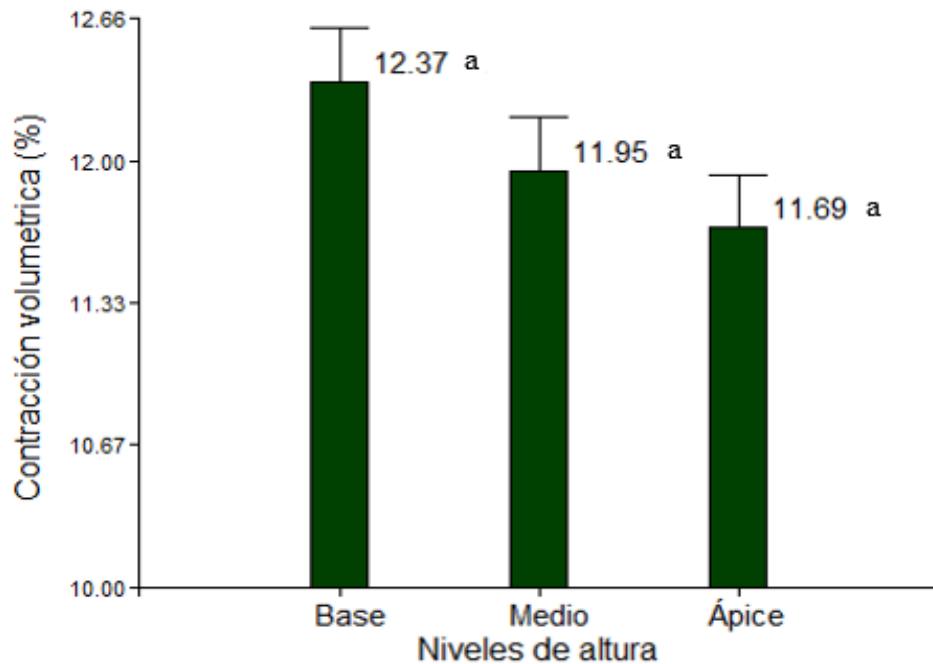
Tabla 13. Análisis de varianza de la contracción volumétrica de la madera de *M. minutiflora*.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Niveles | 2,39 | 2 | 1,193 | 1,933 | 0,1643* |
| Error | 16,66 | 27 | 0,617 | | |
| Total | 19,05 | 29 | | | |

*: Significativo; CV (%): 6,55.

La **Tabla 13** muestra al 95% de nivel de confianza, en la que no hay diferencia significativa con un P valor de 0,1643.

En la **Figura 9** se observa la comparación de medias de la contracción volumétrica en los niveles del fuste (base, medio y ápice), en el cual no hay diferencia estadística.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 9. Análisis de medias de la contracción volumétrica de la madera de *M. minutiflora*.

Además se obtuvo un promedio de 12,11%, y numéricamente el nivel de la base tiene un mayor valor con 12,37% y un menor valor en el nivel del ápice con 11,69%; con un coeficiente de variación de 6,55%; estos resultados encontrados fue similar a los registrados por Romani citado por Aliaga (2007) en *Miconia barbeyana* y Puchaicela (2013) en *Miconia glaberrima*, sin embargo, Salvador y Saavedra (2007) en *Miconia af*, Chumbimune (2017) en Ulcumano, Gamez (2009) en Capirona y PromPerú (2004) en Huimba y Mashonaste reportaron valores inferiores con tendencia inversa a los encontrados en esta evaluación y ligeramente superior a los reportados por Arechaga (2009) en Carahuasca; que además, siendo inferiores en contracción volumétrica a los mencionados por Aguirre (2009) en Huamanzamana y Salvador y Saavedra (2007). La posibilidad de uso de *M. minutiflora* es en postes, puntales de mina; además, se clasifica con una contracción volumétrica media

(CITEmadera, 2009), mientras que Bravo (2017) en Tamarindo observo un valor superior muy ligero.

4.3.5. Relación tangencial/radial

En la **Tabla 14** se muestra el análisis de varianza de la relación tangencial radial de la madera de *M. minutiflora* a un nivel de confianza del 95% en los niveles del fuste (base, medio y ápice), en el cual no hay diferencia significativa con un p valor de 0,8878.

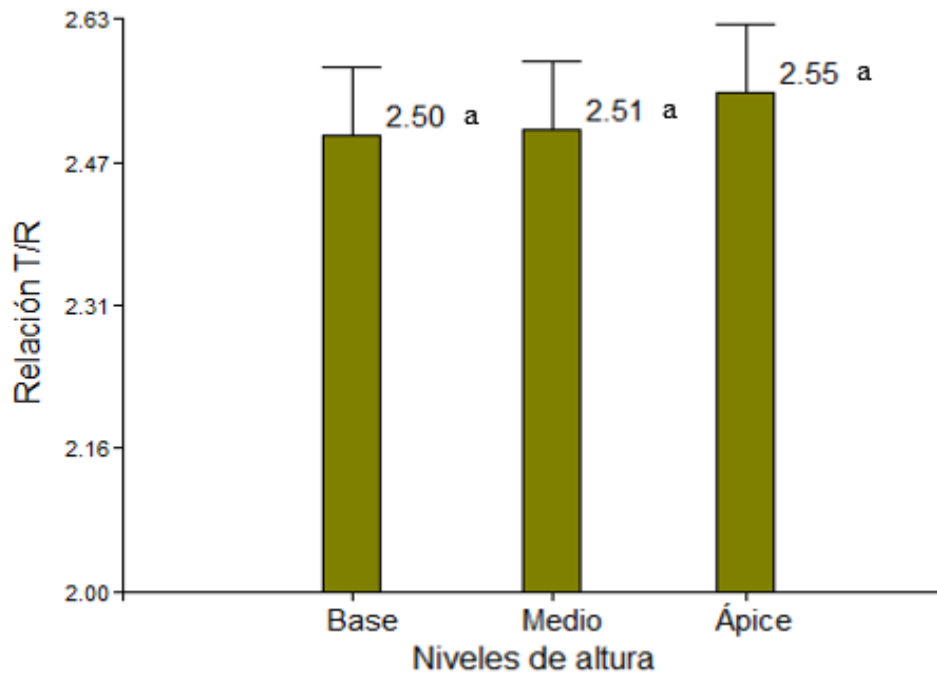
Tabla 14. Análisis de varianza de la relación tangencial radial de la madera de *M. mnutiflora* en los niveles de altura.

| Fuente de variación | SC | GL | CM | F | P-VALOR |
|---------------------|------|----|--------|--------|---------|
| Niveles | 0,01 | 2 | 0,0067 | 0,1196 | 0,8878* |
| Error | 1,52 | 27 | 0,0562 | | |
| Total | 1,53 | 29 | | | |

*: No Significativo; CV (%): 9,42.

En la **Figura 10** se observa la comparación de medias de la relación tangencial radial en la madera de *M. minutiflora* en los niveles de altura, mostrando que no hay diferencia significativa con un promedio de 2,52, pero numéricamente el nivel del ápice tiene un mayor valor con 2,55, seguido por el nivel medio con 2,51 y finalmente un valor menor en el nivel de la base con 2,5; con un coeficiente de variación de 9,42%; esto muestra una inestabilidad en la madera que afirma Aróstegui *et al.*, (sf), que además, Riesco y Rodríguez (2010) y Bhat *et al.*, (2001) afirman que las maderas de edad juvenil influencia mucho en sus propiedades de la madera, teniendo una inestabilidad y mayor contracción longitudinal. Estos resultados son similares a los registrados por Salvador y Saavedra (2007) en *Miconia af e* inferior a los reportados por Díaz *et al.*, (2019) en *Miconia amazónica*, Bravo (2017) en Tamarindo y PromPerú (2004) en Huimba y Mashonaste y superior a Chumbimune (2017) en Ulcumano, Arechaga (2009) en Carahuasca, Gamez (2009) en Capirona y Aguirre (2009) en Huamanzamana que observaron una tendencia irregular de estabilidad siendo mayor en el ápice en unos y otros viceversa, seguido de la base y menor en el nivel medio, a lo que afirma Puchaicela (2013) que esta relación disminuye con la edad del árbol y que además esta relación tangencial radial está relacionado con los defectos de la madera que presentan durante el secado y Baluarte con Arrostequi (1991) menciona que con maderas bajas en la relación T/R que se acercan a la unidad, estas maderas tienden a ser estables en cuanto a su

comportamiento dimensional. La *M. minutiflora* se clasifica según la relación tangencial radial como inestable.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 10. Comparación de medias de la relación tangencial radial de la madera de *M. minutiflora*.

V. CONCLUSIONES

La madera de *M. minutiflora* provenientes del caserío de Macora distrito Chinchao – Huánuco presenta una variabilidad a nivel estadístico en el contenido de humedad seca al aire, contracción tangencial y longitudinal; las de más propiedades no presentas variabilidad estadística pero numéricamente se evidencias tendencias de incrementar o disminuir de la base al ápice, como también siendo irregular.

