

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**Caracterización anatómica de la madera de
10 clones de *Guazuma crinita* Mart. de 3
años de Huánuco-Perú**

Presentado por:

Mayra Fiorella Piccone Sandoval

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

Lima - Perú
2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **MAYRA FIORELLA PICCONE SANDOVAL**, intitulado “**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE 10 CLONES DE *GUAZUMA CRINITA* MART. DE 3 AÑOS DE HUÁNUCO-PERÚ**”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 7 de Diciembre de 2018

.....
Mg. Sc. Moisés Acevedo Mallque
Presidente

.....
PhD. Carlos Reynel Rodríguez
Miembro

.....
Mg. Sc. Miguel Meléndez Cárdenas
Miembro

.....
Mg. Sc. Manuel Chavesta Custodio
Asesor

.....
Lic.
Coasesor

DEDICATORIA

A mi familia, Silvia, Gino, Eloisa, Carlos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento

A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi abuela Eloisa y abuelo Carlos por haberme forjado como persona en mis primeros años de vida.

A Manuel Chavesta por su asesoramiento en esta investigación.

A David Huamán por su apoyo en el laboratorio.

A Rolando Montenegro por el apoyo en la parte estadística.

A José López por el apoyo con los materiales de la investigación.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar radialmente la anatomía de 10 clones de la madera de *Guazuma crinita* Mart procedente de las plantaciones experimentales de la empresa Reforestadora Amazónica (RAMSA S.A.) ubicada en Puerto Inca, Huánuco-Perú; con el fin de contribuir a mejorar la calidad y producción de esta madera. Se siguió la metodología establecida por la norma de Procedimientos en estudios de anatomía de la Madera IBAMA (1991) y la Lista de características microscópicas para la identificación de madera dura (IAWA, 1989).

A nivel macroscópico y microscópico los clones presentan características comunes como color blanco, olor y sabor no distintivo, textura y brillo medio, grano recto; parénquima apotraqueal difuso en agregados y paratraqueal unilateral, porosidad difusa, elementos vasculares con platinas de perforación simple, radios con células procumbentes y tipo baldosas, fibras libriformes, así como cristales prismáticos en radios y parénquima axial. Asimismo, los 10 clones muestran en el sentido médula-corteza, de manera general, aumento de longitud de fibras, longitud de vasos, diámetro de vasos y espesor de pared; y disminución, en el mismo sentido radial, del número de poros/mm²; el diámetro de fibras y diámetro de lumen no presentan una tendencia definida. Estadísticamente la longitud de vasos y el espesor de pared no mostraron diferencias significativas para el factor clon y la interacción clon-posición radial, respectivamente.

Palabras claves: Anatomía de la madera, variación clonal, clones

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1. ANATOMÍA DE LA MADERA	3
2. <i>GUAZUMA CRINITA</i>	6
2.1. <i>Características generales</i>	6
2.2. <i>Distribución y hábitat</i>	8
2.3. <i>Ecología y manejo</i>	8
2.4. <i>Importancia y usos</i>	8
2.5. <i>Caracterización macro y microscópica</i>	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
1. ZONA DE ESTUDIO	11
2. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	11
3. MATERIALES Y EQUIPOS	12
3.1. <i>Muestras de madera</i>	12
3.2. <i>Materiales de laboratorio</i>	13
3.3. <i>Equipos de laboratorio</i>	13
3.4. <i>Materiales de oficina</i>	13
4. METODOLOGÍA.....	14
4.1. <i>Selección y colección de muestras</i>	14
4.2. <i>Estudio anatómico</i>	15
4.2.1. <i>Microtecnia</i>	15
4.2.2. <i>Registro de imágenes</i>	17
4.2.3. <i>Evaluación de los resultados</i>	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	19
1.1. <i>Descripción macro y microscópica</i>	19
1.2. <i>Variación radial de los elementos anatómicos</i>	28
1.3. <i>Análisis de varianza</i>	36
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
VIII. ANEXOS.....	48

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Características microscópicas de <i>Guazuma crinita</i> según Miguel (2013)	10
Tabla 2: Características principales de los 10 clones y el testigo de <i>Guazuma crinita</i>	15
Tabla 3: Valores promedio de los elementos anatómicos	26
Tabla 4: Valores promedio de los principales elementos anatómicos según posición radial	29
Tabla 5: ANOVA de los principales elementos anatómicos	36

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Hojas y flores de <i>Guazuma crinita</i> Mart.	7
Figura 2: Ubicación de la zona de toma de muestras para el estudio	11
Figura 3: Toma de muestras para el estudio anatómico	12
Figura 4: Rodajas de los 10 clones y el testigo de <i>Guazuma crinita</i>	14
Figura 5: Vista macroscópica de <i>Guazuma crinita</i> Mart	20
Figura 6: Corte transversal de <i>Guazuma crinita</i> Mart	21
Figura 7: Parénquima apotraqueal difuso en agregados de <i>Guazuma crinita</i> Mart	21
Figura 8: Corte longitudinal de <i>Guazuma crinita</i> Mart	22
Figura 9: Cristales en parénquima axial de <i>Guazuma crinita</i> Mart	22
Figura 10: Corte tangencial de <i>Guazuma crinita</i> Mart	23
Figura 11: Radios de <i>Guazuma crinita</i> Mart	23
Figura 12: Cristales en radios de <i>Guazuma crinita</i> Mart	24
Figura 13: Vaso de <i>Guazuma crinita</i> Mart	24
Figura 14: Fibra de <i>Guazuma crinita</i> Mart	25
Figura 15: Promedio de longitud de vasos según posición radial	31
Figura 16: Promedio del diámetro tangencial de poros según posición radial	31
Figura 17: Promedio del número de poros/mm ² según posición radial	32
Figura 18: Promedio de la longitud de fibras según posición radial	33
Figura 19: Promedio del espesor de pared según posición radial	34
Figura 20: Promedio del diámetro de fibras según posición radial	35
Figura 21: Promedio del diámetro de lumen según posición radial	35

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 Lista de características microscópicas para la identificación de maderas duras IAWA (1989)	48
Anexo 2 Tabla de interpretación del coeficiente de variación (cv%) establecida por Rubio (2002).....	52
Anexo 3 Distribución radial de la longitud de vasos	53
Anexo 4 Distribución radial del diámetro tangencial de poros	54
Anexo 5 Distribución radial del número de poros/mm ²	55
Anexo 6 Distribución radial de la longitud de fibras.....	56
Anexo 7 Distribución radial del diámetro de fibras.....	57
Anexo 8 Distribución radial del espesor de pared	58
Anexo 9 Distribución radial del diámetro de lumen.....	59
Anexo 10 Prueba de tukey para los diferentes elementos anatómicos.....	60

I. INTRODUCCIÓN

La industria forestal es una oportunidad de desarrollo sostenible en el país en la medida que la materia prima cubra las expectativas de calidad y volumen que demanda el mercado. En el Perú, el sector maderero no se encuentra debidamente desarrollado, es conocido que la mayor cantidad de madera proviene de bosques naturales, los cuales proporcionan poco volumen y madera heterogénea que no satisface las necesidades de la industria ni de la población; esto se debe a que, el mercado nacional e internacional de la madera exige abastecimiento continuo de materia prima y homogeneidad de la misma para la elaboración de productos de calidad; pues, la madera es un material heterogéneo, las propiedades de la madera son muy variables entre árboles, incluso de la misma especie y dentro del mismo árbol.

Tradicionalmente, se ha tratado de buscar el incremento de volumen de madera a través de la selección de árboles por altura y diámetro; sin embargo, se debe tener en cuenta que la cantidad y calidad de la madera debe ir de la mano para la obtención de un producto final adecuado. Por ello, la producción de madera a gran escala en plantaciones forestales con programas de mejoramiento genético es una alternativa para que la industria forestal pueda disponer de bosques con árboles que proporcionen madera de calidad y en volúmenes que cubran la demanda.

En este contexto, a nivel nacional, el desarrollo de las plantaciones forestales se ha dado en pequeña escala, y en su mayoría con especies exóticas; la empresa Reforestadora Amazónica S.A. (RAMSA) viene desarrollando plantaciones e investigaciones experimentales orientadas a obtener mayor productividad y calidad de la madera, optando por la clonación de la especie nativa *Guazuma crinita* Mart (bolaina blanca), ya que esta posee importancia económica por su rapidez de crecimiento y diversos usos en el mercado nacional.

El establecimiento de plantaciones forestales en el país necesita de mejoras tecnológicas en la producción y crecimiento de las especies; para ello, se requiere de investigación básica como caracterización anatómica y físico-mecánica de la madera. El estudio anatómico

permite obtener información de la estructura macroscópica y microscópica de la madera, que ayuda a evaluar su empleo en los diferentes usos de la industria y a entender el comportamiento de esta frente a factores durante su crecimiento como edad, condiciones climáticas, topografía, tratamientos silviculturales, variación genética, entre otros.

Por lo mencionado anteriormente, en esta búsqueda de resultados, el presente estudio contribuye en la caracterización macro y microscópica y análisis de la variabilidad de los elementos leñosos de la madera de diez clones de *Guazuma crinita*; con el fin de proporcionar información cuali-cuantitativa que permita identificar clones de mejor calidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANATOMÍA DE LA MADERA

La madera es un material heterogéneo, altamente variable y anisotrópico, originado a partir del cambium; cuya composición del leño, estructura y organización de sus elementos determinan sus propiedades físico-mecánicas y su aptitud para uso comercial, por ello, el estudio de la anatomía de la madera tiene gran influencia en la tecnología y en su posterior aplicación industrial (Moglia *et al.* 2014).

La tasa de aumento en las dimensiones de las células de la madera producida en el tronco en las primeras etapas de su desarrollo es extremadamente variable (Panshin y De Zeeuw 1980), no solo entre diferentes especies, sino incluso dentro de cada especie, entre árboles y aún dentro de cada ejemplar (Moglia *et al.* 2014). Las investigaciones sobre las tendencias de variación radial de las características de la madera en el árbol indican que, en todos los casos, la porción cercana a la médula posee estructura celular y propiedades diferentes a la madera de la parte cercana a la corteza. Las investigaciones que incluyen variabilidad de la madera son de importancia para conocer mejor su comportamiento en servicio y garantizar un adecuado aprovechamiento y uso (León 2010).

Las variaciones entre especies se deben a que las actividades fisiológicas del árbol son afectadas por factores ambientales, entre ellos, precipitación, temperatura, tratamiento silvicultural, de los cuales depende el suministro de agua y nutrientes al cambium. Las condiciones del sitio y la variabilidad del clima pueden producir grandes modificaciones en las características de la madera; existiendo además de la variabilidad relativa al crecimiento, diferencias hereditarias en cada individuo, los cuales distinguen unos a otros, aún dentro de casi idénticas condiciones (Arroyo, 1983).

La variación en los elementos leñosos presenta diferentes patrones de comportamiento en dirección transversal y longitudinal del fuste; Panshin y De Zeeuw (1980), señalan que la variación longitudinal del árbol presenta tres patrones: i) incremento desde la base hacia el ápice; ii) incremento hasta el primer tercio de la altura del fuste, para luego disminuir hacia el ápice; y iii) 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; la primera presenta incremento en la zona cercana a la médula hasta llegar a estabilizarse en la zona cercana a la corteza; la segunda, incremento de la médula hacia la corteza; y la tercera incrementa desde la médula y luego disminuye en la zona cercana a la corteza.

El comportamiento radial de variación de elementos celulares en la dirección médula a corteza, por lo general, es producido por el envejecimiento de las células cambiales que conllevan a las modificaciones en la estructura de los elementos que componen la madera (Moya *et al.* 2009). Las propiedades de la zona juvenil están caracterizadas por rápidos cambios desde la médula hacia la corteza, estabilizándose a medida que se acercan a la zona madura (Monteoliva y Marlats 2007).

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; además, agrega que la variación de la longitud de fibra no es uniforme como en el caso de las coníferas. Panshin y De Zeeuw (1980) señala que, la longitud de la fibra aumenta desde la médula hacia afuera durante un periodo de años, después de lo cual permanece constante.

En general, para latifoliadas, la longitud de fibras aumenta desde las adyacencias de la médula hacia la zona de la corteza; así lo han reportado dos especies de la misma familia de la *Guazuma crinita* (Malvaceae), *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017b), en los primeros años de edad; así como también, plantaciones de *Eucalyptus globulus* (Igartúa *et al.* 2002), *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009; De Lima *et al.* 2011), *Gmelina arborea* (Calderón *et al.* 2010), *Swietenia macrophylla* (León 2010), *Eucalyptus grandis* (Sette *et al.* 2012), clones del género *Salix* (Monteoliva *et al.* 2006; Monteoliva y Marlats 2007), clones de *Populus* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012); y, especies latifoliadas de bosque nativo como *Cordia thaisana* (León y Espinoza 1998), *Nothofagus nervosa* (Medina *et al.* 2013), *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015) y *Erisma uncinatum* (Velásquez *et al.* 2014).

Para el diámetro de las fibras, espesor de pared y diámetro de lumen se tiene que generalmente aumentan radialmente de la médula hacia la corteza. En la familia Malvaceae, *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017a), presenta aumento radial del espesor de pared de la

médula hacia la corteza, en los primeros años de crecimiento; *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) presenta este mismo patrón, sin embargo, muestra una disminución del diámetro de fibras y lumen en el mismo sentido radial. Existen casos en los que el espesor de pared se mantiene constante en sentido radial, como lo reportado en plantaciones de *Cordia thaisana* (León y Espinoza 1998). Plantaciones de *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009) mostraron aumento del diámetro de fibra y espesor de pared, y un diámetro de lumen constante en sentido radial de la médula hacia la corteza. Por otro lado, en *Gmelina arborea* (Calderón *et al.* 2010) encontraron aumento radial de médula a corteza en la parte basal del fuste, y aumento en el mismo sentido radial, del diámetro de fibras y diámetro de lumen; y, clones de *Populus* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012) presentaron aumento del diámetro de fibras y espesor de pared de la médula hacia la corteza. Latifoliadas de bosque nativo como *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015) presentaron esta misma tendencia para el diámetro de fibras y espesor de pared;

De acuerdo con Alone y Zimmermann, citado por Moya *et al.* (2009), la frecuencia de vasos y radios disminuye, en dirección radial, debido a que la concentración de auxinas, principales componentes que regulan las divisiones de las células del cambium, decrece al aumentar la edad, produciendo baja frecuencia de vasos y radios, pero con mayor diámetro y mayores dimensiones de las células de los vasos y los radios. De manera general, las latifoliadas presentan aumento de la longitud de vasos y el diámetro de poros de la médula hacia la corteza, y disminución del número de poros/mm² en la misma dirección radial.

En especies de la familia de *Guazuma crinita* (Malvaceae) tenemos a *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009), la cual presenta aumento en la longitud de vasos y diámetro de poros en dirección radial hacia la corteza y el número de poros/mm² se mantiene constante en las diferentes secciones radiales, mientras que *Sterculia apetala* (Da Silva, 2017a) muestra las mismas condiciones, pero una disminución en el número de poros/mm² en dirección de la médula hacia la corteza. En plantaciones de latifoliadas, *Eucalyptus globulus* (Jelvez 2009), *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009), clones de *Populus* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012) y *Eucalyptus grandis* (Sette *et al.* 2012) mostraron aumento en el diámetro de vasos y disminución en el número de poros/mm² en dirección de médula a corteza; plantaciones de *Swietenia macrophylla* (León 2010) presentaron aumento del diámetro de poros desde la médula hacia la corteza. Latifoliadas de bosque nativo como *Nothofagus nervosa* (Medina *et al.* 2013) la longitud de vasos aumentó de la médula hacia la corteza, en *Nothofagus alpina*

(Medina *et al.* 2015) aumentó la longitud de vasos y el diámetro de poros, y disminuyó el número de poros/mm² en dirección radial de médula a corteza.

