

Evaluación de las propiedades anatómicas, físicas y organolépticas del Gaque (*Clusia multiflora* K) de bosque húmedo montano y bosque seco premontano.

Gerson Andrés Meneses Padilla

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Herwin Ramiro Roa Caicedo

Esp. En Planeación Para La Educación Forestal

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería forestal

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Este proyecto es dedicado a mis padres, Alirio Meneses y Fidelia Padilla, gracias a su constante respaldo y compromiso, que han sido mi motivación para alcanzar este hito en mi vida.

A mis hermanos y amigos, que han acompañado mi trayecto, brindándome su apoyo y soporte durante este proceso de capacitación.

Gerson Andrés Meneses Padilla

Agradecimientos

A Dios, por brindarme la vida y el conocimiento necesario para realizar este trabajo y concluir mi trayectoria profesional.

A mis padres y hermanos, por su dedicación y respaldo ininterrumpido durante todo mi trayecto universitario.

A mi director, Herwin Ramiro Roa Caicedo, por su valiosa orientación y por transmitirme sus amplios conocimientos.

A los dueños de las propiedades donde se llevaron a cabo la recolección de datos y muestras, por permitirme ingresar a sus terrenos y realizar las tareas establecidas para la realización de este estudio.

Finalmente, agradezco a la Universidad Industrial de Santander por brindarme los medios y lugares, como los laboratorios, para llevar a cabo este proyecto, y por ser un componente crucial en mi educación académica, proporcionándome una educación de calidad.

Gerson Andrés Meneses Padilla

Tabla de Contenido

Introducción	14
1. Objetivos	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. Marco teórico	18
2.1 Descripción de la especie <i>C. multiflora</i> K	18
2.2 Características anatómicas	19
2.2.1 Anillos de crecimiento	19
2.2.2 Albura y duramen	19
2.2.3 Planos de los cortes.....	20
2.2.4 Vasos o poros	21
2.2.5 Parénquima axial.....	22
2.2.6 Fibras.....	23
2.2.7 Radios o parénquima radial	24
2.2.8 Placa de perforación.....	25
2.3 Propiedades físicas.....	25
2.3.1 Contenido de humedad	25
2.3.2 Densidad	25
2.3.3 Peso.....	25
2.4 Propiedades organolépticas.....	25

2.4.1	Textura	26
2.4.2	Grano.....	26
2.4.3	Color	26
2.4.4	Brillo	27
2.4.5	Gusto o sabor	27
2.4.6	Olor	27
2.4.7	Figuras o veteado	27
3.	Metodología	28
3.1	Área de estudio	28
3.2	Fase de campo.....	29
3.3	Fase de laboratorio.....	29
3.3.1	Propiedades microscópicas	29
3.3.2	Propiedades macroscópicas	30
3.3.3	Propiedades físicas.....	30
3.3.4	Propiedades organolépticas.....	35
3.4	Análisis estadístico.....	36
4.	Resultados	37
4.1	Propiedades anatómicas	37
4.2	Propiedades físicas.....	43
4.3	Propiedades organolépticas.....	51
5.	Discusión.....	52
6.	Conclusiones	53
7.	Recomendaciones	54

Referencias Bibliográficas 55

Apéndices..... 60

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de la densidad básica	32
Tabla 2. Calificación de la contracción volumétrica	34
Tabla 3. Calificación de la relación T/R	35
Tabla 4. Propiedades anatómicas del <i>C. multiflora</i> K en los tipos de bosque	41
Tabla 5. Propiedades físicas del <i>C. multiflora</i> K en los tipos de bosque	43
Tabla 6. Propiedades organolépticas del <i>C. multiflora</i> K en los tipos de bosque.....	51

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Cortes de la madera	21
Figura 2. Parénquima axial	23
Figura 3. Mapa de ubicación de zonas de muestreo	28
Figura 4. Planos microscópicos del <i>C. multiflora</i> K.....	37
Figura 5. Plano transversal del <i>C. multiflora</i> K de bosque seco premontano.....	37
Figura 6. Plano radial del <i>C. multiflora</i> K de bosque seco premontano	38
Figura 7. Plano tangencial del <i>C. multiflora</i> K de bosque seco premontano.....	38
Figura 8. Plano transversal del <i>C. multiflora</i> K de bosque húmedo montano	39
Figura 9. Plano radial del <i>C. multiflora</i> K de bosque húmedo montano	39
Figura 10. Plano tangencial del <i>C. multiflora</i> K de bosque húmedo montano	40
Figura 11. Planos macroscópicos del <i>C. multiflora</i> K en bosque seco premontano.....	40
Figura 12. Planos macroscópicos del <i>C. multiflora</i> K en bosque húmedo montano	40
Figura 13. Gráfica de diámetro medio de poros de <i>C. multiflora</i> K.....	42
Figura 14. Gráfica de porcentaje de duramen de <i>C. multiflora</i> K.....	43
Figura 15. Gráfica de comparación de pérdida de humedad del <i>C. multiflora</i> K.....	45
Figura 16. Gráfica de comparación de contenido de humedad del <i>C. multiflora</i> K.....	46
Figura 17. Gráfica de comparación de densidad en verde del <i>C. multiflora</i> K.....	46
Figura 18. Gráfica de comparación de densidad anhidra del <i>C. multiflora</i> K	47
Figura 19. Gráfica de comparación de densidad básica del <i>C. multiflora</i> K	47
Figura 20. Gráfica de comparación de contracción longitudinal del <i>C. multiflora</i> K	48

Figura 21. Gráfica de comparación de contracción tangencial del <i>C. multiflora</i> K	48
Figura 22. Gráfica de comparación de contracción radial del <i>C. multiflora</i> K.....	49
Figura 23. Gráfica de contracción volumétrica de <i>C. multiflora</i> K	49
Figura 24. Gráfica de porcentaje de porosidad de <i>C. multiflora</i> K.....	50
Figura 25. Gráfica de relación contracción tangencial-radial de <i>C. multiflora</i> K.....	50

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Recolección de muestras.....	60
Apéndice B. Dimensionado de las probetas	61
Apéndice C. Ablandamiento de probetas para evaluación de propiedades anatómicas	61
Apéndice D. Corte y tinción	62
Apéndice E. Insumos utilizados.....	62
Apéndice F. Fotografías y descripción de las propiedades anatómicas.....	63
Apéndice G. Medición de poros bs-PM y bh-M.....	63
Apéndice H. Proceso de medición para determinar las propiedades físicas.....	64
Apéndice I. Proceso de cálculo de propiedades físicas.....	65
Apéndice J. Cálculo para análisis ANOVA.....	66
Apéndice K. Identificación de propiedades organolépticas.....	66
Apéndice L. Formato para caracterización de propiedades organolépticas.....	67

Glosario

Fibra: se refiere a las células largas y delgadas del leño, que no se trate de los vasos vasculares o del parénquima. Célula de forma estrecha y alargada que constituye principalmente la madera.

Parénquima: es el tejido compuesto por células que suelen tener la forma de un ladrillo, con puntuaciones sencillas. En el leño, pueden surgir desde las primeras células fusiformes del cambium, seguidas de divisiones en sección transversal, o desde los radios principales.

Parénquima paratraqueal: este compuesto por el parénquima axial que se asocia a los elementos de los vasos o más elementos vasculares.

Placa de perforación: son perforaciones que están ubicadas en los vasos, las cuales permiten el acceso de agua entre vasos.

Radio multiseriado: está compuesto por dos o más células, las cuales están ubicadas a lo ancho tal como se aprecia en la sección tangencial.

Radio uniseriado: está compuesto por una sola célula, pudiéndose apreciar en el corte tangencial.

Tilosis: son resinas o exudados que han sufrido proceso de oxidación, se encuentran en las cavidades vasculares presentando un color amarillo.

Resumen

Título: Evaluación de las propiedades anatómicas, físicas y organolépticas del Gaque (*Clusia multiflora* K) de bosque húmedo montano y bosque seco premontano.*

Autor: Gerson Andres Meneses Padilla**

Palabras Clave: Contenido de humedad, Densidad de la madera, Parénquima radial, Porosidad.

Descripción: Los bosques húmedos y secos son ecosistemas significativos para la biodiversidad en Colombia y son responsables de importantes tareas en el ámbito ambiental, ya que en estos ecosistemas se encuentra la mayor diversidad de flora y fauna, dado que en estos bosques hay muchas especies arbóreas con importantes características como la regulación hídrica. No obstante, las intervenciones provocadas por las actividades antrópicas tienen consecuencias perjudiciales para el medio ambiente. La finalidad de este trabajo fue evaluar las propiedades anatómicas, físicas y organolépticas de la especie *C. multiflora* K y poder determinar si esta posee cualidades como la captación y retención de agua para la implementación de recuperación y conservación de fuentes hídricas. Para la realización de este trabajo se escogieron tres individuos de bosque seco premontano ubicados en la vereda Lagunetas del municipio de Molagavita y tres individuos de bosque húmedo montano en la vereda Pantano Hondo del municipio de Málaga Santander. Para las propiedades anatómicas se analizó principalmente el tipo de porosidad presente en la especie, parénquima, pared celular, placa de perforación. El análisis de las propiedades físicas se determinó contenido de humedad, densidad básica, contracción volumétrica, porcentaje de porosidad y relación tangencial/radial. En las organolépticas se observó color, textura, vetado, brillo, olor y dirección del grano; luego se compararon los datos entre los tipos de bosque. En los resultados obtenidos se observó que la especie de bosque húmedo montano presenta un mayor diámetro en sus poros, menor porcentaje de porosidad, menor contenido de humedad pero una mayor densidad básica. Aunque sea la misma especie trabajada presenta diferencias debido a la zona de vida en que este relaciona.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Especialista En Planeación Para La Educación Forestal

Abstract

Title: Evaluation of the anatomical, physical, and organoleptic properties of Gaque (*Clusia multiflora* K) from montane wet forest and premontane dry forest *

Autor(s): Gerson Andres Meneses Padilla **

Key Words: Moisture content, Porosity, Radial parenchyma, Wood density

Description: Wet and dry forests are significant ecosystems for biodiversity in Colombia and are responsible for important tasks in the environmental field, as these ecosystems contain the greatest diversity of flora and fauna, given that these forests have many tree species with important characteristics such as water regulation. However, the interventions caused by anthropogenic activities have detrimental consequences for the environment. The purpose of this work was to evaluate the anatomical, physical, and organoleptic properties of the species *C. multiflora* K and to determine if it possesses qualities such as water capture and retention for the implementation of recovery and conservation of water sources. For the completion of this work, three individuals from a premontane dry forest located in the Lagunetas neighborhood of the municipality of Molagavita and three individuals from a montane humid forest in the Pantano Hondo neighborhood of the municipality of Málaga Santander were chosen. For the anatomical properties, the analysis mainly focused on the type of porosity present in the species, parenchyma, cell wall, and perforation plate. The analysis of the physical properties determined moisture content, basic density, volumetric shrinkage, porosity percentage, and tangential/radial ratio. In the organoleptic analysis, color, texture, grain pattern, gloss, odor, and grain direction were observed; then the data were compared among the forest species. In the obtained results, it was observed that the montane humid forest species presents a larger diameter in its pores, a lower percentage of porosity, a lower moisture content, but a higher basic density. Although it is the same species studied, it presents differences due to the life zone it is associated with.

* Degree Work

*** Institute of Regional Projection and Distance Education. Forest Engineering Program Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Esp. En Planeación Para La Educación Forestal

Introducción

La madera es el producto más utilizado y solicitado por las personas debido a sus características únicas, como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010). La utilización adecuada de la madera estará determinada por sus propiedades anatómicas, físicas y organolépticas (Agila et al., 2018). Las propiedades de la madera tienden a cambiar según diversas condiciones ambientales y genéticas a las que fue sometido el árbol y que influyen en su densidad, determinando así su utilidad y apreciación (Interián-Ku et al., 2011). El entendimiento de estas características ayuda a promover un uso sostenible de los recursos naturales (Cartuche, 2022).

En este contexto, la especie *Clusia multiflora* Kunth cuenta con pocos estudios relacionados en cuanto a sus propiedades anatómicas, físicas y organolépticas y usos en relación a la conservación. En la región del trópico de las especies nativas carecen de información registrada, salvo reportes de morfología y ubicación mientras que la fisiología, características tecnológicas y ecológicas y las propiedades de la madera no presentan estudios en comparación a otras especies (Navarro et al., 2005).

Los bosques húmedos y secos de Colombia, particularmente los de la región de Santander, son ecosistemas clave para la biodiversidad en Colombia y son responsables de importantes funciones, como la regulación hídrica (Abud & Torres, 2016). No obstante, las intervenciones provocadas por las actividades antrópicas tienen efectos negativos perjudiciales para el medio ambiente, como la disminución de la riqueza biológica, la fragmentación de los hábitats y la alteración de los servicios ecosistémicos (Saldaña et al., 2021). Como muchos ecosistemas del mundo, los bosques secos ofrecen una variedad de bienes y servicios ecosistémicos a los humanos.

Estas ventajas provienen de los elementos que componen el bosque, entre ellos luz, agua, nutrientes, plantas, hongos y microbios (Balvanera, 2012).