1. El contenido de humedad saturado fue de 100,24% con un comportamiento ascendente de base al ápice sin mostrar diferencia significativa; para el estado seco al aire fue de 16,12% con tendencia viceversa a la humedad saturada mostrando diferencia significativa.
2. Con respecto a la densidad saturada con 1,14 g/cm³, pero numéricamente variable, con mayor valor en el nivel medio; en cuanto a la densidad básica de 0,57 g/cm³ con tendencia de descendente con respecto al fuste; para la densidad anhidra de 0,65 g/cm³ donde disminuye de base al ápice mostrándose constante en los 2 últimos niveles; todas las densidades evaluadas no son estadísticamente diferentes.
3. La contracción radial fue de 4,11% donde numéricamente tiende a disminuir de base al ápice; la contracción tangencial de 10,18% con tendencia similar a la radial; la contracción longitudinal de 0,41% con un comportamiento irregular siendo menor en la base, en la contracción volumétrica de 12,11% teniendo una variabilidad descendente de base al ápice y la relación tangencial radial de 2,52 siendo ascendente con respecto al fuste, en cuestión de diferencias estadísticas solo se evidenció en la contracción tangencial y longitudinal.
4. Por las propiedades mostradas la especie de *M. minutiflora* cumple con los usos en construcción, postes, encofrados, puntales de mina, carpintería, parihuelas, etc.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- Realizar estudios en caracterización anatómica.
- Estudios en propiedades físicas con métodos no destructivos teniendo en cuenta la edad, calidad de sitio, época (verano e invierno).
- Realizar investigaciones de dichas propiedades de la especie provenientes de bosques y plantaciones tomando más secciones en el nivel longitudinal y radial.
- Estudios en sus propiedades químicas (extractivos, sílice porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina).
- Estudios para una caracterización tecnológica de *M. minutiflora* (trabajabilidad, secado, propiedades mecánicas, encolado, durabilidad, etc).
- Investigación en captura de carbono, poder calorífico, etc.
- Realizar estudios en propiedades físicas a mayor cantidad de árboles como muestra para un nivel de confianza mayor del 95%.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, A. (2009). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Huamanzamana (Jacaranda copaia (aubl.) D. Don.) procedente del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva—Tingo María*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Alarcón, A. E. (2019). *Efecto de los rasgos funcionales de especies forestales con las características edafológicas de un bosque andino del Ecuador*. [Tesis ingeniero, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio.<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15731>
- Aliaga, A. (2007). *Determinación de ph y capacidad buffer en tres niveles de altura del fuste de la especie Miconia barbeyana Cogniaux (paliperro)*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva.]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/662>
- Álvarez, E., Benítez, D., Velásquez, C., & Cogollo, Á. (2013). Densidad básica del fuste de árboles del bosque seco en la costa Caribe de Colombia. *Rev. Intropica*, 8(1), 17-18.
- Álvarez, E., & Lerda, F. E. (2011). Determinación experimental de la anisotropía, punto de saturación de las fibras y pesos específicos aparentes de la madera del híbrido *Pinus elliotii* var. *Elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* cultivada en Misiones. 6.
- Andrea, M., Laffitte, L., Andía, I., Rivera, S. M., Razquín, M., & Cuevas, A. (2015). Variabilidad de la madera de *Nothofagus alpina* de la cuenca Lácar, Patagonia Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114 (1), 1-7.
- Arango, B., Hoyos, J. F., & Vásquez, A. M. (2001). Variación de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* en arboles de siete años de edad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54(1). 1275-1284.
- Arechaga, H. (2009). *Determinación de las propiedades físicas en el fuste y ramas de la especie Carahuasca (Gutteria hyposericea Diels) en Tingo María*. [Tesis ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/639>
- Aróstegui, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas (Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y de Fauna, documento de trabajo. 2).
- Aróstegui, A., Gonzáles, V., & Sato, A. (sf). Propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt. *Revista Forestal del Perú*, 10(1-2), 1-86.

- Ávila, L. E., & Herrera, M. A. (2012). Efecto de los extraíbles en tres propiedades físicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum* procedente de Michoacán, México. *Bosque (Valdivia)*, 33(2), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000200013>
- Baluarte, J., & Arrostegui, A. (1991). Usos probables de las maderas de 20 especies del departamento de Loreto. *Folia Amazónica*, 3 (1).59-79
- Bárcenas, G. M. (1995). Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. *Madera y Bosques*, 1(1), 9-38.
- Bárcenas, G. M., Ortega, F., Ángeles, G., & Ronzón, P. (2005). Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. *Universidad y Ciencia*, 21(42), 45.
- Barra, I. J. (2016). *Determinación de propiedades termofísicas de madera Pinus radiata impregnada con material de cambio de fase*. [Tesis de ingeniero, Universidad del Bío Bío]. Repositorio Bio Bio. <http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2322>
- Barreto, E., & Arbaiza, C. (2011). Manual de Diseño y Fabricación de Vigas Compuestas en Madera (p. 138) [Manual]. Centro de Innovación Tecnológica de la Madera.
- Bhat, K. M., Priya, P. B., & Rugmini, P. (2001). Caracterización de madera juvenil en teca. *Ciencia y tecnología de la madera*, 34(1), 517-532.
- Blanco, J., Fernando, P., Tarcisio, J., Gherardi, P. R., & Moreira, J. R. (2014). Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L. f. Plantada en Brasil. *Madera y Bosques*, 20(1), 11-20.
- Böthig, S. (2003). Densidad, Dureza y Color de *Eucalyptus grandis* de Uruguay (Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003) N° 5; p. 27. Proyecto LATU-JICA.
- Bravo, P. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de Dialium guianense (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
- Cáceres, E. (2016). *Caracterización físico-mecánica de la madera de Paulownia elongata* [Tesis de Máster, Universidad de Valladolid.]. Repositorio Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18787>
- Campero Sánchez, G. (2012). Estudio hidrológico provincia de Leoncio Prado (p. 121). <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4602/ANA0003105.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Campos, A., Cubillos, G. O., Morales, F., Pastene, A., Poblete, H., & Rodríguez, S. K. (1990). Informe Técnico 122: Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. [Segunda parte: Aptitud para pulpa y papel de las especies madereras aromo australiano, sequoia y renoval de raulí].
- Cárdenas, A. A. (2012). *Determinación de las propiedades físicas en diferentes niveles del fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita C. Martius) en Tingo María*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/540>
- Carlos Vela, J. (2013). *Efectos del secado natural de la especie forestal paliperro (Miconia barbeyana cogniaux) bajo tinglado, mediante el sistema de apilado triangular y caballete en la zona de Tingo María*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/598>
- Casas, L. F. (2013). *Variación de biomasa aérea y densidad de madera en bosques de tierras bajas con planos de inundación de aguas negras y aguas blancas*. [Tesis de maestría, Universidad de los Ande] Repositorio UNIANDÉS. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/12047>
- Centeno, J. D. (2017). *Propiedades físicas de la especie Cariniana decandra Ducke en dos tipos de bosque provenientes de los distritos de Tambopata y las Piedras de la provincia de Tambopata- región Madre de Dios*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio UNAMAD. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/281>
- Centeno, V. (2003). *Determinación de biomasa aérea de la especie Miconia barbeyana Cogniaux «paliperro» en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Unas. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/678>
- Chumbimune, S. Y. (2017). *Caracterización anatómica y propiedades físicas de la madera de Ulcumano (Retrophyllum rospigliosii) de una plantación de 32 años asociada con café en Villa Rica, Perú*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria la Molina].
- CITEmadera. (2009). Guía de Contenidos “Técnicas de Secado de la Madera” (p. 65) [Guía]. Centro de Innovación Tecnológico de la Madera.
- CITEmadera. (2017a). “Desarrollo de la tecnología de secado para especies reforestadas, nativas y de rápido crecimiento, con potencial e incremental valor comercial hacia un aseguramiento de la calidad, rentabilidad y competitividad de las industrias y el bosque”

- (p. 32) [Memoria descriptiva]. Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera.
- CITEmadera. (2017b). Memoria descriptiva del mapa de contenido de humedad de equilibrio para la madera en el Perú (p. 77). Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera.
- Cobas, A. C., Area, M. C., & Monteoliva, S. (2014). Patrones de variación de la densidad de la madera y morfometría celular de *Salix babylonica* para la determinación de la edad de transición entre madera juvenil y madura. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(3), 343-354.
- Cobas, A. C., & Monteoliva, S. E. (2018). Duramen y propiedades físicas de la madera de *Robinia pseudoacacia* en relación a su potencial uso en la industria de la madera sólida. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 117 (1), 127-131.
- Córdoba, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Kurú: Revista Forestal*, 2 (5), 1-5.
- Cruz, J. (2011). Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera (p. 50). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Dávila, V. P. (2020). *Propiedades físicas básicas de la madera de Pterygota amazónica LO Williams ex Dorr (paujil ruro) y su variabilidad en los tres niveles longitudinales del fuste, proveniente de la sub cuenca Shahuanya – distrito de Masisea – provincia de Coronel Portillo—Departamento de Ucayali* [Tesis ingeniero. Forestal, Universidad Nacional de Ucayali.] Repositorio UNU.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4214>
- De la Mata, J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas*. [Tesis de ingeniero, Universidad Politécnica de Madrid].
- Díaz, A., Huaynay, J., Aylas, A., & Paucar, J. (2019). Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992019000200005&script=sci_arttext
- Díaz, N. (2020). *Estimación de la fijación de carbono en un bosque de transición en la microcuenca Arroyohondo*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio UAO. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/12376>
- Díaz, P. P. (2005). *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de Nothofagus gluca (Hualo) provenientes de la zona de Cauquenes*. [Tesis de ingeniero, Universidad de Talca].

