

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE
Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla DE 5 AÑOS, PROVENIENTE DE
UCAYALI – PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL

ROSA AMELIA CÉSPEDES GARCÍA

LIMA – PERÚ

2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 – Reglamento de propiedad intelectual)

Tesis Rosa Céspedes

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 13% | 14% | 5% | 5% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

Dr. Manuel Chavesta

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|---------------|
| 1 | www.prppg.ufpr.br Fuente de Internet | 2% |
| 2 | periodicos.ufpel.edu.br Fuente de Internet | 1% |
| 3 | core.ac.uk Fuente de Internet | 1% |
| 4 | revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.ufes.br Fuente de Internet | 1% |
| 6 | purl.org Fuente de Internet | 1% |
| 7 | www.inta.gov.ar Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 9 | Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina | <1% |

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE
Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla **DE 5 AÑOS, PROVENIENTE**
DE UCAYALI – PERÚ”

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL

ROSA AMELIA CÉSPEDES GARCÍA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Miguel Ángel Meléndez Cárdenas, Dr.

Presidente

Ing. Carlos Augusto Reynel Rodríguez, Ph.D.

Miembro

Ing. Rolando Antonio Montenegro Muro, Mg.Sc.

Miembro

Ing. Manuel Chavesta Custodio, Dr.

Asesor

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre y hermano por su amor, paciencia y motivación para iniciar y culminar esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

La realización de la tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes personas e instituciones, a las cuales estoy muy agradecida:

Al Dr. Enrique Gonzales Mora por su apoyo incondicional desde el inicio y final de este estudio, sugerencias, tiempo y amistad.

A la empresa Reforesta Peru S.A. por el suministro de los árboles y apoyo otorgado para la colección y transporte del material.

A mi asesor de tesis Dr. Manuel Chavesta Custodio por su aprobación para realizar este estudio y culminarlo.

Al Mg Rolando Montenegro Muro por su apoyo en la co-orientación, sugerencias de redacción, seguimiento del proyecto y amistad.

Al técnico David Huamán Cabrera del Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Agraria La Molina por su disponibilidad, indicaciones y paciencia.

A Bach. Diana Zoila Coronel Barrera por motivarme a iniciar este estudio, acompañar a la colección de muestras y motivarme durante todo el proceso.

Al laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina por las facilidades otorgadas para la realización de la experimentación y fase de gabinete.

A mi familia por ser mi motivación.

A mí por haber empezado este trayecto en la ciencia de la madera.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. | Descripción botánica | 3 |
| 2.1.1. | Taxonomía | 2 |
| 2.1.2. | Descripción dendrológica | 3 |
| 2.1.3. | Características ecológicas..... | 3 |
| 2.2. | Anatomía de la madera..... | 4 |
| 2.3. | Anatomía de <i>Eucalyptus grandis</i> y <i>Eucalyptus urophylla</i> | 6 |
| 2.4. | Variabilidad longitudinal y radial en eucalipto..... | 8 |
| 2.5. | Plantaciones de eucalipto y usos | 10 |
| III. | METODOLOGÍA | 11 |
| 3.1. | Lugar de ejecución..... | 11 |
| 3.2. | Materiales y equipos | 11 |
| 3.2.1. | Materiales y equipos de campo..... | 11 |
| 3.2.2. | Materiales de laboratorio | 11 |
| 3.2.3. | Equipos de laboratorio..... | 12 |
| 3.2.4. | Equipo de oficina..... | 12 |
| 3.3. | Metodología | 12 |
| 3.3.1. | Selección y colección de muestras | 12 |
| 3.3.2. | Selección de árboles | 13 |
| 3.3.3. | Estudio anatómico | 15 |
| 3.3.4. | Descripción macroscópica..... | 15 |
| 3.3.5. | Descripción microscópica | 15 |
| a. | Preparación láminas histológicas | 15 |
| b. | Preparación de tejido macerado | 16 |
| 3.4. | Medición de elementos leñosos | 17 |
| 3.5. | Registro de imágenes | 17 |
| 3.6. | Evaluación de los resultados | 17 |

| | | |
|-------|--|----|
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 18 |
| 4.1. | Descripción de la especie | 18 |
| 4.2. | Variabilidad longitudinal y radial de la especie | 25 |
| V. | CONCLUSIONES | 33 |
| VI. | RECOMENDACIONES..... | 34 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA | 35 |
| VIII. | ANEXOS | 43 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Valores promedio de vasos y fibras de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> según diferentes autores..... | 8 |
| Tabla 2: Datos de campo de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> de 5 años..... | 14 |
| Tabla 3: Valores promedio de los elementos anatómicos..... | 24 |
| Tabla 4: Valores promedio y coeficiente de variabilidad de vasos y fibras en dirección longitudinal y radial de la especie evaluada..... | 26 |
| Tabla 5: Grado de variabilidad según coeficiente de variación..... | 43 |
| Tabla 6: Análisis de variancia de la longitud de vasos..... | 44 |
| Tabla 7: Análisis de variancia del diámetro tangencial del poro..... | 44 |
| Tabla 8: Análisis de variancia de la longitud de fibra..... | 45 |
| Tabla 9: Análisis de variancia del diámetro de fibra..... | 46 |
| Tabla 10: Análisis de variancia del espesor de pared..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación de las plantaciones de Eucalipto en la ciudad de Pucallpa..... | 13 |
| Figura 2: Toma de muestras para el estudio macroscópico y microscópico..... | 14 |
| Figura 3: a. Sección tangencial. b. Sección radial..... | 19 |
| Figura 4: Macrofotografía de la sección transversal..... | 20 |
| Figura 5: Corte transversal de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 20 |
| Figura 6: Corte radial de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 21 |
| Figura 7: Corte tangencial de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 21 |
| Figura 8: Vasos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 22 |
| Figura 9: Fibra de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | 22 |
| Figura 10: Variación axial y radial de longitud del vaso..... | 27 |
| Figura 11: Variación axial y radial de diámetro tangencial de poro..... | 28 |
| Figura 12: Variación axial y radial de la longitud de fibras..... | 29 |
| Figura 13: Variación axial y radial del diámetro de fibras..... | 31 |
| Figura 14: Variación axial y radial del espesor de pared..... | 32 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Coeficiente de variabilidad..... | 43 |
| Anexo 2. Prueba estadística de la longitud de vasos..... | 43 |
| Anexo 3. Prueba estadística del diámetro tangencial de poros..... | 44 |
| Anexo 4. Prueba estadística de la longitud de fibras..... | 45 |
| Anexo 5. Prueba estadística del diámetro de fibras..... | 46 |
| Anexo 6. Prueba estadística del espesor de pared..... | 47 |

RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad la caracterización anatómica de la madera de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* según los lineamientos establecidos por la *International Association of Wood Anatomists - IAWA* (1989) y del *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA* (1991). Se evaluó la madera de cinco árboles de 5 años provenientes de Coronel Portillo, en tres posiciones longitudinales y tres posiciones radiales; así como de su interacción. La madera presenta grano entrecruzado y textura media; poros solitarios, de forma ovalada y en arreglo diagonal; parénquima paratraqueal vasicéntrico y radios no estratificados. Microscópicamente los radios son homocelulares conformados por células procumbentes, uniseriados; las fibras son libriformes no estratificadas. No se encontró diferencias en las características cualitativas, pero sí en las características cuantitativas de los elementos anatómicos. Axialmente, la longitud de fibras no muestra un crecimiento definido; el diámetro tangencial de poros mantiene su crecimiento hasta el nivel intermedio para luego aumentar; la longitud de fibras aumenta hacia el intermedio para luego mantenerse y el diámetro de fibras mantiene su crecimiento hasta el intermedio para luego disminuir al ápice y el espesor de pared no presenta diferencias en su comportamiento. Radialmente la longitud de vasos no muestra crecimiento definido; el diámetro tangencial de poros mantiene su crecimiento hasta el nivel medio para luego aumentar hacia la corteza; la longitud de fibras aumenta de médula-corteza; el diámetro de fibras no presenta diferencias significativas y el espesor de pared aumenta médula-corteza. Los coeficientes de variabilidad más homogéneos se encontraron en el espesor de pared, la longitud y diámetro de fibras, en el orden de más a menos respectivamente.

Palabras clave: Anatomía de la madera. *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*. Análisis de varianza.

ABSTRACT

The research aimed to characterize the anatomy according to the guidelines established by the International Association of Wood Anatomists - IAWA (1989) and the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources - IBAMA (1991). The wood of 5 year old *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* trees from Coronel Portillo was evaluated in three longitudinal positions and three radial positions. The anatomical elements, their behavior at the axial and radial levels, and their interaction were assessed. The wood exhibits interlocked grain and medium texture. It has solitary pores, oval-shaped and arranged diagonally; vasicentric paratracheal parenchyma and non-stratified rays. Microscopically, the wood shows unilateral vasicentric paratracheal parenchyma, homocellular rays consisting exclusively of procumbent, uniseriate cells, and non-stratified libriform fibers. There are no differences in the qualitative characteristics, but there are differences in the quantitative characteristics of the anatomical elements between the longitudinal and radial interactions. Axially, the fiber length does not show a defined growth; the tangential pore diameter maintains its growth until the intermediate level and then increases; the fiber length increases towards the intermediate level and then remains constant; the fiber diameter continues to grow until the intermediate level and then decreases towards the apex, while the wall thickness does not show differences in its behavior. Radially, the vessel length does not show a defined growth; the tangential pore diameter maintains its growth until the middle level and then increases towards the bark; the fiber length increases from pith to bark; the fiber diameter does not show significant differences, and the wall thickness increases from pith to bark. The most homogeneous coefficient of variation was found in fiber wall thickness, fiber length, and fiber diameter.

Key Words: Wood anatomy. *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*. Variance analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales se han impulsado en Brasil, Chile, Uruguay, Argentina, Ecuador, y Colombia. En el Perú, en los últimos diez años, se observa una disminución en la superficie de plantaciones lo que conlleva a una menor producción en un país con una demanda en constante crecimiento acorde a SERFOR (2022). Esta situación plantea una oportunidad importante para incrementar la oferta de forma sostenible y competitiva en el mercado, mediante políticas de desarrollo que fomenten las plantaciones forestales, tanto para el mercado internacional como el nacional, como lo sugieren Mendiburu y Cosavalente (2022). Acorde al MINAM (2017) nuestro país cuenta con 9,436,375 hectáreas tierras aptas para reforestar. Actualmente, cuenta con 88,944 hectáreas de plantaciones, cuyas principales especies son nativas como *Guazuma crinita* (bolaina), *Calycophyllum spruceanum* (capirona), *Schizolobium amazonicum* (pashaco o pino chuncho), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Simarouba amara* (marupa) y *Dipteryx micrantha* (shihuahuaco) y con especies exóticas como la *Tectona grandis* (teca), *Pinus spp.* (pino) y *Eucalyptus spp.* (Plataforma Nacional de Datos Abiertos, 2022). Ucayali es el tercer departamento a nivel nacional con la mayor cantidad de plantaciones forestales registradas (AFFS, 2021).

El *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*, como indica Prasetyo et. al, (2018), es un clon producto del cruce de *Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus grandis* con el objetivo de tener una especie con características deseables, como un crecimiento más rápido, mayor resistencia a las enfermedades y mayor adaptabilidad ambiental. Principalmente se utilizan para pasta de papel, además sus propiedades para madera se consideran beneficio económico y reducen la degradación de los bosques naturales, por la creciente demanda acorde a los mismos autores. Por lo que conocer las características de estos híbridos desarrollados en Perú es de importancia.

El camino para obtener los mejores usos industriales de la madera de plantaciones es conociendo las características anatómicas y propiedades físicas-mecánicas de las especies;

puesto que la madera es un tejido complejo, formado a partir del cambium vascular, constituido por diferentes tipos de células leñosas, organizadas en diferentes proporciones y arreglos, determinando así sus potenciales usos. Las características anatómicas pueden ser controladas genéticamente y variar acorde a las condiciones externas, como el lugar de crecimiento, factores climáticos, tratamientos silviculturales y edad de corte. Conocer la estructura de la madera permite obtener información sobre su variabilidad entre árboles y dentro de cada individuo. (Panshin y De Zeew, 1980; Arroyo, 1983; Zobel y Van Buijtenen, 1989).

El presente estudio pretende caracterizar anatómicamente la madera de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, así como determinar su variabilidad en tres posiciones longitudinales y tres posiciones radiales de una plantación de 5 años ubicada en la provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.1.1. Taxonomía

Silva (2013) señala la siguiente clasificación taxonómica para la especie:

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Eucalyptus*

Especie: *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*

Nombre común: Eucalipto, ucalipto urograndis, lyptus.

2.1.2 Descripción dendrológica

Paillacho (2010) describe al *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* como árboles que pueden llegar a medir más de 60 m de altura; corteza exterior (ritidoma) marrón clara con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior que es más lisa; el fuste es recto y de forma cilíndrica; su copa es irregular siendo las hojas jóvenes sésiles, ovaladas y grisáceas, alargándose y tornándose coriáceas y de un color verde azulado brillante de adultas, contienen un aceite esencial con un olor balsámico característico; presenta flores blancas y solitarias con el cáliz y la corona unidos donde los estambres y el pistilo están cubiertos por una superficie, que al abrirse, libera multitud de estambres de color amarillo; los frutos son grandes cápsulas de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas.