2. GUAZUMA CRINITA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

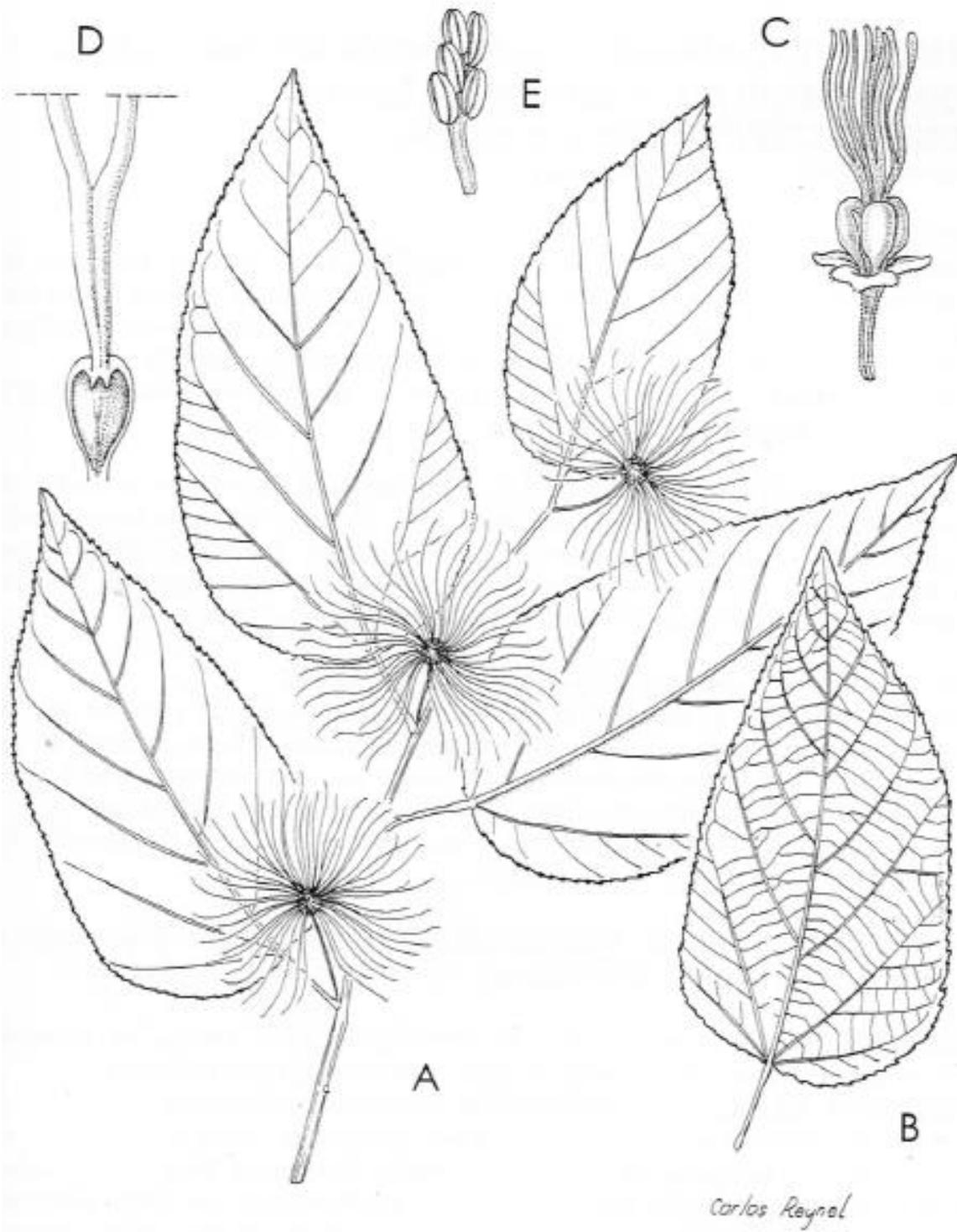
Reynel *et al.* (2016) indica que la clasificación taxonómica de la bolaina blanca es la siguiente:

- Familia: STERCULIACEAE (Clasificación APG: MALVACEAE)
- Nombre científico: *Guazuma crinita* Martius
- Nombres comunes: Bolaina, Bolaina blanca
- Sinónimos botánicos: *Guazuma rosea* Poeppig

El mismo autor, con respecto al árbol de *Guazuma crinita* describe lo siguiente:

- Fuste: De 25-80 cm de diámetro y 15-30 m de altura total; ramificación en el tercer tercio; base del fuste recta.
- Corteza externa: Finamente agrietada: color marrón claro a grisáceo.
- Corteza interna: Fibrosa, amarillenta, conformada por tejido finamente reticulado; oxida rápidamente a marrón.
- Hojas: Simples, alternas y dísticas; de 10-18 cm de longitud y 5.7 cm de ancho; peciolo de 1,5-2 cm de longitud, pulvinulado; láminas ovadas, frecuentemente asimétricas, aserradas; nervación palmeada, nervios secundarios prominulos en haz y envés; ápice agudo y acuminado; base cordada; hojas cubiertas de pubescencia de pelos estrellados y escamosos (10X). Figura 1.
- Inflorescencia: En panículas axilares de 8-12 cm de longitud con muchas flores; flores de 8-12 mm de longitud, hermafroditas, actinomorfas.

Frutos: Cápsulas globosas de 4-8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos largos de 3-4 cm de longitud.



A) Ramita con hojas y frutos, B) Hoja, C) Flor, D) Pétalo y E) Andróforo

Figura 1: Hojas y flores de *Guazuma crinita* Mart.

FUENTE: Reynel et al. (2016)

2.2. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Muy amplia en el Neotrópico desde Centroamérica a la región Amazónica, hasta el sur de Brasil y Bolivia (Reynel *et al.* 2003). En el Perú se la encuentra en la Selva baja y Ceja de selva, hasta los 1500 m s.n.m. (Reynel *et al.* 2016); principalmente en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali (Ushiñahua 2016). De forma natural se la encuentra como pionera en suelos ricos en nutrientes, en las riberas de los ríos y quebradas, y también en bosques secundarios y en hondonadas en zonas de altura no inundables (IIAP, 2009). Se la observa en ámbitos de pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada; suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos, no tolera anegamiento sobre todo cuando es una plántula (Reynel *et al.* 2003). Plantaciones de *Guazuma crinita* se establecen en suelos fértiles de tipo franco, franco-arcilloso o arcilloso y con buen drenaje, inundables temporalmente, se adapta a suelos con pH 5,56-7,73 (Ushiñahua 2016). La bolaina no se adapta a suelos muy ácidos, porque es sensible al aluminio (Wightman *et al.* 2006).

2.3. ECOLOGÍA Y MANEJO

La *Guazuma crinita* es una especie forestal heliófila, de rápido crecimiento que abunda en la selva peruana y que posee un turno de corta de aproximadamente 10 años (Molina, 2009; Reynel *et al.* 2003); otros autores señalan que se puede cosechar cada 8 – 15 años, dependiendo del producto esperado y del sitio (Flores, 2007). Las plantaciones no han sido afectadas, en Perú, por plagas o enfermedades de consideración (Wightman *et al.* 2006).

En plantaciones demostrativas de bolaina blanca de 4 y 6 años se han encontrado volúmenes comerciales aprovechables de 100 y 140 m³/ha, respectivamente (Revilla, 2015); según Soudre (2009), el rendimiento comercial de madera de bolaina de 6 años en plantaciones y regeneración natural con manejo es de 209 y 339 m³/ha, respectivamente. El establecimiento de bolaina en plantaciones puras puede producir hasta 240 m³/ha al octavo año (IIAP, 2009). La proyección de rendimiento volumétrico para *Guazuma crinita* de 10 años en plantaciones a campo abierto oscila entre 184 – 506 m³/ha (Vidaurre 1992).

2.4. IMPORTANCIA Y USOS

Según Ushiñahua (2016) su importancia radica principalmente en:

- Rápido crecimiento con un corto periodo de cosecha.

- Manejo de rebrotes hasta 3 oportunidades.
- Madera de color blanco, lo que permite tener una buena aceptación en el mercado.
- Fácil trabajabilidad.

Tiene buena durabilidad; se usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos, artesanía, y crecientemente en la industria de los tableros contrachapados (Reynel *et al.* 2016). La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre (Reynel *et al.* 2003). También es utilizada en traslapados, embalajes, molduras, puertas sólidas, cajas de espárragos, muebles y madera aserrada (Flores 2007); además tiene aptitud para ser utilizada en pulpa para papel (INIA 1996), juguetería (Urbina 2017) y tablero de partículas (Sueros 2017). La madera de bolaina no es una madera resistente a las condiciones de intemperie por ello no se emplea para revestimiento de exteriores (Witghtman *et al.* 2006).

2.5. CARACTERIZACIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA

Como características generales presenta color blanco, albura HUE 8/2 10YR y duramen HUE 8/3 10YR, grano recto, textura y brillo medio, olor y sabor no distintivo; en promedio 6 anillos de crecimiento en 2,5 cm y rango de 4 a 7 (INIA 1996) y diferenciados por bandas oscuras en forma regular (Acevedo y Kikata, 1994).

A nivel macroscópico, anillos de crecimiento diferenciados a simple vista, parénquima, poros visibles a simple vista, parénquima y radios visibles con lupa de 10X (INIA 1996).

A nivel microscópico, parénquima apotraqueal, difuso en agregados y paratraqueal, no estratificado con presencia de células cristalíferas septadas; radios heterogéneos tipo III, finos, no estratificados; porosidad difusa, poros solitarios y múltiples radiales de 2-4, 2 a 7 poros/mm², con diámetro tangencial entre 167 – 171 um y longitud entre 269 – 499 um; fibras libriformes, no estratificadas, con diámetro tangencial promedio de 18 um, pared celular de 3 um de espesor y longitud entre 484 – 830 um (Acevedo y Kikata, 1994). Además, INIA (1996) señala que, los radios poseen 4 células de ancho en promedio y altura menor de 1mm.

La variación radial de los elementos anatómicos en *Guazuma crinita* han sido estudiados por Miguel (2013) en madera de raleo de plantaciones de 4 años, la cual se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Características microscópicas de *Guazuma crinita* según Miguel (2013)

<i>Posición radial</i>	<i>Poros/vasos</i>			<i>Fibras</i>			<i>Radios</i>		
	<i>Longitud (um)</i>	<i>Diámetro tg (um)</i>	<i>N°/mm²</i>	<i>Longitud (um)</i>	<i>Diámetro (um)</i>	<i>Espesor de pared (um)</i>	<i>Altura (um)</i>	<i>Ancho (um)</i>	<i>N°/mm</i>
Promedio	300	140	7	1065	23	1,7	685	50	4
M-B Desv	1,16	1,61	3,18	2,96	4	0,51	56,67	3,19	1,48
CV (%)	12,12	15,13	45,91	8,69	21,95	38,61	39,69	30,4	33,11
Promedio	306	129	5	1038	25	1,8	719	43	4
C-B Desv	1,08	1,58	1,8	3,65	3,11	0,49	73,81	3,26	1,12
CV (%)	10,97	16,1	34,72	11	15,38	37,1	43,97	34,78	29,16

M-B: Tejido cerca a la médula/ C-B: Tejido cerca a la corteza.

FUENTE: Miguel (2013)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ZONA DE ESTUDIO

La madera de *Guazuma crinita* Martius utilizada, corresponde a 10 clones y 1 testigo, tomados de una parcela experimental de 1 ha de la Empresa Reforestadora Amazónica S.A. (RAMSA), ubicada en el distrito y provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco, Perú. En la Figura 2 se presenta la ubicación del lugar de la toma de muestras.

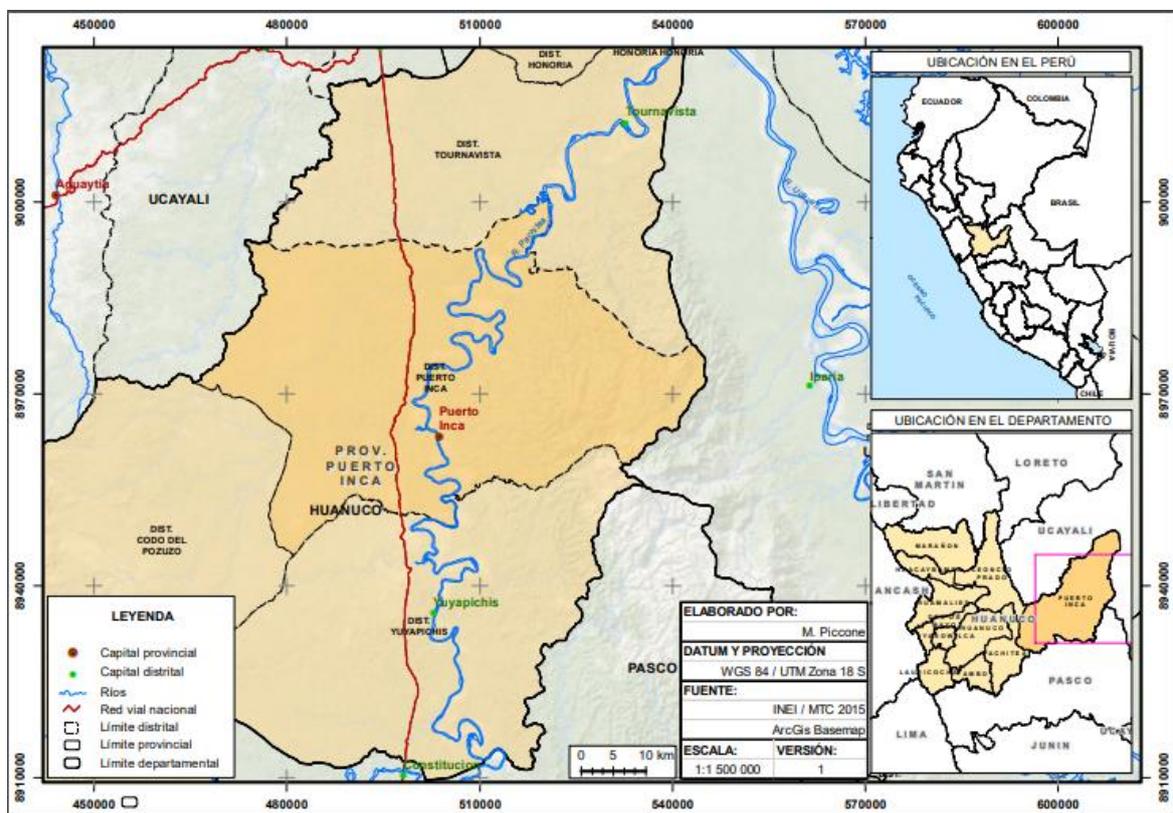


Figura 2: Ubicación de la zona de toma de muestras para el estudio

2. LUGAR DE EJECUCIÓN

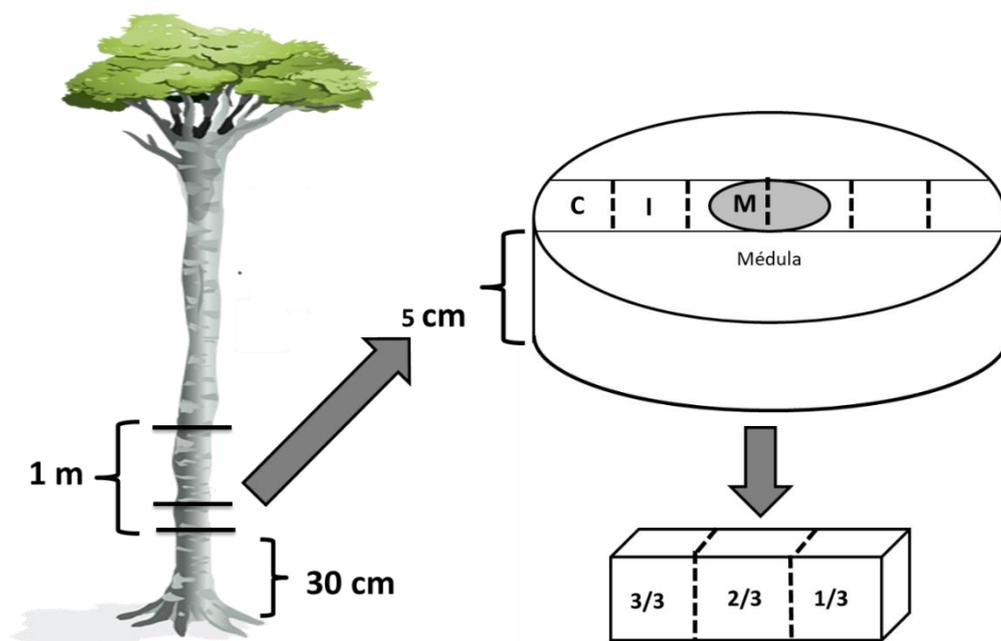
El estudio se realizó en el laboratorio de Anatomía de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1. MUESTRAS DE MADERA

Las muestras de madera corresponden a 10 clones y 1 testigo de *Guazuma crinita*, de una plantación de 3 años; cuyos árboles se seleccionaron tomando en consideración que fueran rectos y de buen estado fitosanitario. Los árboles fueron tumbados y trozados, tomándose una muestra de 1 m de longitud, a los 0,30 m de altura respecto al nivel del suelo. El material fue transportado al laboratorio de Anatomía de la madera, del Departamento Académico de Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Posteriormente, se procedió a extraer una rodaja de 5cm de espesor de la parte inferior de las muestras de 1 m de longitud. De cada rodaja se obtuvo un segmento diametral central de 5 cm de ancho (que pasa por el centro), que fue dividido en tres secciones: una cercana a la médula (M), otra intermedia (I) y una cercana a la corteza (C), conforme se muestra en el Figura 3.



C: Sección cercana a la médula, I: Sección intermedia, M: Sección cercana a la médula

Figura 3: Toma de muestras para el estudio anatómico

3.2. MATERIALES DE LABORATORIO

- Lupa de 10X.
- Vasos de pyrex graduados.
- Solución de alcohol de 30, 60 y 90.
- Glicerina.
- Solución de ácido nítrico al 33%
- Safranina
- Merckoglass
- Agua destilada
- Xilol
- Placas Petri
- Pincel pelo de Martha
- Porta y cubre objetos
- Tabla Munsell

3.3. EQUIPOS DE LABORATORIO

- Micrótopo horizontal Leica.
- Microscopio binocular DM750 Leica con cámara digital ICC 50W incorporada.
- Plancha de calentamiento

3.4. MATERIALES DE OFICINA

- Computadora
- Material de escritorio

4. METODOLOGÍA

4.1. SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras de los 10 clones y 1 testigo de *Guazuma crinita* fueron recolectadas de una parcela experimental de 1 ha de superficie de la empresa Reforestadora Amazónica S.A. Éstos fueron seleccionados en base a características fenotípicas deseables, tales como:

- Mayor dimensión en diámetro
- Mayor altura
- Rectitud en la forma del fuste
- Buen estado fitosanitario

Las trozas de madera fueron colectadas de la parte basal de los árboles seleccionados, para luego ser transportadas vía fluvial y terrestre al Laboratorio de Anatomía de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Figura 4).

En tabla 2 se presenta la codificación de la empresa RAMSA y la asignada para el estudio, así como las principales características de los clones recolectados.



Figura 4: Rodajas de los 10 clones y el testigo de *Guazuma crinita*

Tabla 2: Características principales de los 10 clones y el testigo de *Guazuma crinita*

<i>Clon</i>	<i>Árbol</i>		<i>DAP</i>	<i>AT</i>	<i>AC</i>
	Nº	Código	(cm)	(m)	(m)
Testigo (T)	11	TEST	11,6	15,3	12,1
1	146	09:46	16,2	17,8	13,4
2	151	09:23	16,6	18,3	14,3
3	110	01:11	14,5	19,0	14,0
4	124	09:11	18,0	19,3	14,3
5	22	02:10	18,0	18,4	14,7
6	128	10:11	16,5	20,8	16,3
7	3	09:16	16,7	17,8	13,8
8	144	04:20	15,3	19,3	14,3
9	56	05:13	16,3	20,2	16,2
10	24	07:01	13,0	18,0	14,3

DAP: Diámetro a la altura del pecho/ AT: Altura total/ AC: Altura comercial
 FUENTE: RAMSA S.A.

4.2. ESTUDIO ANATÓMICO

La caracterización anatómica se realizó de acuerdo con la norma de Procedimientos en estudios de anatomía de la Madera IBAMA (1991) y a la Lista de características microscópicas para la identificación de madera dura (IAWA, 1989).