- Downs, G. (2000). Estudio tecnológico de la madera de *Gmelina arborea* roxb., proveniente de plantaciones jóvenes del estado de Campeche. <http://files.departamento-de-productosforest.webnode.es/20000077147619485b9/Downs%20Rocha%20Gregorio%202003.pdf>
- Encinas, O., & Briceño, I. (2010). Efecto del contenido de humedad en la madera de pino caribe para embalajes, sometida a tratamiento térmico, NIMF 15. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1), 7.
- Fernández, J. I., Díez, M. R., Baonza, M. V., Gutiérrez, A., Hermoso, E., Conde, M., & Van den Eynde, V. (2001). Caracterización de la calidad y las propiedades de la madera de Pino Laricio (*Pinus nigra* Arn. Salzmannii). *Forest system*, 10(2), 311-332.
- Fuentes, F., Guadalupe, J., & Suárez, E. (2012). Caracterización tecnológica de las especies de madera (Cap. 3; Caracterización Tecnológica de las Especies de Madera, p. 226). Universidad de Guadalajara.
- Gamez, J. (2009). *Evaluación de las características físicas del Calycophyllum spruceanum (Benth) Hooker f. Ex Chuman «capirona» a tres niveles del fuste, en la zona de Tingo María-Perú*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/708>
- Ganzhi, J. O. (2006). *Estudio anatómico de las especies arbóreas del bosque nublado de la estación científica San Francisco*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Loja] Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5188>
- García, L. C. (2008). *Durabilidad natural en maderas de Miconia barbeyana cogniaux, Jacaranda copaia (aubl.) D. Don y Schizolobium amazonicum (Huber) Ducke a la acción de los hongos Polyporus versicolor L. ex Fr y Heterobasidium annosum (fr.) Karst*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva.]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/672>
- Glass, S., & Zelinka, S. (2021). Moisture Relations and Physical Properties of Wood. En *Forest Products Laboratory, Wood handbook- Wood as an engineering material*, 24.
- Goche, J. R., Fuentes, M., Borja, A., & Ramírez, H. (2000). Variación de las propiedades físicas de la madera de un árbol de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *Veitchii*. *Revista Chapingo*, 6(1), 83-92.
- González, F. A. (2018). *Variación de la densidad básica de la madera y Módulo de Elasticidad en plantaciones jóvenes de Nothofagus alpina*. [Tesis de ingeniero, Universidad Austral de Chile]

- Guerrero, W. O. (2007). *Preservación con Sales CCB y CCA - C, Durabilidad Natural y Costos de Producción en la Fabricación de Postes con Dos Especies Forestales*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria la Molina.]
- Gutiérrez, M. E. (2016). *Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (Miconia Aspergillaris, Vallea Stipularis, Oreocallis Grandiflora) en el bosque Aguarongo*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11652>
- Herbario JBB en línea. (2021). Jardín Botánico José Celestino Mutis. Jardín Botánico de Bogotá. <http://herbario.jbb.gov.co/especimen/25111>
- Hernández, G., & Pinilla, J. C. (2009). Propiedades básicas asociadas a la madera de acacio (*Robinia pseudoacacia* (L. Locust), proveniente de la provincia de Linares. Maderas. Ciencia y tecnología, 11(1), 16 (3-18).
- Igartúa, D., & Monteoliva, S. (2009). Densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R. Br en relación con la altura de muestreo, el árbol y el sitio. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 18(1), 101-110.
- Igartúa, D. V., Monteoliva, S., & Piter, J. C. (2009). Estudio de algunas propiedades físicas de la madera de *Acacia melanoxylon* R. Br. En Argentina. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 11(1), 03-18. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2009000100001>
- Juela, T. (2015). *Caracterización de las propiedades físicas de la madera de Eucalyptus saligna Smith en la provincia de Loja*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10310>
- Maza, H., Valarezo, C., Ramiro, E., Villamagua, M., & Maza, B. (2014). Variación de propiedades físico-mecánicas en relación con la edad de cinco especies maderables de bosque secundario, de la sur amazonia ecuatoriana. *Bosques latitud cero*, (4),68-73.
- Mendoza, T. A. (2009). Propiedades y uso potencial para madera de Santa María procedente de plantaciones jóvenes. *Revista Técnico Científica*, 21(2), 59-88.
- Moscoso, J., Pérez, R., & Ugarte, J. (2013). Buenas Prácticas para el Secado de Madera en Hornos Convencionales (Serie 2 Competencias Básicas para la Producción Industrial de Madera, p. 79). [Guía de Contenidos]. Centro de Innovación Tecnológica de la Madera.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2016). Método para selección y colección de muestras. NTP 251.008. Lima, Perú. 18 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método para determinar el contenido de humedad. NTP 251.010. Lima, Perú. 19 p.

- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método de determinación de la densidad. NTP 251.011. Lima, Perú. 9 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2015). Método de determinación de la contracción. NTP 251.012. Lima, Perú. 9 p.
- Omonte, M., Sáez, K., Ananías, R. A., & Valenzuela, L. (2019). Variación del contenido de humedad verde y de la densidad básica de la madera en árboles de *Eucalyptus nitens* con dimensiones aserrables. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 21(3), 413-424.
- Pazos, G. M. (1995). Caracterización tecnológica de veinte Especies maderables de la Selva Lacandona. *Madera y Bosques*, 1(1), 9-38. <https://doi.org/10.21829/myb.1995.111400>
- Pereyra, O., & Gelid, M. (2003). Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de Misiones y norte de Corrientes. *FLORESTA*, 33(1), 3-19. <https://doi.org/10.5380/rf.v33i1.2308>
- Pérez, N., Valenzuela, L., Diaz, J. E., & Ananías, R. A. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 13(3), 253-266. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2011000300002>
- Perpiñan, E., & Pietrarello, L. (1992). Variabilidad de la densidad y la contracción volumétrica de la madera de *Prosopis*. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 1(2), 223-231.
- PromPerú. (2004). Proyecto «Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior» (p. 80). Comisión para la Promoción de Exportaciones. <https://repositorio.promperu.gob.pe/handle/123456789/2909>
- Puchaicela, C. A. (2013). *Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del Cantón Zamora*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Loja.]. Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5218>
- Riesco, G., & Rodríguez, A. M. (2010). Propiedades físicas de la madera de ejemplares jóvenes de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Recursos Rurais*, (6), 15-21.
- Rivero, J., & Moya, R. (2006). Propiedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia. *Kurú: Revista Forestal*, 3(9), 14.
- Rodríguez, F., & Villasante, A. (1998a). Factores de contracción de la madera. *Boletín de información técnica* 191, 4.
- Rodríguez, F., & Villasante, A. M. (1998b). *Pinus Uncinata* del Pirineo de Lleida: Factores de contracción de la madera. *Boletín de información técnica AITIM*, 191, 4.