2.1.3 Características ecológicas

Las muestras fueron extraídas, según la clasificación de Zonas de Vida por Holdridge de un bosque húmedo tropical (bh-T) la cual presenta precipitación media anual de 2200 mm a 2400 mm y una temperatura media anual de 25°C. El clima es cálido, lluvioso, con lluvia abundante todo el año, con humedad relativa calificada como muy húmeda.

Además, Ucayali se caracteriza por presentar suelos de arcillas, limo-arcillitas, areniscas y conglomerados. Valdez, J. (febrero, 2022).

El crecimiento de *E. grandis* x *E. urophylla* es propia de suelos de aluvión, ligeramente húmedos, limosos, textura franca a franca arenosa ligeramente arcillosa, con buen drenaje, con profundidad superior de 40 cm, no compactados, húmedos fértiles, pero no encharcados, acorde a Valdez, J. (febrero, 2022) y Silva (2013).

Asimismo, la especie se cultiva en zonas del litoral ecuatoriano a una altura de 0 a 2000 m.s.n.m. a una temperatura de 24°C a 30°C con precipitaciones de 800 a 2500 mm. No crece en zonas saturadas de agua, es sensible a heladas, tolerancia media a la sequía, resistentes a plagas. (González *et al.*, 2014; Monteoliva *et al.*, 2015).

2.2. ANATOMÍA DE LA MADERA

Cury (2001) señala que la anatomía de la madera es la rama de las ciencias forestales que busca conocer la disposición estructural de los diversos elementos que la constituyen. Evangelista *et al.* (2010) menciona que permite la identificación de relaciones entre la madera y las características generales de ella, principalmente en los aspectos relacionados con la masa específica, resistencia mecánica, permeabilidad, resistencia natural y trabajabilidad). León y Espinoza (2001) indican que su estudio comprende las características generales u organolépticas, elementos macroscópicos (se observan a simple vista o con el uso de lupa de 10x) y elementos microscópicos.

Aguilar *et al.* (2010) sostiene que la anatomía de la madera proporciona datos importantes para comprender las influencias de las condiciones ambientales en la diversidad estructural de los tejidos, que se relaciona directamente al hábito adaptativo de las plantas. Evangelista *et al.* (2010), Zobel y Van Bujtenen, (1989) y Gimenez *et. al.* (2005) indican que las dimensiones de las células son influenciadas generalmente por factores intrínsecos (genéticos), extrínsecos (ambientales), así como por la edad y las diferentes prácticas silviculturales (poda, competencia, calidad de sitio, riego, espaciamiento, etc.).

La sequía, inundación, altitud, latitud, formación de suelo, estadios sucesionales de vegetación y la contaminación pueden alterar significativamente la estructura anatómica según Costa, citado por Sato (2011).

La variación en los elementos leñosos presenta diferentes patrones de comportamiento en dirección longitudinal y transversal del fuste; Panshin y De Zeew (1980), señalan que la variación longitudinal del árbol presenta tres patrones:

- Incremento desde la base hacia el ápice.
- Incremento hasta el primer tercio de la altura del fuste para luego disminuir hacia el ápice.
- Disminución desde la base hacia el ápice.

Asimismo, el mismo autor menciona que existen tres tendencias de variación de los elementos leñosos en dirección radial:

- Incremento en la zona cercana a la médula hasta llegar a estabilizarse en la zona cercana a la corteza.
- Incremento de la médula hacia la corteza.
- Incrementa desde la médula y luego disminuye en la zona cercana a la corteza.

La variación en el crecimiento se explica por una fase juvenil, que refleja un crecimiento rápido; y una segunda fase que refleja un periodo más o menos estabilizado debido al cambium maduro. Las tendencias radiales de la longitud de las células producidas por un cambium maduro se clasifican en tres grupos:

- Longitudes que permanecen constantes.
- Incrementos continuos en la longitud celular
- Incrementos en la longitud celular hasta un máximo, seguido por un detrimento en su longitud.

Moya *et al.* (2009) y Evangelista *et al.* (2010) indican que las variaciones de las dimensiones de los elementos anatómicos es producto del envejecimiento del cambium, que definen las células leñosas de la madera dentro de un mismo individuo, y las modificaciones impuestas en la actividad cambial por las condiciones ambientales.

Monteoliva y Marlats (2007) mencionan que las propiedades de la madera juvenil están caracterizadas por rápidos cambios desde la médula hacia la corteza, estabilizándose a medida que se acercan a la zona madura. Gimenez *et al.* (2005) agregan que numerosas

especies varían de la base al ápice siendo más frecuente en especies con grandes diferencias entre leño juvenil y maduro.

Gonçalez *et al.* (2014) agrega que la determinación de la variabilidad longitudinal y radial es importante pues permite la caracterización tecnológica, prevé su comportamiento en la transformación mecánica y en servicio, y orienta su aplicación en la fabricación de máquinas y equipos que pueden optimizar sus productos.

Según Cobas (2012), las propiedades más estudiadas en cuanto a patrones de variación radial es la longitud de fibras, debido a que definen la calidad de la madera y está relacionada íntimamente con el uso final de la misma. Acorde a Arruda *et al.* (2013) la edad de los árboles está relacionado con el aumento de espesor de pared y la disminución en el diámetro de la fibra, siendo esta característica propia de maderas más densas. Lemos *et al.* (2012) indica que fibras más anchas presentan mayor espesor de pared y mayor diámetro del lumen.

2.3. ANATOMÍA DE *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus urophylla*

Mendoza (2015) y Brisola & Demarco (2011) señalan que *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* posee albura y duramen de color rosa (5YR 8/4 y 7.5 YR 7/4, respectivamente), brillo alto, veteadado ligeramente pronunciado, textura media, grano entrecruzado.

A nivel microscópico la madera *E grandis* x *E urophylla* presenta poros en arreglo diagonal, solitarios, ovalados, a veces con apéndices en ambos extremos, placas de perforación simple, con puntuaciones intervasculares simples. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Radios uniseriados a veces biseriados; homocelulares formado por células procumbentes. También presencia de fibrotraqueidas cortas o largas con puntuaciones areoladas (Brisola & Demarco, 2011; Mendoza, 2015).

Arango (2004) en su evaluación anatómica encontró longitud de vasos de 240 μm – 483 μm , diámetro tangencial de poros de 77 μm – 133 μm con una frecuencia de 8 a 513 poros/ mm^2 . Mendoza (2015) obtuvo una longitud de vasos de 357 μm – 600 μm y un diámetro tangencial de poros de 95 μm - 158 μm superior. En relación con el número de poros/ mm^2 ambos obtuvieron resultados iguales en promedio, siendo este de 11 poros/ mm^2 . Lo hallado se

clasifica acorde a COPANT (1974) como mediano para la longitud y diámetro de poros y pocos para el número de poros/mm².

Brisola & Demarco (2011) en el análisis anatómico halló promedios superiores al estudiar las características microscópicas que Costa (2011) en su evaluación de calidad de madera para producción de celulosa, ver Tabla 1. La diferencia puede deberse a la locación de la toma de muestras de cada estudio; Brasilia y Sao Paulo respectivamente. Carvalho y Nahuz (2001), en su evaluación de usos potenciales de individuos de 7 años, cuyas muestras también fueron tomados en Sao Paulo, presenta promedio de longitud de fibra mayor, obteniendo en el diámetro de fibras y espesor de pared los mismos promedios estudiados por Costa (2011).

La longitud de fibras de *E. grandis x urophylla* presentó un promedio ligeramente menor a las especies parentales, siendo para *E. grandis* 1150 μm y para *E. urophylla* 1120 μm , pero espesor de pared ligeramente más gruesa Brisola & Demarco (2011). *E. urophylla* de 6 y 8 años estudiado por Evangelista *et al.* (2010) poseen fibras ligeramente más cortas 950 μm y 920 μm , con similar diámetro 21 μm y 19 μm , paredes ligeramente más delgadas con 4 μm y 5 μm y mayor promedio de lumen 13 μm y 9 μm , respectivamente.

Al analizar individuos de 8 años de *E. grandis x urophylla*, se observa la caracterización anatómica de Henrique & Claudio (2014) que presentan los mayores valores de fibras al contrastarlos con lo hallado por Arango (2004) quien estudió a la misma especie, quien determinó la variación de la densidad dividiendo los individuos en 5 niveles, y Gonçalves *et al.* (2014) cuyos valores son los menores obtenidos.

Costa (2011) al evaluar 5 niveles longitudinales de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* halló fibras de coeficiente de variación mayor comparado con *E. grandis* y *E. urophylla*. Indica que este parámetro varía de individuo a individuo, según su ubicación en el árbol y entre madera juvenil y adulta. Con ello, observa que la variación encontrada puede ser considerada normal y los valores para la dimensión de las fibras están acordes a los encontrados para especies de eucalipto.

En la Tabla 1, se presentan los valores promedios para vasos y fibras hallados por los autores descritos.

Tabla 1: Valores promedio de vasos y fibras de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* según diferentes autores

| Elemento anatómico | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> | | | | | | |
|--------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 6 años ¹ | 6 años ² | 7 años ³ | 8 años ⁴ | 8 años ⁵ | 8 años ⁶ | 9 años ⁷ |
| LV (µm) | - | - | - | - | 342 | - | 478 |
| DP (µm) | - | - | - | - | 104 | - | 126 |
| LF (µm) | 1100 | 940 | 1080 | 900 | 1030 | 1065 | 1099 |
| DF (µm) | 20 | 17 | 17 | 17 | 20 | 30 | 26 |
| EP (µm) | 6 | 4 | 4 | 6 | 5 | 8 | 4 |
| NP/mm ² | - | - | - | - | 11 | - | 11 |

LV: longitud de vasos; DP: diámetro de poros; DF: diámetro de fibras; LF: longitud de fibras;

EP: Espesor de pared. NP/mm²: Número de poros/mm².

Fuente: ¹ Brisola & Demarco (2011), ² Costa (2011), ³ Carvalho y Nahuz (2001), ⁴ Gonçalez *et al.* (2014), ⁵ Arango (2004), ⁶ Henrique & Claudio (2014) y ⁷ Mendoza (2015). Sin información (-).

Gouvêa *et al.* (2009) citado por Lima *et al.* (2011) observa que en poblaciones clonales de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 3 años de edad la longitud, ancho, diámetro de lumen y espesor de pared de las fibras presentan diferencias entre clones y sitios de plantación.

2.4. VARIABILIDAD LONGITUDINAL Y RADIAL EN EUCALIPTO

Para el género *Eucalyptus* se ha determinado la existencia de diferencias en las características anatómicas de la madera entre árboles de la misma especie y una gran proporción de esta puede atribuirse a factores genéticos. (Moglia *et al.*, 2008; Zobel & Van Buijtenen, 1989).

Arruda *et al.* (2013) dividió en 4 secciones axiales al *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 6 años donde halló que la longitud de las fibras aumenta de la base hasta el primer cuarto del árbol para luego decrecer hasta la posición posición apical. La longitud de vasos presentó un aumento desde la base hacia la mitad del árbol para luego disminuir

ligeramente y volver a y aumentar hacia el ápice. Asimismo, el espesor de la pared de las fibras y el ancho de las fibras en la posición basal presentaron los mayores promedios.

Gonçalez *et al.* (2014) en su investigación de dimensiones de fibras y densidad de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 8 años en 5 niveles hallaron mayor longitud de fibras en la parte superior del fuste (50%-100%) y el diámetro muestra poca variación axial donde los menores valores se hayan en las posiciones 25% y 100%. Asimismo, el espesor de pared es menor en la parte basal aumentando en el intermedio para luego presentar valores semejantes, mientras que el diámetro del lumen es mayor en la base y luego permanece uniforme. En contraste con Arango (2004) en su evaluación longitudinal y radial de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* donde presenta los menores valores hallados en sus elementos anatómicos a excepción del espesor de pared que es superior pero menor al de Henrique & Claudio (2014) en su caracterización de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 8 años.

Gonçalez *et al.* (2014) para la especie *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 8 años hallaron que la longitud de fibras aumenta en el sentido base-ápice. El diámetro tangencial de poros presenta menores valores en las posiciones 25% y 100%. Axialmente, el espesor de pared es menor en la parte basal aumentando al intermedio para luego mantenerse constante. Hsing *et al.* (2016) halló la misma tendencia para la misma especie de 2 años en el espesor de pared mientras que el diámetro del lumen fue menor en la base y uniforme a lo largo del fuste, en árboles de 2,25 años.

En *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de 8 años, al evaluarlos radialmente en 5 secciones, se encontró un aumento significativo en sentido médula-corteza en longitud de fibras hasta el 75% cuando los valores se estabilizaron, el diámetro de fibras muestra la misma tendencia con la diferencia que muestra una reducción a partir de la posición 75%, aumento en espesor de pared y reducción del diámetro del lumen de las fibras en la posición 50% - 75% correspondientes a la zona media (Arango, 2004). Asimismo, el autor indica que las dimensiones halladas en el longitud y espesor de pared de fibras son indicadores de presencia de madera juvenil hasta los 7 años (75% de la posición radial) y que a partir de ese punto se inicia la formación de madera adulta que se estabiliza en la zona cercana a la corteza.