Es vital, resaltar las ventajas que estos ecosistemas aportan a los seres vivos, la humanidad ha sobrevivido alimentándose de especies silvestres que se encuentran en muchos entornos desde el principio de los tiempos; los grupos humanos utilizan plantas y animales con fines sostenibles además de la explotación esporádica de bienes ambientales, la población ha sobreexplotado ciertos recursos en algunos lugares, lo que ha provocado el estado y extinción de especies forestales, estos procesos resultan de una falta de entendimiento sobre la estructura, organización y operación de los ecosistemas (Aguirre et al., 2018).

Según datos del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y otras fuentes, Santander tiene aproximadamente 500.000 hectáreas de bosque seco. Pero tenga en cuenta que esta cifra podría cambiar, así que para obtener la información más precisa, es crucial consultar fuentes actualizadas y especializadas. Cabe destacar que la deforestación y otros factores suponen una grave amenaza para los ecosistemas de bosque seco, por lo que su conservación es esencial para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrecen.

Cada año, se destruyen 11 millones de hectáreas de bosques a nivel global, lo que equivale a la pérdida de una hectárea cada cuatro segundos. La reducción se atribuye principalmente a la extracción de madera para destinaciones industriales y combustibles, así como a la deforestación provocada por la expansión de pastos, tierras de cultivo y el crecimiento urbano (Garay et al., 2008).

Una región necesita conocer las propiedades anatómicas de las maderas, además de sus características físicas y mecánicas, además de las ventajas científicas que las envuelven. Cada

familia, género o especie de árbol genera madera con atributos y usos adecuados, las cuales solo pueden ser establecidas de manera asertiva a través de la investigación (Chila et al., 2020).

Actualmente, en la provincia de García Rovira la especie *C. multiflora* K está siendo utilizada para cercas vivas ya que tiene una fácil reproducción por estacas, en cuanto a la madera y sus características se conoce muy poco, comúnmente no es utilizada para la elaboración de productos a base de madera.

Por otra parte, el gaque es semicaducifolia, de rápido crecimiento y requiere suelos profundos. Además, alimenta a la fauna relacionada, como insectos, aves y mamíferos, controla los márgenes hídricos, los recursos medicinales y el clima según lo mencionado por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y la Universidad de los Andes (JBBJCM & UniAndes, 2020).

Este trabajo tiene como objetivo profundizar en las características de la madera de *C. multiflora* K y su capacidad como recurso sustentable, con el objetivo de fomentar su preservación y empleo correcto en beneficio de los ecosistemas y las comunidades locales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades anatómicas, físicas y organolépticas del *C. multiflora* K de individuos de bosque húmedo montano y bosque seco premontano.

1.2 Objetivos Específicos

Analizar la composición anatómica macroscópica y microscópica de la especie *C. multiflora* K.

Determinar las propiedades físicas correspondientes al *C. multiflora* K.

Establecer las propiedades organolépticas correspondientes al *C. multiflora* K.

Comparar las propiedades físicas y anatómicas del *C. multiflora* K de varios individuos ubicados en las bosque húmedo montano alto y bosque seco premontano.

2. Marco teórico

2.1 Descripción de la especie *C. multiflora* K

Taxonomía según la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2023)

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Theales

Familia: Clusiaceae

Género: *Clusia*

Epíteto específico: *multiflora*

Autor: Kunth

En el área de investigación, la especie se conoce con el nombre de Gaque, mientras que en otros lugares se denomina Amay (Ecuador), Incienso (Panamá), Copey (Perú) y Cucharro (Venezuela) (Bonilla, 2002). La altitud registrada para la especie *C. multiflora* K es de 1580 m s. n. m., y su ubicación geográfica o distribución corresponde a la geomorfología de la región, según los datos de Vasquez et al. (2000).

Los individuos son árboles dioicos con exudado blanco que se torna amarillo al oxidarse y se conoce comúnmente como incienso (Red de árboles, 2023). Al final de la rama se hallan hojas sencillas opuestas decusadas y agrupadas; el peciolo es corto, acanalado y posee una base que abraza; la lámina foliar presenta una forma redondeada a obovada y mide 7,0–20,0 cm de longitud y 3,0–8,5 cm de espesor. Posee una base con estructuras curva, ápice cuneado, borde entero y una textura coriácea. Posee nerviación de pinada y nervaduras secundarias que se vinculan cerca de la

margen. El haz es oscuro y brillante, con un envés de color claro. La inflorescencia se forma en simas terminales y tiene un largo que oscila entre 4,0 y 6,0 cm. Las flores son vistosas, llenas de aroma y unisexuales. Su cáliz está formado por cuatro sépalos de longitud considerable y su corola cuenta con cuatro pétalos de longitud considerable de tonalidad amarilla pálida según la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO, 2006).

2.2 Características anatómicas

2.2.1 Anillos de crecimiento

Los anillos se conocen comúnmente como anillos de crecimiento anual, ya que cada año los árboles generan un nuevo anillo. También sirve para determinar si el árbol tuvo un crecimiento rápido cuando sus anillos son anchos y lento cuando sus anillos son angostos, varios autores determinan que el color de los anillos determina si el árbol tuvo en crecimiento en época de invierno o de verano (Giménez et al., 2005). El diámetro de los anillos puede encontrarse de mm hasta cm, todo esto está relacionado a la especie, edad del árbol, propiedades químicas del suelo, precipitaciones y muchos más factores.

2.2.2 Albura y duramen

La albura está formada por células vivas, transporta una gran cantidad de agua y sales en disolución, desde la raíz hasta las hojas; proporciona rigidez al tallo y actúa como reservorio de sustancias. En ciertos usos industriales, se elimina esta parte del fuste debido a su menor resistencia que el duramen (Rodríguez, 2020).

El duramen se considera biológicamente inactivo dado que simboliza la madurez y el envejecimiento de la planta. En este proceso, las células más internas del xilema pierden su función, fallando las células vivas del parénquima y generándose cambios químicos en esa sección de la madera (Rodríguez, 2020).

2.2.3 *Planos de los cortes*

Las propiedades anatómicas macroscópicas de la madera se detallan en tres planos las cuales son: transversal (perpendicular al eje de la rama o tronco), radial (atraviesa el eje y un radio de la rama o tronco) y tangencial (paralela a un plano que se encuentra tangente al tronco o al anillo de crecimiento) conforme lo mencionado por la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (AITIM, 2014).

Durante el crecimiento, los árboles cambian sus características anatómicas para adaptarse al estrés fisiológico e hídrico, lo que asegura la supervivencia y evolución de la especie (Moya & Tomazello, 2008).

Las propiedades anatómicas de la madera permiten establecer usos potenciales, como las fibras entrecruzadas (Interián-Ku et al., 2011), sin embargo, su trabajabilidad será compleja, que se emplearían como vigas interiores, el número y dimensiones de los poros muestra la adaptación, así como, una alta cantidad de poros pequeños da como resultado que es una especie apta para zonas secas (Montaño et al., 2013).

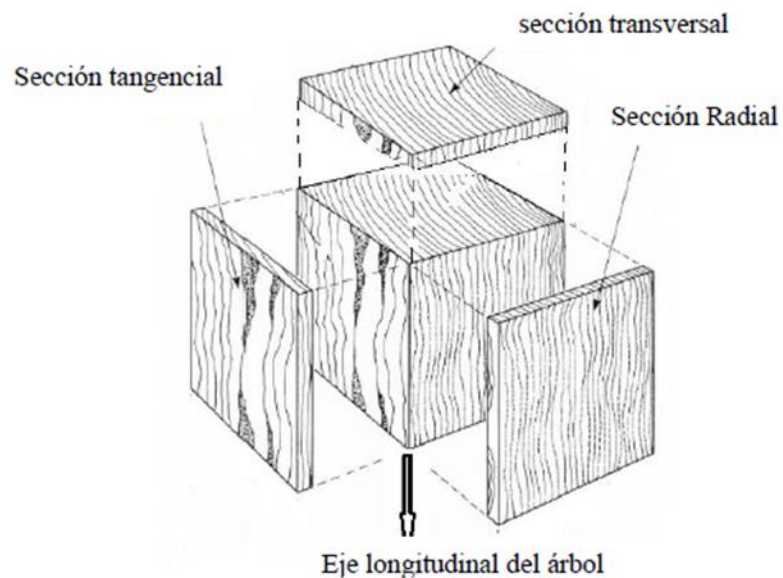
Además, las variaciones en las estructuras anatómicas de la madera dependen del tipo de madera, las condiciones en las que se procesa y el método empleado (Herrera-Builes et al., 2022).

Un material heterogéneo y anisotrópico, como la madera, los troncos o el xilema, es aquel cuyas propiedades y características anatómicas varían según el plano de observación. Las especies leñosas de angiospermas (madera dura) y gimnospermas (madera blanda) difieren significativamente anatómicamente, particularmente en la existencia o falta de vasos. En la anatomía de la madera se examinan tres planos de corte: dos longitudinales y uno transversal. Según Feijoo et al. (2019), estos son los siguientes:

- Tangencial Longitudinal: es la sección longitudinal que se encuentra en línea perpendicular con los radios y los anillos decrecientes.
- Transversal: es la sección que surge cuando se corta un trozo de madera perpendicular al eje longitudinal del tronco.
- Radial: se refiere al corte longitudinal que se encuentra paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

Figura 1

Cortes de la madera



Nota. Adaptado de (Guanotuña, 2021)

2.2.4 Vasos o poros

Un vaso es un grupo axial (vertical) de células que se superponen, conocidas como miembros de vasos, dando lugar a una estructura tubiforme continua de longitud indefinida, cuyo propósito es transportar líquidos en la madera (Leguizamón & Sánchez, 2019). Según su agrupación, los poros pueden clasificarse en tres categorías:

- Solitarios: cuando una proporción que supera el 90% de los poros se encuentra totalmente circundada por otros componentes.
- Múltiples: cuando dos o más poros se unen mediante sus superficies de contacto, causando un ensanchamiento que los parece a subdivisiones de un único poro.
- Ubicados: cuando tres o más poros interactúan mediante sus superficies radiales y de tangenciales.

De acuerdo con el Comité Internacional de Anatomistas de Madera (IAWA Committee, 1989) en maderas tropicales, la concentración más alta de poros es múltiple de 2 a 4, acompañada de una proporción fluctuante de poros solitarios. Además, es posible encontrar combinaciones de varios poros con arracimados. La disposición de los poros en el plano transversal podría ser la siguiente:

- Radial: en el caso de que la dirección sea paralela a los radios.
- En bandas tangenciales: paralelos a anillos de desarrollo y perpendiculares a los radios, estas son las formaciones que conforman las bandas.
- Diagonal: cuando se ubican los poros en una posición intermedia entre una orientación radial y otra tangencial.

2.2.5 Parénquima axial

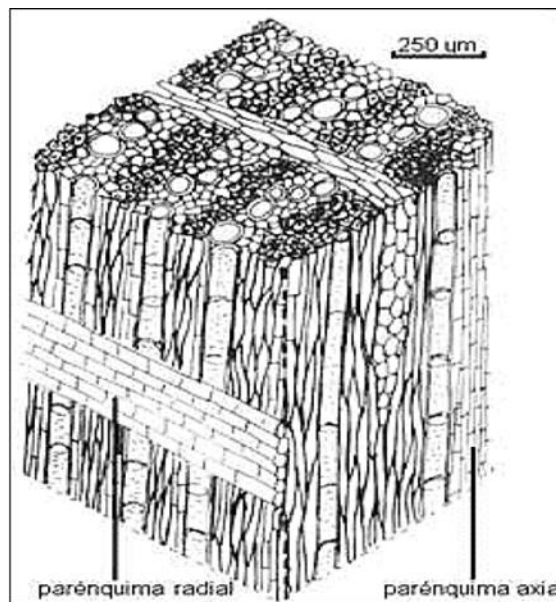
Requiere la función de almacenaje en el leño, siendo generalmente más común en latifoliadas que en coníferas. Las células de este tejido tienden a tener un tono más claro a causa de la fina estructura de sus paredes (Leguizamón & Sánchez, 2019). Es imprescindible establecer tres grupos principales de parénquima axial:

- Apotraqueal: cuando las células parénquimales se encuentran en un 90% y 95% distanciadas de los poros, impidiendo su roce o contacto con estos.

- En bandas: ocurre cuando las células del parénquima forman bandas de variada longitud, capaces de interactuar con los poros, y siempre están en posición perpendicular a los radios.
- Paratraqueal: cuando las células del parénquima, entre el 90% y el 95%, están circundando parcialmente o completamente los poros.

Figura 2

Parénquima axial



Nota. Adaptada de (Cartuche, 2022).

2.2.6 Fibras

Son células exclusivas de latifoliadas, formando el mayor porcentaje de su leño y desempeñando un papel exclusivo de sustentación. El peso específico, el nivel de variación volumétrica y el grosor de sus paredes influyen directamente en el peso específico e indirectamente en las propiedades mecánicas de la madera (Leguizamón & Sánchez, 2019). Las fibras son células de forma alargada y estrechada, con extremidades afiladas que se asemejan ligeramente a las traqueidas del leño tardío de coníferas, pero se diferencian por su longitud reducida, punta y pocas puntuaciones. Se categorizan en: fibrotraqueadas y fibras de forma liviana. El fundamento para

diferenciarlas es el tipo de puntuaciones que tienen, las fibrotraqueadas tienen puntuaciones areoladas mientras que las fibras libriformes tienen puntuaciones sencillas.