- Roldan, J. M. (2014). *Influencia de la humedad y densidad en la dureza como propiedad físico-mecánica de la madera*. [Tesis de master, Universidad de Valladolid]. Repositorio UVA. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/5822>
- Romero, J. C. (2019). *Caracterización dendroecológica, anatómica y física de la madera juvenil de Araucaria angustifolia proveniente de Oxapampa*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4293>
- Romo, J. D. (2016). *Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (Shiripe-Myrsine dependens, Rañas-Viburnum triphyllum, Yugyug-Miconia theaezans) en el bosque Aguarongo*. [Tesis de ingeniero, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11653>
- Salazar, E. (2016). Influencia de altas densidades de plantación en el poder calorífico y propiedades físicas de la madera para la especie *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. Kurú: Revista Foresta, 13(30), 6.
- Salinas, B. (2019). *Caracterización anatómica de la madera de cinco especies comerciales del sector la colonia Simón Bolívar, cantón Santa Clara, provincia de Pastaza*. [Tesis de ingeniero, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10377>
- Salvador, M. I., & Saavedra, M. (2007). Posibilidades de uso de la madera de *Miconia at Dolichorrhyncha nuadin* (rifari) de Pucallpa. Universidad de Ucayali, 3(1), 107.
- Serrano, R. (2005). Influencia del apartamiento de la zona juvenil y el encolado en verde obre la calidad de la madera de cuatro especies forestales de plantación. Kurú: Revista Forestal, 2(4), 14.
- Sotomayor, J. R., García, L. J., Moya, C. E., & Olgún, J. B. (2010). Higroscopía y anisotropía de la madera de *Pinus michoacana*, *Pinus douglasiana* y *Pinus pringlei*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 6(3), 32.
- Sotomayor, J. R., & Ramírez, M. (2013). Densidad y características higroscópicas de maderas mexicanas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 9(3), 30.
- Suirezs, T. M., & Berger, G. (2009). Descripción de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universitaria de Misiones.
- Tenorio, C. (2011). *Factores de variación del contenido de humedad, color y defectos en la madera de Acacia mangium (Willd) antes y después del secado*. [Tesis de ingeniero, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5773>

- Ugarte, J., & Stoffler, K.-H. (2017). Manual para Operadores de Secadores Convencionales para Madera (p. 76). Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera.
- UNAS, (Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María). (2020). Informe de datos meteorológicos, gabinete de meteorología y climatología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Vásquez, J. M. (2006). *Durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal Miconia barbeyana cogniaux (paliperro) a la acción del hongo Ganoderma applanatum*. [Tesis ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/698>
- Vignote, S., & Martínez, I. (2006). Tecnología de la madera: Vol. 3 edición (Mundi-Prensa).
- Vittoria, M. (2010). La madera: De su conocimiento a su conservación. Gente Común.
- Von, A., Andrés, R., & Alcides, M. (2007). Densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L. Marion en función de la densidad arbórea del rodal, altura y posición transversal en el fuste. 9.
- Winck, R. A., Fassola, H. E., Tomazello, M. F., & Area, M. C. (2012). Caso de estudio: Ángulo microfibrilar y su relación con la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L. con manejo silvopastoril. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 9(11), 10.
- Woodcock, D. (2000). Gravedad específica de la madera de árboles y tipos de bosques en el sur de la Amazonía peruana. (acta N° 30; p. 11). Universidad de Hawaii.
- Zelada, H. (2018). *Área foliar y densidad básica en ramas de especies arbóreas en gradientes altitudinales de un bosque húmedo tropical en Huánuco*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3576>

ANEXO

Tabla 5. Contenido de humedad saturado en los 10 árboles de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 107,28 | 91,23 | 83,19 | 103,32 | 95,65 | 88,98 | 107,17 | 99,16 | 92,91 | 86,64 |
| Medio | 118,31 | 93,66 | 86,17 | 106,32 | 101,10 | 100,25 | 117,05 | 111,35 | 102,68 | 91,27 |
| Ápice | 111,73 | 92,47 | 91,43 | 107,67 | 102,30 | 96,08 | 117,11 | 109,10 | 100,82 | 94,81 |

Fuente: Propia

Tabla 6. Contenido de humedad seca al aire de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 16,03 | 16,80 | 16,58 | 16,04 | 16,17 | 16,54 | 16,25 | 16,37 | 16,63 | 16,15 |
| Medio | 15,58 | 16,34 | 16,24 | 15,83 | 15,99 | 16,04 | 15,82 | 16,03 | 16,27 | 15,85 |
| Ápice | 15,70 | 16,01 | 14,34 | 15,89 | 16,00 | 16,18 | 15,78 | 16,16 | 16,20 | 15,70 |

Fuente: Propia

Tabla 7. Densidad saturada de la especie de *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 1,11 | 1,17 | 1,17 | 1,14 | 1,13 | 1,15 | 1,12 | 1,12 | 1,11 | 1,12 |
| Medio | 1,13 | 1,17 | 1,18 | 1,15 | 1,14 | 1,16 | 1,13 | 1,14 | 1,15 | 1,15 |
| Ápice | 1,14 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,13 | 1,15 | 1,11 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |

Fuente: Propia

Tabla 8. Densidad anhidra de la especie de *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 0,62 | 0,69 | 0,73 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,70 |
| Medio | 0,59 | 0,69 | 0,72 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,69 |
| Ápice | 0,61 | 0,69 | 0,68 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 |

Fuente: Propia

Tabla 9. Densidad básica de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 0,54 | 0,61 | 0,64 | 0,56 | 0,58 | 0,61 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,60 |
| Medio | 0,52 | 0,60 | 0,63 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,52 | 0,54 | 0,57 | 0,60 |
| Ápice | 0,54 | 0,60 | 0,60 | 0,54 | 0,56 | 0,59 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,58 |

Fuente: Propia

Tabla 10. Contracción tangencial de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 10,81 | 10,05 | 11,09 | 9,67 | 9,94 | 10,16 | 10,79 | 10,57 | 10,19 | 10,90 |
| Medio | 10,72 | 11,85 | 10,81 | 10,30 | 9,69 | 10,31 | 10,04 | 10,09 | 9,35 | 10,98 |
| Ápice | 9,47 | 10,53 | 9,77 | 9,32 | 9,77 | 9,50 | 9,81 | 9,45 | 9,44 | 9,88 |

Fuente: Propia

Tabla 11. Contracción radial de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 4,33 | 3,97 | 4,19 | 5,98 | 4,06 | 3,84 | 4,29 | 3,96 | 3,84 | 4,95 |
| Medio | 4,76 | 4,16 | 4,22 | 4,18 | 3,82 | 3,57 | 4,27 | 4,08 | 3,82 | 5,61 |
| Ápice | 4,81 | 4,46 | 3,65 | 3,66 | 3,46 | 3,59 | 3,85 | 3,71 | 3,60 | 4,26 |

Fuente: Propia

Tabla 12. Contracción longitudinal de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 0,38 | 0,55 | 0,22 | 0,23 | 0,36 | 0,18 | 0,44 | 0,44 | 0,32 | 0,21 |
| Medio | 0,43 | 0,47 | 0,42 | 0,48 | 0,67 | 0,36 | 0,40 | 0,71 | 0,29 | 0,39 |
| Ápice | 0,45 | 0,27 | 0,50 | 0,46 | 0,67 | 0,38 | 0,53 | 0,44 | 0,36 | 0,29 |

Fuente: Propia

Tabla 13. Contracción volumétrica de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 13,29 | 11,39 | 12,64 | 11,67 | 11,83 | 11,96 | 12,64 | 12,51 | 12,35 | 13,42 |
| Medio | 12,25 | 12,74 | 12,24 | 12,29 | 11,51 | 11,63 | 9,66 | 11,91 | 11,95 | 13,33 |
| Ápice | 11,26 | 13,52 | 11,83 | 11,23 | 11,22 | 11,46 | 11,33 | 11,40 | 11,79 | 11,81 |

Fuente: Propia

Tabla 14. Relación tangencial radial de la especie *M. minutiflora*

| Niveles de altura | Repeticiones | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Base | 2,50 | 2,54 | 2,66 | 2,09 | 2,46 | 2,67 | 2,51 | 2,68 | 2,66 | 2,21 |
| Medio | 2,28 | 2,89 | 2,59 | 2,54 | 2,54 | 2,89 | 2,39 | 2,50 | 2,45 | 1,98 |
| Ápice | 2,12 | 2,38 | 2,68 | 2,56 | 3,00 | 2,64 | 2,55 | 2,58 | 2,63 | 2,32 |

Fuente: Propia

Tabla 15. Pesos y contenido de humedad registrado en probetas de *M. minutiflora*