Castro *et al.* (2007) al evaluar *E. grandis* de 10, 14, 20 y 25 años concluyen que la variación en sentido médula-corteza fueron más pronunciadas que las observadas entre las diferentes edades. La longitud, espesor de pared de fibra y el diámetro del vaso aumentan con la edad en sentido médula-corteza, mientras que el diámetro de fibras disminuye con la edad y aumenta en sentido médula-corteza. Alves *et al.* (2011) encontró que en *E. grandis* de 23 años la longitud y espesor de las fibras también aumentan en sentido médula-corteza, mientras que el diámetro de la fibra y diámetro tangencial de poros tienden a incrementar hacia el medio para luego disminuir ligeramente hacia la corteza. Las tendencias de crecimiento concuerdan para *E. urophylla* de 6 y 8 años según Nigoski *et al.* (1998) y Evangelista *et al.* (2010).

2.5. PLANTACIONES DE EUCALIPTO Y USOS

El *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* es un híbrido desarrollado en Brasil en los años 2000 por el cruce de *E. urophylla* y *E. grandis*. El propósito que persigue la obtención de este cruce radica en lograr una combinación de aptitudes como la buena forma, rapidez de crecimiento, buena aptitud maderera, mejores rendimientos, propiedades físicas de celulosa y sanidad atribuibles al *E. grandis* junto con la rusticidad, propiedades de madera y resistencia al déficit hídrico brindado por *E. urophylla*. (Alves, D., 2012; Monterubbianesi, R., 2020).

El uso de la madera de eucalipto se debe a su calidad y versatilidad de aplicación en la obtención de diferentes productos, cuya calidad reside en la materia prima que a su vez depende de un conjunto de características químicas, físicas, mecánicas y anatómicas (Hsing, T. Y. *et al.*, 2016). La madera de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* presenta una creciente demanda en el mercado nacional e alta en el internacional debido a su aprovechamiento industrial en la obtención de celulosa y hemicelulosa para la fabricación de papel, y su madera es utilizada para postes de alumbrado, trozas para aserrados, puntales para construcción civil, pisos de parquet, construcción de muebles, soportes en minas, tableros de fibras, biomasa para energía, tutores para cultivos agrícolas, muebles, construcción de casas y cercos, entre otros (Lemos, ALF., 2012; Machacuay, A y Llancari, YM. 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2. MATERIALES Y EQUIPO

3.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO

- Libreta de campo
- GPS
- Forcípula
- Hipsómetro
- Wincha
- Lápiz de cera
- Motosierra
- Cámara digital

3.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO

- Lupa de 10x
- Solución de alcohol de 30, 60 y 90°
- Solución de safranina al 1%
- Merckoglass
- Agua destilada
- Placas Petri
- Vasos graduados de vidrio de 150 ml y 250 ml
- Porta objeto de 75x25mm
- Cubre objeto de 18x18mm y de 22x22mm

- Pincel pelo de Martha N°5
- Aguja hipodérmica

3.2.3. EQUIPOS DE LABORATORIO

- Micrótopo de deslizamiento horizontal
- Microscopio binocular DM750 Leica con cámara digital ICC 50W incorporada
- Cuchillas descartables para micrótopo S 35 80mm
- Estereoscopio marca Olympus con cámara Canon acoplada
- Plancha de calentamiento

3.2.4. EQUIPO DE OFICINA

- Computadora
- Material de escritorio

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

La colección de árboles se realizó en abril del 2017, en las plantaciones de 5 años de edad de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* pertenecientes a la Cervecería San Juan S.A., del Grupo Backus, ubicadas en la Carretera Federico Basadre Km. 12, en el Fundo Santa Rita, parcela L42, provincia Coronel Portillo, región Ucayali (Figura 1).

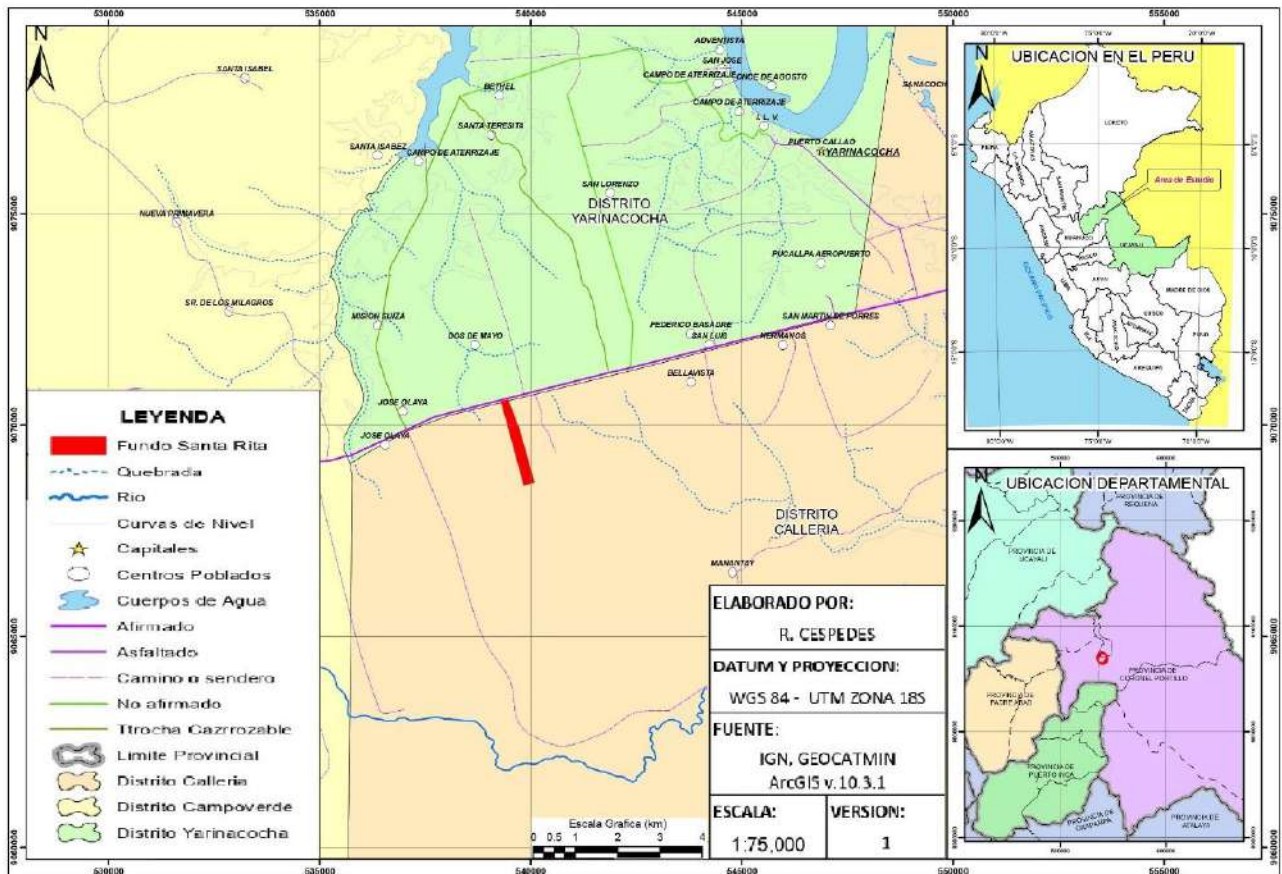


Figura 1: Ubicación de las plantaciones de Eucalipto en la ciudad de Pucallpa

3.3.2. SELECCIÓN DE ARBOLES

Se seleccionaron cinco árboles utilizando el método de muestreo aleatorio acorde a la NTP 251-008. A cada uno se midió la altura total, altura comercial, diámetro a la altura del pecho (DAP). Los árboles en función de su altura comercial fueron divididos en tres partes proporcionales. En la Tabla 2 se muestran los datos medidos en campo de los cinco (5) árboles en pie colectados, los cuales permiten observar su desarrollo. En promedio se observa que la altura comercial representa el 60% de la altura total.

Tabla 2: Datos de campo de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 5 años

| Árbol | DAP (cm) | Altura Comercial (m) | |
|-------|-------------|----------------------|-----------|
| | | Total | Comercial |
| 1 | 19 | 20 | 13 |
| 2 | 19,5 | 22 | 11 |
| 3 | 16,5 | 22 | 16 |
| 4 | 17 | 24 | 19 |
| 5 | 17 | 20 | 15 |

De la zona basal de cada árbol se obtuvo un listón de 5 cm x 5 cm x 80 cm para realizar la prueba de grano, dos tablas de 2,5 cm x 10 cm x 80 cm en corte tangencial y otra en corte radial para las muestras a ser depositadas en la xiloteca del Laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas – UNALM. Se colectaron en total 5 listones y 10 tablas en corte tangencial y radial para el estudio macroscópico. También se tomaron tres rodajas de 5 cm cada tres metros de altura aproximadamente, como se ilustra en la Figura 2, correspondientes a los tres niveles axiales, haciendo un total de 15 rodajas para el estudio anatómico.

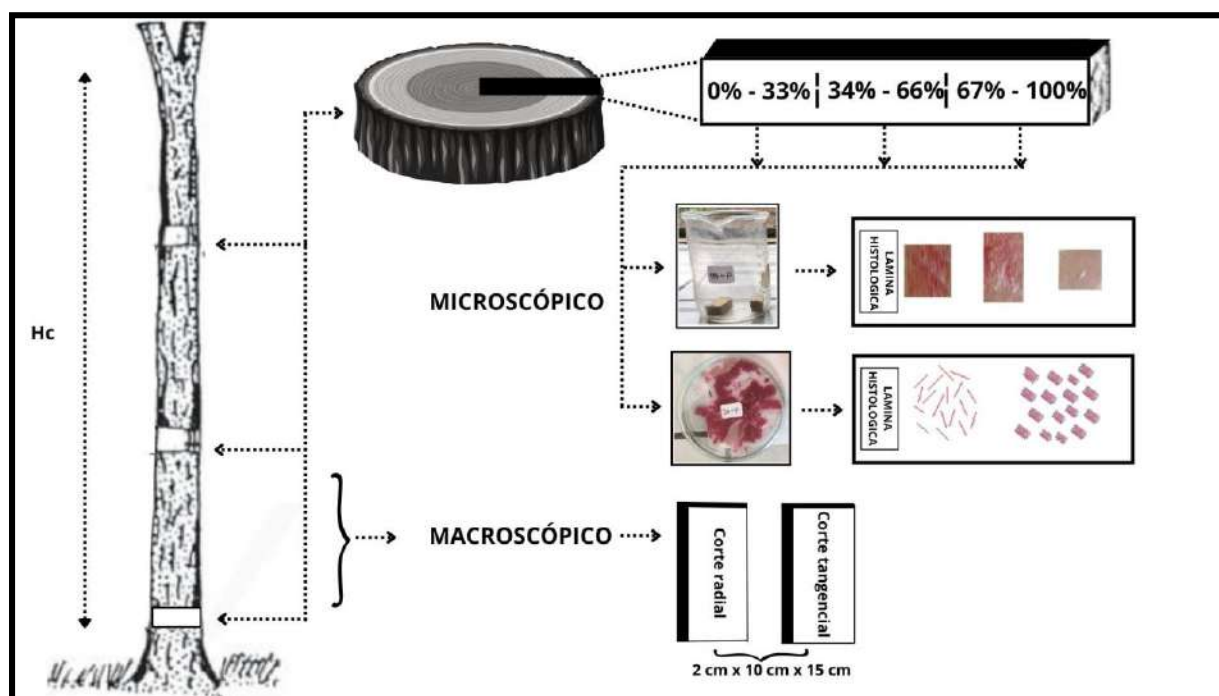


Figura 2: Toma de muestras para el estudio macroscópico y microscópico

3.3.3. ESTUDIO ANATÓMICO

El estudio anatómico comprende la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas. La caracterización anatómica se realizó de acuerdo a la norma del *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* (IBAMA, 1991) y la *International Association of Wood Anatomists* (IAWA, 1989).

El estudio anatómico comprende la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas.

3.3.4. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Las muestras de xiloteca de 2 cm x 10 cm x 15 cm debidamente orientadas se emplearon para la descripción de las siguientes características: color, textura, brillo, vetado, poros, parénquima, radios y anillos de crecimiento. La descripción del color se realizó con la tabla Munsell (1977). Se evaluó el grano de cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm. Asimismo, de las rodajas se determinó el porcentaje de albura y duramen.

3.3.5. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Para la descripción microscópica, se prepararon láminas histológicas y de tejido macerado como se detalla a continuación.

a. Preparación de láminas histológicas

Las rodajas fueron divididas radialmente en tres secciones de la médula a la corteza. Se prepararon cubos de 1 cm x 1 cm x 2 cm de cada sección radial, orientados en sus tres planos de corte, para cada nivel axial. El proceso de obtención de láminas histológicas es el siguiente:

- **Ablandamiento de cubos:** Se ablandaron en agua caliente en una plancha a 240 °C durante aproximadamente 40 horas.
- **Corte de láminas:** Se empleó el micrótopo de deslizamiento horizontal realizando los cortes de 20 a 25 µm de espesor para las tres secciones transversal, radial y tangencial los que fueron colocados en placa Petri con alcohol de 30°.