2.2.7 Radios o parénquima radial

Desempeñan el papel de almacenaje y transporte transversal de los componentes nutritivos. Exponen una amplia diversidad en su forma, tamaño y cantidad de células que los conforman. Por lo tanto, en conjunto con el parénquima axial, es uno de los elementos más eficaces para diferenciar las maderas de latifoliadas.

Los tipos de radios son:

Radios Homogéneas: compuestas por una única clase de células, a menudo se emplea el término homogéneo para referirse a radios cuyo tejido está compuesto únicamente por células horizontales o procumbentes en sección radial.

Radios Heterogéneas: se componen de más de una clase de células: procumbentes, cuadradas o verticales, en múltiples agrupaciones. Se clasifican en tres tipos:

- Tipo I: radios multiseriados que, formados por células erectas o cuadradas, o multiseriadas con extremidades enseriadas del mismo grosor o más extensas que la sección multiseriada. Enseriados en los extremos para formar células verticales o cuadradas.
- Tipo II: formadas por células verticales y cuadrada. Radios multiseriados con una fila marginal de células erectas o con colas enseriadas, que son menos largas que las partes multiseriadas, que están formadas por células erectas.
- Tipo III: Radios de múltiples series con células procumbentes o células cuadradas, o una combinación de las dos. Radios compuestos también por células marginales cuadradas (Giménez et al., 2005).

2.2.8 *Placa de perforación*

Las placas de perforación son orificios situados usualmente en el final de los vasos, facilitando el movimiento de fluidos en sentido longitudinal de un vaso a otro. Estas perforaciones cubren todas las capas de la pared celular, distinguiéndolas de las punteaduras que poseen una estructura más sofisticada (Rallo et al., 2008). Dentro de los distintos tipos de perforaciones, las más habituales son las simples, que se encuentran en el 80% de las maderas a nivel mundial. Estas se componen de una única abertura de gran tamaño, redondeada u ovalada; las perforaciones escalariformes, que se componen de aberturas alargadas y paralelas separadas por una o varias barras sin ramificaciones; las reticuladas, que se componen de aberturas separadas por fragmentos de paredes que evocan la apariencia de una red (Rallo et al., 2008).

2.3 *Propiedades físicas*

2.3.1 *Contenido de humedad*

Es la capacidad de la madera para almacenar agua, puede ser agua de constitución, agua libre o agua de saturación, aun así, a través del secado solo es medible el agua de constitución (Córdoba, 2005).

2.3.2 *Densidad*

Es la cantidad de masa o peso del material en relación con la unidad de volumen (León & Espinoza, 2001).

2.3.3 *Peso*

Esta característica se determina a través de la correlación entre la densidad básica de la madera y la densidad del agua (León & Espinoza, 2001).

2.4 *Propiedades organolépticas*

Son las percibidas por los órganos sensoriales.

2.4.1 Textura

Hace referencia a los componentes estructurales de la madera que están determinados por el tamaño y la calidad de los poros (Aguilar & Guzowski, 2011).

- Textura gruesa.
- Textura fina.
- Textura mediana.
- Textura homogénea.
- Textura heterogénea.

2.4.2 Grano

Se establece basándose en el tamaño de los componentes esenciales de la madera. En las coníferas, el grano hace referencia al diámetro de las traqueidas, en cambio, en las latifoliadas al de los vasos (Aguilar & Guzowski, 2011).

- Recto.
- Entrecruzado.
- Espiralado.
- Diagonal.
- Oblicuo.
- Crespo.

2.4.3 Color

Está condicionado por la especie, la edad, las condiciones de crecimiento y el ambiente; se da por sustancias como pigmentos, taninos, resinas y gomas que pueden variar en el tiempo por oxidación o exposición a la luz según lo mencionado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM, 2009).

2.4.4 Brillo

Es producto del reflejo de la luz, se basa en el ángulo de incidencia y en la clase de células que se encuentran expuestas en esa superficie (CAM, 2009), puede ser:

- Poco lustrosa.
- Medianamente lustrosa.
- Muy lustrosa.

2.4.5 Gusto o sabor

Es una sensación que se percibe por medio del gusto, dentro de los cuales encontramos: ausente, no distintivo, picante, desagradable y agradable (CAM, 2009).

2.4.6 Olor

Es la sensación que puede percibirse por medio de las fosas nasales, se origina por componentes químicos como resinas, aceites o gomas que producen olores distintivos, dentro de la madera encontramos: ausente, no distintivo, presente, agradable, desagradable y penetrante (Aguilar & Guzowski, 2011).

2.4.7 Figuras o vetado

Son originados según el plano de corte de la madera, están influenciados por contraste entre el leño temprano y el leño tardío, el vetado se manifiesta en bandas paralelas, en forma de arco entrelazadas, en la sección radial y sin acentuación o suavidad (CAM, 2009).

3. Metodología

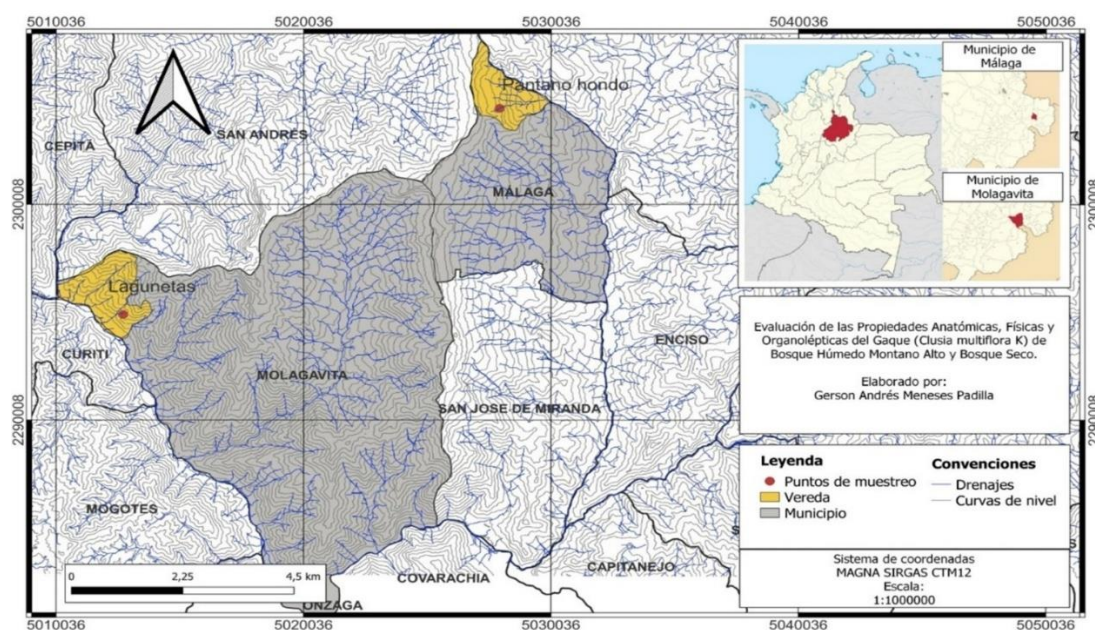
3.1 Área de estudio

Se escogió el departamento de Santander, los municipios de Málaga y Molagavita. Málaga cuenta con altitud de 2235 m s.n.m promedio y Molagavita que está ubicado a una altitud de 2196 m s.n.m donde se podrá encontrar por su rango altitudinal la especie *C. multiflora* K.

El estudio fue realizado en la vereda Lagunetas del municipio de Molagavita con una altitud de 1700 m s.n.m, según el visor del Instituto Humboldt su bioma es Orobioma subandino cordillera Oriental, con una temperatura promedio de 17°C, precipitación promedio anual de 1.829 mm, la vereda Pantano Hondo del municipio de Málaga con una altitud de 2800 m s.n.m, según el visor del Instituto Humboldt su bioma es Orobioma Higrofítico con bosque andino, con una temperatura promedio de 12 °C, la precipitación media anual de 1.400 mm.

Figura 3

Mapa de ubicación de zonas de muestreo



3.2 Fase de campo

El desarrollo de este estudio, implicó la selección de seis árboles de dicha especie con un excelente estado fitosanitario los cuales presentaron un DAP promedio de 20 cm para bs-PM y 32 cm para bh-M, una altura promedio para bs-PM de 6 m y 9 m para bh-M. para estudiar las propiedades anatómicas se recolectaron muestras no destructivas, tres muestras por árbol de la parte inferior, media y superior. Se empleo un machete como herramienta de trabajo.

Se observó visualmente el estado fitosanitario por su vigor, color de fuste y hojas, o por el deterioro causado por daños físicos, antropogénicos o ambientales.

3.3 Fase de laboratorio

3.3.1 *Propiedades microscópicas*

3.3.1.1 Preparación de las muestras. Después de la recolección se dejaron sumergidas las muestras en tubos de ensayo por 24 horas en agua destilada (León, 2014).

3.3.1.2 Cortes. Después de las 24 horas se realizó el proceso de corte radial, tangencial y transversal con el Microtomo rotatorio YD-315, de igual forma se utilizó el Microscopio Carl Zeiss para garantizar que los cortes realizados estén en perfecto estado, donde se trabajará de 5 a 10 μm para visualizar cada uno de sus componentes con mayor facilidad (León, 2014).

3.3.1.3 Tinción. Se realizó la deshidratación de las muestras obtenidas en alcohol al 90% durante 1 hora, seguido de esto se les aplicara xilol y se dejan secar. Por último, se depositarán en safranina de 1% por litro de agua destilada durante 30 segundos y se deja secar (León, 2014).

3.3.1.4 Montaje. Se seleccionó las mejores muestras obtenidas, se organizaron sobre el portaobjetos y se les aplicó Eukit al cubreobjetos (León, 2014).

3.3.1.5 Medición. Para la medición se necesitó que el portaobjetos estuviese seco, por mm² en el corte radial y en el corte tangencial se cuantifican las fibras, en este último también se midió la longitud, el ancho y el espacio entre ellas (lumen); para la medición del corte transversal se mide el diámetro medio de los poros y se clasificó. También se midió el grosor de los radios medulares.

Para la caracterización de la estructura microscópica de la madera, se implementó la metodología descrita por León (2014).

3.3.2 Propiedades macroscópicas

Para el análisis de las propiedades macroscópicas se utilizó equipo de apoyo el estereoscopio Carl Zeiss (Stemi 305), para observar las muestras por los planos transversales, tangenciales y radiales. Este equipo se usó con el fin de observar anillos de crecimiento, vetado, transición de albura a duramen (*Seeing Beyond*, 2024).

3.3.3.2.1 Porcentaje de duramen. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Area = \pi r^2$$

$$Dr (\%) = Ad / At \times 100$$

Dónde:

Dr: porcentaje de duramen.

Ad: área ocupada por el duramen.

At: área total.

3.3.3 Propiedades físicas

Se elaboraron 18 probetas de para determinar de las propiedades físicas con dimensiones de 3 cm de ancho, 3 cm de espesor y 10 cm de largo, conforme a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 3377 de 1992 (Mendoza, 2017).

Para comenzar con el procedimiento de determinación del contenido de humedad, las muestras fueron sometidas a un proceso de turgencia antes de sumergirlas en agua durante un día. Se utilizó el Horno Jeio Tech of-02P de convección forzada que se calentó previamente a una temperatura oscilante de 103 a 105 °C. Se pesó cada dos horas desde el inicio del proceso para determinar la curva de secado de la madera. En la primera medición, se retiró el exceso de agua con una servilleta cada dos horas; en este caso, se pesaron a las 2, 4 y 6 horas. Luego, se dejaron en el horno hasta completar las 24 horas.

Posteriormente, se tomaron datos en esta fase de laboratorio para calcular los esquemas de contracción de las 18 probetas. Las caras tangencial, transversal y radial se miden a las 0 horas (madera verde) y a las 24 horas (madera seca).

Finalmente, se organizó la información de los datos tomados de las pruebas físicas realizadas, y se emplearon las siguientes ecuaciones:

3.3.3.1 Contenido de humedad. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CH (\%) = (Pv - Pa) / Pa \times 100$$

Dónde:

Pv: Peso verde.

Pa: Peso anhidro.

3.3.3.2 Densidad básica. Este resultado se halló con la siguiente fórmula:

$$Db (g/cm^3) = Pa / Vv$$

D: Densidad de la madera.

Pa: Peso anhidro.

Vv: Volumen verde.

Tabla 1*Clasificación de la densidad básica*

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Densidad básica (g/cm ³)	Menor de 0.30	Muy baja (MB)	I
	De 0.30 a 0.40	Baja (B)	II
	De 0.41 a 0.60	Media (M)	II
	De 0.61 a 0.75	Alta (A)	IV
	Mas de 0.75	Muy alta (MA)	V

Nota. Adaptada de Puertas et al., 2013.

3.3.3.3 Densidad anhidra. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Da \text{ (g/cm}^3\text{)} = Pa / Va$$

Da: Densidad anhidra de la madera.