Para realizar el estudio microscópico se prepararon láminas histológicas y de tejido macerado, comprendidos dentro de la microtecnia, los cuales se describen a continuación:

4.2.1. MICROTECNIA

a. Preparación de láminas histológicas

Para la preparación de láminas histológicas se siguieron los siguientes pasos:

- Preparación de cubos: Se cortaron cubitos de 1x1x1,5 cm debidamente orientados en sus tres planos de corte (transversal, radial y tangencial) y en tres posiciones radiales (cercana a la médula, intermedia, y cercana a la corteza).
- Ablandamiento: Los cubos se ablandaron en agua caliente a temperatura de ebullición por un tiempo aproximado de 24 horas.
- Corte de láminas: Se empleó micrótopo de deslizamiento horizontal y se cortaron láminas a espesor entre 25 y 30 µm de las tres secciones de corte: transversal, radial y

tangencial; las cuales luego fueron depositadas en alcohol de 30° dentro de una placa petri.

- Deshidratación: Las láminas colocadas en la placa petri fueron deshidratadas utilizando alcohol de 30°, 60° y 90°. En cada tipo de alcohol permanecieron por espacio de 15 minutos, al término de los cuales se retiró para agregar de inmediato otro de grado mayor.
- Coloración: Terminado el proceso de deshidratación, se procedió a echar 5 gotas de safranina y se dejó reposar por un tiempo de 15 minutos. Transcurrido este tiempo se realizó un lavado de las láminas con alcohol de 90°, repitiéndose varias veces hasta eliminar el exceso de colorante en los tejidos. Luego, se agregó xilol para fijar el colorante.

Montaje: Las láminas coloreadas se colocaron en placas portaobjetos y se agregó una gota de Merkoglass antes de cubrirlas con el cubreobjeto. En cada portaobjeto se colocaron 3 láminas correspondientes a la sección transversal, radial y tangencial.

b. Preparación de láminas de tejido macerado

La preparación de tejido macerado comprendió los siguientes pasos:

- Preparación: Se cortaron palitos de madera en forma de palitos de fósforos.
- Maceración: Los palitos de madera fueron colocados en vasos pyrex. Luego se agregó una solución de ácido nítrico al 33% en una cantidad suficiente hasta que cubrieran completamente los palitos, para luego llevarlos a una plancha de calentamiento por espacio de 20 minutos aproximadamente a una temperatura de 250°C.
- Lavado: El macerado fue lavado con agua potable hasta eliminar el exceso de ácido (el macerado debió pasar de una coloración amarilla intensa a un amarillo claro).

Coloración, selección y montaje: Luego del lavado, se agregó alcohol de 90° y 5 gotas de safranina a cada vaso pyrex para colorear el macerado. Posteriormente, una porción de macerado fue colocado en una placa petri y se agregó xilol para fijar el colorante. La selección de fibras y vasos se realizó con ayuda de una aguja hipodérmica y un microscopio. Los vasos y fibras seleccionados fueron colocados en portaobjetos; se agregó 1 gota de Merkoglass y se le cubrió con el respectivo cubreobjeto.

c. Medición de elementos leñosos

Se realizaron mediciones de diámetro y longitud de vasos; espesor, longitud y diámetro de fibras. Asimismo, se efectuó el conteo y medición del número de células, ancho, altura y número de radios por mm, así como el diámetro tangencial de poros y número de poros por mm², mediante el uso del programa Leica (LAS Versión 4.12).

4.2.2. REGISTRO DE IMÁGENES

La estructura de la madera de la especie se ilustró mediante la toma de macrofotografías en un estereoscopio Olympus VH2 cámara digital Canon Power Shot S50 conectada a una computadora; y la toma de microfotografías, con una Cámara Leica ICC 50 W acoplada a un microscopio binocular DM750 Leica conectada a una computadora.

4.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos fueron ordenados por clon y posición radial, para los diferentes elementos anatómicos, donde se calculó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad. Adicionalmente, se analizó el efecto de la posición radial, mediante un análisis de varianza para un modelo factorial, A (clon) y B (posición radial), con diseño completamente aleatorio de 11 x 3 solo para poros, fibras y vasos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

1.1. DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA

A continuación, se describen las características generales, macroscópicas y microscópicas del testigo y los 10 clones de *Guazuma crinita*.

Características generales

En condición seca al aire presenta color blanco pálido 8/3 10YR. Olor y sabor no distintivo, grano recto, textura media y brillo medio. Madera suave al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 5)

Poros: Visibles con lupa 10X, solitarios y múltiples radiales de 2 a 4.

Parénquima: Visible con lupa de 10X, apotraqueal difuso.

Radios: Visibles con lupa de 10X, no estratificados.

Descripción microscópica

Poros/ elementos vasculares: Porosidad difusa, poros solitarios y múltiples radiales de hasta cuatro poros de forma redonda (Figuras 6 y 7). Longitud promedio $\leq 350\mu\text{m}$, clasificados como cortos; diámetro tangencial promedio entre 100-200 μm , clasificados como medianos. En promedio el número de poros menor igual a $5/\text{mm}^2$, clasificados como pocos. Platinas de perforación simple y punteaduras simples (Figura 13).

Parénquima: En sección transversal apotraqueal difuso en agregados y paratraqueal unilateral (Figuras 6 y 7). Presencia de cristales prismáticos (Figura 9).

Radios: Clasificados de dos tamaños distintos mayor a 1mm y menor a 1mm; ancho entre 58 y 71 μm , clasificados como finos; con 3-5 células de ancho en promedio y 4-12 radios/mm,

clasificados como pocos numerosos. Heterogéneos tipo III, multiseriados, compuestos por células procumbentes y de tipo baldosas (Figura 8). Presencia de gomas en células procumbentes. Presencia de cristales prismáticos (Figura 12)

Fibras: Libriformes; longitud promedio en el rango de 900 – 1600 μm , clasificadas como medianas; diámetro promedio entre 27 y 32 μm , clasificadas como medianas; espesor de pared promedio entre 2,1 y 2,7 μm , clasificadas como fibras de pared muy delgada.

En la Tabla 3 se presentan los valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para el testigo y los 10 clones según los elementos anatómicos estudiados.