- **Deshidratación:** Los tejidos obtenidos se deshidrataron gradualmente en diferentes grados de alcohol: 30°, 60° y 90°; con intervalo de 15 minutos entre cada uno de menor a mayor grado.
- **Coloración y lavado:** Tras la deshidratación, se agregaron cinco gotas de safranina, buscando una coloración uniforme, por un tiempo de 15 minutos. Transcurrido ese tiempo se lavaron las láminas con alcohol de 90°, repitiéndose las veces necesarias para eliminar el exceso de colorante.
- **Montaje:** Las láminas coloreadas se colocaron en un vidrio para cuadrarlas y luego se colocaron en placas portaobjetos. Se agregó una gota de Merkoglass antes de cubrirlas con el cubreobjetos. En cada placa portaobjeto se colocaron tres láminas, una por cada sección de corte; habiéndose elaborado seis placas portaobjetos por nivel, totalizando 18 placas por árbol (dos placas por posición radial para cada una de las tres posiciones longitudinales).

b. Preparación de tejido macerado

Se prepararon palitos de madera de 2 mm x 2 mm x 40 mm de cada posición, para obtener fibras y vasos. Su preparación comprendió los siguientes pasos:

- **Maceración:** Los palitos de madera se colocaron en un vaso pírrex con una solución de ácido acético glacial hasta cubrirlas completamente y luego llevados a una plancha de calentamiento a 70 °C por 20 minutos.
- **Deshidratación y coloración:** Se lavó con agua el macerado varias veces hasta eliminar el exceso de ácido acético glacial, luego se agregó alcohol de 90° y cinco gotas de safranina. Posteriormente, el tejido macerado se colocó en una placa Petri para realizar el montaje.
- **Montaje:** Se separaron y seleccionaron fibras y vasos con la ayuda de una aguja hipodérmica y un microscopio, los cuales fueron colocados en portaobjetos y se le añadió una gota de Merkoglass para así cubrirlo con el cubreobjetos. En cada placa portaobjeto fueron colocadas 25 fibras y 25 vasos, habiéndose preparado dos placas por posición que hacen 6 placas por posición longitudinal y 18 por árbol.

3.4. MEDICIÓN DE ELEMENTOS LEÑOSOS

Se realizaron 25 mediciones por elemento anatómico: diámetro y longitud de vasos; espesor, longitud y diámetro de fibras utilizando el programa LAS de Leica. Asimismo, se determinó el número de células, ancho, altura y número de radios, el diámetro tangencial de los poros y número por mm².

3.5. REGISTRO DE IMÁGENES

Las muestras de xiloteca fueron escaneadas. Se tomaron macrofotografías de la sección transversal utilizando un esteroscopio Leica EX4 W con cámara incorporada. Las fotografías microscópicas se obtuvieron con un microscopio Leica DM750 con cámara Leica ICC50 W conectado a una computadora.

3.6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se determinaron las medidas de tendencia central (promedio) y dispersión para los diferentes elementos anatómicos. Para el análisis de la variación del comportamiento longitudinal y radial según posición axial y radial, se realizó un diseño factorial el cual se analizó a través de un análisis de variancia (ANOVA) en caso de significancia se realizó la prueba Tukey a nivel de confianza del 95%. Se evaluaron longitud de vasos, diámetro tangencial del poro, longitud de fibra, diámetro de fibra y espesor de pared.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Características generales (Figura 3)

En condición seca al aire la albura es de color blanco cremoso 2,5Y 8/2 y el duramen rojo claro 7,5YR 8/4. La transición entre albura y duramen es gradual, la albura representa el 30% de la sección transversal. La madera presenta grano entrecruzado, textura media, brillo medio, vetado en arcos superpuestos (típicamente tangencial), olor y sabor no distintivos. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de manera irregular. Resistencia moderada al corte.

Descripción macroscópica (Figura 4)

Poros: Visibles con lupa de 10x, predominantemente solitarios de forma ovalada y en arreglo diagonal.

Parénquima: Visible con lupa de 10 X, del tipo paratraqueal vasicéntrico.

Radios: Visibles con lupa de 10 X, no estratificados, poco contrastados en sección radial.

Descripción microscópica (Figura 5, 6 y 7)

Poros/elementos vasculares: Porosidad difusa, poros solitarios en arreglo diagonal, de forma ovalada. Longitud promedio de elementos vasculares de 198 μm (135-255 μm), clasificados como pequeños. Presencia de apéndices mayormente en ambos extremos (Figura 8). Diámetro tangencial de 145 μm (78-199 μm) considerados como medianos. En promedio 13 poros/ mm^2 clasificados como pocos. Platina de perforación simple, puntuaciones areoleadas, alternas de forma ovalada con un diámetro de 4 μm (3-5 μm) clasificadas como muy pequeñas, con apertura incluida de forma lenticelar.

Parénquima: Paratraqueal vasicéntrico unilateral. En sección longitudinal no estratificado.

Radios: En sección tangencial altura promedio de 257 μm (174-456 μm) clasificados como extremadamente bajos; mayormente uniseriados con ancho promedio de 9 μm (5-16 μm) clasificados como muy finos. En la sección radial homocelulares formado sólo por células procumbentes. En promedio 14/mm (11-18/mm) clasificados como numerosos.

Puntuaciones radiovasculares similares a las puntuaciones intervasculares.

Fibras: Libriformes longitud promedio de 908 μm (712-1096 μm) clasificadas como medianas, de paredes muy delgadas con espesor promedio de 2 μm (1,5-3 μm), no estratificadas. Presencia de fibrotraqueidas. (Figura 9).

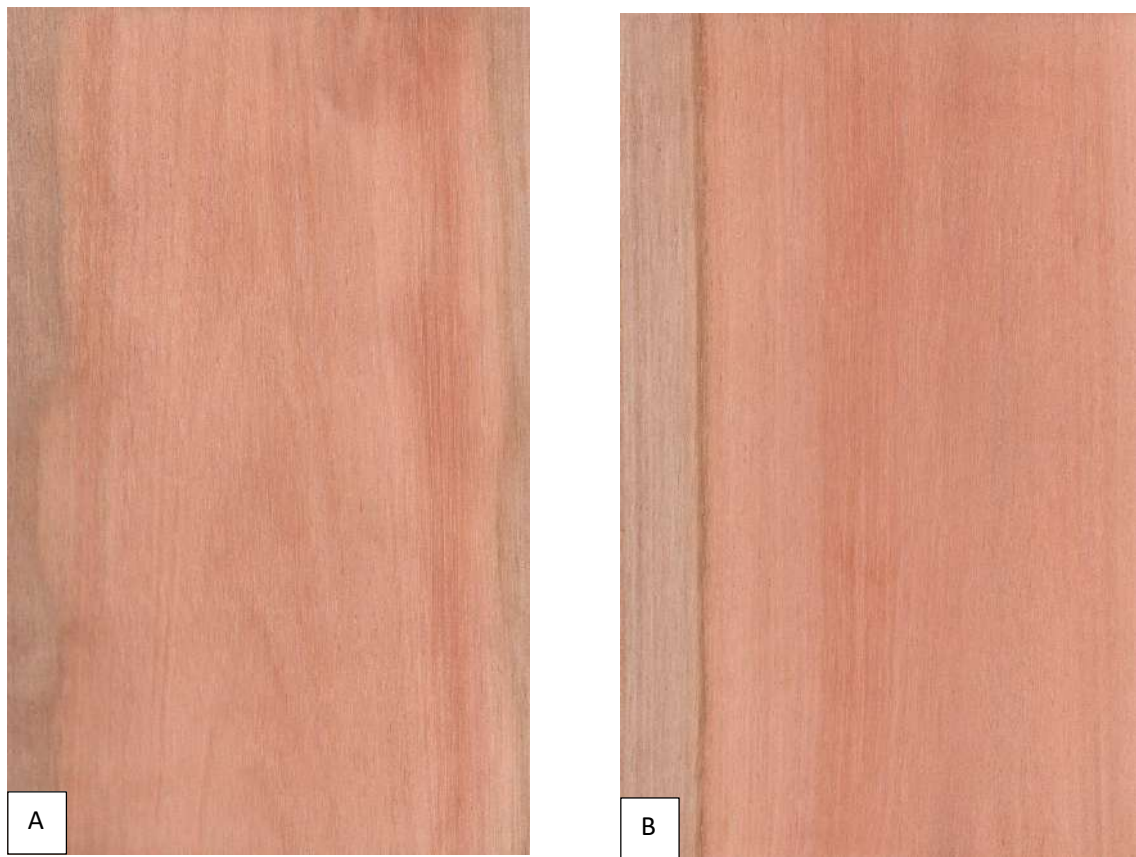


Figura 3: A. Sección tangencial y B. Sección radial



Figura 4: Macrofotografía de la sección transversal



Figura 5: Corte transversal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

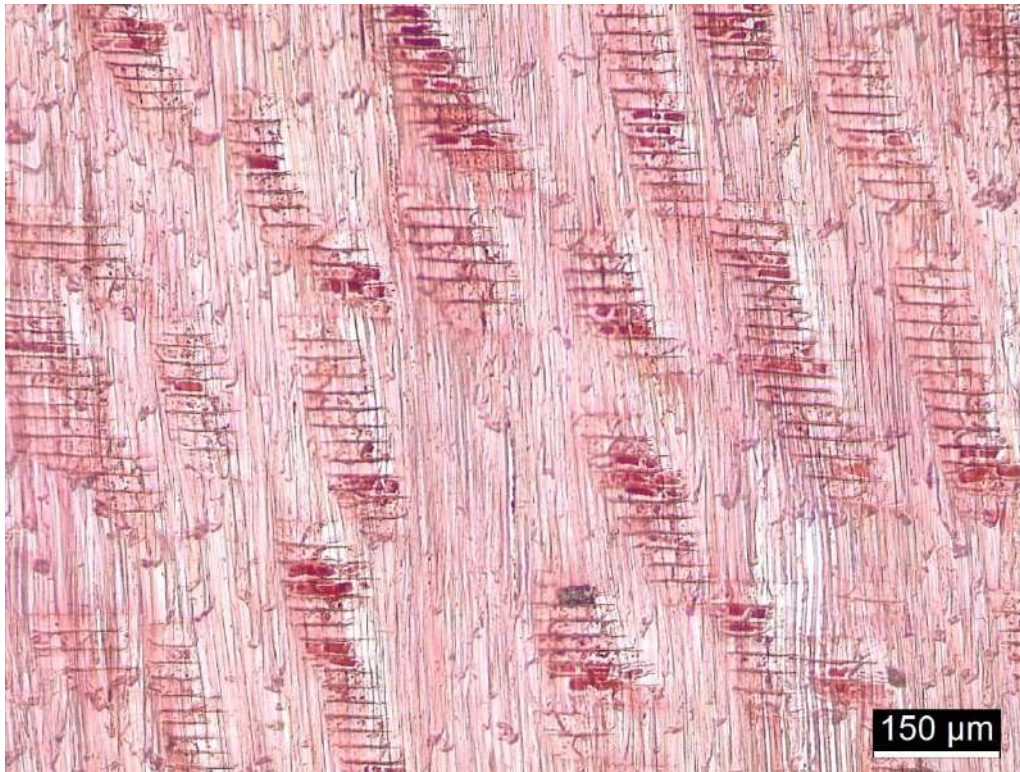


Figura 6: Corte radial de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*

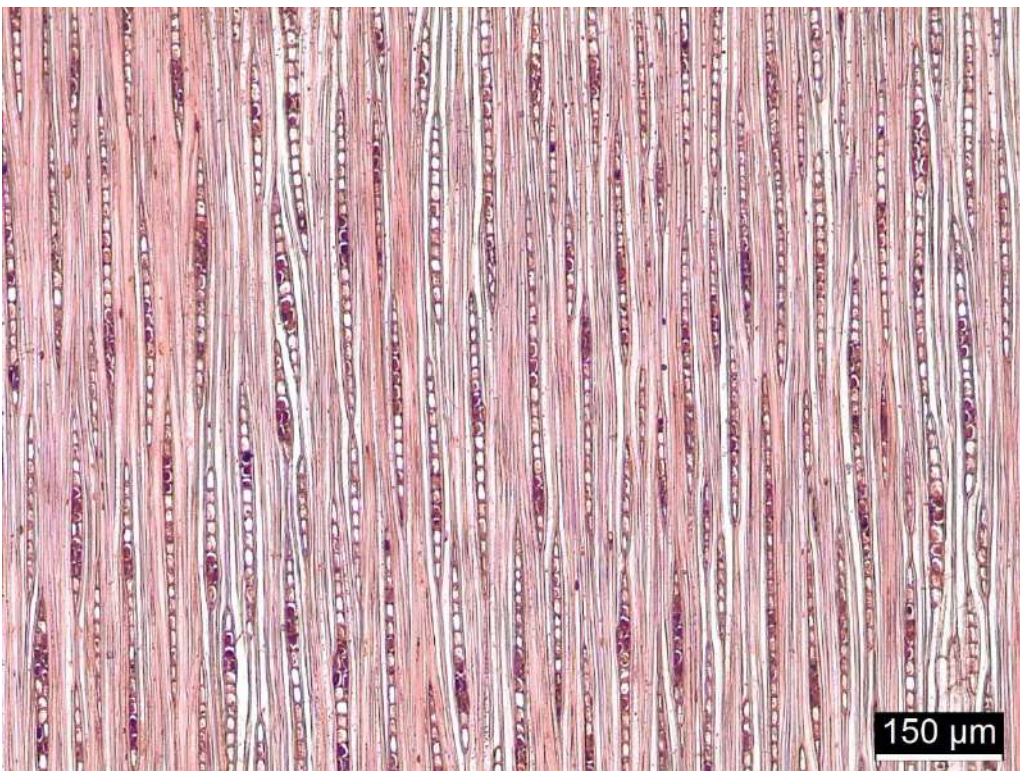


Figura 7: Corte tangencial de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*