Pa: Peso anhidro.

Va: Volumen anhidro.

3.3.3.4 Densidad verde. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Dv \text{ (g/cm}^3\text{)} = Pv / Vv$$

Dv: Densidad verde de la madera.

Pv: Peso verde.

Vv: Volumen verde.

3.3.3.5 Contracción longitudinal. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Cl \text{ (\%)} = (Dlv-Dls) / Dlv \times 100$$

Dónde:

Cl (%): Contracción.

Dlv: Dimensión longitudinal en verde.

Dls: Dimensión longitudinal en seco.

3.3.3.6 Contracción tangencial. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Ct (\%) = (Dtv-Dts) / Dtv \times 100$$

Dónde:

Ct (%): Contracción.

Dtv: Dimensión tangencial en verde.

Dts: Dimensión tangencial en seco.

3.3.3.7 Contracción radial. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Cr (\%) = (Drv-Drs) / Drv \times 100$$

Dónde:

Cr (%): Contracción.

Drv: Dimensión radial en verde.

Drs: Dimensión tangencial en seco.

3.3.3.8 Contracción volumétrica. Este resultado se halló con la siguiente formula:

$$Cv (\%) = (Vv-Vs) / Vv \times 100$$

Dónde:

Cv (%): Contracción.

Vv: Volumen verde.

Vs: Volumen seco.

Tabla 2

Calificación de la contracción volumétrica

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Contracción volumétrica	Menor del 7%	Muy baja (MB)	I
	De 7.1 a 10%	Baja (B)	II
	De 10.1 a 13%	Media (M)	II
	De 13.1 a 15%	Alta (A)	IV
	Mas de 15%	Muy alta (MA)	V

Nota. Adaptada de Puertas et al., 2013.

3.3.3.9 Porosidad de la madera. La relación que presenta los poros, y la parte rígida en los cuerpos porosos puede ser escrita de la siguiente manera para la madera anhidra (Aeberhard et al., 2003):

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{V_o - \frac{P_o}{1,5}}{V_o} = \left(1 - \frac{P_o}{1,5}\right) * 100$$

Po: Densidad anhidra

Vo: Volumen anhidro

3.3.3.10 Relación tangencial-radial. Clasifica la solidez de la madera frente a los impactos, o modificaciones dimensionales causadas por la disminución del agua higroscópica presente o la reducción del contenido de humedad tanto en el plano tangencial y el radial (Puertas et al., 2013).

$$T/R = \frac{\text{Contracción tangencial}}{\text{Contracción radial}}$$

Tabla 3*Calificación de la relación T/R*

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Relación T/R	Menor de 1.50	Muy estable (ME)	I
	De 1.50 a 2.50	Estable (E)	II
	De 2.51 a 3.00	Inestable (I)	II
	Mayor de 3.00	Muy inestable (MI)	IV

Nota. Adaptada de Puertas et al., 2013**3.3.4 Propiedades organolépticas**

Para el desarrollo de esta fase, se elaboraron diez probetas con medidas de 10 x 3 x 3 (cm) según la norma COPAN 1972: 458 (González & Cruz, 2021), se dejaron secar durante tres meses al aire; para la caracterización y análisis de estas se tuvo en cuenta un formato de determinación de propiedades organolépticas (Alvarado, 2022).

3.3.4.1 Color. Para determinar el tono de una madera una vez seca, se empleó la tabla Munsell comúnmente usada para suelos. Se categorizan en maderas de tonalidad clara, blanca o amarilla; y maderas de tonalidad oscura, roja o marrones (Puertas et al., 2013).

3.3.4.2 Olor. Es muy individualizado por la persona que lo realiza; se olfatea para clasificarlo y obtener un patrón distintivo o llamativo.

3.3.4.3 Sabor. Para este paso la persona tendrá que llevarse a la boca las muestras y así encontrar y determinar un sabor específico.

3.3.4.4 Textura. Es una propiedad que está relacionada con diámetro de los poros los cuales se midieron en el corte transversal, para lo cual se emplea un microscopio con un lente de 10X.

3.4 Análisis estadístico

Los datos de las propiedades físicas y algunas anatómicas obtenidos en trabajo de campo y los análisis de laboratorio, fueron posteriormente procesados por medio de estadísticas descriptivas, para conocer su distribución en relación a la media. Luego, se aplicó técnicas de análisis multivariado como ANOVA de un factor, para establecer niveles de significancia ($p < 0,05$). En este caso, la comparación de medias permitió comprobar o rechazar las siguientes hipótesis:

Ho = En los dos sitios de estudio la especie *C. multiflora* K presenta iguales propiedades físicas y anatómicas.

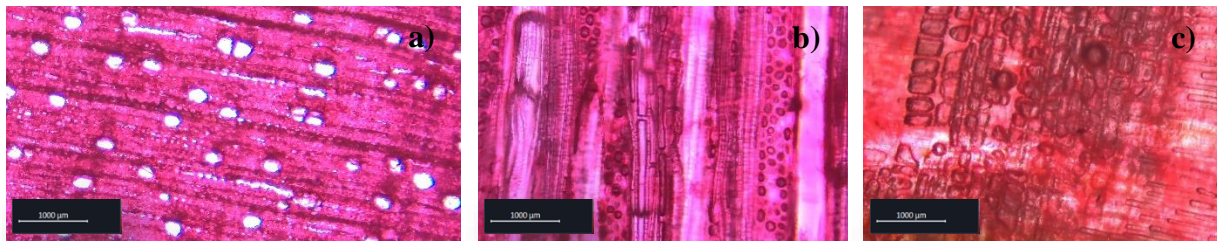
H1 = Las propiedades física y anatomía de la madera de la especie *C. multiflora* K son significativamente diferentes en cada sitio de estudio.

4. Resultados

4.1 Propiedades anatómicas

Figura 4

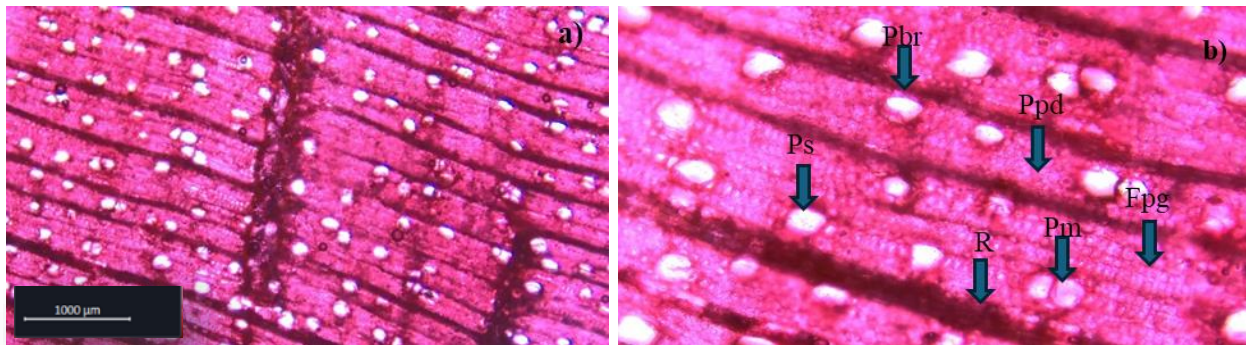
Planos microscópicos del C. multiflora K



Nota. a) Plano transversal (4X), b) Plano tangencial (10X), c) Plano radial (10X).

Figura 5

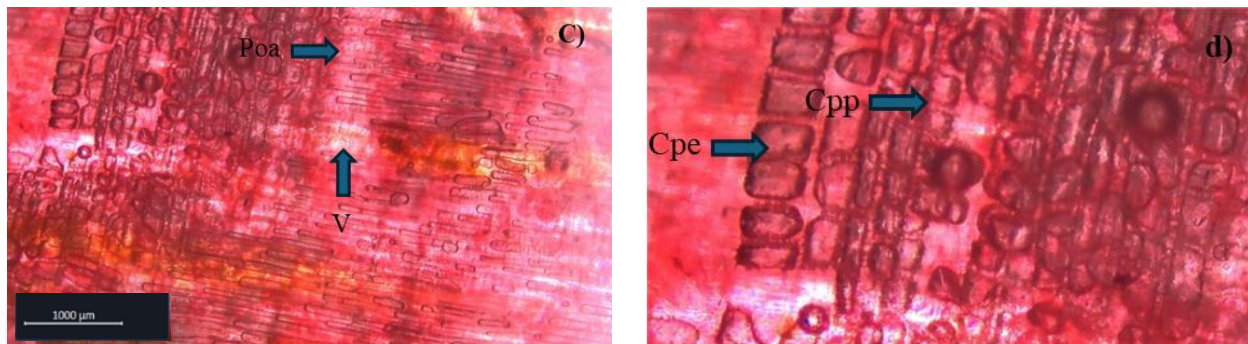
Plano transversal del C. multiflora K de bosque seco premontano



Nota. a) Porosidad difusa (4x). b) Poros solitarios de forma semicircular (Ps), radios medulares (R), parénquima paratraqueal difuso (Ppd), poros solitarios en bandas radiales (Pbr), fibras de pared gruesa (Fpg), poro múltiple (Pm) (10X).

Figura 6

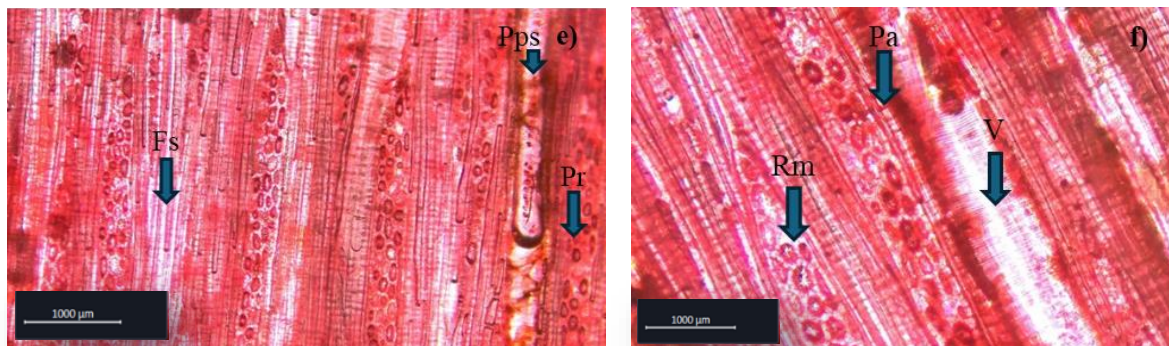
Plano radial del C. multiflora K de bosque seco premontano



Nota. c) Radio tipo III, con células de parénquima marginales erectas y/o cuadradas, punteaduras ornadas alternas (Poa), Vaso(V). d) Células de parénquima erectas (Cpe), células de parénquima procumbentes (Cpp) (10X).

Figura 7

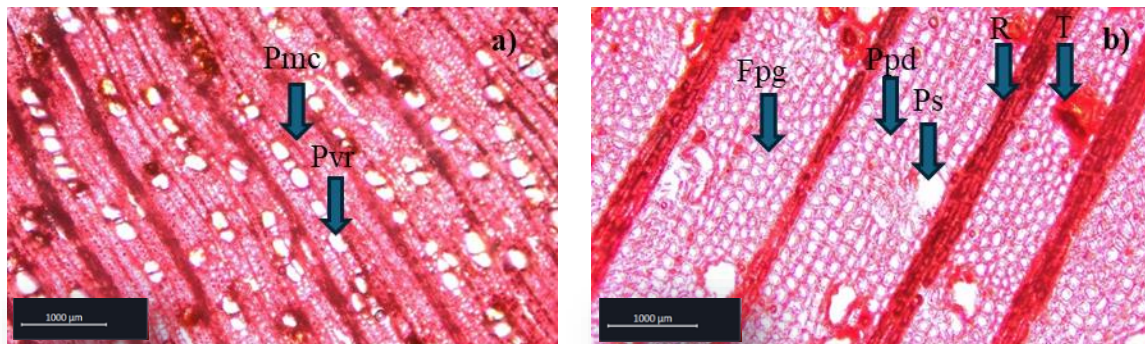
Plano tangencial del C. multiflora K de bosque seco premontano



Nota. e) Fibras septadas (Fs), parénquima radial (Pr), placa de perforación simple (Pps). f) Parénquima axial (Pa), radio multiseriado (Rm), vaso (V) (10X).