Figura 5: Vista macroscópica de *Guazuma crinita* Mart

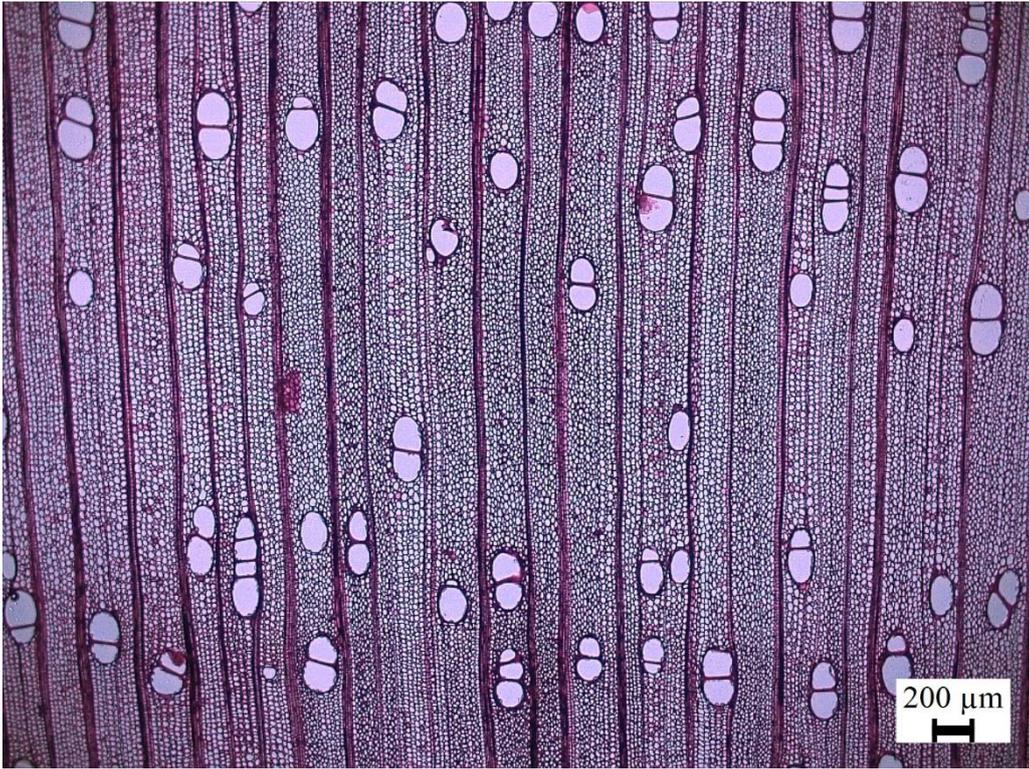


Figura 6: Corte transversal de *Guazuma crinita* Mart

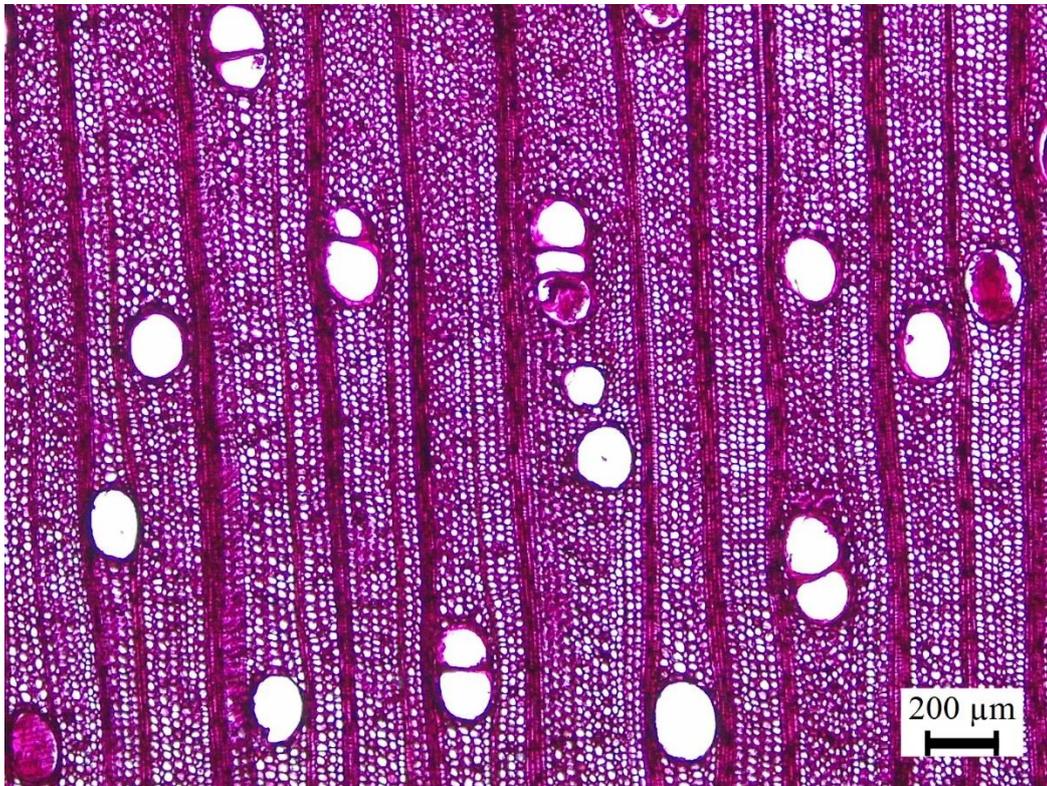


Figura 7: Parénquima apotraqueal difuso en agregados de *Guazuma crinita* Mart

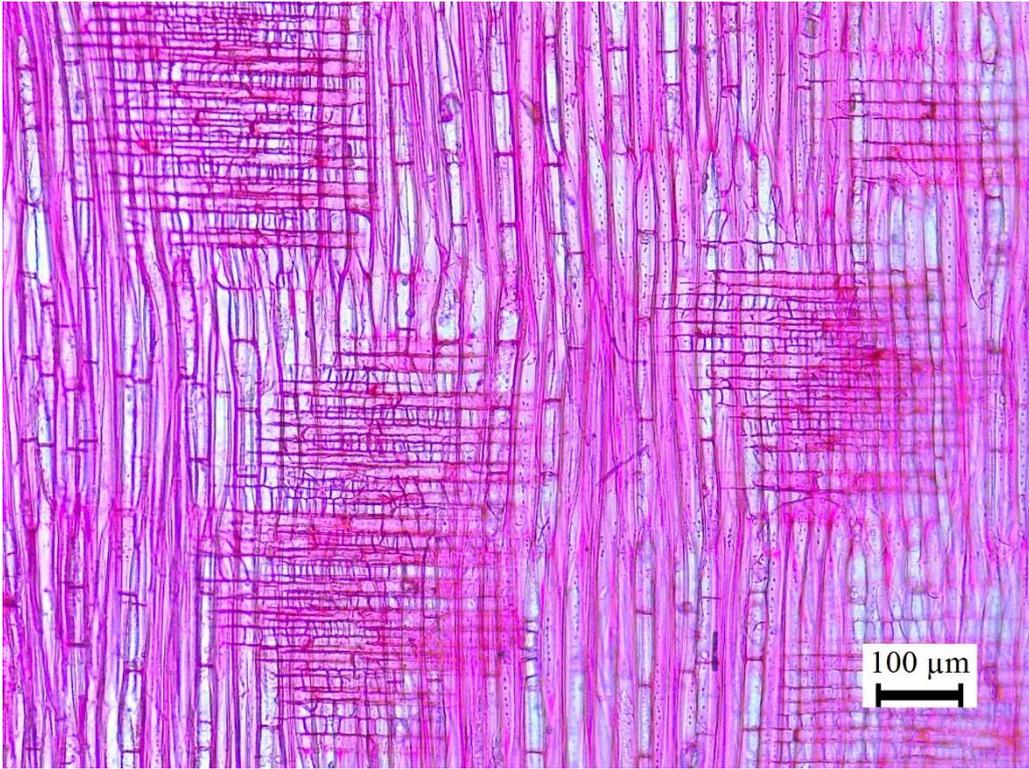


Figura 8: Corte longitudinal de *Guazuma crinita* Mart

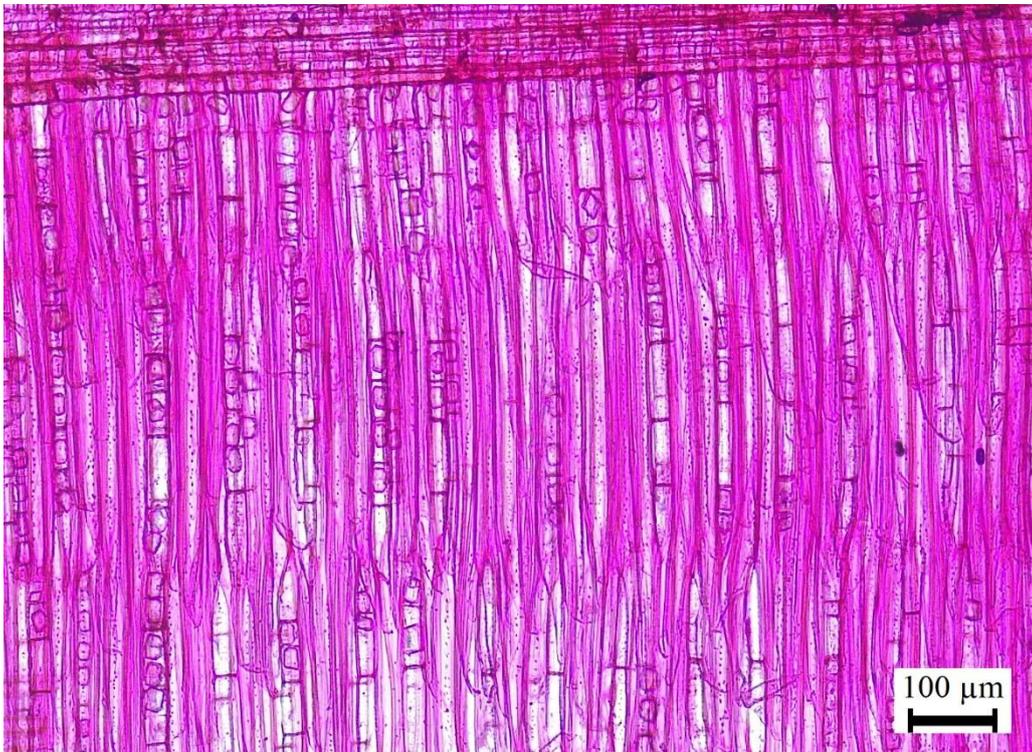


Figura 9: Cristales en parénquima axial de *Guazuma crinita* Mart



Figura 10: Corte tangencial de *Guazuma crinita* Mart



Figura 11: Radios de *Guazuma crinita* Mart

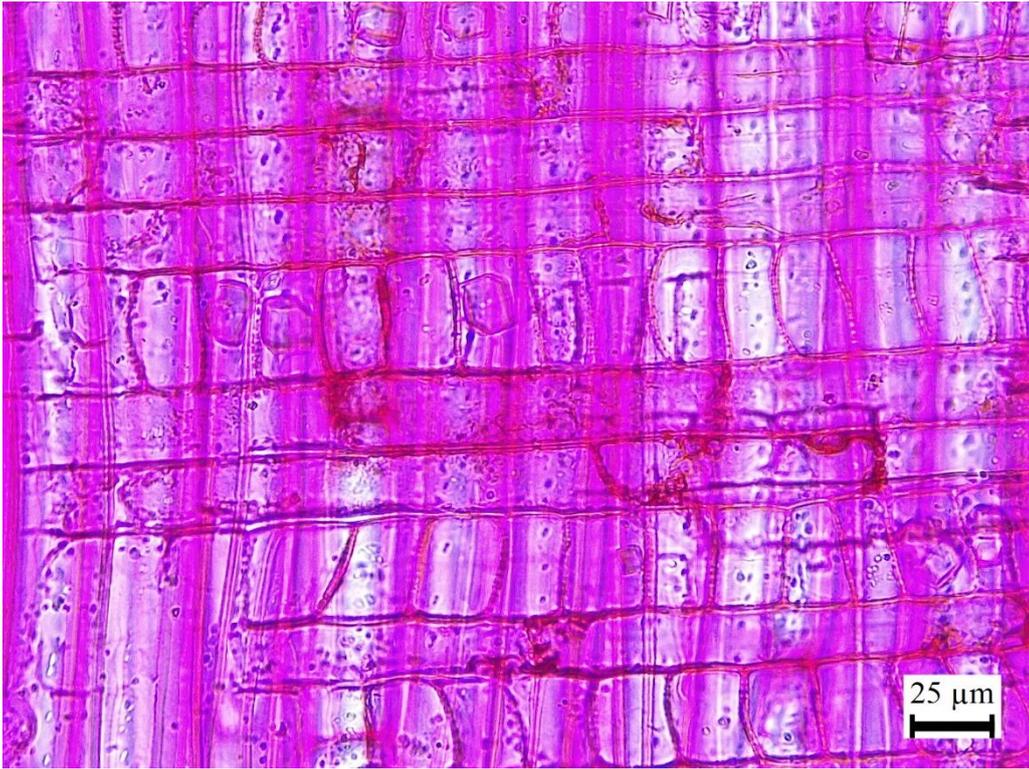


Figura 12: Cristales en radios de *Guazuma crinita* Mart



Figura 13: Vaso de *Guazuma crinita* Mart



Figura 14: Fibra de *Guazuma crinita* Mart

Tabla 3: Valores promedio de los elementos anatómicos

Clon	Vasos/poros			Fibras				Radios					
	Longitud (um)	Diámetro tg (um)	N°/m ²	Longitud (um)	Diámetro (um)	Espesor de pared (um)	Diámetro de lumen (um)	Altura (um)	Ancho (um)	N° de células (altura)	N° de células (ancho)	N°/mm lineal	
T	Prom	279	122	6	1356	27	2,5	22,1	918	122	40	4	10
	desv	50	21	1	148	4	0,5	3,8	310	21	11	1	1
	CV (%)	18	17	25	11	14	18,7	17,2	34	17	26	23	11
1	Prom	274	127	5	1393	29	2,7	23,8	859	127	39	4	9
	desv	36	19	2	173	4	0,4	4,6	215	19	8	1	1
	CV (%)	13	15	30	12	15	15,6	19,3	25	15	21	26	10
2	Prom	278	128	4	1367	29	2,5	24,3	1116	128	53	4	8
	desv	33	18	1	157	3	0,2	3,1	317	18	14	1	1
	CV (%)	12	15	31	11	11	8,7	13,0	28	15	27	18	10
3	Prom	291	138	4	1393	29	2,3	24,8	1099	138	53	4	9
	desv	43	19	1	136	4	0,4	4,2	359	19	17	1	1
	CV (%)	15	14	32	10	14	16,2	17,2	32	14	34	22	11
4	Prom	282	129	4	1323	32	2,3	27,4	907	129	52	4	8
	desv	41	17	1	167	5	0,4	4,9	291	17	11	1	1
	CV (%)	15	13	29	13	16	17,0	18,0	32	13	22	19	11
5	Prom	282	145	4	1435	27	2,1	23,1	888	145	49	4	9
	desv	42	22	1	153	5	0,3	4,8	265	22	12	1	1
	CV (%)	15	15	29	11	18	13,7	21,0	30	15	24	18	13
6	Prom	282	141	4	1296	29	2,2	24,7	926	141	51	4	9
	desv	44	22	1	133	4	0,4	4,4	233	22	13	1	1
	CV (%)	16	16	27	10	15	17,2	17,8	25	16	25	21	12
7	Prom	279	143	5	1354	28	2,2	23,3	931	143	50	4	9
	desv	32	18	1	137	4	0,3	3,9	304	18	15	1	1
	CV (%)	11	13	25	10	15	14,2	17,1	32	13	30	24	15
8	Prom	276	163	4	1444	28	2,5	23,1	955	163	55	4	9
	desv	33	24	1	153	5	0,4	4,5	332	24	15	1	1
	CV (%)	12	15	30	11	17	17,9	19,6	35	15	28	22	16
9	Prom	285	139	4	1397	31	2,4	26,1	907	139	54	4	8
	desv	35	21	1	122	3	0,4	3,2	327	21	19	1	1
	CV (%)	12	16	24	9	11	18,4	12,4	35	16	34	18	15
10	Prom	275	123	4	1467	28	2,6	22,7	1058	123	52	4	9
	desv	36	18	1	129	4	0,5	4,0	356	18	14	1	1
	CV (%)	13	15	30	9	15	19,8	17,7	33	15	26	22	14

FUENTE: Elaboración propia.

Las características generales y macroscópicas coinciden con lo mencionado por INIA (1996) y Acevedo y Kikata (1994); sin embargo, la presencia de cristales prismáticos en radios es una característica no reportada para la especie.

En cuanto a las características microscópicas para el testigo y los 10 clones, se indica lo siguiente:

Los elementos vasculares son cortos y la longitud de estos se encuentra en el rango de 274 a 291 μm , valores que coinciden con el límite inferior de la bibliografía consultada (Acevedo y Kikata, 1994; Miguel 2013). El promedio del diámetro tangencial de poros varía entre 122 y 163 μm , menores a los reportados por Acevedo y Kikata (1994), pero dentro del rango reportado para plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013). El promedio del número de poros/ mm^2 varía entre 4 y 6, valores que coinciden con lo mencionado por Acevedo y Kikata (1994) y Miguel (2013). Panshin y De Zeeuw (1980) mencionan que los vasos aumentan su tamaño y disminuyen su frecuencia con la edad; analizando los resultados, la variación encontrada podría estar en relación con la edad de los clones y el testigo.

En cuanto a la longitud de fibras, el promedio se encuentra en el rango de 1296 y 1467 μm , valores mayores a los reportados por Acevedo y Kikata (1994) y Miguel (2013). Los valores del espesor de pared celular varían entre 2,1 y 2,7 μm , menores a los mencionados por Acevedo y Kikata (1994), pero mayores a los reportados por Miguel (2013). Los altos valores de longitud de fibras se podrían explicar por factores externos como la calidad de sitio; Monteoliva y Marlats (2007) reportan diferencias de hasta 21% entre longitudes de fibras de clones del género *Salix* en dos sitios diferentes. Los bajos valores del espesor de pared se podrían deber a la temprana edad (3 años) de los clones; debido a que, es conocida la evolución de los elementos anatómicos a medida que la madera se forma a partir de un cambium fisiológicamente más maduro; así, las fibras, en general, tienden a ser más largas, anchas y de mayor espesor de pared con la edad (Panshin y De Zeeuw 1980).

Los coeficientes de variación para la longitud de vasos, diámetro tangencial de poros, longitud de fibras, espesor de pared, diámetro de fibras y diámetro de lumen se encuentran entre 9 y 21 %; considerándose, según Rubio (2002), datos homogéneos y regularmente variables. Por otro lado, el coeficiente de variación para el número de poros/ mm^2 y de la altura de radios se encuentran entre 24 y 35 %, considerándose datos muy variables.

Los CV promedio del número de poros/ mm^2 son menores a los reportados por plantaciones de 4 años de *Guazuma crinita* (Miguel 2013); otras especies como *Cedrelinga cataneformis* (Valderrama 1998), presentaron un CV del número de poros/ mm^2 del 39%; *Geoffroea decorticans* (Giménez, 2009), un CV del 33 %.; *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2013), un CV del 56,82%; *Matisia bicolor* (Aylas y Bendezú, 2008), un CV del 48,14%.

Los CV para los elementos de longitud de vasos, diámetro tangencial de poros, longitud de fibras y diámetro de fibras son similares a los reportados por Miguel (2013); sin embargo, los CV de los elementos de radios fueron menores a los reportados por el mismo autor.

1.2. VARIACIÓN RADIAL DE LOS ELEMENTOS ANATÓMICOS

En la Tabla 4 se presentan los valores promedios, según la posición radial, de los principales elementos anatómicos del testigo y los 10 clones de *Guazuma Crinita* Mart. En los Anexos del 3 al 9 se presentan la distribución de todos los valores de los principales elementos anatómicos registrados por clon y sección radial.

Tabla 4: Valores promedio de los principales elementos anatómicos según posición radial

Clon	Posición radial	Vasos / poros			Fibras			
		Longitud (um)	Diámetro (um)	N°/mm ²	Longitud (um)	Diámetro (um)	Espesor de pared (um)	Diámetro de lumen (um)
T	M	264 ± 15	96 ± 7	8 ± 1	1310 ± 57	25 ± 2	2,3 ± 0,17	20,5 ± 1,4
	I	294 ± 21	137 ± 9	4 ± 0	1364 ± 47	30 ± 2	2,5 ± 0,18	24,5 ± 1,7
	C	280 ± 22	134 ± 8	5 ± 1	1395 ± 70	26 ± 1	2,6 ± 0,19	21,1 ± 1,3
1	M	264 ± 15	97 ± 5	8 ± 1	1303 ± 52	30 ± 1	2,6 ± 0,15	24,4 ± 1,6
	I	260 ± 13	134 ± 8	5 ± 1	1388 ± 66	29 ± 2	2,6 ± 0,14	23,8 ± 1,6
	C	300 ± 14	149 ± 9	4 ± 0	1490 ± 85	29 ± 2	2,9 ± 0,20	23,1 ± 2,2
2	M	242 ± 11	98 ± 6	5 ± 1	1355 ± 77	27 ± 1	2,2 ± 0,08	23 ± 1,2
	I	272 ± 11	130 ± 7	4 ± 1	1349 ± 35	31 ± 1	2,5 ± 0,07	25,6 ± 1,1
	C	319 ± 16	154 ± 8	4 ± 0	1396 ± 72	30 ± 1	2,7 ± 0,11	24,3 ± 1,4
3	M	251 ± 24	109 ± 6	5 ± 1	1286 ± 49	27 ± 2	2,2 ± 0,12	22,2 ± 1,7
	I	308 ± 12	154 ± 8	4 ± 1	1432 ± 68	31 ± 1	2,4 ± 0,11	26,2 ± 1,2
	C	314 ± 14	153 ± 8	4 ± 0	1461 ± 43	31 ± 2	2,4 ± 0,21	25,9 ± 2,2
4	M	270 ± 22	120 ± 5	4 ± 0	1362 ± 49	32 ± 2	2,2 ± 0,14	27,9 ± 2,1
	I	275 ± 15	147 ± 8	4 ± 0	1373 ± 57	32 ± 2	2,3 ± 0,14	27,7 ± 2,0
	C	301 ± 12	121 ± 7	5 ± 1	1233 ± 91	31 ± 2	2,4 ± 0,18	26,5 ± 1,6
5	M	279 ± 16	130 ± 9	4 ± 0	1395 ± 60	29 ± 2	2,0 ± 0,12	25,2 ± 1,7
	I	267 ± 19	147 ± 6	4 ± 1	1448 ± 68	27 ± 2	2,0 ± 0,12	22,7 ± 2,0
	C	300 ± 15	157 ± 10	4 ± 0	1463 ± 52	26 ± 2	2,4 ± 0,10	21,3 ± 1,9
6	M	285 ± 18	131 ± 8	5 ± 1	1267 ± 54	29 ± 2	2,0 ± 0,13	24,9 ± 2,0
	I	276 ± 19	153 ± 9	4 ± 0	1336 ± 51	30 ± 2	2,2 ± 0,13	26 ± 1,6
	C	286 ± 14	138 ± 9	4 ± 1	1285 ± 51	28 ± 2	2,3 ± 0,18	23,2 ± 1,5
7	M	257 ± 15	109 ± 6	7 ± 1	1285 ± 62	26 ± 2	2,2 ± 0,13	21,7 ± 1,7
	I	286 ± 10	151 ± 9	5 ± 0	1419 ± 48	27 ± 2	2,2 ± 0,10	22,6 ± 1,6
	C	294 ± 11	169 ± 6	4 ± 0	1360 ± 50	30 ± 1	2,2 ± 0,14	25,5 ± 1,3
8	M	275 ± 12	155 ± 11	4 ± 0	1457 ± 55	27 ± 1	2,3 ± 0,18	22,1 ± 1,3
	I	253 ± 15	164 ± 10	4 ± 0	1428 ± 62	26 ± 2	2,5 ± 0,19	21,1 ± 2,1
	C	300 ± 13	170 ± 8	4 ± 1	1448 ± 63	32 ± 2	2,7 ± 0,16	26,2 ± 1,8
9	M	276 ± 13	127 ± 9	5 ± 0	1358 ± 48	30 ± 1	2,3 ± 0,13	25,4 ± 1,3
	I	286 ± 14	139 ± 8	4 ± 0	1429 ± 49	33 ± 1	2,2 ± 0,16	28,1 ± 1,3
	C	294 ± 14	152 ± 28	4 ± 0	1402 ± 47	30 ± 1	2,7 ± 0,23	24,6 ± 1,2
10	M	265 ± 15	104 ± 6	5 ± 1	1405 ± 50	28 ± 2	2,5 ± 0,19	22,9 ± 1,7
	I	271 ± 14	127 ± 8	5 ± 0	1478 ± 50	27 ± 2	2,6 ± 0,22	21,9 ± 1,8
	C	289 ± 13	139 ± 7	4 ± 1	1518 ± 61	29 ± 1	2,8 ± 0,21	23,5 ± 1,2

En longitud de vasos, de manera general, los 10 clones y el testigo presentan aumento radial de médula a corteza (Figura 15); plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017a), especie de la misma familia de la bolaina blanca (Malvaceae), también presentan aumento radial de médula a corteza del mismo elemento anatómico. Otras latifoliadas, como plantaciones de clones híbridos del género *Acacia* (Sharma *et al.* 2016) y especies de bosques naturales como *Nothofagus nervosa* (Medina *et al.* 2013) y *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015), también muestran aumento en el mismo sentido radial. Además de lo mencionado, los clones 1, 5, 6 y 8 presentan una tendencia de disminución en la sección intermedia para luego aumentar hacia la corteza; y, el testigo presenta una tendencia de aumento en la sección intermedia para luego disminuir en la sección cercana a la corteza (Figura 15).

Con respecto al diámetro tangencial de poros, de manera general, los 10 clones y el testigo presentan aumento radial de médula a corteza (Figura 16); sin embargo, plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013) presentan disminución en el mismo sentido radial. Por otro lado, *Luehea divariacata* (Longui *et al.* 2009) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017a), especies de la misma familia de la bolaina blanca (Malvaceae), así como plantaciones de clones híbridos de *Acacia* (Sharma *et al.* 2016) y especies de bosques naturales como *Nothofagus nervosa* (Medina *et al.* 2013) y *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015), muestran aumento radial de médula a corteza del diámetro de poros. Los clones 4 y 6, presentan una tendencia radial de aumento hacia la sección intermedia para luego disminuir hacia la corteza (Figura 16); *Eucalyptus globulus* de 10 y 12 años (Jelvez 2009) reporta esta misma tendencia de aumento y disminución en la zona intermedia.

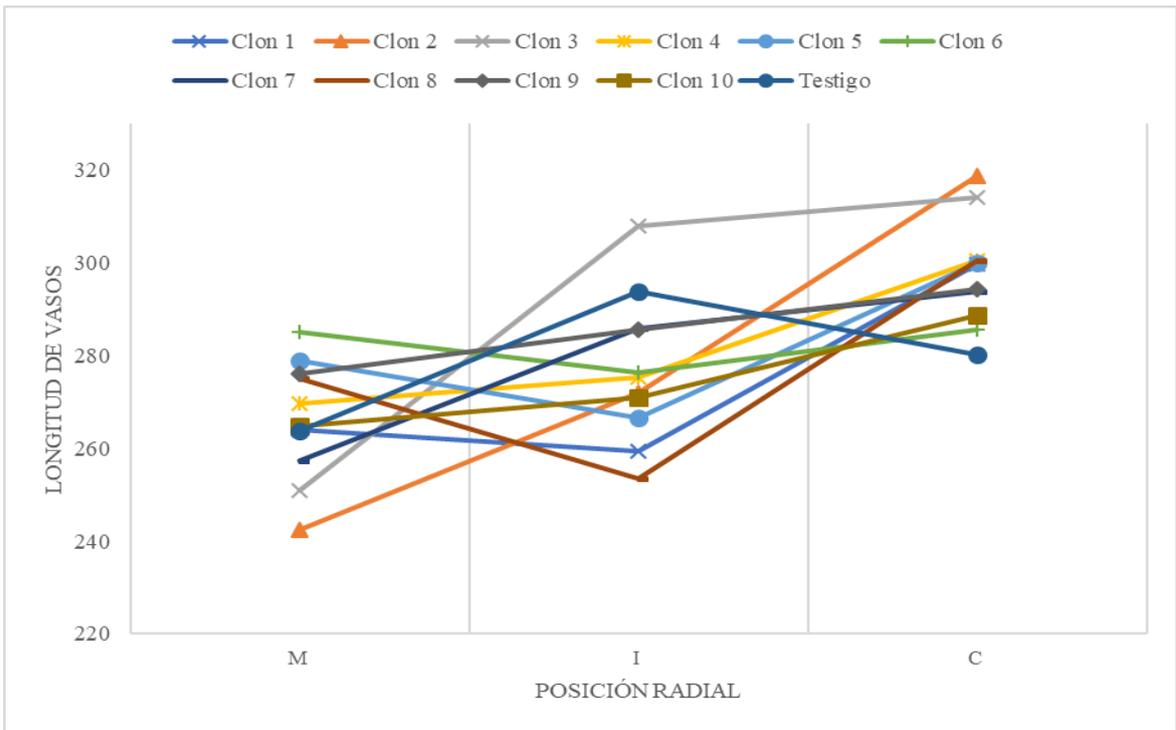


Figura 15: Promedio de longitud de vasos según posición radial

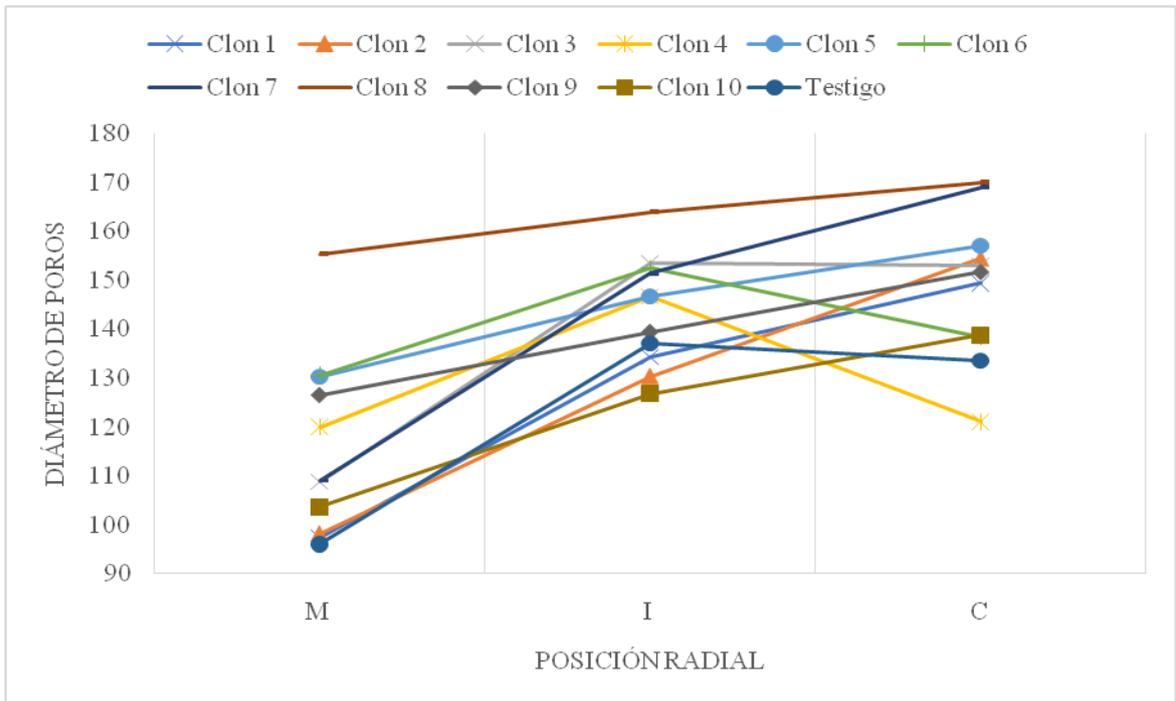


Figura 16: Promedio del diámetro tangencial de poros según posición radial

En el número de poros/mm², los clones 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 y el testigo presentan disminución radial de la médula hacia la corteza (Figura 17); plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017a), de la familia

Malvaceae, muestran disminución en el mismo sentido radial. Latifoliadas como *Eucalyptus globulus* (Jelvez 2009; Peredo 2009), *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015); *Populus sp.* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012), y clones de *Salix babylonica* (Cobas *et al.* 2014), también mostraron esta disminución en el mismo sentido radial.