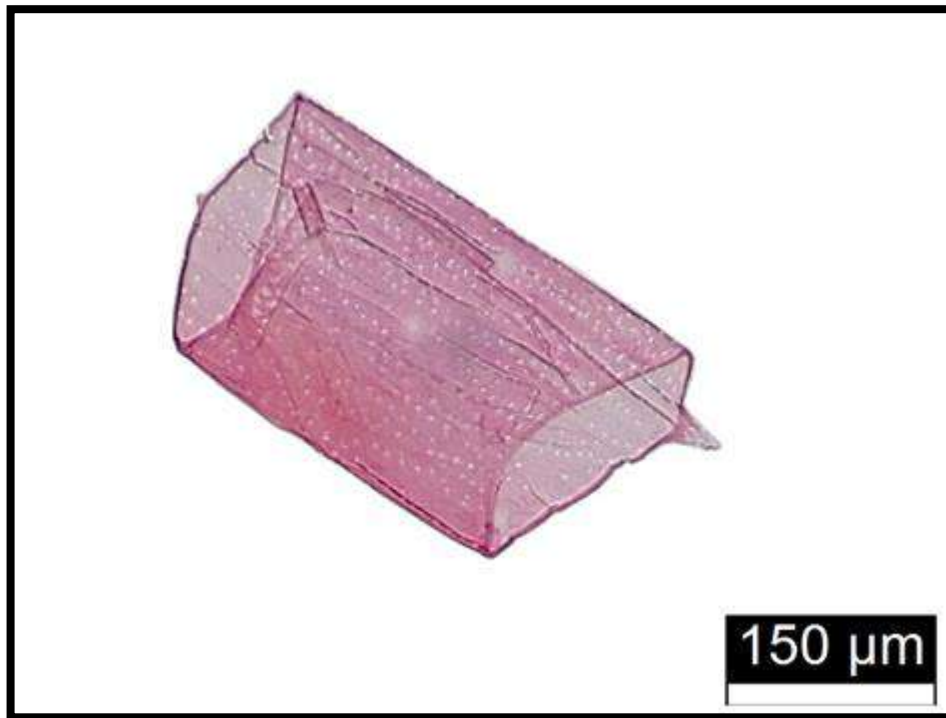


Figura 8: Vasos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

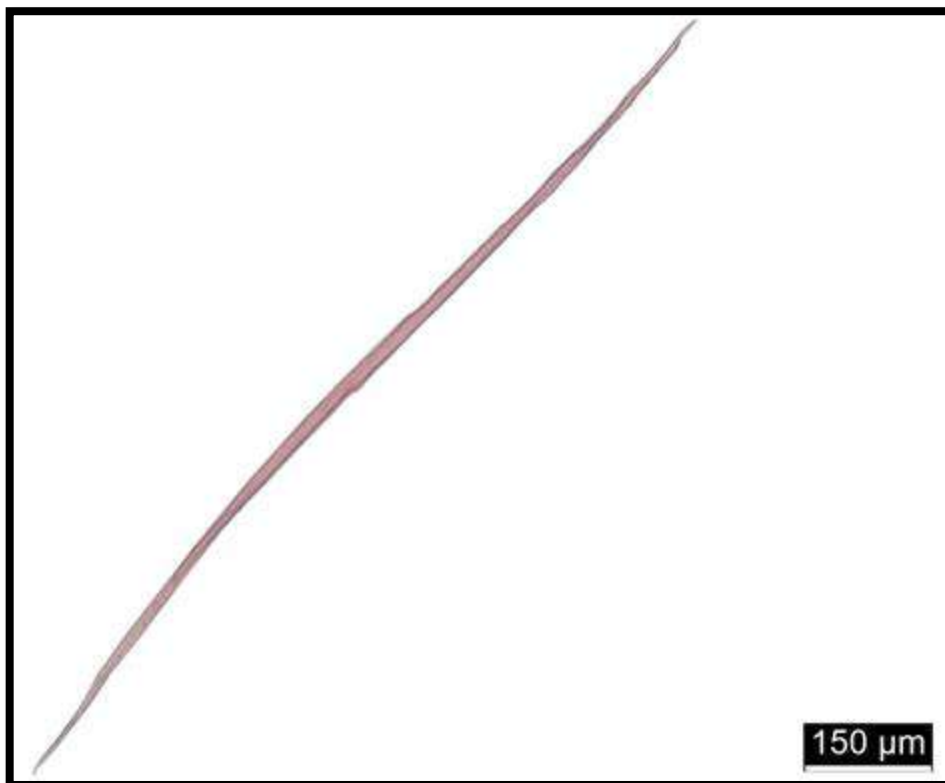


Figura 9: Fibra de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Las características generales y macroscópicas coinciden con lo hallado por Mendoza (2015), Brisola & Demarco (2011) y Dias de Souza (2008) para *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A nivel microscópico las características coinciden con lo reportado por Dias de Souza (2008) para *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*; y por Brisola e Demarco (2011) para la especie *E. grandis* y *E. urophylla* de 6 años.

La longitud de vasos encontrada (198 μm) es menor, mientras que el diámetro tangencial de poros (145 μm) es mayor a lo reportado por Arango (2004) y Mendoza (2015), conforme a la Tabla 1. Dicha variación posiblemente se deba a la edad de 5 años de la especie, lo que explica que la longitud hallada sea más corta y con mayor diámetro que individuos más adultos que al crecer longitudinalmente elongan el vaso disminuyendo el diámetro del mismo. Panshin y De Zeeuw (1980) mencionan que los vasos aumentan su tamaño y disminuyen su frecuencia con la edad; al analizar los resultados, la frecuencia del presente estudio (13 poros/ mm^2) son considerados pocos y concuerda con lo reportado por Arango (2004) y Mendoza (2015).

La longitud de fibras (908 μm) es menor que en plantaciones de mayor edad encontradas por Mendoza (2015), Brisola & Demarco (2011) y Costa (2011), Carvalho A. M. y Nahuz M. A. (2011) conforme a la Tabla 1; por tanto, la edad puede explicar dicha diferencia; sin embargo, Gonçalves *et al.* (2014) reporta una longitud de fibra menor que podría atribuirse a la diferencia en su metodología cuyas muestras no se segmentaron radialmente. Asimismo, Arango *et al.* (2004) indica que la longitud de las fibras es directamente influenciada por las células del cambium que están ligadas con la estacionalidad, condiciones ambientales y factores genéticos.

El diámetro de fibra (13 μm) y el espesor de pared (2 μm) es menor a lo hallado por Mendoza (2015), Henrique & Claudio (2014), Brisola & Demarco (2011), Costa (2011). Para el género *eucalyptus* la longitud, diámetro y espesor de pared de fibras aumentan con la edad, teniendo sus valores máximos entre el décimo y treinteavo año; según Hillis & Brown (1978) citado por Arango *et. al* (2004)

En lo que respecta al espesor de pared de las fibras para la misma especie, Mendoza (2015), Gonzalez *et al.* (2014), Henrique & Claudio (2014), Brisola e Demarco (2011), Costa (2011) hallaron valores mayores en árboles de mayor edad. Esto coincide con lo indicado por Castro *et al.* (2007) y Arroyo (1983) quienes indican que el espesor de pared aumenta con la edad. El espesor de pared de (2,3 μm) coincide con Nigoski *et al.* (1998) para una plantación de 7 años; sin embargo, para plantaciones de otras especies de eucalipto de mayores edades (6 a 25 años) se presentan mayores dimensiones de espesor de pared, debido a diversos factores tales como genética y diferentes distanciamientos en la plantación acorde a Brisola e Demarco (2011), Evangelista *et al.* (2010) y Castro *et al.* (2007).

En la Tabla 3 se presenta los promedios generales y dispersión de los elementos anatómicos medidos de cada árbol.

Tabla 3: Valores promedio de los elementos anatómicos

| Árbol | | Poros / Vasos | | | Fibras | | | | Radios | | | | |
|---------|----------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|
| | | Longitud (μm) | Diámetro tangencial (μm) | Número/ mm^2 | Longitud (μm) | Diámetro (μm) | Espesor de pared (μm) | Diámetro del lumen (μm) | Altura (μm) | Ancho (μm) | N° de células (Altura) | N° de células (Ancho) | Número/mm lineal |
| 1 | Prom | 224 | 127 | 14 | 910 | 13 | 2,3 | 8 | 312 | 10 | 18 | 1 | 15 |
| | C.V. (%) | 25 | 23 | 18 | 15 | 27 | 25,4 | 41 | 37 | 34 | 33 | 18 | 11 |
| 2 | Prom | 168 | 141 | 13 | 895 | 13 | 2,4 | 8 | 233 | 9 | 16 | 1 | 13 |
| | C.V. (%) | 23 | 32 | 11 | 18 | 21 | 27,1 | 33 | 47 | 36 | 56 | 14 | 14 |
| 3 | Prom | 205 | 159 | 13 | 883 | 14 | 2,3 | 9 | 240 | 8 | 18 | 1 | 13 |
| | C.V. (%) | 25 | 19 | 13 | 17 | 20 | 20,8 | 31 | 33 | 31 | 36 | 11 | 17 |
| 4 | Prom | 197 | 140 | 13 | 957 | 14 | 2,1 | 9 | 262 | 9 | 17 | 1 | 13 |
| | C.V. (%) | 22 | 26 | 15 | 18 | 24 | 24,9 | 34 | 33 | 46 | 33 | 16 | 21 |
| 5 | Prom | 197 | 158 | 13 | 896 | 14 | 2,3 | 9 | 236 | 8 | 18 | 1 | 14 |
| | C.V. (%) | 21 | 19 | 12 | 20 | 21 | 23,3 | 32 | 34 | 35 | 34 | 17 | 17 |
| GENERAL | Prom | 198 | 145 | 13 | 908 | 13 | 2,3 | 9 | 257 | 9 | 17 | 1 | 14 |
| | C.V. (%) | 25 | 25 | 14 | 18 | 23 | 25 | 35 | 39 | 38 | 39 | 15 | 17 |

Los valores obtenidos coinciden con Costa (2011) y Mendoza (2015). El elemento que presentó mayor homogeneidad fue la longitud de fibras que presentó datos regularmente

variables, seguido por el diámetro de fibras (Tabla 5 del Anexo 1). Valores que coinciden con lo reportado por Costa (2011) especialmente en la longitud (15%) y diámetro de fibras (18%), pero más variables que lo hallado por Mendoza (2015) cuyos coeficientes de variabilidad fueron de 10% y 14% respectivamente. En tanto, la mayor variabilidad fue en diámetro del lumen (35%) lo cual coincide con Costa (2011). Los coeficientes de variabilidad de longitud (25%) y diámetro de poros (25%) hallados en el presente estudio son similares a lo reportado por Mendoza (2015), sin embargo, los coeficientes del número de poros/mm² (17%) encontrados son ligeramente más homogéneos que los reportados por el mismo autor.

4.2. VARIABILIDAD LONGITUDINAL Y RADIAL DE LA ESPECIE

En la Tabla 4 se presentan los valores promedios de los vasos y fibras obtenidos longitudinal y radialmente, junto con los resultados y los grupos según Tukey de la interacción longitudinal y radial de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de los principales elementos anatómicos. Los análisis de variancia se pueden encontrar en el Anexo 2.

Los coeficientes de variabilidad de los elementos son ligeramente altos, cuando comparados con los valores encontrados por Mendoza (2015) y Arango (2004), pudiendo deberse a la variabilidad individual de los árboles evaluados especialmente a los esfuerzos de tensión generados durante su crecimiento ya que los Eucaliptos en general son especies que presentan muchas tensiones.

Tabla 4: Valores promedio y coeficiente de variabilidad de vasos y fibras en dirección longitudinal y radial de la especie evaluada

| Valores promedio | | | | | | |
|--|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | LV (µm) | DP (µm) | LF (µm) | DF (µm) | EP (µm) | |
| Dirección longitudinal | | | | | | |
| Basal | 186,8 (26) | 143,6 (19) | 880,2 (17) | 13,1 (21) | 2,3 (23) | |
| Intermedio | 207,6 (23) | 132,8 (31) | 928,1 (18) | 14,2 (23) | 2,3 (23) | |
| Apical | 200,3 (25) | 158,6 (23) | 915,3 (17) | 12,7 (23) | 2,3 (25) | |
| Dirección radial | | | | | | |
| Médula | 188,8 (24) | 127,6 (26) | 810,5 (18) | 13,3 (23) | 2,1 c (23) | |
| Medio | 196,5 (24) | 155,1 (20) | 930,2 (13) | 13,6 (23) | 2,3 b (23) | |
| Corteza | 209,4 (27) | 152,3 (26) | 983,0 (16) | 13,1 (23) | 2,5 a (23) | |
| Interacción Dirección Longitudinal y Radial | | | | | | |
| Basal | Médula | 185,7 def (24) | 136,3 d (22) | 812,4 d (18) | 13,6 abc (21) | 2,2 (22) |
| | Medio | 183,3 ef (27) | 148,4 cd (16) | 912,5 c (13) | 12,6 cd (21) | 2,3 (22) |
| | Corteza | 191,5 cdef (27) | 146,2 cd (20) | 915,7 c (18) | 13,1 bcd (21) | 2,5 (24) |
| Intermedio | Médula | 200,0 bdce (22) | 107,8 e (29) | 804,1 d (20) | 14,0 ab (22) | 2,1 (21) |
| | Medio | 201,6 abcd (21) | 153,6 bc (21) | 955,8 bc (13) | 14,7 a (22) | 2,2 (23) |
| | Corteza | 221,0 a (25) | 137,1 d (31) | 1024,5 a (13) | 13,8 ab (24) | 2,5 (22) |
| Apical | Médula | 180,8 f (24) | 138,6 d (22) | 814,8 d (17) | 12,4 d (24) | 2,1 (25) |
| | Medio | 204,4 abc (23) | 163,4 ab (21) | 922,3 c (13) | 13,4 cd (21) | 2,2 (23) |
| | Corteza | 215,7 ab (26) | 173,7 a (21) | 1008,8 ab (14) | 12,5 d (22) | 2,5 (21) |

LV: longitud de vasos; DP: diámetro de poros; DF: diámetro de fibras; LF: longitud de fibras; EP: Espesor de pared. Valores entre paréntesis corresponden al coeficiente de variación.