Figura 8

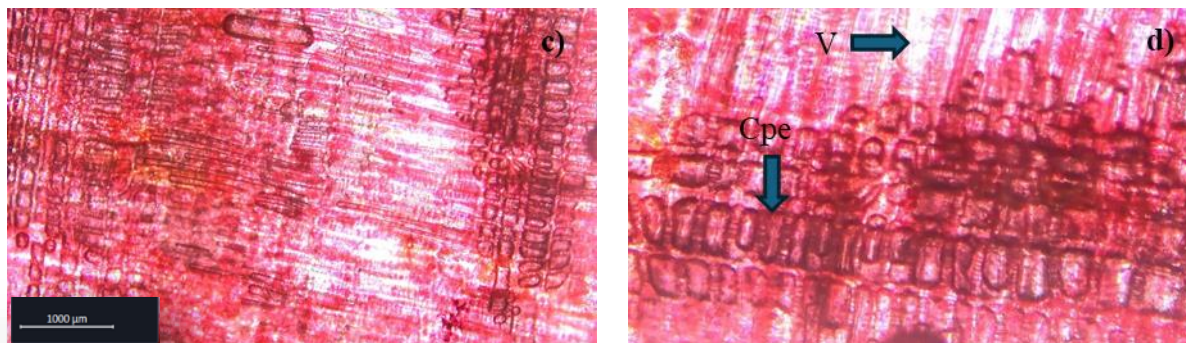
Plano transversal del C. multiflora K de bosque húmedo montano



Nota. a) Poros múltiples en cadena (Pmc), (4x), poros en bandas radiales (Pvr). b) fibras de pared gruesa (Fpg), Parénquima paratraqueal difuso (Ppd), radio (R), poro semicircular simple (Ps), Tílide (T) (10x).

Figura 9

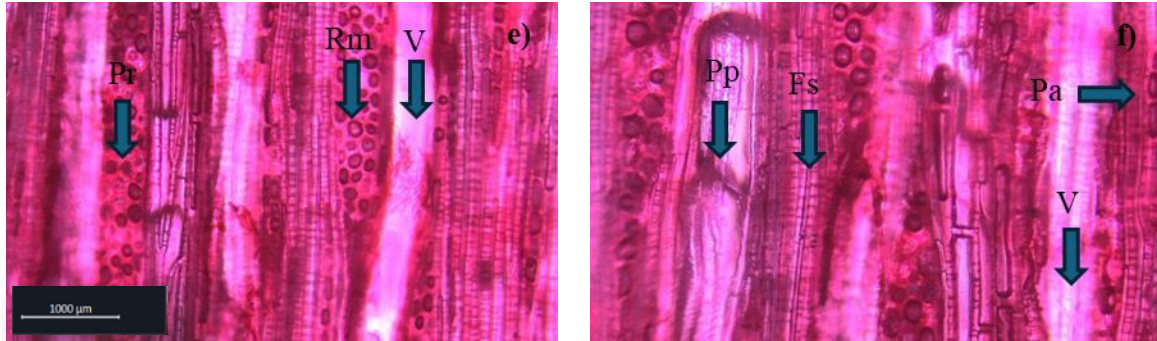
Plano radial del C. multiflora K de bosque húmedo montano



Nota. c) Radio tipo II, con células de parénquima erectas y/o cuadradas, d) Células de parénquima erectas (Cpe), vaso(V) (10X).

Figura 10

Plano tangencial del C. multiflora K de bosque húmedo montano



Nota. e) Parénquima radial (Pr), radio multiseriado (Rm), vaso (V). f) Placa de perforación (Pp), fibra septada (Fs), parénquima axial (Pa), vaso(V) (10X).

Figura 11

Planos macroscópicos del C. multiflora K en bosque seco premontano



Nota. a) Plano transversal, b) Plano tangencial, c) Plano radial.

Figura 12

Planos macroscópicos del C. multiflora K en bosque húmedo montano



Nota. a) Plano transversal, b) Plano tangencial, c) Plano radial.

Tabla 4*Propiedades anatómicas del C. multiflora K en los tipos de bosque*

<i>C. multiflora K. de bosque seco premontano</i>	<i>C. multiflora K. de bosque húmedo montano</i>
Anillos de crecimiento poco visibles	Anillos de crecimiento visibles
Transición de albura a duramen poco perceptible	Transición de albura a duramen poco perceptible
Porosidad difusa	Porosidad difusa
Placa de perforación simple	Placa de perforación simple
Poros solitarios en patrones radiales	Poros múltiples en patrones radiales
Parénquima radial tipo III	Parénquima radial tipo II
Presencia de tilosis	Presencia de tilosis
Parénquima paratraqueal difuso	Parénquima paratraqueal difuso
Poros semicirculares	Poros semicirculares

Para la especie de *C. multiflora* K tanto en bs-PM como en bh-M evidenciaron anillos de crecimiento poco visibles, anillos con porosidad difusa. La especie que presentó mayor porcentaje de duramen fue del bs-M, lo que nos indica que son árboles más maduros y por el mismo motivo presentan diámetros de DAP y alturas mayores respecto de bs-PM **Figura 14**.

La especie ubicada en bh-M presenta poros múltiples en su mayoría. Mientras, las dos tienen en común la presencia de tilosis, la cual se puede encontrar como látex blanco, que al entrar en contacto con el ambiente sufre un proceso de oxidación causando un cambio de color amarillo y puede obstaculizar los vasos.

Los vasos presentan disposición en patrones radiales, agrupados en cadena de 3 o más. placa de perforación simple, la cual se presenta más frecuentemente que las otras placas (foraminada, reticulada y escalariforme). Las placas de perforación simples hacen referencia que la especie es mucho más evolucionada, y tiene un mayor porcentaje de circulación de sustancias y líquidos por los vasos respecto a los otros tipos de placas de perforación; lo que indica que la

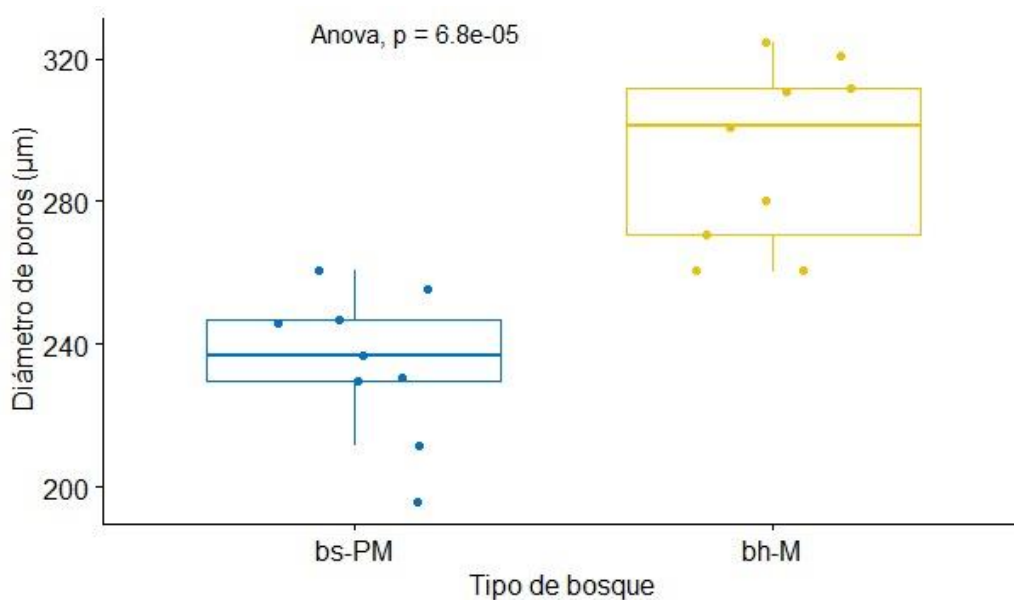
especie *C. multiflora* K presenta gran capacidad de conducción de agua en sus cavidades vasculares. Los poros son vistos por el plano transversal y su tamaño, distribución, abundancia y agrupamiento pueden generar características determinantes en la madera cómo lo son la densidad y textura; en cuanto al tamaño de los poros se obtuvo un diámetro promedio en micras (μm) de $293.41\mu\text{m}$ para bh-M y $234.98\mu\text{m}$ en bs-PM **Figura 13**.

La especie *C. multiflora* K en ambos sitios contienen gran cantidad de parénquima radial, ya que junto a los vasos son los determinantes si una especie presenta gran capacidad de almacenamiento y transporte de agua o no.

Las fibras constituyen la mayor parte de la estructura de la madera y sus proporciones son significativas ya que, aunque pueden determinar propiedades como la densidad, contracciones y resistencia; los resultados obtenidos de ambos sitios presentan fibras septadas lo que indica que los individuos no son de edad temprana.

Figura 13

Gráfica de diámetro medio de poros de *C. multiflora* K



Como resultado se obtuvo que la especie *C. multiflora* K de bs-PM al presentar un mayor porcentaje de porosidad tiene una mayor capacidad de almacenamiento de agua libre en sus cavidades celulares (poros, vasos y lumen de las fibras) la cual representa la mayor saturación de las fibras; por el contrario la especie de bh-M al presentar un menor contenido de humedad y una mayor contracción volumétrica por lo que se determina que presenta mayor facilidad de perder agua higroscópica de sus paredes celulares.

La densidad tiene una relación inversamente proporcional a la porosidad, y la especie en bs-PM presento densidades menores en los tres tipos de densidades analizados en comparación a la especie de bh-M. en lo general la densidad básica de $0.61 - 0.75 \text{ g/cm}^3$ se considera densidad alta, por lo cual la madera se constituye por células con lumen pequeño y paredes celulares gruesas. La contracción volumétrica expresa en porcentaje los cambios dimensionales de los tres tipos de corte de la madera, esto debido a la disminución del contenido de humedad por debajo de la saturación de las fibras, la especie *C. multiflora* K de bs-PM se clasifica con contracción volumétrica media y por el contrario la de bh-M presenta contracción volumétrica alta **Figura 23**. Aunque tengan diferencias bastante significativas respecto a la contracción volumétrica, la madera de los dos sitios estudiados presenta una relación T/R muy estable ya que se encuentra en el rango menor de 1.50 correspondiente al grado I.

La grafica de secado **Figura 15** muestra que la madera que pierde con mayor facilidad contenido de humedad de sus cavidades vasculares pertenece a la especie de bh-M, al presentar un diámetro mayor en sus poros posee una circulación de agua mayor.

De igual manera, este proceso de secado se ve afectado directamente por algunas propiedades físicas de la madera, en este caso, el comportamiento de la gráfica de secado de la madera no mostró una diferencia muy notable. Algunas de estas propiedades evidenciaron ser

similares para la especie en los dos sitios. Así, el contenido de humedad **Figura 16**, densidad en verde **Figura 17**, densidad básica **Figura 19**, contracción radial **Figura 22** y la contracción tangencial/radial **Figura 25** no presentaron una diferencia significativa ($p > 0,05$).

Por otra parte, se obtuvo diferencias ($p < 0,05$) en propiedades físicas como la densidad anhidra **Figura 18**. Así mismo, la contracción longitudinal, tangencial y volumétrica presentaron una diferencia significativa ($p < 0,05$), por lo que las contracciones de las dimensiones de la madera después del proceso de secado demostraron ser mayores en los individuos de Bh-M **Tabla 5**.