Los clones 4 y 8, para el número de poros/mm², presentan promedios casi constantes y el testigo presenta una disminución bien marcada respecto a los demás clones, en sentido radial de médula a corteza (Figura 17); existen investigaciones que muestran comportamientos similares, en *Eucalyptus globulus* (Jelvez 2009), se presentaron notorias diferencias en la zona intermedia radial, reflejado en fluctuaciones de aumento y disminución del número de poros/mm²; y, en *Tectona Grandis* (Moya *et al.* 2009), se reportó una acelerada disminución del número de poros/mm² en el rango de edad de 1 a 5 años.

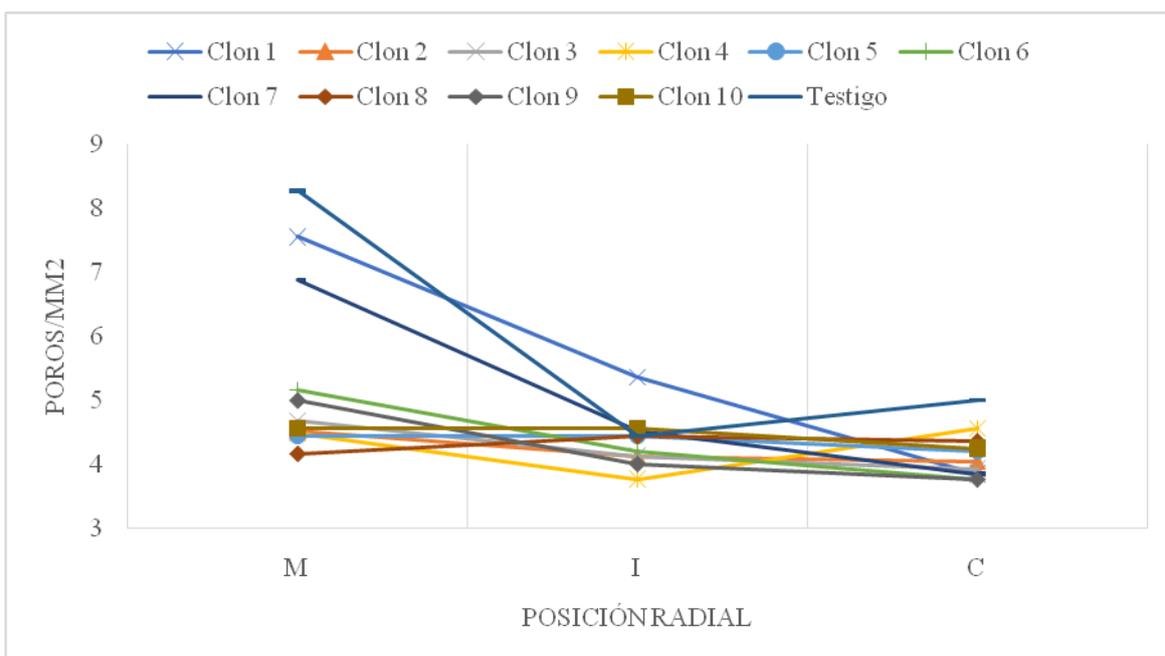


Figura 17: Promedio del número de poros/mm² según posición radial

De manera general, para la longitud de fibras, los clones presentan aumento radial de médula a corteza. En este sentido radial, el testigo y los clones 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 y 10 presentan aumento; y los clones 4 y 8, disminución (Figura 18). Los resultados no coinciden con lo reportado por Miguel (2013) en plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años; pero sí coinciden a los encontrados en *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017b), especies de la familia Malvaceae; al igual que lo reportado en otras

latifoliadas como plantaciones de *Eucalytus globulus* (Igartúa *et al.* 2002), *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009), clones del género *Salix* (Monteoliva *et al.* 2006), clones de *Populus* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012), *Erismia uncinatum* (Velásquez *et al.* 2014); y, especies de bosque natural como *Cordia thaisiana* (León y Espinoza 1998), *Nothofagus alpina* (Medina *et al.* 2015) y *Nothofagus nervosa* (Medina *et al.* 2013).

Respecto al espesor de pared, los 10 clones y el testigo, presentan aumento radial de la médula hacia la corteza (Figura 19); plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013), *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) y *Sterculia apetala* (Da Silva *et al.* 2017a) especies de la familia Malvaceae, clones de *Populus* (Cobas *et al.* 2013; Huda *et al.* 2012) y *Erismia uncinatum* (Velásquez *et al.* 2014) presentan la misma tendencia radial.

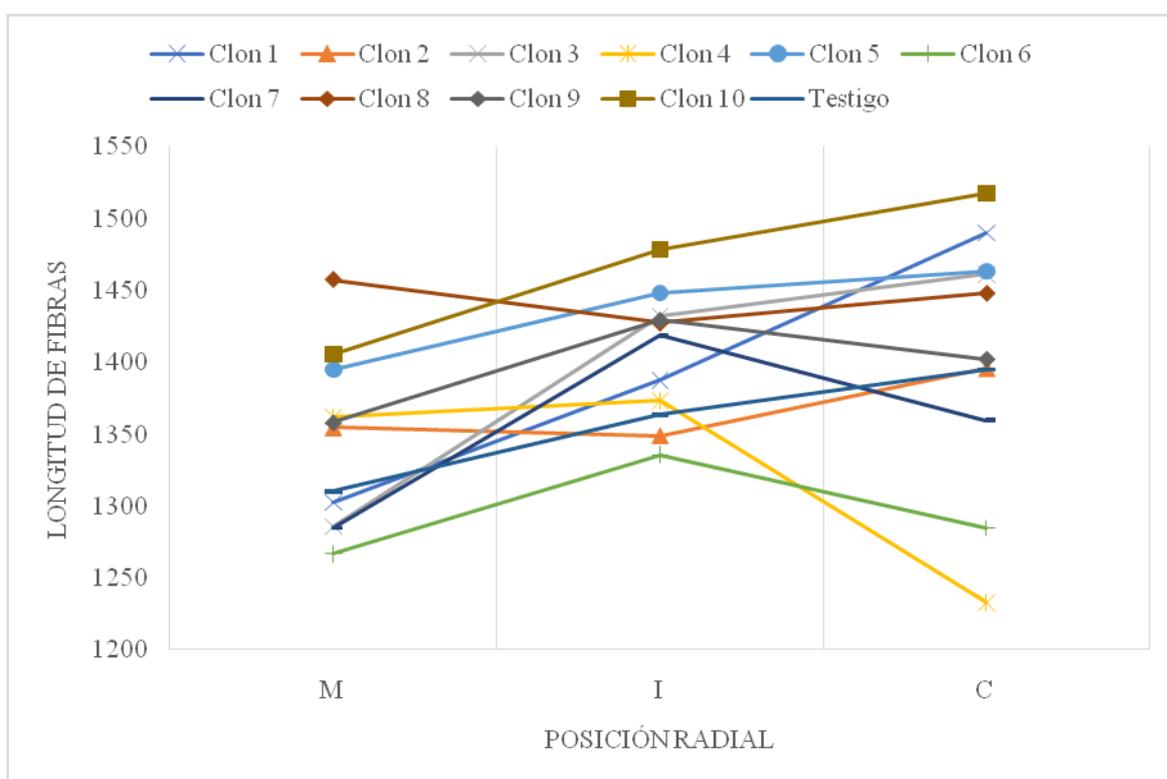


Figura 18: Promedio de la longitud de fibras según posición radial

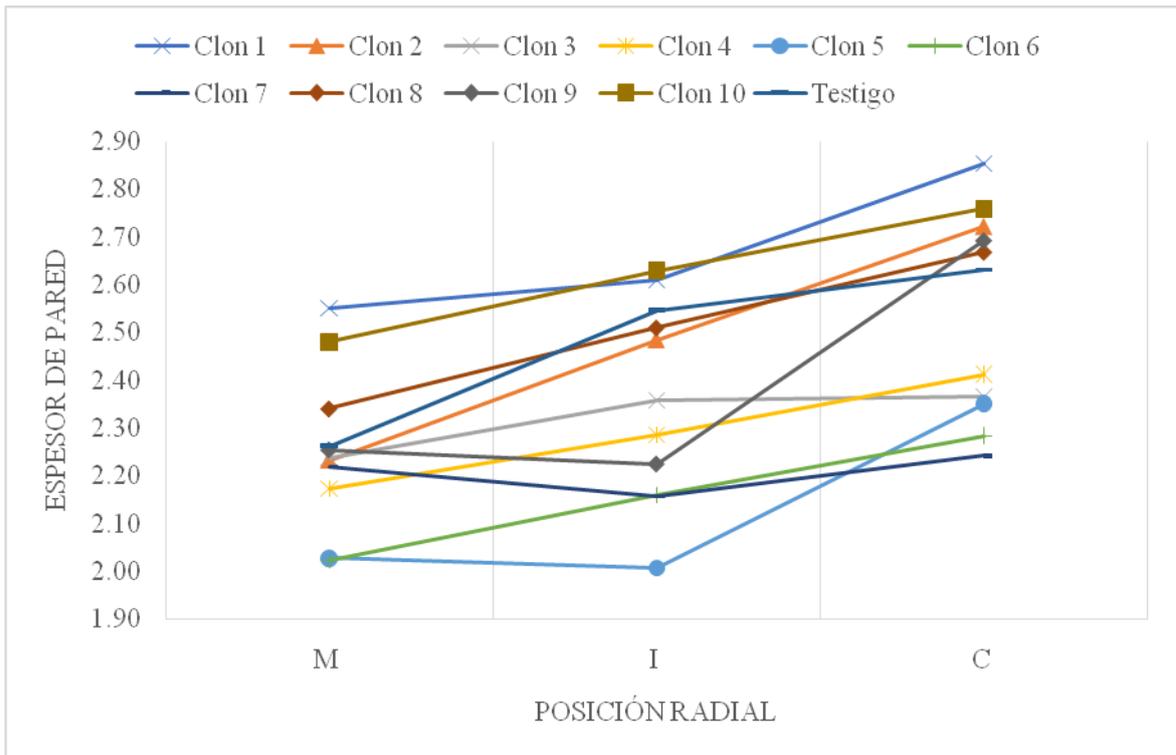


Figura 19: Promedio del espesor de pared según posición radial

Respecto al diámetro de fibras, de manera general, los clones 2, 3, 7, 8, 9, 10 y el testigo presentan aumento radial de médula a corteza, de los cuales los clones 2, 3, 9 y el testigo muestran fluctuaciones de aumento en la sección intermedia y disminución hacia la corteza. Los clones 1, 4, 5 y 6 presentan disminución en dirección radial de médula a corteza, de los cuales, los clones 4 y 6 presentan fluctuaciones de aumento en la sección intermedia y disminución en la sección cercana a la corteza (Figura 20). La mayoría de los resultados concuerdan con bibliografía consultada en latifoliadas, la cual indica que existe un aumento radial del diámetro tangencial de fibras de médula a corteza; plantaciones de *Guazuma crinita* de 4 años (Miguel 2013) presentan aumento; pero, *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) de la familia Malvaceae, presenta disminución, en el mismo sentido radial. Latifoliadas como plantaciones de rápido crecimiento de *Salix babylonica* (Cobas *et al.* 2014) y *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009), también presentaron la misma tendencia de aumento radial. Asimismo, *Gmelina arborea* (Calderón *et al.* 2010), reportan diámetros de fibras homogéneos o constantes en sentido radial.

Para el diámetro de lumen, los clones 2, 3, 7, 8, 9 y el testigo muestran aumento radial, y los clones 1, 4, 5, 6 y 9 muestran disminución radial de la médula hacia la corteza (Figura 21). *Luehea divaricata* (Longui *et al.* 2009) de la familia Malvaceae, presenta disminución radial

del diámetro de lumen de médula a corteza. Latifoliadas como plantaciones de *Salix babylonica* (Cobas *et al.* 2014) presentaron aumento en el mismo sentido radial; asimismo, *Tectona grandis* (Moya *et al.* 2009) y *Gmelina arborea* (Calderón *et al.* 2010), mostraron dimensiones constantes del diámetro de lumen con la edad.

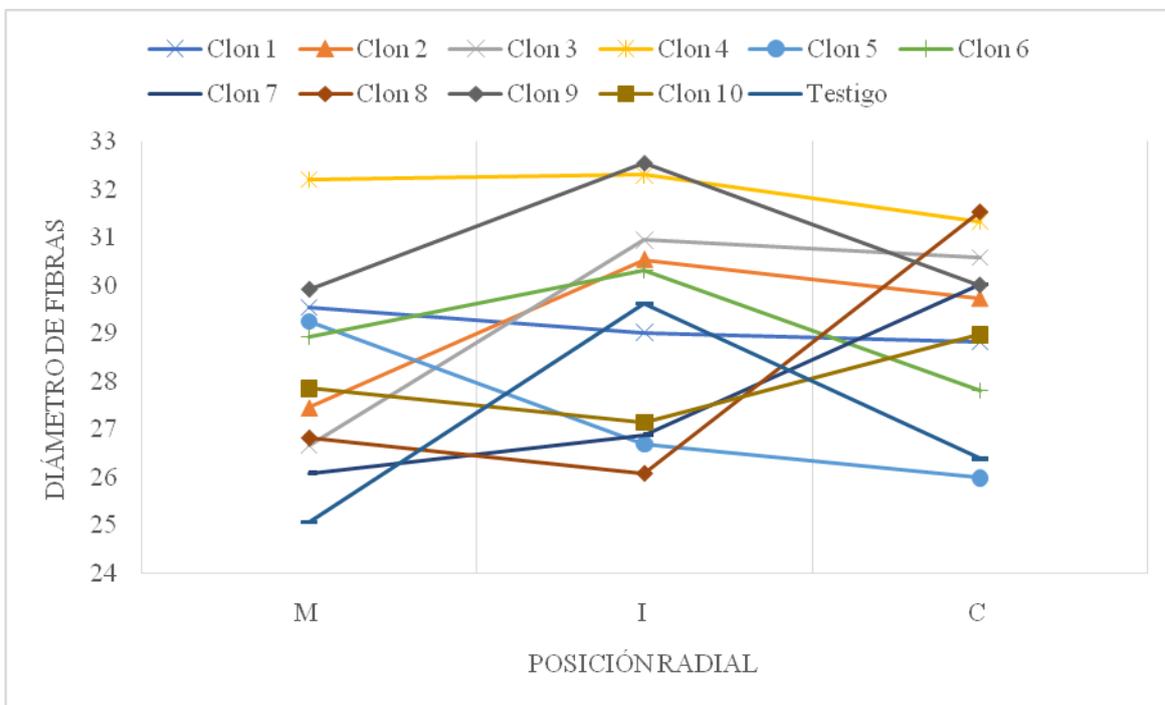


Figura 20: Promedio del diámetro de fibras según posición radial

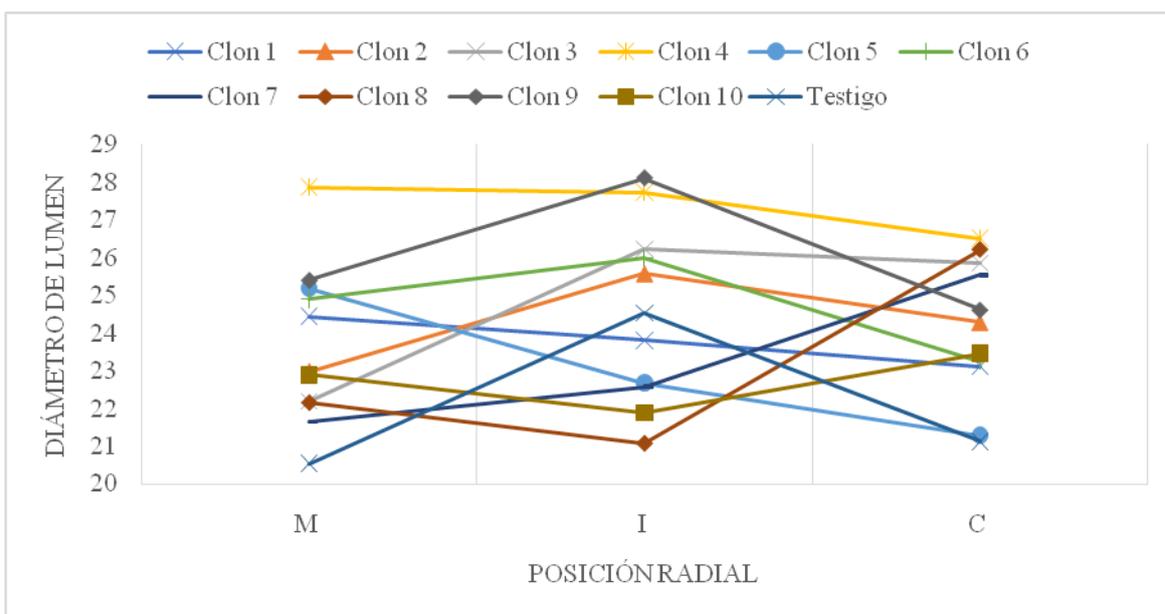


Figura 21: Promedio del diámetro de lumen según posición radial

1.3. ANÁLISIS DE VARIANZA

En la Tabla 5 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA), mostrando las diferencias significativas para los elementos anatómicos de longitud de vasos, diámetro de poros, poros/mm², longitud de fibras, diámetro de fibras, espesor de pared y diámetro de lumen según los factores clon, posición radial, y la interacción de clon-posición radial.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para los factores de clon, posición radial y la interacción clon-posición radial en todos los elementos anatómicos estudiados; excepto para longitud de vasos y espesor de pared en el factor clon y la interacción clon-posición radial, respectivamente (Tabla 5). Esto nos dice que, todos los elementos anatómicos estudiados con excepción del espesor de pared son influenciados por el clon y la edad.