En la Figura 10 se observa la interacción longitudinal y radial de la longitud de vasos. Se puede indicar que a nivel basal no muestran diferencias en el comportamiento radial. En el nivel intermedio no presenta diferencias entre médula y medio ni medio y corteza, mas sí

para corteza médula. En el nivel apical se observa diferencia significativa entre la médula y corteza; sin embargo, no se observan diferencias significativas entre el medio y corteza. Lo hallado contrasta con Rocha *et al.* (2004) citado por González *et al.* (2014) el cual indica que el *E. grandis* de 7 años presenta las mayores longitudes en la parte basal del árbol.

Radialmente se observa que hay similitudes en los valores en las tres posiciones radiales y longitudinales. A nivel de médula se observa que el nivel basal no presenta diferencias con el nivel intermedio ni con el nivel apical; sin embargo, el nivel intermedio es mayor al apical mas no al basal. A nivel medio y corteza, la posición longitudinal intermedia presenta mayores valores que el nivel basal mas no presenta diferencias con el nivel apical. Esto difiere de Arango (2004) y Mendoza (2015), quienes hallaron incrementos en el sentido médula-corteza para árboles de 8 años de la misma especie.

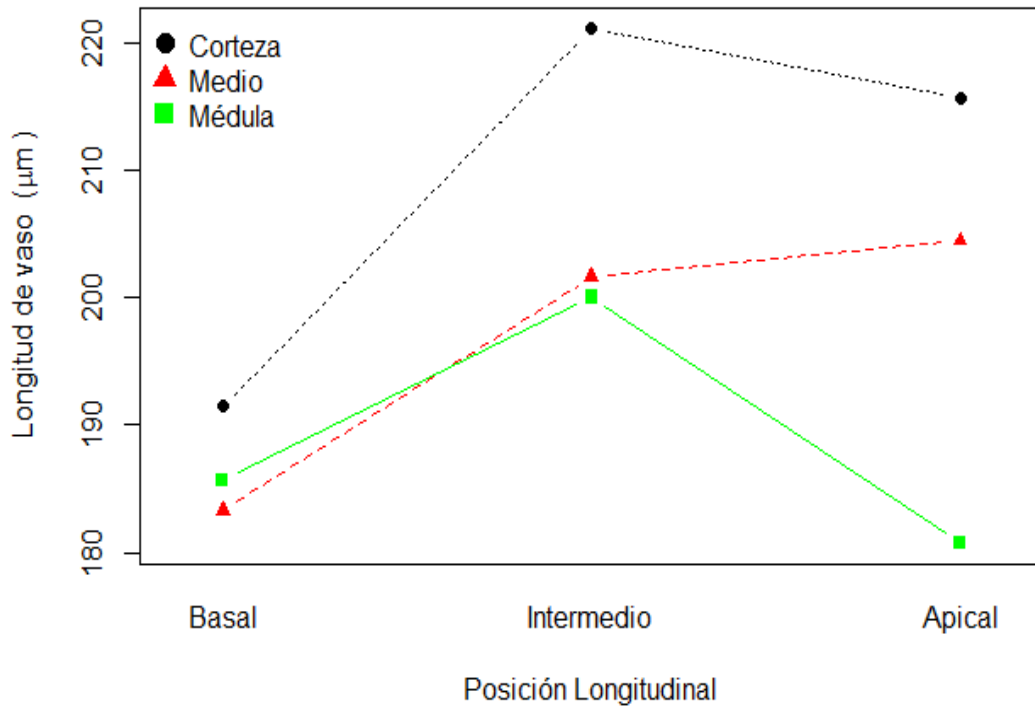


Figura 10: Variación axial y radial de longitud del vaso

Axialmente el diámetro tangencial de poros en el nivel basal no hay diferencias significativas en el comportamiento radial (Ver Figura 11). En el nivel intermedio se presentan diferencias significativas en los tres niveles radiales, encontrando los menores valores en la médula seguida por la corteza. En el nivel apical, la médula presenta valores menores al medio y

corteza; en tanto, el medio y corteza no presentan diferencias. Rocha *et al.* (2004) citado por González *et al.* (2014) halló los mayores diámetros en la zona apical para *E. grandis* de 7 años.

Radialmente la médula, a nivel basal no presenta diferencias con el ápice y ambos son mayores al intermedio. A nivel medio, no hay diferencias entre el nivel basal con el nivel intermedio ni de este con el nivel apical; pero si el nivel basal con el apical quien presenta mayores valores. A nivel de corteza no hay diferencias entre el nivel basal con el intermedio. Ambas posiciones presentan menor diámetro tangencial que en la zona apical. Además, el medio y la corteza se mantienen hasta el nivel intermedio para luego presentar un incremento en sus valores en el nivel apical. Esta misma tendencia de incremento médula-corteza también fue hallado por Nisgoski *et al.* (1998) y Castro *et al.* (2007) para *Eucalyptus grandis* de 7 a 25 años.

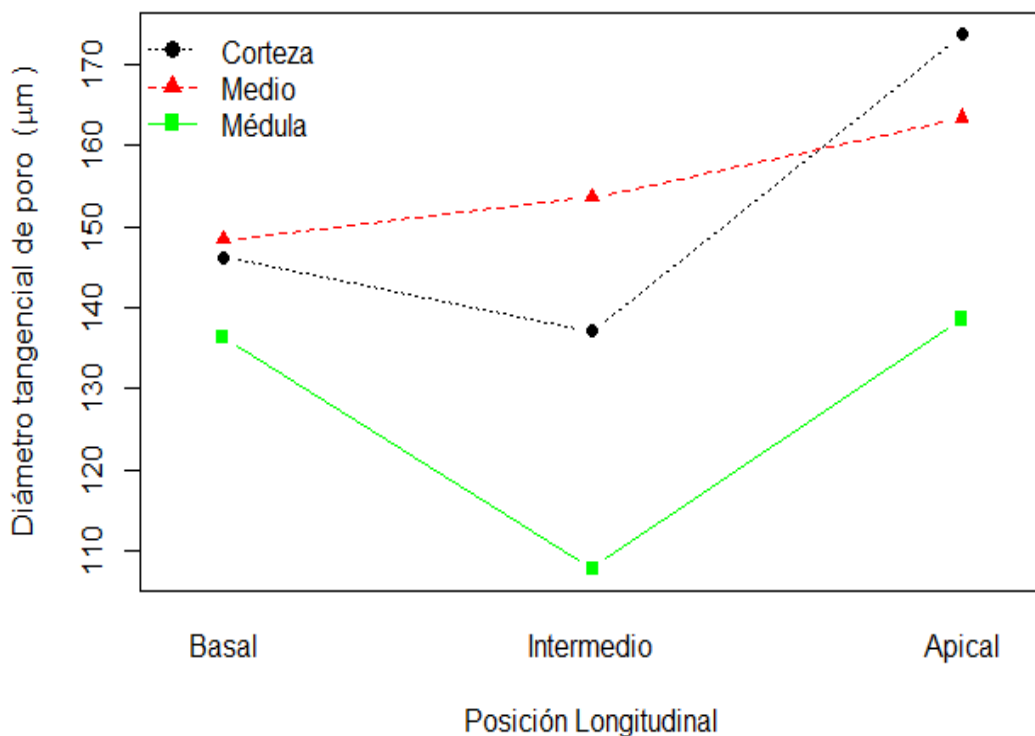


Figura 11: Variación axial y radial de diámetro tangencial de poro

En la Figura 12, acorde a la Tabla 4, se observa que la longitud de fibras en las tres posiciones axiales presenta los menores valores en la médula seguida por el medio; a excepción del nivel basal donde no hay variación entre el medio y la corteza. Así mismo se observa un aumento de la longitud de fibras en el sentido médula–corteza para los niveles intermedio y apical. Así, en sentido longitudinal se observa que aumenta de base al intermedio para luego mantenerse, a excepción de la médula que no presenta diferencias significativas. Acorde a Evangelista *et al.* (2010) a nivel axial la longitud de fibras no presenta variación.

En sentido radial se presenta un comportamiento homogéneo entre las posiciones axiales, a excepción de la zona de corteza donde se observa un aumento de la zona basal a la intermedia, para luego mantenerse hacia la zona apical. Lo hallado coincide con Mendoza (2015), Henrique & Claudio (2014), Alves *et al.* (2011), Evangelista *et al.* (2010), Castro *et al.* (2007), Arango (2004), Carvalho A. M. y Nahuz M. A. (2001) y Nigoski *et al.* (1998); cuyos estudios además presentan valores ligeramente mayores pudiendo deberse a que sus individuos son de mayor edad.

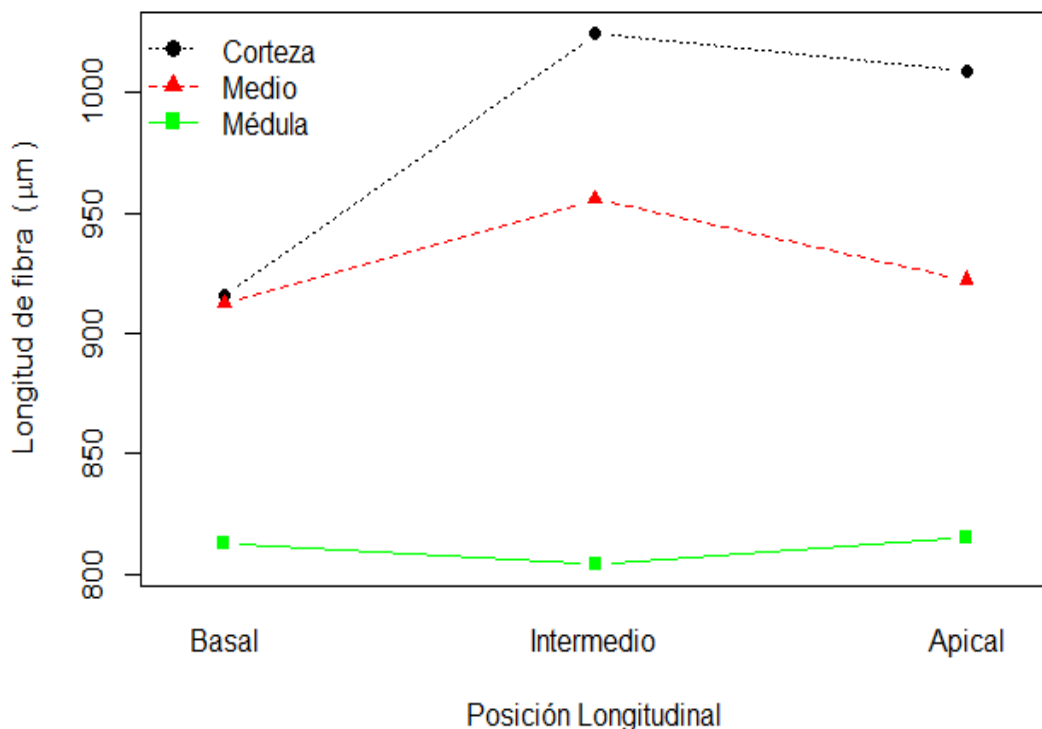


Figura 12: Variación axial y radial de la longitud de fibras

En referencia al diámetro de fibras, en las distintas posiciones longitudinales (Tabla 4) se observa un comportamiento similar de forma radial.

El diámetro de las fibras mantiene su crecimiento de base a intermedio, a excepción del nivel medio donde si presenta un incremento, luego decrece hacia el ápice que no presenta diferencias significativas con el nivel basal. Figura 13. Se puede indicar que el crecimiento es uniforme en la base e intermedio para luego disminuir en el ápice. Evangelista *et al.* (2010) no halló variación significativa en su estudio y Gonçalez *et al.* (2014) obtuvo resultados homogéneos.

Radialmente, la médula no presenta diferencias significativas entre el nivel basal e intermedio y decrece hacia el ápice. El nivel medio aumenta sus valores del nivel basal al intermedio para luego decrecer en el ápice, mientras que el nivel basal y el ápice no presentan diferencias significativas. A nivel de corteza no hay diferencias significativas entre la base y el intermedio ni la base con el ápice; sin embargo, si se halla una disminución de intermedio a ápice. Alves *et al.* (2011) y Evangelista *et al.* (2010) presentan una tendencia a incrementar hacia el medio para disminuir hacia la corteza, lo cual difiere con lo hallado puesto que no hay diferencias significativas en los 3 niveles radiales. En contraste a Mendoza (2015), Arango (2004), Castro *et al.* (2007), Nigoski *et al.* (1998), Malan (1991) citado por Lima *et al.* (2011), que señalan que el diámetro de fibra aumenta en sentido médula-corteza. Asimismo, Castro *et al.* (2007) indica que el diámetro de fibra disminuye con la edad; sin embargo, los diámetros de fibra para la especie *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* de mayor edad obtenidos por Mendoza (2015), Gonçalez *et al.* (2014), Henrique & Claudio (2014), Brisola & Demarco (2011), Costa (2011), Arango (2004) y Carvalho A. M. y Nahuz M. A. (2001) presentan mayores valores a los hallados en este estudio.