| Árbol | CÓDIGO | | | Peso húmedo(g) | Peso seco al aire (g) | Peso anhidro (g) | CH seco al aire (%) | CH saturado (%) |
|-------|--------|-------------|------------|----------------|-----------------------|------------------|---------------------|-----------------|
| | NIVEL | ORIENTACIÓN | REPETICIÓN | | | | | |
| 1 | B | N | 1 | 79,92 | 45,51 | 39,23 | 16,01 | 103,72 |
| | B | N | 2 | 80,91 | 45,68 | 39,45 | 15,79 | 105,10 |
| | B | S | 1 | 79,06 | 43,83 | 37,71 | 16,23 | 109,65 |
| | B | S | 2 | 79,92 | 44,04 | 37,94 | 16,08 | 110,65 |
| | M | N | 1 | 81,24 | 43,76 | 37,87 | 15,55 | 114,52 |
| | M | N | 2 | 81,50 | 44,18 | 38,21 | 15,62 | 113,29 |
| | M | S | 1 | 80,60 | 41,66 | 36,06 | 15,53 | 123,52 |
| | M | S | 2 | 80,39 | 41,88 | 36,23 | 15,59 | 121,89 |
| | A | N | 1 | 80,79 | 44,37 | 38,35 | 15,70 | 110,66 |
| | A | N | 2 | 80,08 | 45,07 | 38,95 | 15,71 | 105,60 |
| | A | S | 1 | 81,03 | 44,14 | 38,06 | 15,97 | 112,90 |
| | A | S | 2 | 81,73 | 43,32 | 37,53 | 15,43 | 117,77 |
| 2 | B | N | 1 | 83,20 | 51,21 | 43,80 | 16,92 | 89,95 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | B | N | 2 | 84,22 | 50,75 | 43,57 | 16,48 | 93,30 |
| | B | S | 1 | 81,97 | 50,30 | 43,03 | 16,90 | 90,50 |
| | B | S | 2 | 82,21 | 50,27 | 43,00 | 16,91 | 91,19 |
| | M | N | 1 | 83,48 | 50,23 | 43,24 | 16,17 | 93,06 |
| | M | N | 2 | 82,43 | 50,61 | 43,50 | 16,34 | 89,49 |
| | M | S | 1 | 82,54 | 49,48 | 42,50 | 16,42 | 94,21 |
| | M | S | 2 | 84,38 | 49,64 | 42,64 | 16,42 | 97,89 |
| | A | N | 1 | 83,07 | 50,70 | 43,82 | 15,70 | 89,57 |
| | A | N | 2 | 82,79 | 50,17 | 43,27 | 15,95 | 91,33 |
| | A | S | 1 | 82,01 | 49,67 | 42,73 | 16,24 | 91,93 |
| | A | S | 2 | 83,36 | 49,14 | 42,30 | 16,17 | 97,07 |
| 3 | B | N | 1 | 84,94 | 53,93 | 46,36 | 16,33 | 83,22 |
| | B | N | 2 | 83,99 | 53,93 | 46,30 | 16,48 | 81,40 |
| | B | S | 1 | 84,52 | 53,12 | 45,51 | 16,72 | 85,72 |
| | B | S | 2 | 83,87 | 53,70 | 45,98 | 16,79 | 82,41 |
| | M | N | 1 | 84,95 | 53,35 | 45,91 | 16,21 | 85,04 |
| | M | N | 2 | 84,37 | 53,80 | 46,25 | 16,32 | 82,42 |
| | M | S | 1 | 81,69 | 50,16 | 43,19 | 16,14 | 89,14 |
| | M | S | 2 | 83,51 | 51,64 | 44,40 | 16,31 | 88,09 |
| | A | N | 1 | 81,69 | 49,99 | 45,93 | 8,84 | 77,86 |
| | A | N | 2 | 82,54 | 49,76 | 42,84 | 16,15 | 92,67 |
| | A | S | 1 | 81,24 | 47,55 | 40,90 | 16,26 | 98,63 |
| A | S | 2 | 82,51 | 48,75 | 41,98 | 16,13 | 96,55 | |
| 4 | B | N | 1 | 81,89 | 46,96 | 40,48 | 16,01 | 102,30 |
| | B | N | 2 | 80,93 | 46,72 | 40,26 | 16,05 | 101,02 |
| | B | S | 1 | 79,78 | 45,02 | 38,82 | 15,97 | 105,51 |
| | B | S | 2 | 80,07 | 45,48 | 39,16 | 16,14 | 104,47 |
| | M | N | 1 | 80,75 | 45,73 | 39,55 | 15,63 | 104,17 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| | M | N | 2 | 81,78 | 46,00 | 39,76 | 15,69 | 105,68 |
| | M | S | 1 | 80,80 | 45,27 | 39,02 | 16,02 | 107,07 |
| | M | S | 2 | 82,43 | 45,88 | 39,56 | 15,98 | 108,37 |
| | A | N | 1 | 80,18 | 44,37 | 38,18 | 16,21 | 110,01 |
| | A | N | 2 | 80,57 | 46,85 | 40,46 | 15,79 | 99,13 |
| | A | S | 1 | 79,97 | 44,11 | 38,11 | 15,74 | 109,84 |
| | A | S | 2 | 80,53 | 44,06 | 38,04 | 15,83 | 111,70 |
| 5 | B | N | 1 | 81,70 | 50,29 | 43,22 | 16,36 | 89,03 |
| | B | N | 2 | 82,50 | 50,03 | 43,04 | 16,24 | 91,68 |
| | B | S | 1 | 80,16 | 46,41 | 40,00 | 16,03 | 100,40 |
| | B | S | 2 | 80,23 | 46,21 | 39,82 | 16,05 | 101,48 |
| | M | N | 1 | 82,45 | 48,87 | 42,08 | 16,14 | 95,94 |
| | M | N | 2 | 82,36 | 47,06 | 40,60 | 15,91 | 102,86 |
| | M | S | 1 | 80,82 | 46,35 | 39,97 | 15,96 | 102,20 |
| | M | S | 2 | 81,32 | 46,36 | 39,98 | 15,96 | 103,40 |
| | A | N | 1 | 80,26 | 45,57 | 39,33 | 15,87 | 104,07 |
| | A | N | 2 | 79,92 | 46,03 | 39,66 | 16,06 | 101,51 |
| | A | S | 1 | 78,18 | 44,75 | 38,65 | 15,78 | 102,28 |
| | A | S | 2 | 80,30 | 46,38 | 39,88 | 16,30 | 101,35 |
| 6 | B | N | 1 | 81,47 | 49,07 | 42,16 | 16,39 | 93,24 |
| | B | N | 2 | 80,90 | 48,64 | 41,76 | 16,48 | 93,73 |
| | B | S | 1 | 82,66 | 52,65 | 45,13 | 16,66 | 83,16 |
| | B | S | 2 | 83,63 | 52,50 | 45,01 | 16,64 | 85,80 |
| | M | N | 1 | 82,32 | 47,81 | 41,26 | 15,87 | 99,52 |
| | M | N | 2 | 81,73 | 46,93 | 40,47 | 15,96 | 101,95 |
| | M | S | 1 | 82,57 | 47,53 | 40,96 | 16,04 | 101,59 |
| | M | S | 2 | 82,82 | 48,66 | 41,84 | 16,30 | 97,94 |
| | A | N | 1 | 82,50 | 49,75 | 42,82 | 16,18 | 92,67 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| | A | N | 2 | 80,56 | 47,54 | 40,95 | 16,09 | 96,73 |
| | A | S | 1 | 83,17 | 49,28 | 42,38 | 16,28 | 96,25 |
| | A | S | 2 | 82,53 | 48,25 | 41,54 | 16,15 | 98,68 |
| 7 | B | N | 1 | 81,66 | 47,03 | 40,36 | 16,53 | 102,33 |
| | B | N | 2 | 80,82 | 45,67 | 39,19 | 16,53 | 106,23 |
| | B | S | 1 | 80,20 | 44,44 | 38,27 | 16,12 | 109,56 |
| | B | S | 2 | 79,34 | 43,64 | 37,68 | 15,82 | 110,56 |
| | M | N | 1 | 81,15 | 42,75 | 36,91 | 15,82 | 119,86 |
| | M | N | 2 | 80,69 | 45,15 | 38,89 | 16,10 | 107,48 |
| | M | S | 1 | 80,09 | 42,37 | 36,60 | 15,77 | 118,83 |
| | M | S | 2 | 80,49 | 41,91 | 36,25 | 15,61 | 122,04 |
| | A | N | 1 | 80,15 | 42,85 | 37,02 | 15,75 | 116,50 |
| | A | N | 2 | 77,56 | 40,85 | 35,29 | 15,76 | 119,78 |
| | A | S | 1 | 80,45 | 42,97 | 37,13 | 15,73 | 116,67 |
| | A | S | 2 | 79,27 | 42,63 | 36,79 | 15,87 | 115,47 |
| 8 | B | N | 1 | 79,92 | 47,01 | 40,43 | 16,28 | 97,67 |
| | B | N | 2 | 80,20 | 46,76 | 40,25 | 16,17 | 99,25 |
| | B | S | 1 | 80,05 | 47,31 | 40,55 | 16,67 | 97,41 |
| | B | S | 2 | 79,76 | 45,88 | 39,43 | 16,36 | 102,28 |
| | M | N | 1 | 81,71 | 45,89 | 39,53 | 16,09 | 106,70 |
| | M | N | 2 | 80,87 | 44,68 | 38,51 | 16,02 | 110,00 |
| | M | S | 1 | 80,95 | 44,19 | 38,07 | 16,08 | 112,63 |
| | M | S | 2 | 81,78 | 43,88 | 37,85 | 15,93 | 116,06 |
| | A | N | 1 | 80,50 | 44,13 | 38,11 | 15,80 | 111,23 |
| | A | N | 2 | 81,35 | 45,05 | 38,85 | 15,96 | 109,40 |
| | A | S | 1 | 80,46 | 44,37 | 38,16 | 16,27 | 110,85 |
| 9 | A | S | 2 | 82,71 | 47,06 | 40,36 | 16,60 | 104,93 |
| | B | N | 1 | 80,24 | 50,57 | 43,30 | 16,79 | 85,31 |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | B | N | 2 | 79,16 | 46,83 | 40,23 | 16,41 | 96,77 |
| | B | S | 1 | 77,47 | 46,37 | 39,71 | 16,77 | 95,09 |
| | B | S | 2 | 79,37 | 47,57 | 40,81 | 16,56 | 94,49 |
| | M | N | 1 | 82,14 | 47,03 | 40,49 | 16,15 | 102,86 |
| | M | N | 2 | 82,27 | 46,43 | 39,88 | 16,42 | 106,29 |
| | M | S | 1 | 81,92 | 47,20 | 40,64 | 16,14 | 101,57 |
| | M | S | 2 | 81,96 | 47,68 | 40,98 | 16,35 | 100,00 |
| | A | N | 1 | 79,84 | 45,71 | 39,40 | 16,02 | 102,64 |
| | A | N | 2 | 80,54 | 46,80 | 40,25 | 16,27 | 100,10 |
| | A | S | 1 | 81,10 | 46,21 | 39,81 | 16,08 | 103,72 |
| | A | S | 2 | 82,26 | 48,65 | 41,79 | 16,42 | 96,84 |
| 10 | B | N | 1 | 79,62 | 49,25 | 42,37 | 16,24 | 87,92 |
| | B | N | 2 | 80,63 | 49,55 | 42,60 | 16,31 | 89,27 |
| | B | S | 1 | 78,48 | 49,70 | 42,81 | 16,09 | 83,32 |
| | B | S | 2 | 80,27 | 50,02 | 43,14 | 15,95 | 86,07 |
| | M | N | 1 | 82,15 | 50,87 | 43,74 | 16,30 | 87,81 |
| | M | N | 2 | 82,14 | 47,96 | 41,44 | 15,73 | 98,21 |
| | M | S | 1 | 81,82 | 50,64 | 43,76 | 15,72 | 86,97 |
| | M | S | 2 | 81,83 | 49,26 | 42,60 | 15,63 | 92,09 |
| | A | N | 1 | 78,92 | 48,09 | 41,62 | 15,55 | 89,62 |
| | A | N | 2 | 80,50 | 47,59 | 41,19 | 15,54 | 95,44 |
| | A | S | 1 | 81,46 | 47,71 | 41,17 | 15,89 | 97,86 |
| A | S | 2 | 81,74 | 48,24 | 41,64 | 15,85 | 96,30 | |