Asimismo, se observa que el factor de posición radial para el elemento de diámetro de fibras y diámetro de lumen ejerce influencia moderadamente significativa y poco significativa, respectivamente.

Tabla 5: ANOVA de los principales elementos anatómicos

<i>Variable</i>	<i>Fuente de variación</i>		
	<i>Clon</i>	<i>Posición radial</i>	<i>Clon-posición radial</i>
Longitud de vasos	n.s.	***	***
Diámetro de poros	***	***	***
Poros/mm ²	***	***	***
Longitud de fibras	***	***	***
Diámetro de fibras	***	**	***
Espesor de pared	***	***	n.s.
Diámetro de lumen	***	*	***

***Diferencia altamente significativa/ **Diferencia moderadamente significativa/ *Poca diferencia significativa/ n.s.: No existe diferencia significativa

FUENTE: Elaboración propia

Como los resultados del ANOVA presentaron diferencias significativas se aplicó posteriormente la prueba de Tukey.

Los resultados de la prueba de comparación de Tukey se presentan en el anexo 10, y nos muestra las diferencias significativas que hay entre los clones y el testigo por la interacción clon-posición radial.

Comparando los resultados de la interacción clon-posición radial de los elementos anatómicos entre los clones y el testigo se observa que, generalmente, los valores promedios cercanos a la corteza pertenecen al grupo de mayor valor, y los valores cercanos a la médula pertenecen al grupo de menor valor.

V. CONCLUSIONES

- 1) Los diez clones y el testigo de *Guazuma crinita* Mart se caracterizan a nivel macroscópico por ser de color blanco, tener grano recto, olor y sabor no distintivo, textura y brillo medio, presentar poros solitarios y múltiples radiales, parénquima difuso y radios no estratificados.
- 2) A nivel microscópico, los diez clones y el testigo tienen parénquima apotraqueal difuso en agregados y paratraqueal unilateral, porosidad difusa, elementos vasculares con platinas de perforación simple y radios con células procumbentes y tipo baldosas; así como presencia de cristales prismáticos en radios y parénquima axial.
- 3) Los clones y el testigo presentan, de manera general, variación radial, que aumenta de médula a corteza, para longitud de fibras, espesor de pared celular, longitud de vasos y diámetro tangencial de poros; y disminuyen, de la médula hacia la corteza, para número de poros/mm²; el diámetro tangencial de fibras y diámetro de lumen no presentan una tendencia definida.
- 4) El clon 10 presenta promedios altos de longitud de fibras y espesor de pared celular; y el testigo presenta promedios bajos de diámetro de poros, diámetro de fibras y diámetro de lumen, valores medios para los demás elementos leñosos y valores altos para el número de poros/mm².
- 5) Los valores de los coeficientes de variabilidad de las características anatómicas permiten considerar a los clones como maderas homogéneas; siendo el clon 2 el que presenta mayor homogeneidad.
- 6) Las características anatómicas muestran diferencias significativas entre clones por posición radial y por la interacción clon-posición radial; excepto para longitud de vasos y espesor de pared que no presentan diferencias significativas por clon y en la interacción clon-posición radial, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios complementarios de propiedades físicas y mecánicas.
- Realizar estudios del comportamiento anatómico de los 10 clones en los otros cuatro sitios.
- Realizar estudios de la variación axial de los elementos leñosos

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M; Kikata, 1994. Atlas de maderas del Perú. Lima, PE. Publifor. pp. 93. 202 p.
- Aylas, R.; Bendezú, J. 2008. Anatomía, Propiedades Físicas y Mecánicas de *Matisia bicolor* Ducke (Malvaceae) y *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh (Myrtaceae) Comunidad Nativa Coriteni Tarso - Satipo. Perú, Huancayo, Universidad Nacional del Centro del Perú. 132 p.
- Arroyo P. 1983. Propiedades físicomecánicas de la madera; texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 198 p.
- Calderón, D.; Mora, A.; Aguilera A. 2010. Variabilidad de características de las fibras de *Gmelina arborea* (Verbenaceae) en plantaciones de nueve años (Portuguesa, Venezuela). *Pittieria* 34: 74-87.
- Cobas, C. 2012. Modelos de variación de propiedades del leño juvenil a maduro en Salicáceas y su influencia sobre pulpas quimimecánicas. Tesis Ph.D. La Plata, Argentina, Universidad Nacional de la Plata. 213 p.
- Cobas, A.; Area, M.; Monteoliva, S. 2013. Transición de madera juvenil a madura en un clon de *Populus deltoides* implantado en Buenos Aires, Argentina. *Ciencia y tecnología* 15(2): 223-234.
- Cobas, A.; Area, A. Monteoliva, S. 2014. Patrones de variación de la densidad de la madera y morfometría celular de *Salix babylonica* para la determinación de la edad de transición entre madera juvenil y madura. *Ciencia y tecnología* 16(3): 343.354.
- Da Silva, P.; Dos Santos, J.; Ribeiro, C.; Da Silva, P.; De Lima, L. 2017a. Variação radial das propriedades físicas e anatómicas da madeira de *Sterculia apetala* (XIXÁ), 2017, Paraná, Brasil. Congreso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Paraná, Brasil. 5 p.

- Da Silva, P.; Medeiros, N.; De Lima, L.; Borges, F.; Akira, F.; Lopes, S. 2017b. Propriedades da madeira de *Sterculia apetala* e sua qualidade para nidificação da arara-azul na Amazônia, 2017, Florianópolis, Brasil. Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia da Madeira. Florianópolis, Brasil. 13 p.
- De Lima, I.; García, R.; Longui, E.; Monteiro, S. 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.
- Flores, Y. 2007. Bolaina blanca *Guazuma crinita* Mart. Pucallpa, Perú. 8 p.
- Huda, A.; Koubaa, A.; Cloutier, A.; Hernández, R.; Périnet, P. 2012. Anatomical properties of selected hybrid poplar clones grown in Southern Quebec. *BioResources* 7(3): 3779-3799.
- IAWA (International Association of Wood Anatomists). 1989. List of microscopic features for hardwood identification with an appendix on non-anatomical information. *Bulletin n.s.* 10(3). 113p.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 1991. Normas de procedimientos em estudios do anatomía do madeira: II. Gimnosperame. Brasil. 5 p.
- Igartúa, D.; Monteoliva, S.; Monterubbianesi, M.; Villegas, M. 2002. Calidad del leño en *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*: II. Variaciones en la densidad básica y la longitud de fibras en Lobería, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105(1): 29-39.
- IIAP (Instituto de Investigación de La Amazonía Peruana). 2009. Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de Bolaina Blanca, *Guazuma crinita*, en el departamento de Ucayali. *Avances Económicos* N° 11. Iquitos, Perú. 51 p.
- INIA (Instituto Nacional De Innovación Agraria). 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Subregión Andina, INIA– OIMT. PD 150/91. Lima, Perú. 489 p.
- Jelvez, C. 2009. Variación de la estructura anatómica de la madera de *Eucalyptus globulus* de médula a corteza. Trabajo de titulación. Chile, Valdivia, Universidad Austral de Chile. 17 p.

- León, W. 2010. Variabilidad de la madera de *Swietenia macrophylla* King proveniente de plantaciones de 10 años de edad (Caparo, estado Barinas, Venezuela). *Revista Forestal Venezolana* 54(2): 169-182.
- León, W.; Espinoza, N. 1998. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisana* (Boraginaceae) en sentido transversal. *Revista Forestal Venezuela*. 42(1): 15-25.
- Longui, E.; De Lima, I.; Borges, S.; Bufolo, A. 2009. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo e sua influência na densidade aparente. *Revista Ins. Flor. Sao Paulo* 21(2): 181-190.
- Medina, A.; Dionisio, N.; Laffitte, L.; Andía, I.; Rivera, S. 2013. Variación radial y axial de longitud de fibras y elementos en *Nothofagus nervosa* (Nothofagaceae) de la Patagonia Argentina. *Madera y Bosques* 19(2): 7-19.
- Medina, A.; Laffitte, L.; Andía, I.; Rivera, S.; Razquín, M.; Cuevas, A. 2015. Variabilidad de la madera de *Nothofagus alpina* de la cuenca Lácar, Patagonia Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 114(1): 1-7.
- Miguel, C. 2013. Elaboración de tableros de partículas con bolaina (*Guazuma crinita* Martius) perteneciente a una plantación de cuatro años. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Perú, Lima, Universidad Agraria La Molina. 45p.
- Moglia, J.; Giménez, A; Bravo, S. 2014. Tomo II Macroscopia de madera orientada a los estudiantes de Carpintería. Santiago del Estero, Argentina. 56 p.
- Monteoliva, S; Marquina, J; Senisterra, G; Marlats, R. 2006. Variación axial y radial de la longitud de fibras en seis clones de *Salix*. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 106(1): 13-19.
- 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.
- Monteoliva, S. 2009. *Xilotecología 2009 - Unidad 1: La madera: propiedades y productos forestales*. La Plata, Argentina. 13 p.
- Moya, R; Berrocal, A; Serrano, J; Tomazello, 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*. 18(2):119-131.

- Panshin, A; De Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology. Mc Graw-Hill Book Company. 4 th. Ed. New York, United States of America. 688 p.
- Sette, C.; Rosada, I.; Tomazello, M.; Minoru, F.; Lactau, J. 2012. Efeito da idade e posicao de amostragem na densidade e características anatómicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista *Árvore*. 36(6): 1183-1190.
- Reynel, C; Pennington, R.T; Pennington, T.D; Flores C; Daza A.; 2003. Arboles Útiles de la Amazonía Peruana y sus Usos. Darwin Initiative – ICREF. Lima, Perú. 48 p.
- Reynel, C. Pennington, T.D. y Pennington. R.T. 2016. Árboles del Perú. Lima, Perú. 1047 p.
- Revilla, J. 2015. Viabilidad económica de plantaciones demostrativas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la cuenca del río Aguaytía Ucayali – Perú. Tesis para optar el grado de Magister en Bosques y Gestión de Recursos Forestales. Perú, Lima, Universidad Agraria La Molina. 125 p.
- Rubio, J. 2002. Estadística. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 175 p.
- Soudre, M. 2009. Rendimiento comercial de la madera de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) procedente de tres sistemas de producción forestal en la región Ucayali. PROBOSQUES. 2p.
- Sueros, C. 2017. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la madera de raleo de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) de tres edades. Trabajo académico para optar el título de Ingeniero Forestal. Perú, Lima, Universidad Agraria La Molina. 78 p.
- Urbina, L. 2017. Propiedades mecánicas de la madera de raleo procedente de plantaciones de cuatro años de *Guazuma crinita* Martius (bolaina blanca) – Huánuco. Perú, Lima, Universidad Agraria La Molina. 65 p.
- Ushiñahua, D., 2016. Comportamiento fenológico preliminar de Bolaina en la provincia de San Martín, Región de San Martín. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario – Estación Experimental ‘El Porvenir’ San Martín. Hoja divulgativa N° 001-2016.
- Valderrama, H. 1998. Anatomía comparativa del xilema del tronco y de la rama de *Cedrelinda catenaeformis* Ducke (Fabaceae). Perú, Ucayali, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

- Velásquez, J; Jiménez, B; Monagas, P; Terzo, M; Toro, M; Ruiz, Y. 2014. Aspectos morfológicos en las fibras de la madera de *Erismia uncinatum* Warm. Revista Interciencia, Venezuela. 39(5): 344-349.
- Vidaurre, HE. 1992. Silvicultura y manejo de *Guazuma crinita* Mart. Programa Suelos Tropicales. Ucayali, PE, INIAA. 22 p.
- Witghtman, K; Cornelius, J; Ugarte, J. 2006. Plantemos Madera: Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la Amazonía peruana. Manual Técnico N° 04. Perú. 193p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

LISTA DE CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS IAWA (1989)

Anillos de crecimiento

1. Anillos de crecimiento diferenciados
2. Anillos de crecimiento no diferenciados

Vasos/poros

Porosidad

3. Porosidad circular
4. Porosidad semicircular
5. Porosidad difusa Arreglo o disposición de poros
6. Poros en bandas tangenciales
7. Poros en disposición diagonal o radial
8. Poros en disposición dendrítica Agrupamiento de poros
9. Poros exclusivamente uniseriados (90% o más)
10. Poros múltiples radiales de 4 o más
11. Poros en racimos o grupos Contorno de poros solitarios
12. Poros solitarios con contorno angular Platinas de perforación
13. Platinas de perforación simple
14. Platinas de perforación escaleriforme
15. Platinas de perforación escaleriforme con ≤ 10 barras
16. Platinas de perforación escaleriforme con 10-20 barras
17. Platinas de perforación escaleriforme con 20-40 barras
18. Platinas de perforación escaleriforme con ≥ 40 barras
19. Platinas de perforación reticulada, foraminada y/o otros tipos de perforación múltiple
Punteaduras intervasculares: Arreglo y tamaño
20. Punteaduras intervasculares escaleriforme
21. Punteaduras intervasculares opuestas
22. Punteaduras intervasculares alternas
23. Punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal
24. Muy pequeñas - $\leq 4\mu\text{m}$
25. Pequeñas - 4-7 μm
26. Medianas - 7-10 μm
27. Grandes - $\geq 10\mu\text{m}$

28. Rango de tamaño punteaduras intervasculares (μm) Punteaduras ornadas
29. Punteaduras ornadas

Punteaduras radiovasculares

30. Punteaduras radiovasculares con bordes diferenciados, similares a las punteaduras intervasculares en forma y tamaño
31. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras redondas o angulares
32. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras horizontales (escaleriforme, como un tajo) a vertical (empalizada)
33. Punteaduras radiovasculares de dos tipos o tamaños distintos en la misma célula radial.
34. Punteaduras radiovasculares unilateralmente compuestas y grandes
35. Punteaduras radiovasculares restringidas a hileras marginales Engrosamientos espiralados
36. Engrosamientos espiralados presentes en los elementos vasculares
37. Engrosamientos espiralados en todo el cuerpo de los elementos vasculares
38. Engrosamientos espiralados sólo en las colas de los elementos vasculares 94
39. Engrosamientos espiralados presentes sólo en los elementos vasculares delgados Diámetro tangencial promedio de poros
40. $\leq 50\mu\text{m}$
41. 50-100 μm
42. 100-200 μm
43. $\geq 200\mu\text{m}$
44. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
45. Poros de dos clases de diámetros distintas, maderas sin porosidad circular Poros por milímetro cuadrado
46. ≤ 5 poros/ mm^2
47. 5-20 poros/ mm^2
48. 20-40 poros/ mm^2

49. 40-100 poros/mm²
50. ≥ 100 poros/mm²
51. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
Longitud promedio de elementos vasculares
52. $\leq 350\mu\text{m}$
53. 350-800 μm
54. $\geq 800\mu\text{m}$
55. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
Tilosis y depósitos en vasos
56. Tilosis común
57. Tilosis esclerótica
58. Gomas y otros depósitos en vasos en el
duramen Madera sin poros
59. Madera sin vasos

Traqueidas y fibras

60. Traqueidas vasicéntricas/vasculares presentes
Fibras de tejido macerado
61. Fibras con punteaduras simples a areoladas
con borde reducido
62. Fibras con punteaduras areoladas
63. Punteaduras comunes en las paredes radial y
tangencial
64. Engrosamientos espiralados en fibras de tejido
macerado Fibras septadas y bandas de fibras
similares a parénquima
65. Presencia de fibras septadas
66. Presencia de fibras no septadas
67. Bandas de fibras parecidas a parénquima
alternando con fibras ordinarias Espesor de
pared de las fibras
68. Fibras de pared muy delgada
69. Fibras de pared delgada a gruesa
70. Fibras de pared muy gruesa Longitud promedio
de fibras
71. $\leq 900\mu\text{m}$
72. 900-1600 μm
73. $\geq 1600\mu\text{m}$
74. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
Parénquima longitudinal
75. Parénquima longitudinal ausente o
extremadamente raro Parénquima longitudinal
apotraqueal
76. Parénquima longitudinal difuso
77. Parénquima longitudinal difuso en agregados
Parénquima longitudinal paratraqueal
78. Parénquima longitudinal paratraqueal escaso
79. Parénquima longitudinal vasicéntrico
80. Parénquima longitudinal aliforme
81. Parénquima longitudinal aliforme romboide
82. Parénquima longitudinal aliforme en forma de
alas
83. Parénquima longitudinal confluyente