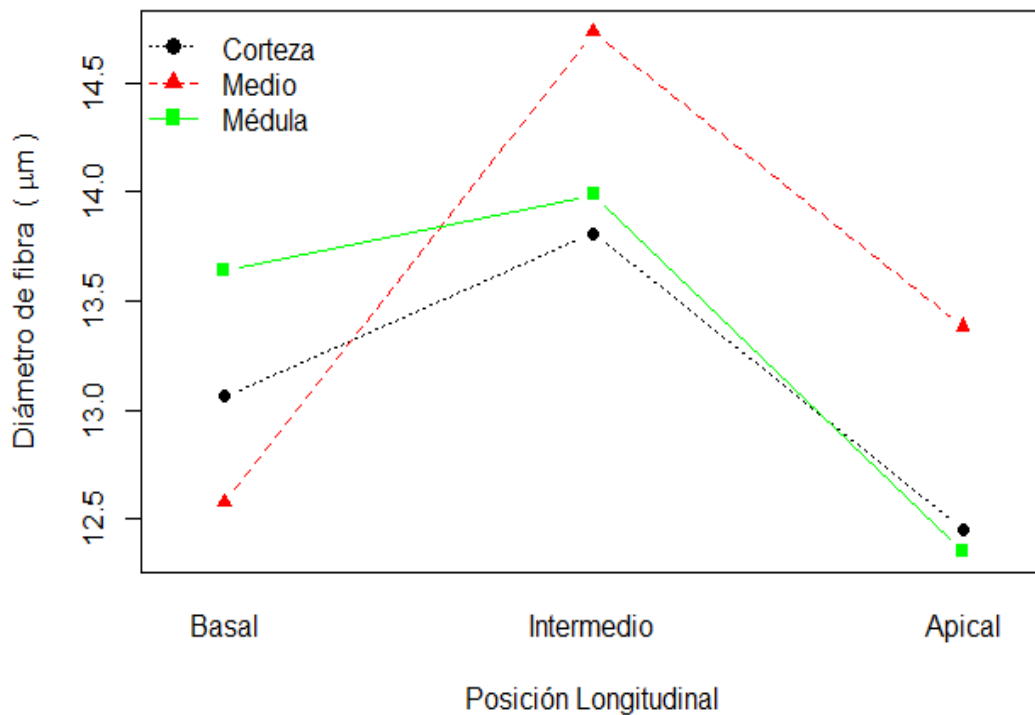


Figura 13: Variación axial y radial del diámetro de fibras

El espesor de pared, no hay diferencia en el comportamiento longitudinal sino sólo en el radial, lo cual puede observarse en la Figura 14. Evangelista *et al.* (2010) tampoco encontró variación en el crecimiento axial; por el contrario, Gonzalez *et al.* (2014) si halló un crecimiento desde la base al ápice.

A nivel radial, se encuentran diferencias significativas en los tres niveles. Se observa un aumento de la médula al nivel medio y de medio a corteza. La tendencia de crecimiento coincide con Mendoza (2015), Evangelista *et al.* (2010), Alves *et al.* (2011), Castro *et al.* (2007), Malan (1991) citado por Lima *et al.* (2011) para la especie en estudio y para *E. urophylla* de Arango (2004) y Nigoski *et al.* (1998).

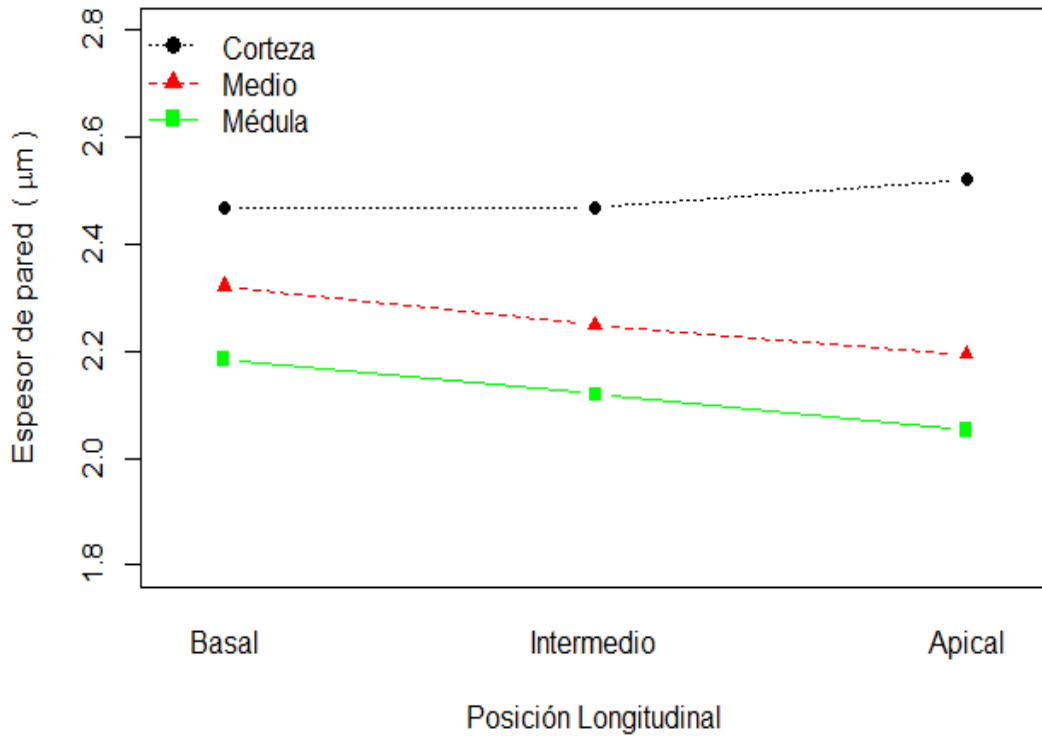


Figura 14: Variación axial y radial del espesor de pared

Para la misma especie de ocho años, Gonçalez *et al.* (2014) reporta el mismo comportamiento axial para longitud y diámetro de fibras. Radialmente, la tendencia de crecimiento de diámetro tangencial de poros coincide con lo hallado por Alves *et al.* (2011), para *E. grandis* de 23 años, que contrasta con el crecimiento de médula-corteza de Mendoza (2015), Evangelista *et al.* (2014) y Arango (2004). Los mismos autores indican que para *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. grandis* y *E. urophylla* la longitud y espesor de pared de las fibras presentan crecimiento médula-corteza.

V. CONCLUSIONES

A nivel macroscópico, la madera de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* se caracteriza por ser de color rojo claro, de grano entrecruzado, textura media, con presencia de poros predominantemente solitarios, ovalados y en arreglo diagonal con parénquima paratraqueal vasicéntrico.

A nivel microscópico la madera presenta porosidad difusa, parénquima mayormente paratraqueal vasicéntrico unilateral; radios homocelulares formados por células procumbentes, clasificados como numerosos, con presencia de apéndices en uno o ambos extremos de los vasos; fibras libriformes no estratificadas.

No se encontraron diferencias en las características anatómicas cualitativas, pero sí en las cuantitativas de sus elementos anatómicos especialmente en la interacción longitudinal y radial.

Axialmente, la longitud de fibras no muestra un crecimiento definido; el diámetro tangencial de poros mantiene su crecimiento hasta el nivel intermedio para luego aumentar; la longitud de fibras aumenta hacia el intermedio para luego mantenerse; el diámetro de fibras mantiene su crecimiento hasta el intermedio para luego disminuir hacia el ápice y el espesor de pared no presenta diferencia en el comportamiento longitudinal.

Radialmente la longitud de vasos no muestra crecimiento definido en los tres niveles; el diámetro tangencial de poros mantiene su crecimiento hasta el nivel medio para luego aumentar hacia la corteza, a excepción de la médula; la longitud de fibras aumenta de médula-corteza; el diámetro de fibras no presenta diferencias significativas y el espesor de pared aumenta médula-corteza.

Los coeficientes de variabilidad más homogéneos se encontraron en el espesor de pared, la longitud y diámetro de fibras, ordenados en forma descendente.

VI. RECOMENDACIONES

Continuar con la evaluación anatómica de la plantación a mayor edad tomando como referencia la edad evaluada.

Realizar estudios complementarios de las propiedades físicas y mecánicas, preservación, secado y trabajabilidad de la especie estudiada, con el fin de optimizar su uso.

Estudiar la influencia de los factores fisiográficos, exposición y pendiente, sobre el crecimiento de la especie.

Analizar su capacidad de uso energético.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, A.; Soffiatti, P.; Tomazello, M.; Lisi, C. & Torres, M. (2010). Anatomia comparada do lenho de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em fisionomias de cerradão e cerrado sensu stricto. *Rodriguésia* 61(4): 604p. Recuperado el 8 de Julio de 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201061404>

Almeida, R.; Bortoletto, G.; Jankowsky, I. (2004). Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestales*, N65 p. 49-58.

Alves, D. (2012). Crescimento de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *E grandis* Hill ex Maiden em diferentes espaçamentos em Avaré – sp. Tesis, Universidade Federal rural do rio de Janeiro. Consultado el 08 de abril de 2023. Disponible en: <https://livrozilla.com/doc/281418/crescimento-de-um-clone-de-eucalyptus-urophylla-s.t.-blak>

Alves, L.; Carvalho A. M.; Figueiredo, J.; García, R.; Scaramussa, M. & Teixeira, M. (2011). Variação radial dos caracteres anatómicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil y adulto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.39, n. 92, p. 411-418.

Arango, S. (2004). Características de madera de clones de árboles de *Eucalyptus grandis*, *E. Saligna*, *E grandis* x *urophylla*. (Tesis de Ingenieria Forestal). Universidad de Sao Paulo, Estado de Sao Paulo, Brasil.

Aróstegui, A. (1974). Estudio tecnológico de maderas del Perú: Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del País. Lima, PE: UNALM.

Arroyo, J. (1983). Propiedades físico-mecánicas de la madera. Mérida, VE. Universidad de los Andes.

Arruda, T.P.M.; Castro, J.P.; Fonseca, A. & Hein, P.R.G. (2013). Propiedades da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para uso energético no Mato Grosso. Revista de Ciências Agroambientais, v.11, n.2, p.127-136.

Brisola, S. & Demarco, D. (2011). Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. Scientia Forestalis, v.39, n. 91, p. 317-330.

Carvalho, A. M. & Nahuz, M. A. (2001). Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Scientia Forestalis, n. 59, p. 61-76.

Castro, J.; Tomazello, M.; Resende, V. y Silva, J. (2007). Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.6, p. 1081-1090.

Cisneros, M. (2011). Influencia del tamaño de hotos en el crecimiento inicial del *Eucalyptus grandis* Hill x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, en tres sitios de plantación, Oxapampa, Pasco. (Tesis de ingeniería forestal y ambiental). Universidad Nacional del Centro del Perú.

Cobas, C. (2012). Modelos de variación de propiedades del leño juvenil a maduro en Salicáceas y su influencia sobre pulpas quimimecánicas. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina.

Comisión de las Comunidades Europeas (COM). (2003). Aplicación de las leyes de gobernanza y comercio forestales (FLEGT). Recuperado el 12 de diciembre de 2022. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0251&from=EN>

Costa, J. A. (2011). Qualidade de madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantado no distrito federal, para produção de celulose Kraft. (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-153/2011). Brasília, DF: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.

Cury, G. (2001). Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do estado de São Paulo. (Tesis de maestria). São Paulo, BR: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Dias de Souza, N. (2008). Identificação de madeiras de clones de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e do híbrido *Eucalyptus urograndis* por RMN¹³C. UFRRJ. Instituto de Florestas. Brasil. Págs. 8–13

Evangelista E., W.; Castro S., J.; Agostini V., M. & Almeida X., B. (2010). Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. *Scientia Forestalis*, 38(86), 273-284.

Gimenez, A. M.; Moglia, J. G.; Hernandez, P.; Gerez, R. (2005). Anatomía de madera. Segunda Edición. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Cátedra de Dendrología y Xilología. Consultado el 4 de Abril de 2017. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>

Gonçalez, J.; Leitão, G.; Gomes, F.; Soares, I. y Almeida, J. (2014). Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo tronco de *Eucalyptus urograndis*. *Scientia Forestalis*, Piracicab, v.42, n. 101, p. 81-89.

Henrique, C. y Cláudio, J. (2014). Caracterización química y anatómica *Eucalyptus urograndis* H.B.K. Consultado el 5 de Mayo de 2019. Disponible http://prope.unesp.br/cic/admin/ver_resumo.php?area=100082&subarea=23660&congresso=36&CPF=42303980852

Hsing, T. Y.; Paula, N. F.; Paula, R. C. (2016). Características Dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.26, n. 1, p. 273-283.

International Association of Wood Anatomists (IAWA). (1989). List of microscopic features for hardwood identification. Leyden, NL. *Boletín* v.10(3), p. 19-332.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). (1991). Brasil. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I. Gimnospermae.