Tabla 16. Dimensiones y volumen en estado húmedo y anhidro de las probetas

| Árbol | CÓDIGO | | | Húmedo | | | | Anhidro | | | |
|-------|--------|-------------|------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | | | Dimensión Tangencial(mm) | Dimensión Radia (mm) | Dimensión Longitudinal(cm) | Volumen húmedo (cm ³) | Dimensión Tangencial(mm) | Dimensión Radial(mm) | Dimensión Longitudinal (mm) | Volumen anhidro cm ³) |
| | NIVEL | ORIENTACIÓN | REPETICIÓN | | | | | | | | |
| 1 | B | N | 1 | 26,50 | 26,67 | 10,29 | 72,66 | 23,91 | 25,53 | 10,25 | 62,21 |
| | B | N | 2 | 26,75 | 26,71 | 10,30 | 72,02 | 24,06 | 25,63 | 10,24 | 61,12 |
| | B | S | 1 | 26,72 | 26,58 | 10,26 | 70,98 | 24,05 | 25,44 | 10,24 | 62,52 |
| | B | S | 2 | 26,78 | 26,81 | 10,25 | 71,88 | 24,32 | 25,73 | 10,23 | 63,44 |
| | M | N | 1 | 26,98 | 26,97 | 10,26 | 71,78 | 24,47 | 25,80 | 10,20 | 62,99 |
| | M | N | 2 | 26,65 | 26,96 | 10,23 | 71,36 | 24,13 | 25,52 | 10,20 | 62,60 |
| | M | S | 1 | 27,09 | 26,94 | 10,24 | 71,72 | 24,30 | 25,73 | 10,19 | 63,22 |
| | M | S | 2 | 26,85 | 26,70 | 10,18 | 71,51 | 24,25 | 25,63 | 10,15 | 62,47 |
| | A | N | 1 | 26,68 | 26,74 | 10,25 | 71,21 | 24,28 | 25,80 | 10,19 | 62,99 |
| | A | N | 2 | 26,70 | 26,47 | 10,28 | 71,41 | 24,30 | 25,52 | 10,23 | 63,33 |
| | A | S | 1 | 26,73 | 27,07 | 10,17 | 71,49 | 24,51 | 25,74 | 10,12 | 63,07 |
| | A | S | 2 | 26,80 | 26,79 | 10,20 | 70,36 | 24,57 | 25,11 | 10,18 | 63,03 |
| 2 | B | N | 1 | 26,70 | 26,74 | 10,24 | 71,29 | 24,19 | 25,63 | 10,18 | 63,12 |
| | B | N | 2 | 26,75 | 26,91 | 10,29 | 72,34 | 24,29 | 25,84 | 10,21 | 63,99 |
| | B | S | 1 | 26,41 | 26,45 | 10,24 | 70,34 | 24,05 | 25,56 | 10,20 | 62,24 |
| | B | S | 2 | 26,73 | 26,52 | 10,20 | 70,55 | 24,32 | 25,52 | 10,15 | 62,77 |
| | M | N | 1 | 26,69 | 26,47 | 10,28 | 71,28 | 24,13 | 25,24 | 10,23 | 62,85 |
| | M | N | 2 | 26,69 | 26,59 | 10,26 | 71,33 | 24,13 | 25,68 | 10,20 | 62,98 |
| | M | S | 1 | 26,73 | 26,61 | 10,20 | 71,44 | 23,42 | 25,58 | 10,16 | 60,51 |
| | M | S | 2 | 26,72 | 26,69 | 10,24 | 71,26 | 23,85 | 25,61 | 10,19 | 62,63 |
| | A | N | 1 | 26,74 | 26,72 | 10,23 | 71,42 | 24,23 | 25,55 | 10,21 | 61,25 |
| | A | N | 2 | 26,76 | 26,72 | 10,28 | 70,74 | 24,36 | 25,61 | 10,26 | 63,64 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | S | 1 | 26,81 | 26,80 | 10,18 | 73,06 | 24,21 | 25,82 | 10,13 | 62,46 |
| | A | S | 2 | 26,71 | 26,85 | 10,26 | 71,80 | 24,02 | 25,55 | 10,22 | 60,82 |
| 3 | B | N | 1 | 26,72 | 26,80 | 10,26 | 72,23 | 24,00 | 25,62 | 10,25 | 63,01 |
| | B | N | 2 | 26,74 | 26,70 | 10,31 | 72,26 | 23,98 | 25,62 | 10,26 | 62,80 |
| | B | S | 1 | 26,80 | 26,89 | 10,22 | 72,44 | 24,21 | 25,92 | 10,21 | 63,51 |
| | B | S | 2 | 26,63 | 26,73 | 10,24 | 71,57 | 24,03 | 25,65 | 10,22 | 62,71 |
| | M | N | 1 | 26,81 | 26,75 | 10,28 | 71,89 | 24,16 | 25,66 | 10,24 | 63,06 |
| | M | N | 2 | 26,84 | 26,54 | 10,32 | 71,62 | 24,32 | 25,64 | 10,24 | 62,90 |
| | M | S | 1 | 26,47 | 26,55 | 10,27 | 70,34 | 23,85 | 25,46 | 10,26 | 61,76 |
| | M | S | 2 | 26,56 | 26,92 | 10,21 | 70,64 | 23,93 | 25,69 | 10,17 | 61,94 |
| | A | N | 1 | 26,47 | 26,67 | 10,27 | 71,10 | 24,18 | 25,68 | 10,24 | 62,96 |
| | A | N | 2 | 26,67 | 26,39 | 10,30 | 72,30 | 24,23 | 25,43 | 10,23 | 63,16 |
| | A | S | 1 | 26,79 | 26,91 | 10,26 | 71,92 | 24,48 | 26,05 | 10,19 | 63,63 |
| | A | S | 2 | 26,72 | 26,74 | 10,29 | 71,94 | 24,27 | 25,80 | 10,24 | 63,53 |
| | 4 | B | N | 1 | 26,62 | 26,66 | 10,29 | 71,37 | 24,31 | 23,73 | 10,26 |
| B | | N | 2 | 26,70 | 26,91 | 10,27 | 71,62 | 24,36 | 25,98 | 10,25 | 63,54 |
| B | | S | 1 | 26,67 | 26,70 | 10,20 | 70,34 | 24,26 | 25,72 | 10,19 | 61,92 |
| B | | S | 2 | 26,49 | 26,51 | 10,21 | 70,60 | 24,15 | 25,45 | 10,18 | 62,13 |
| M | | N | 1 | 26,45 | 26,69 | 10,26 | 71,06 | 24,15 | 25,79 | 10,21 | 63,27 |
| M | | N | 2 | 26,65 | 26,59 | 10,29 | 71,48 | 24,24 | 25,76 | 10,23 | 63,60 |
| M | | S | 1 | 26,60 | 26,40 | 10,19 | 70,59 | 23,97 | 25,08 | 10,15 | 60,96 |
| M | | S | 2 | 26,70 | 26,76 | 10,33 | 71,22 | 24,11 | 25,55 | 10,28 | 61,57 |
| A | | N | 1 | 26,57 | 26,64 | 10,17 | 70,86 | 24,40 | 25,82 | 10,13 | 63,18 |
| A | | N | 2 | 26,55 | 26,65 | 10,24 | 71,14 | 24,22 | 25,68 | 10,15 | 62,94 |
| A | | S | 1 | 26,87 | 26,86 | 10,19 | 71,86 | 24,58 | 25,82 | 10,16 | 63,81 |
| A | | S | 2 | 26,72 | 26,75 | 10,19 | 71,44 | 24,41 | 25,81 | 10,16 | 63,33 |
| 5 | B | N | 1 | 26,68 | 26,77 | 10,15 | 71,60 | 24,28 | 25,75 | 10,13 | 62,72 |
| | B | N | 2 | 26,68 | 26,76 | 10,26 | 72,00 | 24,22 | 25,62 | 10,19 | 63,10 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | B | S | 1 | 26,90 | 26,94 | 10,18 | 71,32 | 24,49 | 25,93 | 10,16 | 63,12 |
| | B | S | 2 | 26,57 | 26,76 | 10,21 | 71,22 | 24,18 | 25,77 | 10,16 | 63,34 |
| | M | N | 1 | 26,80 | 26,80 | 10,25 | 72,03 | 24,45 | 25,87 | 10,22 | 63,70 |
| | M | N | 2 | 26,82 | 26,77 | 10,32 | 72,05 | 24,38 | 25,71 | 10,23 | 63,81 |
| | M | S | 1 | 26,94 | 26,77 | 10,26 | 71,01 | 24,55 | 25,80 | 10,17 | 62,80 |
| | M | S | 2 | 26,52 | 26,85 | 10,22 | 71,40 | 24,24 | 25,87 | 10,17 | 63,21 |
| | A | N | 1 | 26,47 | 26,81 | 10,31 | 71,10 | 24,17 | 25,77 | 10,21 | 63,40 |