Figura 15

Gráfica de comparación de pérdida de humedad del C. multiflora K

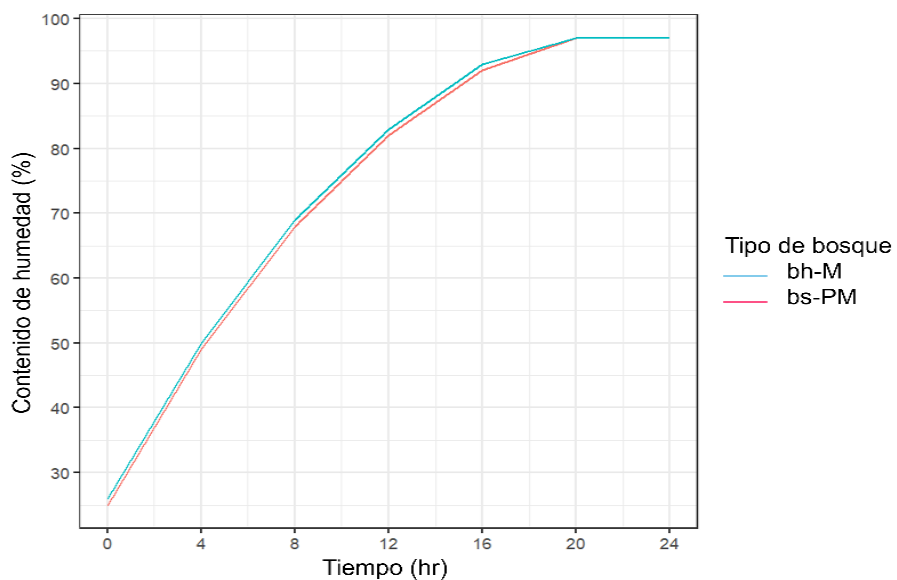


Figura 16

Gráfica de comparación de contenido de humedad del C. multiflora K

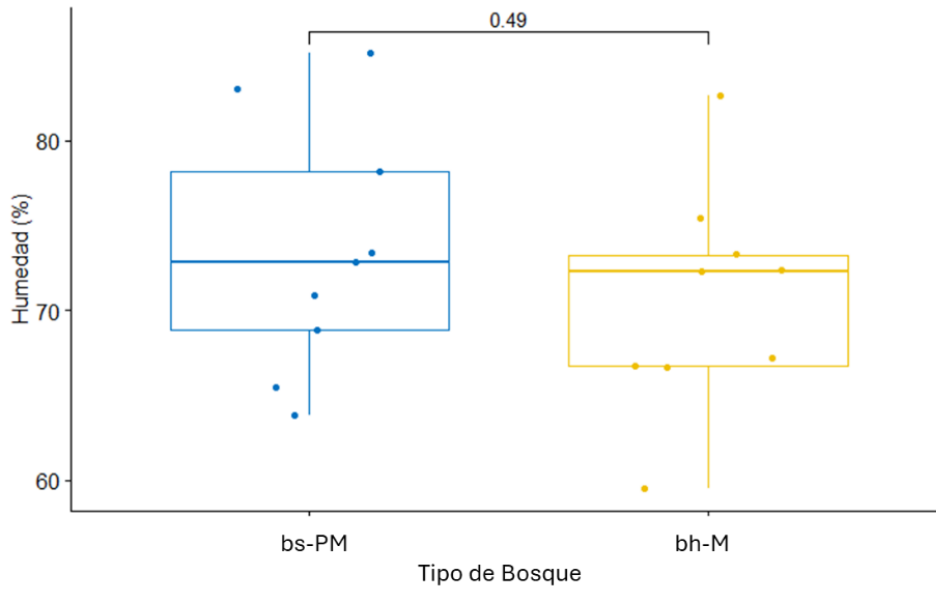


Figura 17

Gráfica de comparación de densidad en verde del C. multiflora K

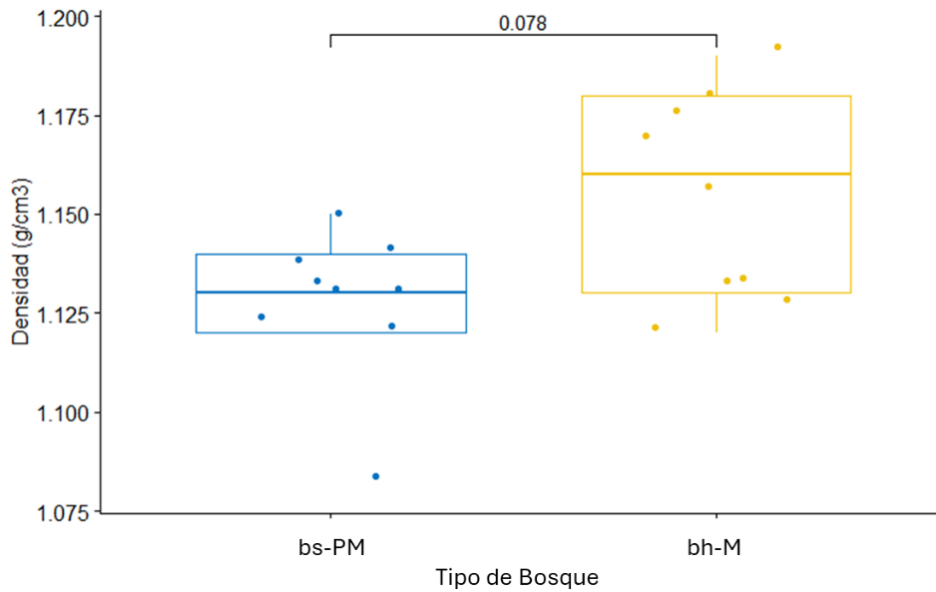


Figura 20

Gráfica de comparación de contracción longitudinal del C. multiflora K

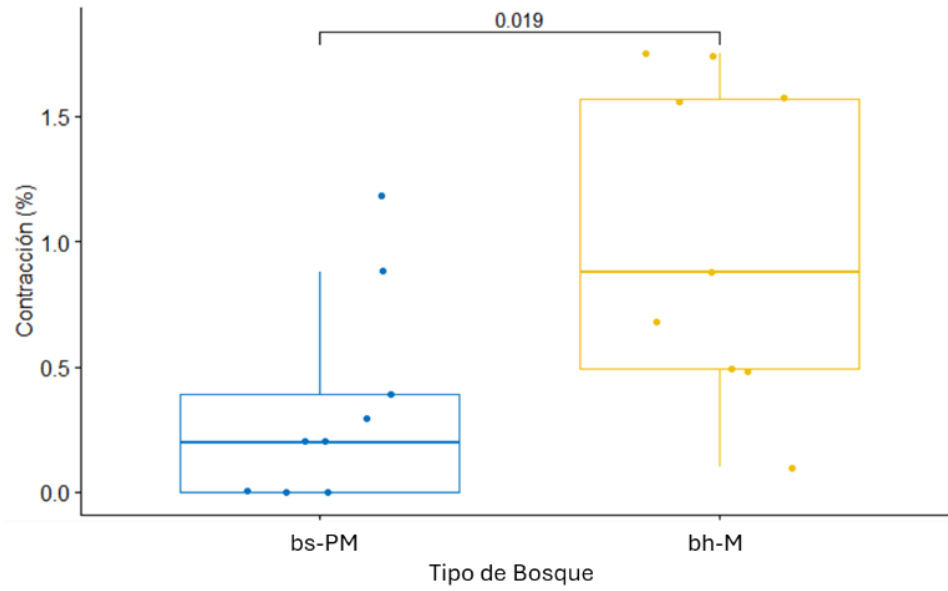


Figura 21

Gráfica de comparación de contracción tangencial del C. multiflora K

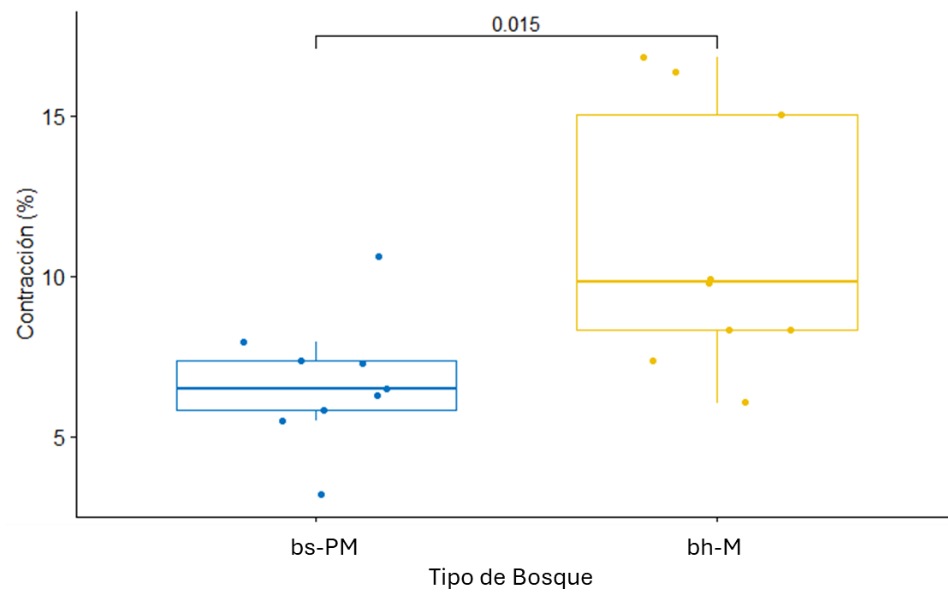


Figura 22

Gráfica de comparación de contracción radial del C. multiflora K

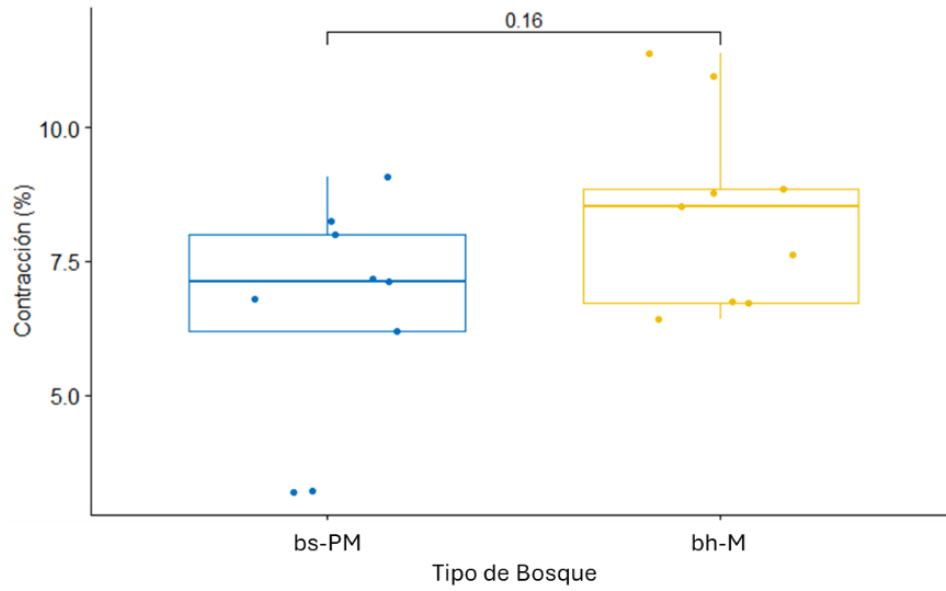


Figura 23

Gráfica de contracción volumétrica de C. multiflora K

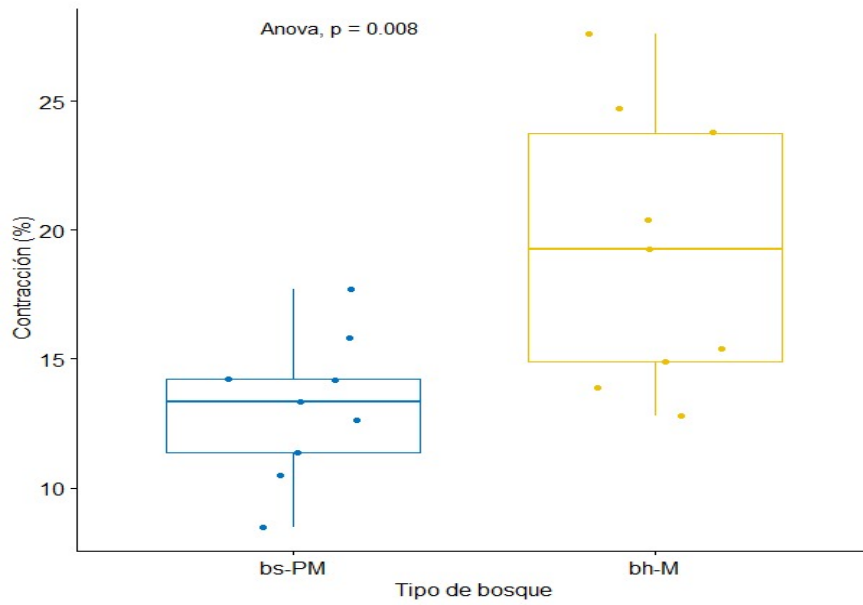
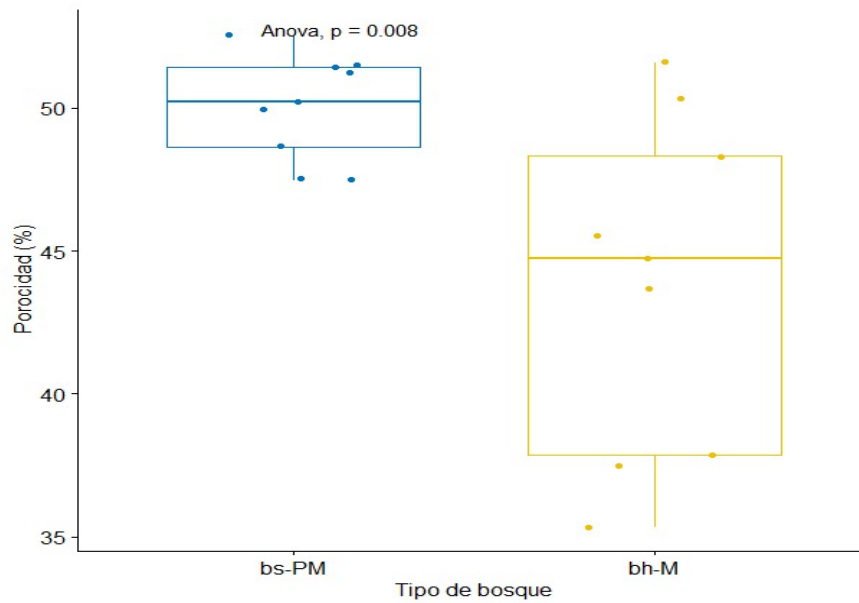
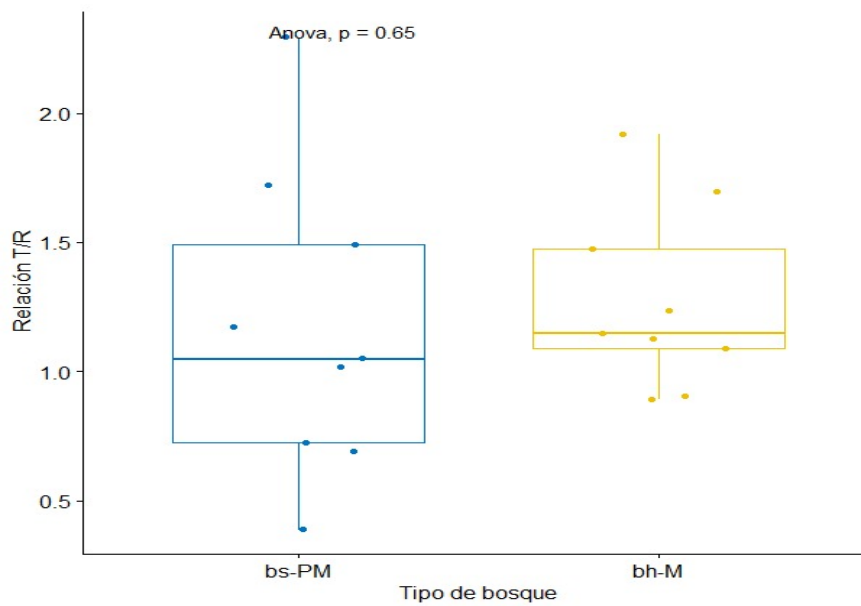