84. Parénquima longitudinal paratraqueal unilateral
Parénquima longitudinal en bandas
85. Bandas de parénquima longitudinal de más de
3 células de ancho
86. Parénquima longitudinal en bandas delgadas o
líneas de hasta 3 células de ancho
87. Parénquima longitudinal reticulado
88. Parénquima longitudinal escaleriforme
89. Parénquima longitudinal marginal o
aparentemente en bandas marginales Tipo de
célula/longitud de hilera del parénquima
longitudinal
90. Células de parénquima fusiformes
91. Dos células por hilera de parénquima
92. Cuatro (3-4) células por hilera de parénquima
93. Ocho (5-8) células por hilera de parénquima
94. Más de 8 células por hilera de parénquima

Radios

- Ancho de radios
95. Parénquima no lignificado Radios Ancho de
radios
 96. Radios exclusivamente uniseriados
 97. Radios con 1-3 células de ancho
 98. Radios mayores comúnmente de 4-10 células
de ancho
 99. Radios mayores comúnmente > 10 células de
ancho
 100. Radios con porciones multiseriadas tan
anchas como las porciones uniseriadas Radios
agregados
 101. Radios agregados Altura de radios
 102. Altura de radios $> 1\text{mm}$ Radios de dos
tamaños distintos
 103. Radios de dos tamaños distintos Radios:
Composición celular
 104. Todas las células radiales procumbentes
 105. Todas las células radiales erectas y/o
cuadradas
 106. Cuerpo de células radiales procumbentes con
una fila marginal de células erectas y/o
cuadradas
 107. Cuerpo de células radiales procumbentes con
2-4 hileras marginales de células erectas y/o
cuadradas
 108. Cuerpo de células radiales procumbentes con
más de 4 hileras marginales de células erectas
y/o cuadradas
 109. Radios con células procumbentes, erectas y
cuadradas mezcladas en todo el radio Células
envolventes
 110. Células envolventes Células tipo baldosas
 111. Células tipo baldosas Perforaciones en
células radiales

- 112. Perforaciones en células radiales Paredes celulares del parénquima radial separadas
- 113. Paredes celulares del parénquima radial separadas Radios por milímetro
- 114. ≤ 4 /mm
- 115. 4-12 /mm
- 116. ≥ 12 /mm Madera sin radios
- 117. Madera sin radios Estructura estratificada
- 118. Todos los radios estratificados
- 119. Radios menores estratificados, radios mayores no estratificados
- 120. Parénquima longitudinal y/o elementos vasculares estratificados
- 121. Fibras estratificadas
- 122. Radios y/o elementos axiales estratificados irregularmente
- 123. Número de hileras de radios por mm longitudinal Elementos secretorios y variantes cambiales Células oleosas y mucilaginosas
- 124. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima radial
- 125. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima longitudinal
- 126. Células oleosas y/o mucilaginosas presentes entre las fibras Canales intercelulares
- 127. Canales longitudinales en líneas tangenciales largas
- 128. Canales longitudinales en líneas tangenciales cortas
- 129. Canales longitudinales difusos
- 130. Canales radiales
- 131. Canales intercelulares de origen traumático Tubos laticíferos o taniníferos
- 132. Tubos laticíferos o taniníferos Variantes cambiales
- 133. Floema incluido, concéntrico
- 134. Floema incluido, difuso
- 135. Otras variantes cambiales

Inclusiones minerales

- 136. Presencia de cristales prismáticos
- 137. Cristales prismáticos en células radiales erectas y/o cuadradas
- 138. Cristales prismáticos en células radiales procumbentes
- 139. Cristales prismáticos en alineación radial en células radiales procumbentes
- 140. Cristales prismáticos en cámaras en células erectas y/o cuadradas
- 141. Cristales prismáticos en células del parénquima longitudinal 96
- 142. Cristales prismáticos en cámaras en células del parénquima longitudinal

- 143. Cristales prismáticos en fibras Drusas
- 144. Presencia de drusas
- 145. Drusas en células de parénquima radial
- 146. Drusas en células de parénquima longitudinal
- 147. Drusas en fibras
- 148. Drusas en cámaras
- Otros tipos de cristales
- 149. Rafidios
- 150. Cristales aciculares
- 151. Estiloides y/o cristales elongados
- 152. Cristales de otras formas (mayormente pequeños)
- 153. Cristales arenosos Otras características de diagnóstico de cristales
- 154. Más de un cristal del mismo tamaño por célula o cámara
- 155. Cristales de dos tamaños distintos por célula o cámara
- 156. Cristales en células agrandadas
- 157. Cristales en tilosis
- 158. Cistolitos Sílice
- 159. Presencia de cuerpos de sílice
- 160. Cuerpos de sílice en células radiales
- 161. Cuerpos de sílice en células de parénquima longitudinal
- 162. Cuerpos de sílice en fibras
- 163. Sílice vítreo

APENDICE - información no anatómica

Distribución Geográfica

- 164. Europa y Asia templada (región Brazier y Franklin 74)
- 165. Europa, excepto el Mediterráneo
- 166. Mediterráneo incluyendo África del Norte y el Medio Oriente
- 167. Asia Templada (China), Japón, USSR
- 168. Asia del Sur Central (región Brazier y Franklin 75)
- 169. India, Pakistán, Sri Lanka
- 170. Birmania
- 171. Sureste de Asia y el Pacífico (región Brazier y Franklin 76)
- 172. Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina)
- 173. Indonesia, Filipinas, Malasia, Brunei, Papua Nueva Guinea e Islas Salomón
- 174. Islas del Pacífico (incluyendo Nueva Caledonia, Samoa, Hawai y Fiji)
- 175. Australia y Nueva Zelanda (región Brazier y Franklin 77)
- 176. Australia

177. Nueva Zelanda
178. África Tropical e islas adyacentes (región Brazier y Franklin 78)
179. África Tropical 180. Madagascar y Mauricio, La Reunión y Comores
181. África del Sur (Sur del Trópico de Capricornio) (región Brazier y Franklin 79)
182. América del Norte, norte de Méjico (región Brazier y Franklin 80)
183. Neotrópico y Brasil templado (región Brazier y Franklin 81)
184. Méjico y América Central
185. El Caribe
186. América del Sur Tropical
187. Sur de Brasil
188. América del Sur templado incluyendo Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay ((región Brazier y Franklin 82) Hábitat
189. Árbol
190. Arbusto
191. Trepadora/liana
- Madera de importancia comercial
192. Madera de importancia comercial
- Densidad Básica
193. Densidad básica baja, ≤ 0.40
194. Densidad básica media, 0.40-0.75
195. Densidad básica alta, ≥ 0.75
- Color del duramen
196. Duramen de color más oscuro que la albura
197. Duramen básicamente marrón o tono marrón 97
198. Duramen básicamente rojo o tono rojo
199. Duramen básicamente amarillo o tono amarillo
200. Duramen básicamente blanco a gris
201. Duramen con vetas
202. Duramen diferente a los de arriba
- Olor
203. Olor distinguible
206. Extractivo en agua básicamente sin color a color marrón o tono marrón
207. Extractivo en agua básicamente rojo o tono rojo
208. Extractivo en agua básicamente amarillo o tono amarillo 209. Extractivo en agua diferente a los de arriba
210. Extractivo en etanol fluorescente
211. Extractivo en etanol básicamente sin color a color marrón o tono marrón
212. Extractivo en etanol básicamente rojo o tono rojo
213. Extractivo en etanol básicamente amarillo o tono amarillo
214. Extractivo en etanol diferente a los de arriba
- Prueba de espuma
215. Prueba de espuma positiva
- Prueba de Cromo Azurol-S
216. Prueba de Cromo Azurol-S positiva
- Prueba de combustión de astillas
217. Astillas combustionan hasta carbón
218. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas blanco brillante
219. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas amarillo-marrón
220. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas diferente a las de arriba
221. Astillas combustionan parcialmente hasta cenizas

Fluorescencia del duramen

204. Duramen fluorescente
- Extractivos en agua y etanol: fluorescencia y color
205. Extractivo en agua fluorescente

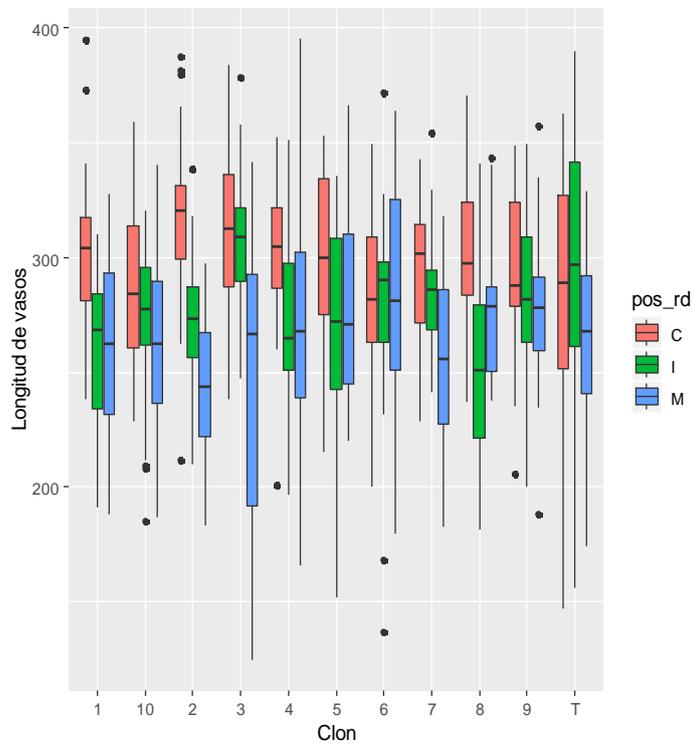
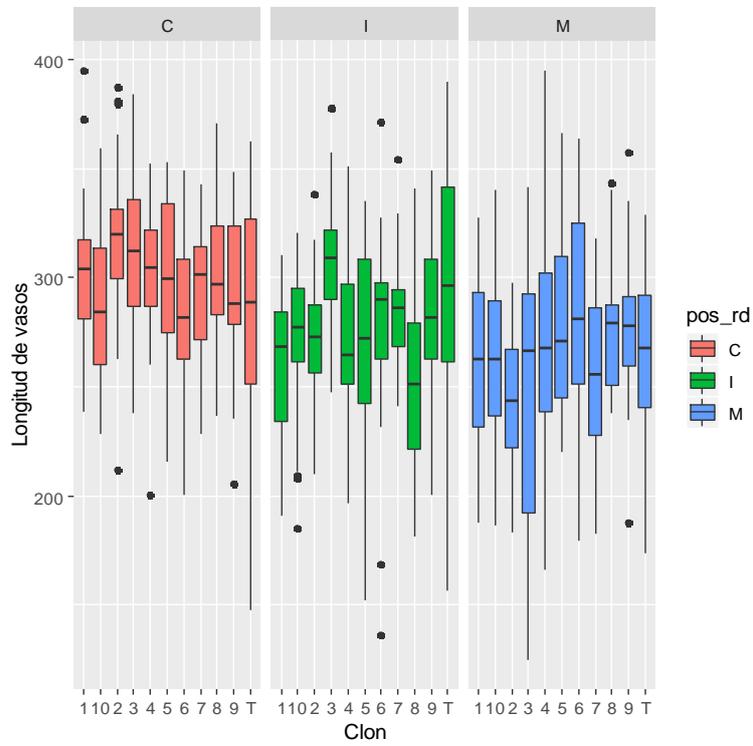
ANEXO 2

TABLA DE INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV%) ESTABLECIDA POR RUBIO (2002)

CV%	Grado de variabilidad
$0 < CV < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq CV < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq CV < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq CV < 25$	Datos variables
$CV \geq 25$	Datos muy variables

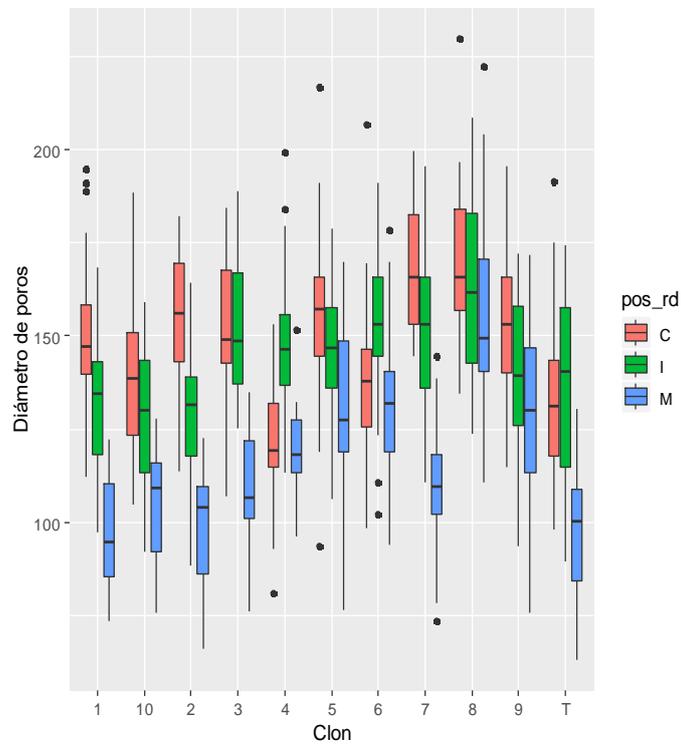
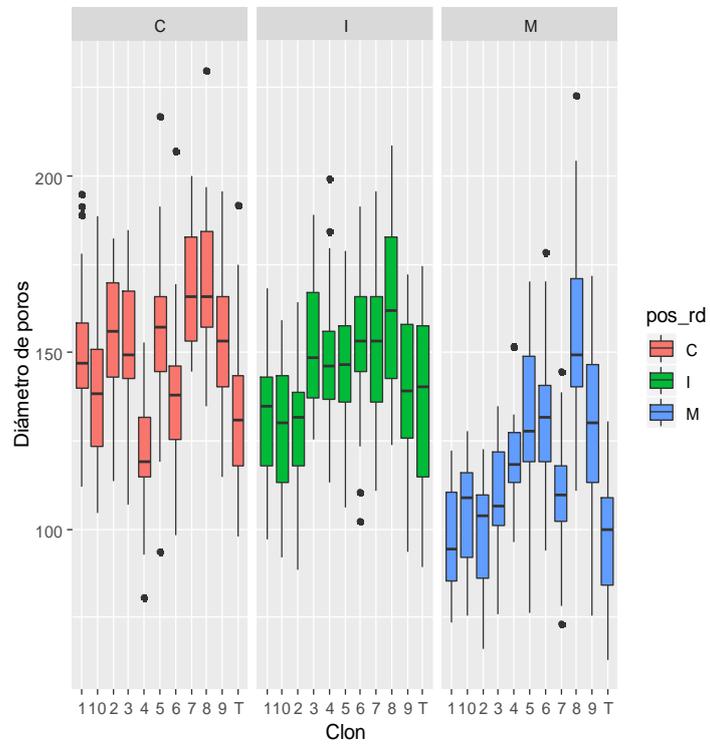
ANEXO 3