| | A | N | 2 | 26,71 | 26,42 | 10,19 | 70,55 | 24,02 | 25,81 | 10,14 | 62,95 |
| | A | S | 1 | 26,26 | 26,50 | 10,20 | 70,30 | 24,01 | 25,59 | 10,12 | 62,15 |
| | A | S | 2 | 26,39 | 26,79 | 10,11 | 70,37 | 24,21 | 25,79 | 10,07 | 62,15 |
| 6 | B | N | 1 | 26,63 | 26,83 | 10,18 | 71,40 | 24,13 | 25,66 | 10,17 | 62,69 |
| | B | N | 2 | 26,74 | 26,63 | 10,15 | 71,15 | 24,24 | 25,64 | 10,12 | 62,62 |
| | B | S | 1 | 26,81 | 26,80 | 10,16 | 71,63 | 24,39 | 25,92 | 10,15 | 63,17 |
| | B | S | 2 | 26,90 | 26,80 | 10,19 | 72,20 | 24,46 | 25,89 | 10,18 | 63,64 |
| | M | N | 1 | 26,61 | 26,68 | 10,24 | 71,22 | 24,12 | 25,71 | 10,21 | 63,04 |
| | M | N | 2 | 26,80 | 26,50 | 10,19 | 71,44 | 24,29 | 25,64 | 10,16 | 62,98 |
| | M | S | 1 | 26,80 | 26,66 | 10,18 | 71,33 | 24,23 | 25,68 | 10,15 | 63,04 |
| | M | S | 2 | 26,75 | 26,66 | 10,19 | 70,95 | 24,33 | 25,78 | 10,15 | 62,74 |
| | A | N | 1 | 26,47 | 26,68 | 10,26 | 71,44 | 24,19 | 25,76 | 10,22 | 63,48 |
| | A | N | 2 | 26,83 | 26,33 | 10,18 | 70,77 | 24,40 | 25,40 | 10,16 | 62,92 |
| | A | S | 1 | 26,26 | 26,89 | 10,19 | 71,84 | 24,06 | 26,00 | 10,15 | 62,90 |
| | A | S | 2 | 26,45 | 26,91 | 10,27 | 71,26 | 24,16 | 25,95 | 10,22 | 63,30 |
| 7 | B | N | 1 | 26,77 | 26,90 | 10,27 | 72,42 | 24,19 | 25,82 | 10,21 | 63,14 |
| | B | N | 2 | 26,92 | 26,83 | 10,27 | 72,34 | 24,31 | 25,71 | 10,23 | 63,34 |
| | B | S | 1 | 27,05 | 26,85 | 10,20 | 72,24 | 24,29 | 25,73 | 10,16 | 62,90 |
| | B | S | 2 | 26,75 | 26,82 | 10,18 | 71,75 | 24,24 | 25,70 | 10,15 | 62,86 |
| | M | N | 1 | 26,66 | 26,77 | 10,27 | 71,72 | 24,27 | 25,66 | 10,24 | 63,22 |
| | M | N | 2 | 26,68 | 26,51 | 10,20 | 71,34 | 24,15 | 25,60 | 10,15 | 62,78 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | M | S | 1 | 26,56 | 26,47 | 10,20 | 70,79 | 24,13 | 25,31 | 10,15 | 68,88 |
| | M | S | 2 | 26,70 | 26,74 | 10,21 | 71,57 | 24,32 | 25,56 | 10,18 | 62,92 |
| | A | N | 1 | 26,84 | 26,68 | 10,28 | 71,54 | 24,25 | 25,59 | 10,22 | 63,38 |
| | A | N | 2 | 26,48 | 26,50 | 10,25 | 70,55 | 24,15 | 25,56 | 10,19 | 62,53 |
| | A | S | 1 | 26,69 | 26,71 | 10,23 | 71,30 | 24,46 | 25,75 | 10,19 | 63,16 |
| | A | S | 2 | 27,05 | 26,60 | 10,22 | 71,34 | 24,64 | 25,64 | 10,15 | 63,40 |
| 8 | B | N | 1 | 26,54 | 26,64 | 10,21 | 71,22 | 24,01 | 25,58 | 10,16 | 61,51 |
| | B | N | 2 | 26,66 | 26,67 | 10,23 | 70,97 | 24,07 | 25,57 | 10,18 | 62,27 |
| | B | S | 1 | 26,75 | 26,72 | 10,23 | 71,54 | 24,20 | 25,78 | 10,19 | 62,94 |
| | B | S | 2 | 26,63 | 26,63 | 10,21 | 71,27 | 24,12 | 25,67 | 10,17 | 62,63 |
| | M | N | 1 | 26,85 | 26,77 | 10,26 | 71,50 | 24,31 | 25,67 | 10,19 | 62,56 |
| | M | N | 2 | 26,61 | 26,58 | 10,26 | 71,24 | 24,16 | 25,47 | 10,20 | 62,70 |
| | M | S | 1 | 26,74 | 26,43 | 10,26 | 71,56 | 24,35 | 25,33 | 10,16 | 63,23 |
| | M | S | 2 | 26,67 | 26,58 | 10,24 | 71,70 | 24,25 | 25,72 | 10,18 | 63,45 |
| | A | N | 1 | 26,79 | 26,96 | 10,19 | 71,27 | 24,40 | 25,80 | 10,13 | 63,24 |
| | A | N | 2 | 26,73 | 26,73 | 10,27 | 71,78 | 24,41 | 25,78 | 10,21 | 63,70 |
| | A | S | 1 | 26,60 | 26,06 | 10,22 | 70,65 | 24,19 | 25,19 | 10,21 | 63,60 |
| | A | S | 2 | 26,94 | 27,00 | 10,20 | 72,02 | 24,82 | 26,17 | 10,15 | 62,59 |
| 9 | B | N | 1 | 26,72 | 26,78 | 10,20 | 71,71 | 24,01 | 25,79 | 10,17 | 62,91 |
| | B | N | 2 | 26,58 | 26,95 | 10,19 | 71,43 | 24,02 | 25,85 | 10,18 | 62,75 |
| | B | S | 1 | 26,24 | 26,56 | 10,18 | 70,27 | 24,20 | 25,60 | 10,18 | 61,77 |
| | B | S | 2 | 26,33 | 26,33 | 10,25 | 70,36 | 23,86 | 25,44 | 10,17 | 61,31 |
| | M | N | 1 | 26,52 | 26,65 | 10,22 | 70,80 | 24,17 | 25,64 | 10,19 | 62,44 |
| | M | N | 2 | 26,85 | 26,83 | 10,21 | 72,51 | 24,55 | 25,81 | 10,20 | 63,83 |
| | M | S | 1 | 26,83 | 26,77 | 10,25 | 71,05 | 24,09 | 25,82 | 10,23 | 63,22 |
| | M | S | 2 | 26,23 | 26,49 | 10,20 | 72,29 | 24,53 | 25,56 | 10,16 | 62,90 |
| | A | N | 1 | 26,21 | 26,55 | 10,23 | 70,28 | 23,92 | 25,70 | 10,21 | 62,49 |
| | A | N | 2 | 26,52 | 26,66 | 10,18 | 70,79 | 24,51 | 25,75 | 10,14 | 63,01 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | S | 1 | 26,84 | 26,59 | 10,20 | 71,51 | 24,45 | 25,65 | 10,16 | 63,07 |
| | A | S | 2 | 26,75 | 26,70 | 10,14 | 71,88 | 24,28 | 25,71 | 10,09 | 62,33 |
| 10 | B | N | 1 | 26,73 | 26,64 | 10,19 | 71,40 | 24,11 | 25,39 | 10,17 | 62,36 |
| | B | N | 2 | 26,77 | 26,51 | 10,20 | 71,24 | 24,26 | 25,37 | 10,18 | 62,24 |
| | B | S | 1 | 26,44 | 26,55 | 10,20 | 70,66 | 23,88 | 25,28 | 10,17 | 60,21 |
| | B | S | 2 | 26,58 | 26,62 | 10,21 | 70,56 | 23,80 | 25,28 | 10,19 | 60,97 |
| | M | N | 1 | 26,58 | 26,74 | 10,24 | 71,85 | 23,88 | 25,51 | 10,21 | 62,56 |
| | M | N | 2 | 26,66 | 26,70 | 10,26 | 71,54 | 23,95 | 25,36 | 10,25 | 62,20 |
| | M | S | 1 | 26,67 | 26,80 | 10,20 | 71,19 | 24,20 | 25,26 | 10,13 | 61,43 |
| | M | S | 2 | 26,56 | 26,65 | 10,19 | 70,95 | 23,91 | 25,10 | 10,14 | 61,27 |
| | A | N | 1 | 26,63 | 26,71 | 10,18 | 70,57 | 24,20 | 25,57 | 10,16 | 62,26 |
| | A | N | 2 | 26,64 | 26,46 | 10,20 | 70,78 | 24,21 | 25,35 | 10,18 | 62,19 |
| | A | S | 1 | 26,59 | 26,76 | 10,17 | 71,23 | 24,32 | 25,71 | 10,14 | 63,08 |
| | A | S | 2 | 26,84 | 26,96 | 10,19 | 71,57 | 24,38 | 25,89 | 10,16 | 63,07 |