Figura 24

Gráfica de porcentaje de porosidad de *C. multiflora* K

**Figura 25**

Gráfica de relación contracción tangencial-radial de *C. multiflora* K



4.3 Propiedades organolépticas

Tabla 6

Propiedades organolépticas del C. multiflora K en los tipos de bosque

Propiedad	<i>C. multiflora</i> K. de bosque seco premontano	<i>C. multiflora</i> K. de bosque húmedo montano
Olor	Poco perceptible	Poco perceptible
Sabor	No perceptible	No perceptible
	Tangencial: no perceptible	Tangencial: no perceptible
Brillo	Radial poco: perceptible	Radial poco: perceptible
	Transversal: no perceptible	Transversal: no perceptible
Dirección del grano	Ondulado	Levemente ondulado
	Albura: 7.5 YR (7/3)	Albura: 7.5 YR (7/4)
Color	Duramen: 7.5 YR (6/4)	Duramen: 7.5 YR (6/4)
	Marrón claro	Marrón claro
Textura	media	media
Veteado	Tangencial: jaspeado	Tangencial: jaspeado
	Radial: bandas paralelas	Radial: bandas paralelas

Para las propiedades organolépticas de la especie *C. multiflora* K se obtuvo que la madera es de color marrón claro para el duramen, aunque en algunos estudios realizados esta clasificación de la tabla Munsell esta dado como naranja o crema para la albura. La especie estudiada presenta muchas relaciones correspondientes a los dos sitios, el olor es fragante o aromático pero muy poco perceptible, el sabor es ausente en ambas muestras. la textura es media y veteado es en bandas paralelas y un brillo poco perceptible lo que las hace muy similares. La textura es media, tiene veteado en bandas paralelas y un brillo poco perceptible, lo que las hace muy similares.

La textura de la especie *C. multiflora* K es media en los dos sitios analizados, esto debido al diámetro de los poros se encuentra en un rango de 150-250 μm .

5. Discusión

El diámetro de los poros y su densidad son parámetros que determinan la eficiencia de conducción del agua. La especie de bosque seco premontano presenta poros de menor diámetro y mayor porcentaje de porosidad, lo que la hace una especie con poros resistentes ante la pérdida de agua producido por el estrés hídrico, como lo afirman Giménez et al. (2005).

El porcentaje de duramen está directamente asociado a la edad de los árboles, los cuales presentan mayores índices en cuanto diámetros del fuste, altura, densidad básica y colores más oscuros en la madera; esto concuerda con lo descrito por Rodríguez (2020).

Dentro de las propiedades físicas de la madera, la densidad básica es la característica más importante, la cual permite determinar el uso adecuado que se le puede dar a esta. Las densidades básicas obtenidas en los dos sitios presentan diferencias poco significativas en respecto a la otra, pero se ubican en el rango de maderas con alta densidad, según lo mencionado por Guanotuña (2021).

En cuanto a algunas propiedades organolépticas como el olor, sabor y otras pertenecientes a las propiedades anatómicas de la especie *C. multiflora* K analizadas en este trabajo fueron similares a los resultados obtenidos por Grande & Polanco (2007).

El contenido de humedad es inversamente proporcional con la densidad básica, ya que la mayoría de especies con menores densidades presentan contenidos de humedad más altos; los resultados obtenidos en este trabajo tienen relación con lo mencionado por Cartuche (2022).

Para la recuperación hídrica en cuencas son idóneas aquellas que, debido a sus particularidades morfológicas, desempeñan de forma más efectiva las funciones de retención y regulación de agua, en el ciclo hidrológico de una cuenca, aportando a la calidad del suelo y el recurso hídrico a lo largo del tiempo (Saldaña et al., 2021).

6. Conclusiones

Se evidencian anillos de crecimiento poco visibles, transición de albura a duramen poco perceptible, abundante parénquima radial, poros de gran tamaño los cuales presentan un diámetro promedio de 264 μm , lo que genera una textura media en la madera.

La especie *C. multiflora* K presento densidad básica en promedio de 0,66 g/cm^3 , por lo que se considera una madera dura con densidad alta. Presenta altos porcentajes de contracción volumétrica debido al tipo de porosidad que presenta esta madera.

Las zonas de vida mencionadas en este estudio presentan alta influencia en las características de las propiedades de especies maderables ya que la especie de bh-M evidencian mayores valores en cuanto su composición física respecto a la de bs-PM.

Las condiciones climáticas como temperatura y precipitación influyen en las características anatómicas ya que la especie presente en el bs-PM presenta mayor capacidad de captación y circulación de agua en sus cavidades vasculares, no en grandes cantidades en comparación a bs-M debido al tamaño de los poros, pero tiene una mejor respuesta frente al estrés hídrico.

7. Recomendaciones

Para este tipo de estudio, es importante ampliar el rango de especies analizadas ya que comúnmente las especies nativas no cuentan con mucha información respecto a sus propiedades anatómicas, físicas y organolépticas, las cuales pueden presentar gran potencial tanto ambiental como comercial.

Promover la investigación anatómica de las especies de la zona con el objetivo de proteger y restaurar bosque y cuencas hídricas, por lo general solo se analizan las propiedades físicas para determinar un uso adecuado para la madera, pero hay especies que tienen otros usos potenciales por descubrir.

Fomentar estudios de especies bosque natural y ampliar el rango de investigación como la trabajabilidad de la madera en la región de García Rovira y de esta manera se proyecten más alternativas de información en los diferentes estudios relacionados con la madera.

Referencias Bibliográficas

- Abud, M., & Torres, A. (2016). Caracterización florística de un bosque alto andino en el parque nacional natural Puracé, Cauca, Colombia. *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 20(1), 27–39. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.3>
- Aeberhard, R., Aeberhard, A., Natalini, M., Martina, P., Corace, J., & Ventin, A. (2003). Porosidad y coeficiente de conductividad térmica de la madera de algarrobo (*Prosopis*). *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, 9–10. http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/maderas.htm#Crecimiento_Secundario
- Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha-Cofrep, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2)(2), 1–15.
- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). Capítulo 3: Madera. In *Guía didáctica: Materiales y materias primas* (pp. 1–27). Colección Encuentro Inet.
- Aguirre, N., Alvarado, J., & Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 118–130.
- AITIM. (2014). *Madera Generalidades*.
- Alvarado, C. (2022). Componente del manual técnico con la Información organoléptica de las maderas de las especies Bajo estudio. In *Características organolépticas de la madera de Dalbergia calderonii, D. retusa var. cuscatlanica, Astronium graveolens, Lonchocarpus castilloi, Platymiscium yucatanum, P. dimorphandrum y Enterolobium cyclocarpum*.

- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 21 (1-2), 136–147. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=709>
- Bonilla, A. (2002). *Caracterización de los pigmentos antocianos en los Primordios foliares de Miconia biappendiculata y Clusia multiflora de un Bosque andino*. Pontificia Universidad Javeriana.
- CAM. (2009). *Guía de Identificación de Maderas Aserradas Departamento del Huila*. www.cam.gov.co
- Cartuche, K. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* [Universidad Nacional de Loja]. <http://unl.edu.ec/>
- Chila, J., Salazar, E., & Espinoza, V. (2020). Descripción organoléptica y anatómica de la madera de cinco especies forestales del sector Tabiazo, Esmeraldas, Ecuador. *ConcienciaDigital*, 3(3), 164–177. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1288>
- Córdoba, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)*, 2(5).
- FAO. (2010). *Introducción*. <https://www.fao.org/4/q4960s/q4960s01.htm>
- Feijoo, C., Ramón, D., & Pucha, D. (2019). Guía para cortes anatómicos de la madera. In *Universidad Nacional de Loja*. www.ediloja.com.ec
- Garay, R., Rallo de la B., M., Carmona, R., & Araya Jaime. (2008, June 18). Characterization of anatomical, chemical, and biodegradable properties of fibers from corn, wheat, and rice residues. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(3), 406–415.

- Giménez, A. M., Moglia, J., Hernández, P., & Gerez, R. (2005). *Anatomía de madera* (2nd ed.). Universidad Nacional de Santiago del Estéreo.
- González, H., & Cruz, J. (2021). Anatomía y propiedades físicas de dos especies forestales comerciales Cedro (*Cedrela odorata* L.) y Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) en Nicaragua. *La Calera*, 21(37). <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12532>
- Grande, D., & Polanco, C. (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque alto-andino en Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*, 10(20), 161. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2007.1.a11>
- Guanotuña, E. (2021). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia multitud, Cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Herrera-Builes, J. F., Osorio, J. A., Sepulveda, V., & Ananias, R. (2022). Chemical and structural changes of ocote pine (*Pinus oocarpa*) wood caused by thermal modification. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(2), 9999–10007. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n2.97576>
- IAWA Committee. (1989). *IAWA List of Microscopie Features for Hardwood Identification* (E. Wheeler, Gasson Peter, & P. Bass, Eds.). International Association of Wood Anatomists at the National Herbarium of the Netherlands, Leiden. <https://www.researchgate.net/publication/294088872>
- Interián-Ku, V., Borja de la Rosa, M., Valdez-Hernández, J., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., & Vaquera-Huerta, H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan. *Madera y Bosques*, 17(1), 23–36.

ITTO. (2006). *Productos forestales no maderables etnobotánica*. 1–50.

JBBJCM, & UniAndes. (2020). *Manual de coberturas vegetales de Bogotá, D.C.* UniAndes.

Leguizamón, N., & Sánchez, M. (2019). *Estudio de la estructura anatómica que conforma la madera mediante análisis multiresolución y morfología* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/23168>

León, W. (2014). *Anatomía de la Madera de 108 Especies de Venezuela*. <http://www.saber.ula.ve/pittieria/>

León, W., & Espinoza, Narcisana. (2001). *Anatomía de la madera*. Universidad de los Andes, Consejo de Publicaciones, Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y tecnológico,.

Mendoza, V. (2017). *Pruebas no destructivas y destructivas de la madera de la especie Tachigali colombiana Dwyer (Guamo querré)*. Universidad del Tolima.

Montaño, A., Camargo, S., & Carmen de la Paz. (2013). Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). In *BOTÁNICA ESTRUCTURAL Botanical Sciences* (Vol. 91, Issue 1). Arias y Terrazas.

Moya, R., & Tomazello, M. (2008). Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN* (Vol. 56, Issue 2).

Navarro, J., Borja, A., & Machuca, R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 11(1), 73–82.

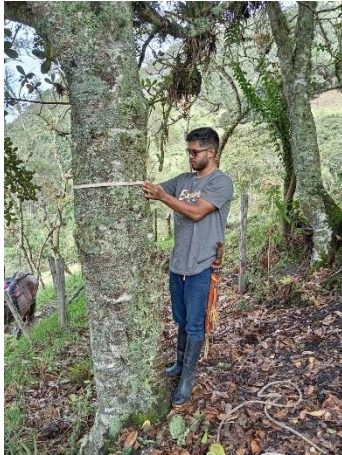
Puertas, P., Salnicov, C., & Espinoza, M. (2013). *Manual de transformación de la madera* (AIDER). Organización Internacional de las Maderas Tropicales-OIMT.