DISTRIBUCIÓN RADIAL DE LA LONGITUD DE VASOS



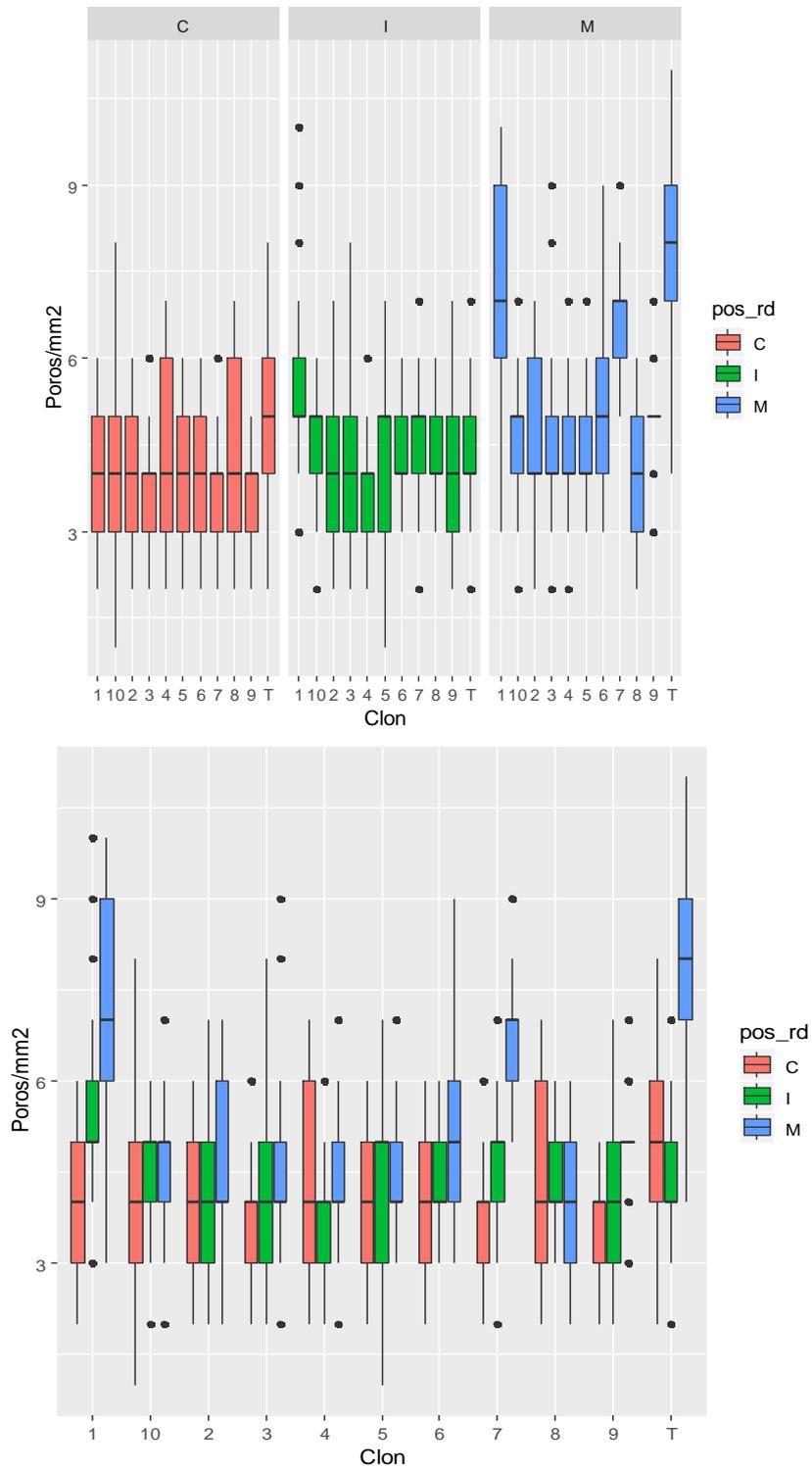
ANEXO 4

DISTRIBUCIÓN RADIAL DEL DIÁMETRO TANGENCIAL DE POROS



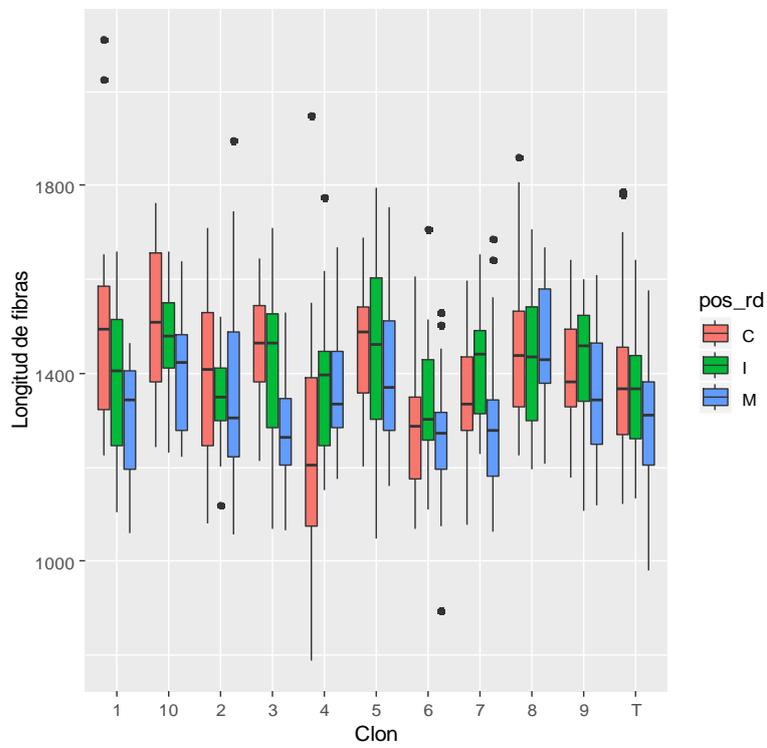
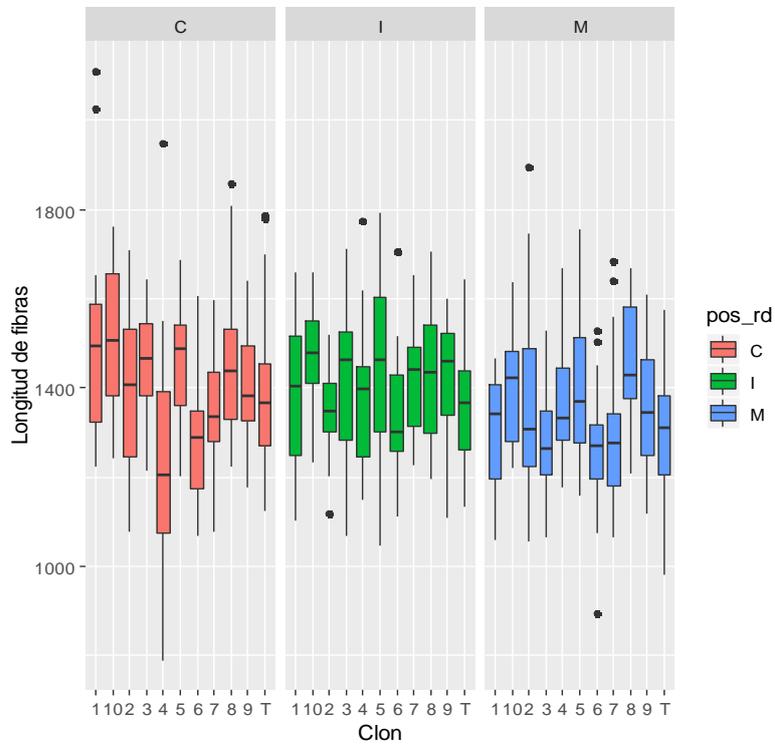
ANEXO 5

DISTRIBUCIÓN RADIAL DEL NÚMERO DE POROS/MM²



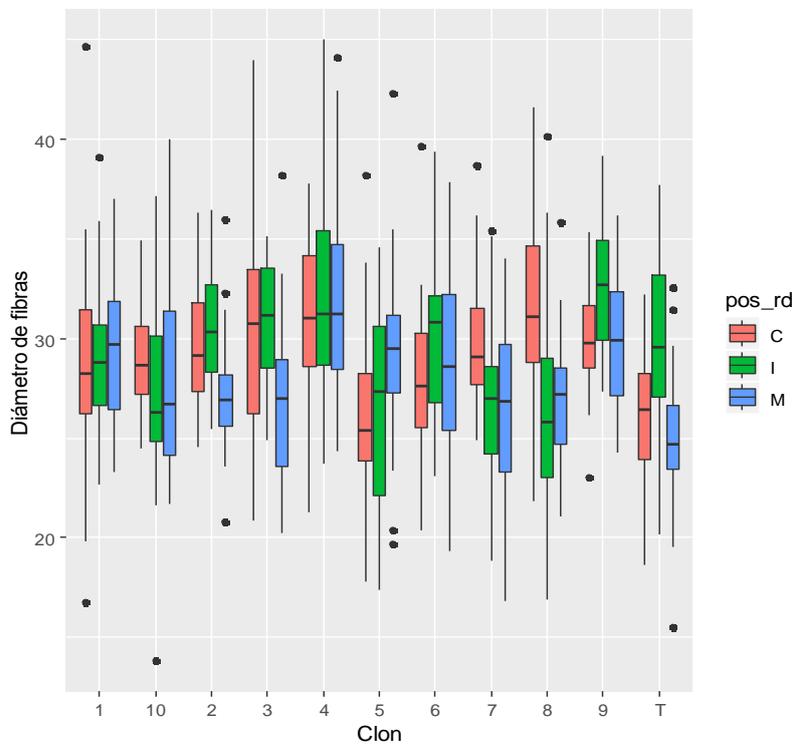
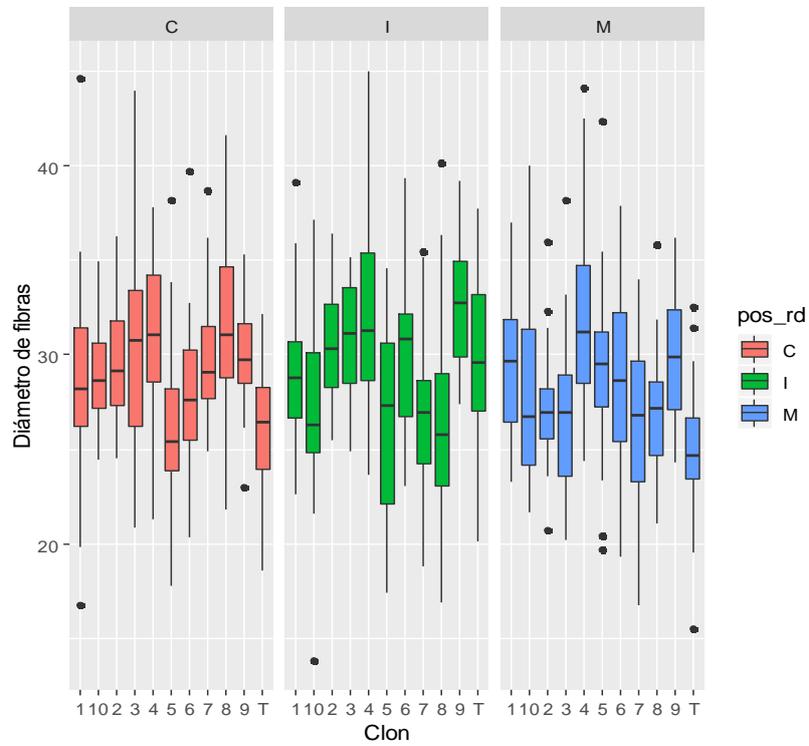
ANEXO 6

DISTRIBUCIÓN RADIAL DE LA LONGITUD DE FIBRAS



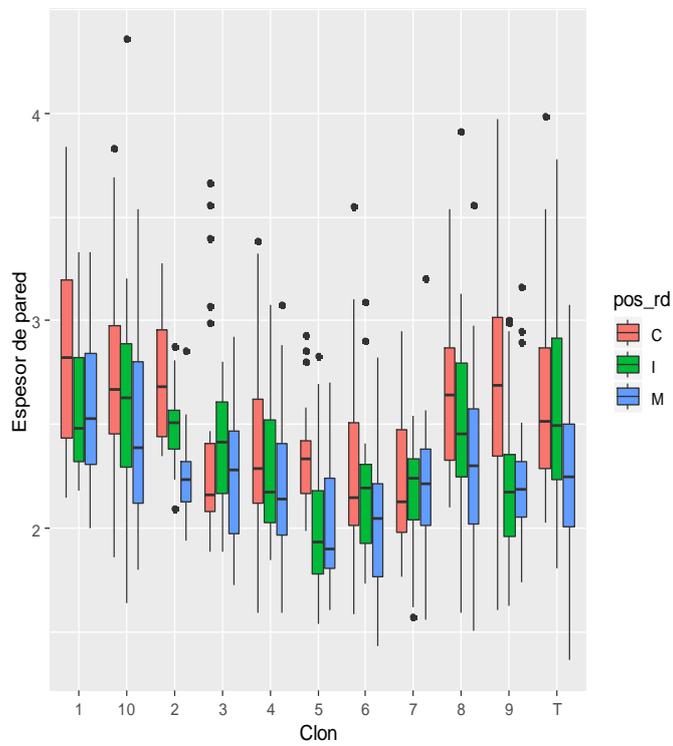
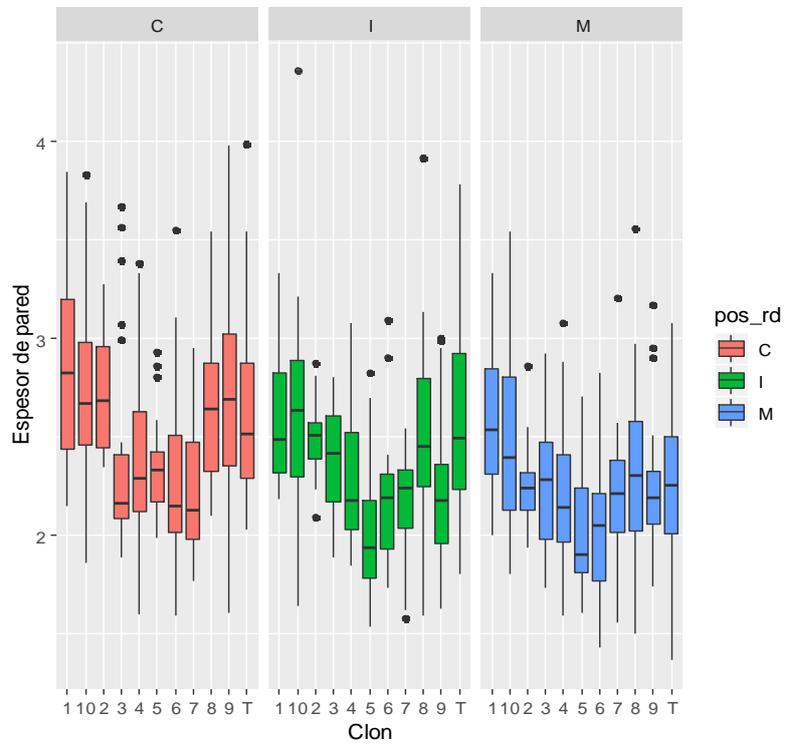
ANEXO 7

DISTRIBUCIÓN RADIAL DEL DIÁMETRO DE FIBRAS



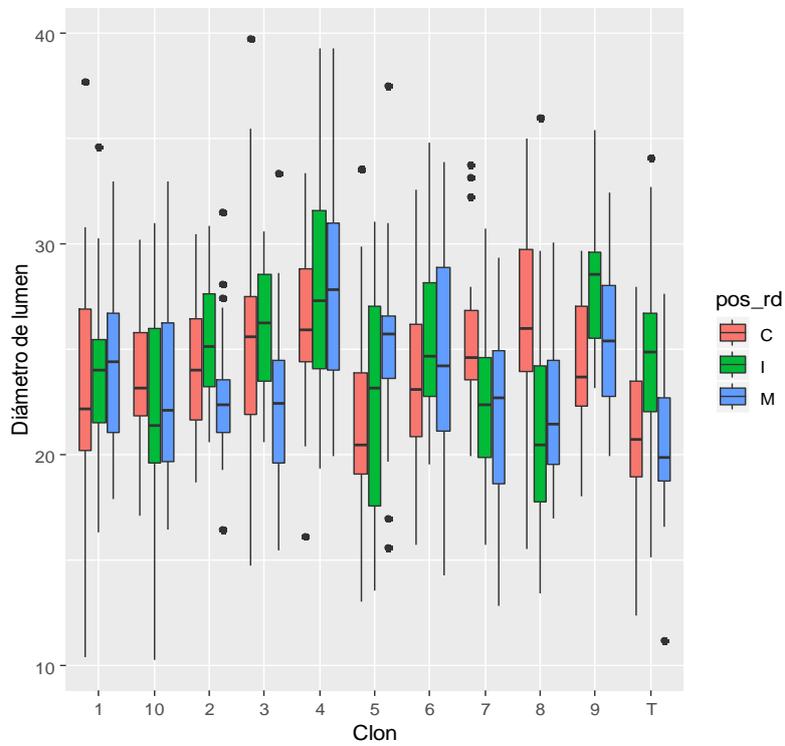
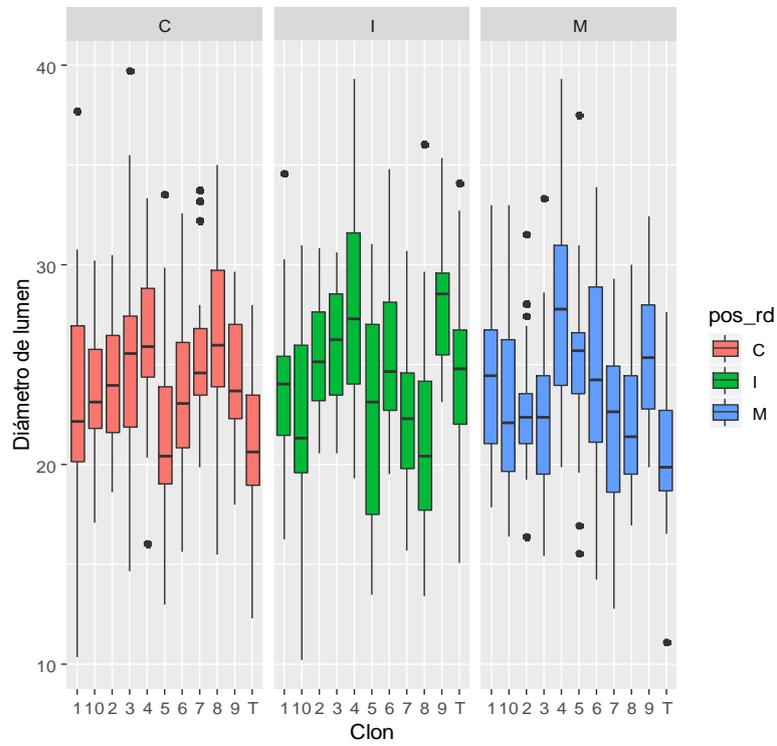
ANEXO 8

DISTRIBUCIÓN RADIAL DEL ESPESOR DE PARED



ANEXO 9

DISTRIBUCIÓN RADIAL DEL DIÁMETRO DE LUMEN



ANEXO 10

PRUEBA DE TUKEY PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS ANATÓMICOS

Clon	Posición radial	Poros/vasos			Fibras		
		Longitud	Diámetro tg	N°/mm ²	Longitud	Diámetro	Diámetro de lumen
1	M	1234	1	3	1234	1234567	12345678
1	I	1234	56789	2	123456	1234567	12345678
1	C	4567	7890AB	1	56	1234567	12345
2	M	1	1	12	12345	12345	12345
2	I	123456	34567	12	12345	234567	2345678
2	C	7	890AB	12	23456	234567	12345678
3	M	12	123	12	123	123	12345
3	I	567	890AB	12	3456	34567	45678
3	C	67	890AB	12	456	234567	345678
4	M	12345	2345	12	123456	67	78
4	I	123456	67890A	1	123456	67	678
4	C	4567	2345	12	1	4567	5678
5	M	1234567	34567	12	23456	1234567	2345678
5	I	12345	67890A	12	456	123	12345
5	C	4567	0AB	12	456	12	12
6	M	1234567	4567	12	12	1234567	12345678
6	I	123456	890AB	12	12345	234567	345678
6	C	234567	567890	1	123	123456	123456
7	M	123	1234	3	123	12	123
7	I	234567	7890AB	12	23456	1234	12345
7	C	34567	B	1	123456	234567	2345678
8	M	123456	90AB	12	456	1234	12345
8	I	123	AB	12	3456	12	12
8	C	4567	B	12	456	567	45678
9	M	123456	3456	12	123456	234567	2345678
9	I	234567	567890	12	3456	7	8
9	C	34567	7890AB	1	23456	234567	12345678
10	M	1234	12	12	23456	123456	12345
10	I	12345	3456	12	56	12345	1234
10	C	234567	567890	12	6	1234567	1234567
T	M	1234	1	3	1234	1	1
T	I	34567	567890	12	123456	1234567	12345678
T	C	1234567	5678	12	23456	123	12