Universidad Nacional Agraria de la Selva
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales
 Cátedra de Ecología

C-009-2021-HTIN-FRNR-UNAS

CERTIFICADO

El que suscribe, profesor de Ecología con línea de investigación en Sistemática Vegetal, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, certifica que los especímenes colectados de los 10 árboles provenientes del caserío Macora, distrito Chinchao, perteneciente al proyecto de tesis “**VARIABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE “SHALLUCHE” (*Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC, MELASTOMATACEAE) PROVENIENTES DEL CASERÍO DE MACORA, CHINCHAO-HUÁNUCO**”, presentados por el Bach. DENY PIMENTEL VILLAR para su determinación pertenecen a la especie que se indica a continuación:

Reino: : Plantae
División: : Spermatophyta
Clase: : Magnoliopsida
Orden: : Myrtales
Familia: : Melastomataceae
Género: : Miconia
Especie: : *Miconia minutiflora* (Bonpl.) DC

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Tingo María, 2 de agosto del 2021



Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante
 Profesor Asociado
 Cátedra de Ecología
 Jefe (e) del Herbario HTIN-UNAS
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Universidad Nacional Agraria de la Selva

Imagen 2. Certificado de la identificación botánica

Panel Fotográfico



Imagen 3. Marcado del norte con pintura spray



Imagen 4. Tala de los árboles de *M. minutiflora*



Imagen 5. Medición de altura



Imagen 6. Obtención de tucos



Imagen 7. Codificación de los tucos



Imagen 8. Codificación de los tucos



Imagen 9. Habilitado con la garlopa



Imagen 10. Habilitado en sierra disco



Imagen 11. Habilitado en la cepilladora calibradora



Imagen 12. Verificación del jurado durante el habilitado

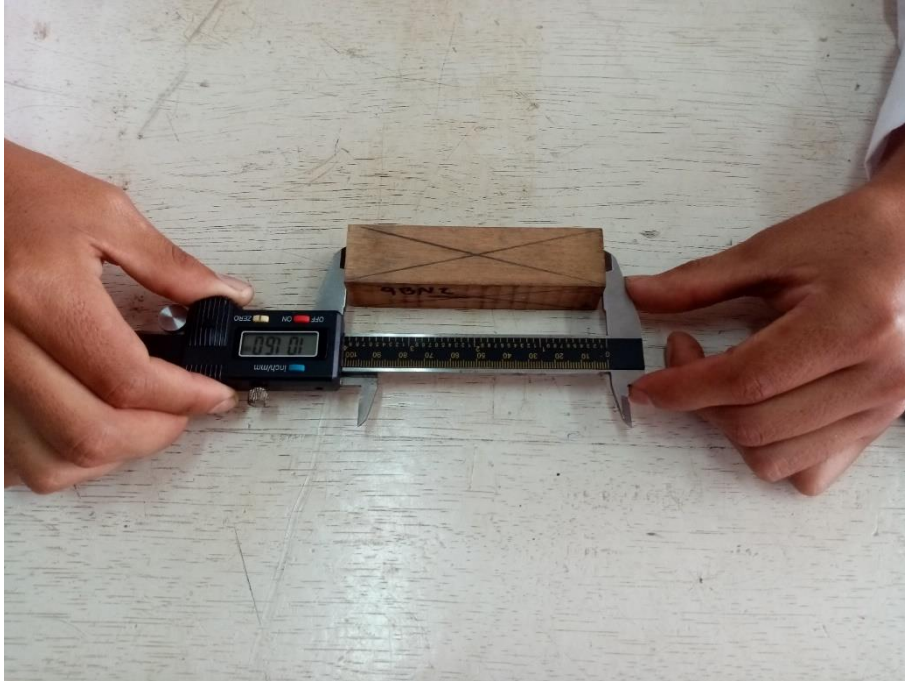


Imagen 13. Medición longitudinal con el vernier digital



Imagen 14. Medición del lado radial y tangencial con el micrómetro digital

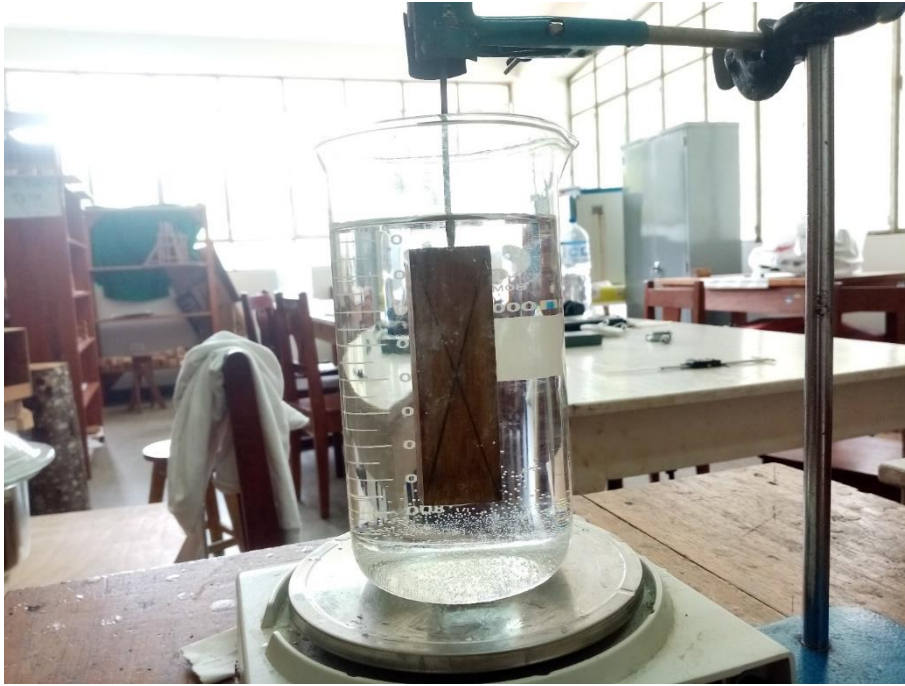


Imagen 15. Medición del lado radial y tangencial con el micrómetro digital



Imagen 16. Pesado de probetas en estado de saturado a estado anhidro



Imagen 17. Probetas en el desecador por 15 minutos