- Rallo, M., Montecino, D., & Mundaca, T. (2008). Perforaciones escalariformes en vasos de árboles nativos de Chile. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 10.
- Red de árboles. (2023). *Gaque (Clusia multiflora)*.
- Rodríguez, L. (2020). *Caracterización anatómica, relación de albura-duramen y variación de la densidad de la madera de la especie Gmelina arborea*. Universidad del Tolima.
- Rojas, J. (2022). *Evaluación del estado fitosanitario y de manejo de la vegetación arbórea y arbustiva del ornato en el casco urbano del municipio de Fortul, Arauca*. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia- UNAD.
- Saldaña, R., Otálvarez, R., & Ramos, J. (2021). Especies forestales con alto potencial para la recuperación hídrica: identificación de especies nativas de la cuenca Buturama en Aguachica (Cesar, Colombia). Fase 1. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(2).
<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.7162>
- Seeing beyond. (2024). *El estereomicroscopio con iluminación integrada y documentación*.
www.zeiss.com/stemi305
- UNAL. (2023). *Colecciones: Clusia multiflora Kunth*. Universidad Nacional de Colombia.
<http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/245826/index.html>
- Vasquez, M., Larrea, M., & Suárez, L. (2000). *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Ecociencia.
<https://www.flacsoandes.edu.ec/libros/107990-opac>

Apéndices

Apéndice A

Recolección de muestras



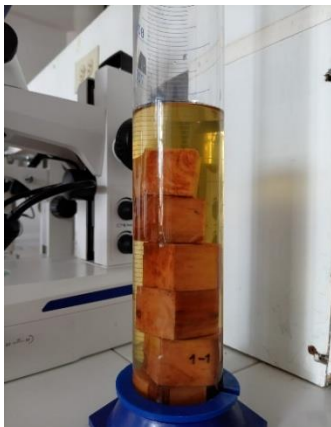
Apéndice B

Dimensionado de las probetas



Apéndice C

Ablandamiento de probetas para evaluación de propiedades anatómicas



Apéndice D

Corte y tinción



Apéndice E

Insumos utilizados



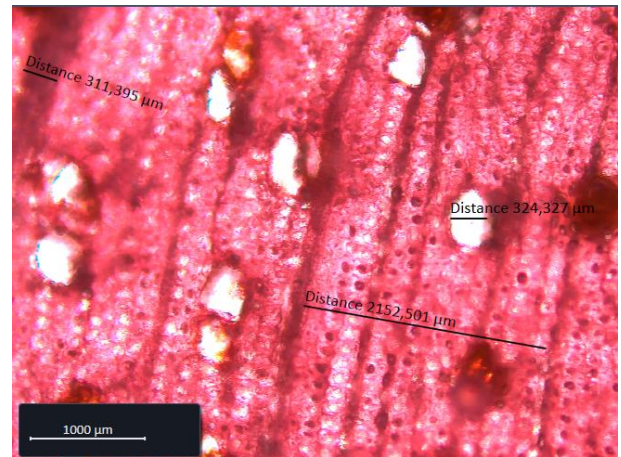
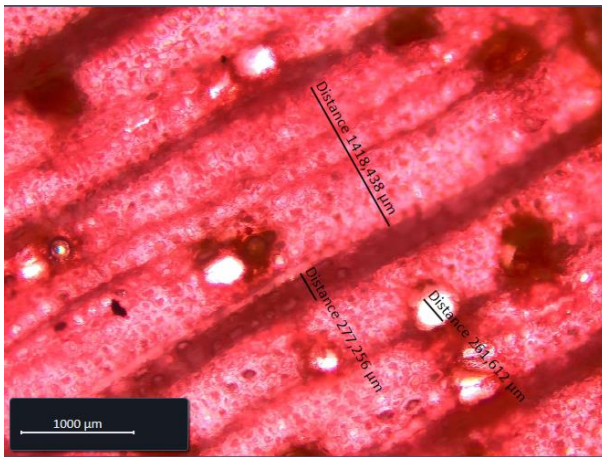
Apéndice F

Fotografías y descripción de las propiedades anatómicas



Apéndice G

Medición de poros bs-PM y bh-M



Apéndice H

Proceso de medición para determinar las propiedades físicas



Apéndice I

Proceso de cálculo de propiedades físicas

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat

Calibri 11 A⁺ A⁻ Fuente Alineación Número Estilos

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Celdas Edición Complementos

Compartir

Crear un PDF y un PDF compartir vínculo

J21

N°	MUESTRAS VERDES B. SECO						MUESTRAS SECAS B. SECO					PROPIEDADES FÍSICAS								
	Tangencial (cm)	longitudinal (cm)	Radial(cm)	peso (gr)	Higrometro	volumen (cm3)	Tangencial (cm)	longitudinal (cm)	Radial(cm)	peso (gr)	volumen	c. humedad(%)	densidad verde	D. anhidra	D. basica	c. longitudinal (%)	c. tangencial (%)	c. radial (%)		
1	3.10	10.27	3.14	113.61	25.80	99.97	2.93	10.27	3.04	68.65	91.48	65.49	1.14	0.75	0.69	0.00	5.48			
2	3.16	10.27	3.07	107.68	32.10	99.63	2.93	10.24	2.85	62.31	85.51	72.81	1.08	0.73	0.63	0.29	7.28			
3	3.13	10.22	3.12	112.71	32.20	99.80	2.90	10.20	3.02	68.81	89.33	63.80	1.13	0.77	0.69	0.20	7.35			
4	3.18	10.19	3.08	113.84	33.00	99.80	2.98	10.07	2.80	61.48	84.02	85.17	1.14	0.73	0.62	1.18	6.29			
5	3.08	10.27	3.07	110.02	32.30	97.11	2.88	10.23	2.88	61.75	84.85	78.17	1.13	0.73	0.64	0.39	6.49			
6	3.02	10.32	3.09	107.68	33.00	96.30	2.78	10.32	2.88	58.83	82.63	83.04	1.12	0.71	0.61	0.00	7.95			
7	3.13	10.16	3.15	113.31	34.10	100.17	3.03	10.14	2.89	66.32	88.79	70.85	1.13	0.75	0.66	0.20	3.19			
8	3.20	10.26	3.09	114.04	37.20	101.45	2.86	10.17	2.87	65.77	83.48	73.39	1.12	0.79	0.65	0.88	10.63			
9	3.10	10.30	3.12	114.66	36.30	99.62	2.92	10.30	2.87	67.91	86.32	68.84	1.15	0.79	0.68	0.00	5.81			
x	3.12	10.25	3.10	111.95	32.89	99.32	2.91	10.22	2.90	64.65	86.27	73.51	1.13	0.75	0.65	0.35	6.72			
												c. volumetrica (%)			POROSIDAD (%)					
												bs-PM 8.49			bs-PM 49.97			bs-F		
												bs-PM 14.17			bs-PM 51.42			bs-F		
												bs-PM 10.49			bs-PM 48.65			bs-F		
												bs-PM 15.81			bs-PM 51.22			bs-F		
												bs-PM 12.62			bs-PM 51.48			bs-F		
												bs-PM 14.20			bs-PM 52.53			bs-F		
												bs-PM 11.36			bs-PM 50.21			bs-F		
												bs-PM 17.72			bs-PM 47.47			bs-F		
												bs-PM 13.35			bs-PM 47.55			bs-F		
												bh-M 19.25			bh-M 43.66			bh-f		
												bh-M 15.42			bh-M 48.32			bh-f		
												bh-M 20.41			bh-M 44.74			bh-f		
												bh-M 12.78			bh-M 50.32			bh-f		

BOSQUE SECO PREMONTANO BOSQUE HÚMEDO MONTANO M. verdes BS M. v ... +

Listo Accesibilidad: todo correcto

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat

Calibri 11 A⁺ A⁻ Fuente Alineación Número Estilos

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Celdas Edición Complementos

Compartir

Crear un PDF y un PDF compartir vínculo

Q19

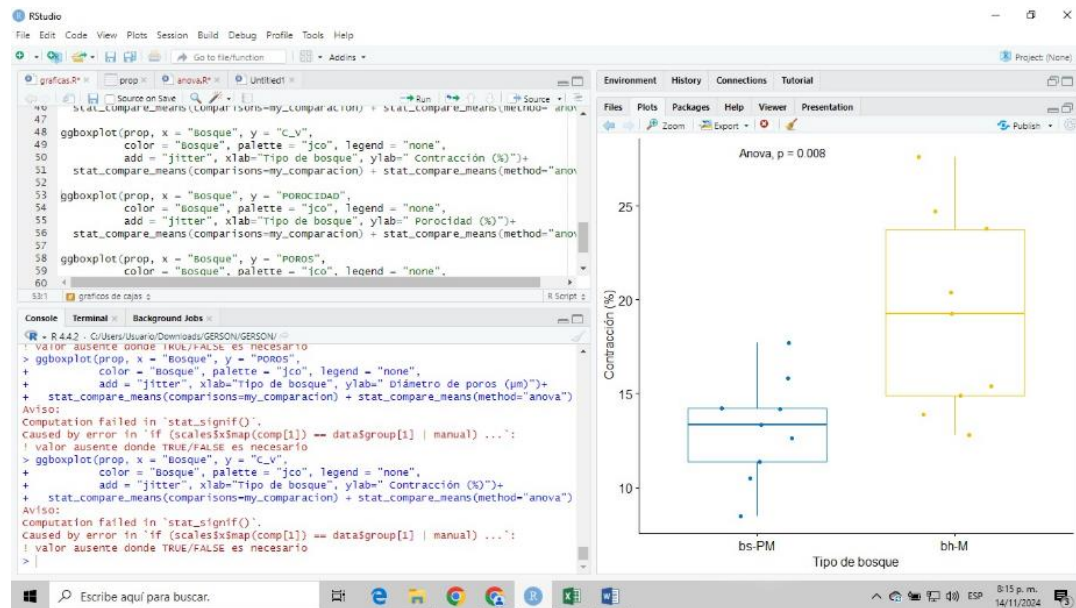
N°	MUESTRAS VERDES BOSQUE M. BAJO						MUESTRAS SECAS BOSQUE M. BAJO					PROPIEDADES FÍSICAS								
	Tangencial (cm)	longitudinal (cm)	Radial(cm)	peso (gr)	Higrometro	volumen (cm3)	Tangencial (cm)	longitudinal (cm)	Radial(cm)	peso (gr)	volumen	c. humedad(%)	densidad verde	D. anhidra	D. basica	longitudinal (%)	tangencial (%)	c. radial (%)		
1	3.13	10.32	3.19	121.14	32.60	103.04	2.82	10.14	2.91	70.32	83.21	72.27	1.18	0.85	0.68	1.74	9.90	8.78		
2	3.12	10.33	3.01	109.63	32.50	97.01	2.86	10.32	2.78	63.61	82.05	72.35	1.13	0.78	0.66	0.10	8.33	7.64		
3	3.16	10.22	3.19	119.23	32.60	103.02	2.85	10.13	2.84	67.96	81.99	75.44	1.16	0.83	0.66	0.88	9.81	10.97		
4	3.14	10.32	3.13	114.21	33.20	101.43	2.95	10.27	2.92	65.92	88.47	73.26	1.13	0.75	0.65	0.48	6.05	6.71		
5	3.13	10.27	3.12	113.23	33.10	100.29	2.87	10.22	2.91	61.99	85.35	82.66	1.13	0.73	0.62	0.49	8.31	6.73		
6	3.13	10.25	3.12	112.32	36.00	100.10	2.90	10.18	2.92	70.43	86.20	59.48	1.12	0.82	0.70	0.68	7.35	6.41		
7	3.13	10.21	3.16	119.95	32.30	100.99	2.66	10.05	2.88	71.76	76.99	67.15	1.19	0.93	0.71	1.57	15.02	8.86		
8	3.17	10.26	3.16	120.85	32.30	102.78	2.65	10.10	2.89	72.52	77.35	66.64	1.18	0.94	0.71	1.56	16.40	8.54		
9	3.15	10.28	3.16	119.80	32.60	102.33	2.62	10.10	2.80	71.86	74.09	66.71	1.17	0.97	0.70	1.75	16.83	11.39		
x	3.14	10.27	3.14	116.71	33.02	101.22	2.80	10.17	2.87	68.49	81.75	70.66	1.15	0.84	0.68	1.03	10.89	8.45		
												% porosidad			43.87361386					
												T/R			1.288808971					

BOSQUE SECO PREMONTANO BOSQUE HÚMEDO MONTANO M. verdes BS M. v ... +

Listo Accesibilidad: todo correcto

Apéndice J

Cálculo para análisis ANOVA



Apéndice K

Identificación de propiedades organolépticas



Apéndice L

Formato para caracterización de propiedades organolépticas

Determinación de las propiedades Organolépticas de la madera									
Nombre común:			Nombre científico:						
Tipo de bosque:									
Olor	Altamente perceptible	<input type="checkbox"/>	Observaciones:						
	Muy perceptible	<input type="checkbox"/>							
	Poco perceptible	<input type="checkbox"/>							
	Nada Perceptible	<input type="checkbox"/>							
Sabor	Altamente perceptible	<input type="checkbox"/>	Observaciones:						
	Muy perceptible	<input type="checkbox"/>							
	Poco perceptible	<input type="checkbox"/>							
	Nada Perceptible	<input type="checkbox"/>							
Brillo	Tangencial	Altamente perceptible	<input type="checkbox"/>	Radial	Altamente perceptible	<input type="checkbox"/>	Transversal	Altamente perceptible	<input type="checkbox"/>
		Muy perceptible	<input type="checkbox"/>		Muy perceptible	<input type="checkbox"/>		Muy perceptible	<input type="checkbox"/>
		Poco perceptible	<input type="checkbox"/>		Poco perceptible	<input type="checkbox"/>		Poco perceptible	<input type="checkbox"/>
		Nada Perceptible	<input type="checkbox"/>		Nada Perceptible	<input type="checkbox"/>		Nada Perceptible	<input type="checkbox"/>
Dirección del grano	Recto	<input type="checkbox"/>	Observaciones:						
	Oblicuo (inclinado)	<input type="checkbox"/>							
	Ondulado	<input type="checkbox"/>							
	Entrecruzado	<input type="checkbox"/>							
Color	Albura:		Observaciones:						
	Duramen:								
Textura	Media	<input type="checkbox"/>	Observaciones:						
	Gruesa	<input type="checkbox"/>							
	Fina	<input type="checkbox"/>							
Veteado	Tangencial:		Observaciones:						
	Radial:								

Nota. Adaptado de (Alvarado, 2022)