Lemos-Junior, J. M.; Melo Silva-Neto, C.; Rabello de Souza, K.; Elis Guimarães, L.; Oliveira, D.F.; Alves Gonçalves, R.; ... Neves, F. (2016). Volumetric models for *Eucalyptus grandis* x *urophylla* in a crop-livestock-forest integration (CLFI) system in the Brazilian cerrado. School of Agronomy, Federal University of Goiás (UFG), Campus Samabaia, Goiânia, Goiás, CEP: 74.690-900, Brazil.

Lemos, A.L.F., Garcia, R.A., Lopes, J.O., Carvalho, A.M., Latorraca, J.V.F. (2012). Madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson sob Aspectos Físicos e Anatômicos como Fatores Qualitativos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. *Floresta e Ambiente*, 19(1), 1-8. Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://floram.org/doi/10.4322/floram.2012.001>

León, W. & Espinoza, N. (2001). Anatomía de la madera. Mérida, VE: Universidad de los Andes. 396 p.

Lima, I.; García, R., Longui, E. & Carvalho, A. M. (2011). Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco. *Scientia Forestalis*, 39(89), 061-068.

Machacuay, A y Llancari, YM. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno sobre la producción de estaquillas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* en jardín clonal. *Revista Forestal del Perú*,

35(3, Número Especial), 5-17. Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i3.1597>

Mendiburu, C. y Cosavalente, I. (2022). MONEDA. Sector Forestal: Potencialidades, desafíos e incentivos para su desarrollo. Consultado el 06 de abril de 2023. Disponible en: [moneda-190-08.pdf \(bcrp.gob.pe\)](moneda-190-08.pdf (bcrp.gob.pe))

Mendoza, R. (2015). Anatomía y Propiedades Físicas de la Madera de *Eucalyptus urograndis* H.B.K. Oxapampa, Pasco. Tesis Ingeniero Forestal y Ambiental. Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2015). Decreto Supremo N°020-2015-MINAGRI. Consultado en febrero de 2020. Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2015/13919-decreto-supremo-n-020-2015-minagri>

Ministerio del Ambiente (MINAM). Sistema Nacional de Información Ambiental. (2017). Consultado el 22 de octubre de 2022. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/estadisticas>

Moglia J. G.; Bravo S.; Gerez, R. (2008). Anatomía comparada del leño de *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) de dos orígenes, ensayados en Santiago del Estero.

Monteoliva, S.; Barotto, A. J.; Fernandez, M. E. (2015). Anatomía y densidad de la madera en *Eucalyptus*: variación interespecífica e implicancia en la resistencia al estrés abiótico. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Vol. 114(2), 209-217. Consultado el 05 de noviembre de 2017. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/280730112 Anatomia y densidad de la madera en Eucalyptus variacion interespecifica e implicancia en la resistencia al estres abiotico](https://www.researchgate.net/publication/280730112_Anatomia_y_densidad_de_la_madera_en_Eucalyptus_variacion_interespecifica_e_implicancia_en_la_resistencia_al_estres_abiotico)

Monteoliva, S.; Marlats, R. (2007). Efecto del sitio, clon y edad sobre el crecimiento y la calidad de madera en sauces de corta rotación. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1), 15-24.

Monterubbianesi, R. (2020). Caracterización anatómica de nuevos clones del género *Eucalyptus* desarrollados por INTA Concordia. Tesis Universidad Nacional de La Plata. Consultado el 08 de Abril de 2023. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/326790898.pdf>

Moya, R.; Berrocal, A.; Serrano, J. R. & Tomazello Filho, M. (2009). Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, Madrid, 18(2), 119-131.

Munsell. (1977). *Color Charts for Plant Tissues*. Second Edition. Baltimore, Maryland.

Muñoz D., F. (2014). Presente y futuro del sector forestal peruano: el caso de las concesiones y las plantaciones forestales. Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri).

Nigoski, S.; I. B. de Muñiz, G. & Klock, U. (1998). Caracterización anatómica de la madera de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Ciencia Forestal*, Santa María, v.8., n.1, p. 67-76.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016) Norma Técnicas Peruanas de Madera. NTP 251-008:2016. MADERA Y CARPINTERÍA PARA CONSTRUCCIÓN. Selección y colección de muestras. Pág. 18.

Paillacho C., C. D. (2010). Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb y *Ochroma pyramidale* Cav Bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz Del Canton Santo Domingo [Informe Técnico del Proyecto de Investigación]. Santo Domingo, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias.

Panshin, A; De Zeeuw, C. (1980). *Textbook of wood technology*. 4 ed. New York, US, McGraw-Hill. 722 p.

Pereira, J. L. (2008). Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, NA FAZENDA BOM JARDIM – APARECIDA – SP. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Recuperado el 05 de noviembre del 2017, de http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Jose_Lucio_Pereira_Braga.pdf

Plataforma Nacional de Datos Abiertos. (2022). Registro Nacional de Plantaciones Forestales por Especie. Recuperado el 22 de octubre del 2022, de <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/registro-nacional-de-plantaciones-forestales-por-especies>

Prasetyo, A.; Aiso-Sanada, H.; Ishiguri, F.; Wahyudi, I.; Wijaya, P.; Ohshima, J. & Yokoto, S. (2018). Características de crecimiento y propiedades de la madera de dos híbridos de eucalipto interespecíficos desarrollados en Indonesia. *Forest Products Journal*, 68(4), 436-444. Recuperado el 6 de abril de 2023, de <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00049>

Rubio, J. (2002). *Estadística*. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 175 p.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2021). *Compendio Forestal 2010-2020*. Recuperado el 22 de octubre del 2022, de <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/929>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2022). *Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2021*. Recuperado el 6 de abril del 2023 de <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/943>

Silva X., G. (2013). *Influência de tratamentos térmicos em duas Propriedades Mecânicas das madeiras de Pinus sp. e Eucalyptus urograndis*. Tesis de maestría, Universidad de Brasilia, Faculdade de Tecnologia del departamento de engenharia florestal. Consultado el 05 de noviembre del 2017. Disponible en:

http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4827/1/2013_GabrieladaSilvaXavier.pdf

Silvestre, M. & Torres, F. (2003). Contribución al conocimiento tecnológico de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill y *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake. Universidad Autónoma Chapingo.

Valdez Campos, J., Delgado Monsalve, F., Rodriguez Vasquez, K. I., Garrido Pérez, S., & Tangoa Tuesta, E. Características del suelo y su influencia en el crecimiento de plantaciones de *Eucalyptus urograndis* en la región Ucayali. *REVISTA DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA PRODUCTIVA*, 2(2), e003. Disponible en:

<https://doi.org/10.54353/ritp.v2i2.e003>

Zobel, B.J. & van Buijtenen J.P. (1989). Wood variation. Its causes and control. Springer – Verlag.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

El coeficiente de variabilidad se analizó utilizando los grados de variabilidad de la tabla 1:

Tabla 5: Grado de variabilidad según coeficiente de variación.

| CV % | Grado de Variabilidad |
|-------------------|-------------------------------|
| $0 < CV < 10$ | Datos más homogéneos |
| $10 \leq CV < 15$ | Datos regularmente homogéneos |
| $15 \leq CV < 20$ | Datos regularmente variables |
| $20 \leq CV < 25$ | Datos variables |
| $CV \leq 25$ | Datos muy variables |

Fuente: Rubio (2002).

ANEXO 2. PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA LONGITUD DE VASOS

Normalidad

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

data: ri

W = 0.99771, p-valor = 0.1193

Homocedasticidad

Prueba de puntuación de varianza no constante

Fórmula de varianza: ~ valores.ajustados

Chi cuadrado = 0.752776, Df = 1, p = 0.3856

Tabla 6: Análisis de variancia de la longitud de vasos.

| Tabla de Análisis de Varianza | | | | | | |
|-------------------------------|------|--------|--------|---------|-----------|------------------------|
| Respuesta: long_vaso^0.5 | | | | | | |
| | GL | SC | CM | Fv | Pr(>F) | |
| pos_long | 2 | 110.1 | 55.053 | 18.9241 | 8.273e-09 | *** |
| pos_rad | 2 | 92.9 | 46.474 | 15.9751 | 1.444e-07 | *** |
| pos_long:pos_rad | 4 | 47.9 | 11.975 | 4.1162 | 0.002573 | ** |
| Residuales | 1116 | 3246.6 | 2.909 | | | |
| --- | | | | | | |
| Signif. códigos: | 0 | '***' | 0.001 | '**' | 0.01 | '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 |

ANEXO 3. PRUEBA ESTADÍSTICA DEL DIÁMETRO TANGENCIAL DEL PORO

Normalidad

| Prueba de normalidad Shapiro-Wilk | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| data: | ri |
| W = | 0.9972, p-valor = 0.05491 |

Homocedasticidad

| | |
|--|--------------------------------|
| Prueba de puntuación de variancia no constante | |
| Fórmula de variancia: ~ valores.ajustados | |
| Chi cuadrado = | 0.8304728, Df = 1, p = 0.36214 |

Tabla 7: Análisis de variancia del diámetro tangencial del poro.

| Tabla de Análisis de Varianza | | | | | | |
|-------------------------------|------|---------|-------|--------|-----------|------------------------|
| Respuesta: diam_tan | | | | | | |
| | GL | SC | CM | Fv | Pr(>F) | |
| pos_long | 2 | 125334 | 62667 | 59.207 | < 2.2e-16 | *** |
| pos_rad | 2 | 172621 | 86311 | 81.546 | < 2.2e-16 | *** |
| pos_long:pos_rad | 4 | 53725 | 13431 | 12.690 | 4.206e-10 | *** |
| Residuales | 1116 | 1181214 | 1058 | | | |
| --- | | | | | | |
| Signif. códigos: | 0 | '***' | 0.001 | '**' | 0.01 | '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 |

ANEXO 4. PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA LONGITUD DE FIBRAS

Normalidad

```
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk  
  
data: ri  
W = 0.99738, p-valor = 0.06455
```

Homocedasticidad

```
Prueba de puntuación de varianza no constante  
Fórmula de varianza: ~ valores.ajustados  
Chi cuadrado = 2.449182, Df = 1, p = 0.11759
```

Tabla 8: Análisis de variancia de la longitud de fibra.

Tabla de Análisis de Varianza

Respuesta: long_fibra

| | GL | SC | CM | Fv | Pr(>F) | | | | | | |
|------------------|------|----------|---------|----------|-----------|-----|------|-----|-----|-----|---|
| pos_long | 2 | 461615 | 230807 | 11.8783 | 7.861e-06 | *** | | | | | |
| pos_rad | 2 | 5862911 | 2931455 | 150.8650 | < 2.2e-16 | *** | | | | | |
| pos_long:pos_rad | 4 | 539692 | 134923 | 6.9437 | 1.605e-05 | *** | | | | | |
| Residuales | 1116 | 21684979 | 19431 | | | | | | | | |
| --- | | | | | | | | | | | |
| Signif. códigos: | 0 | '***' | 0.001 | '**' | 0.01 | '*' | 0.05 | '.' | 0.1 | ' ' | 1 |

ANEXO 5. PRUEBA ESTADÍSTICA DEL DIÁMETRO DE FIBRAS

Normalidad

```
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk  
  
data: ri  
W = 0.99804, p-valor = 0.213
```

Homocedasticidad

```
Prueba de puntuación de varianza no constante  
Fórmula de varianza: ~ valores.ajustados  
Chi cuadrado = 0.8343619, Df = 1, p = 0.36101
```

Tabla 9: Análisis de variancia del diámetro de fibra.

```
Tabla de Análisis de Varianza  
  
Respuesta: diam_fibra^0.5  


|                  | GL   | SC      | CM     | Fv      | Pr(>F)    |     |      |     |     |     |   |
|------------------|------|---------|--------|---------|-----------|-----|------|-----|-----|-----|---|
| pos_long         | 2    | 7.803   | 3.9013 | 23.9949 | 6.266e-11 | *** |      |     |     |     |   |
| pos_rad          | 2    | 0.716   | 0.3580 | 2.2021  | 0.1110512 |     |      |     |     |     |   |
| pos_long:pos_rad | 4    | 3.280   | 0.8199 | 5.0430  | 0.0004972 | *** |      |     |     |     |   |
| Residuales       | 1116 | 181.449 | 0.1626 |         |           |     |      |     |     |     |   |
| ---              |      |         |        |         |           |     |      |     |     |     |   |
| Signif. códigos: | 0    | '***'   | 0.001  | '**'    | 0.01      | '*' | 0.05 | '.' | 0.1 | ' ' | 1 |


```

ANEXO 6. PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ESPESOR DE PARED

Normalidad

```
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk  
  
data: ri  
W = 0.99908, p-valor = 0.8594
```

Homocedasticidad

```
Prueba de puntuación de varianza no constante  
Fórmula de varianza: ~ valores.ajustados  
Chi cuadrado = 1.25084, Df = 1, p = 0.26339
```

Tabla 10: Análisis de variancia del espesor de pared.

```
Tabla Análisis de Varianza  
  
Respuesta: esp_pared^0.5  
      GL  SC    CM      Fv   Pr(>F)  
pos_long      2  0.107 0.05369  1.8213 0.1623  
pos_rad       2  2.764 1.38213 46.8865 <2e-16 ***  
pos_long:pos_rad  4  0.182 0.04553  1.5446 0.1870  
Residuales    1116 32.898 0.02948  
---  
Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```