



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

## CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y CAMBIOS INTRAANUALES EN LA MADERA DE 10 ÁRBOLES URBANOS DE LA CIUDAD DE LOJA

*Trabajo de Integración Curricular  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera Forestal*

**AUTORA:**

Eva Fernanda Cueva Briceño

**DIRECTOR:**

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep *Ph.D.*

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 11 de agosto de 2022

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep *Ph.D.*

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización anatómica cuantitativa, cualitativa y cambios intraanuales en la madera de 10 árboles urbanos de la ciudad de Loja**, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, de la autoría de la estudiante **Eva Fernanda Cueva Briceño**, con cédula de identidad Nro. 0706810702, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep *Ph.D.*

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” Casilla letra “S”

Teléfono: 2547 – 252 Ext. 101: 2547-200

dirección.cif@unl.edu.ec

## **Autoría**

Yo, **Eva Fernanda Cueva Briceño**, declaro ser autor/a del presente trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:** 

**Cédula de identidad:** 0706810702

**Fecha:** Loja, 13 de enero de 2023

**Correo electrónico:** [eva.cueva@unl.edu.ec](mailto:eva.cueva@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0967718931

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Eva Fernanda Cueva Briceño**, declaro ser autora, del trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización anatómica cuantitativa, cualitativa y cambios intraanuales en la madera de 10 árboles urbanos de la ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de enero del dos mil veinte tres, firma el autor

**Firma:** 

**Autora:** Eva Fernanda Cueva Briceño

**Cédula:** 0706810702

**Dirección:** Loja-Sector: Los Operadores, Calle: Juan José Cueva

Correo electrónico: [evabricueva@gmail.com](mailto:evabricueva@gmail.com)

**Teléfono:** 0967718931

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del trabajo de Integración Curricular:**

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep, *Ph.D.*

## **Dedicatoria**

*Con mucho amor para mi madre Maricela Cueva y mi abuela Eloíza Cueva, quienes son el amor de mi vida, mi motor y mayor inspiración para seguir adelante. A mi hermano Imanol por ser el ser que me inspira a seguir adelante., y a toda mi familia materna, a mis tíos, tías, primas, primos, tía política quienes han sido un pilar fundamental en todo este proceso, por su amor, apoyo, amistad, y mi fortaleza por siempre gracias.*

*Con gratitud y mucho cariño.*

***Eva Fernanda Cueva Briceño***

## **Agradecimiento**

*Expreso mi agradecimiento a Dios por haberme otorgado la fortaleza y salud para lograr mis propósitos de vida.*

*Gracias infinitas a las mujeres más importantes en mi vida, a mis dos madres Maricela Cueva y Eloíza Cueva por ser mi fortaleza, guía y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, que con su amor y confianza me ayudaron a seguir adelante a pesar de los momentos de dificultad y debilidad; por sus consejos, valores y principios inculcados, y sobre todo a mi abuela, Eloíza Cueva, por el esfuerzo, sacrificio y dedicación al educarme día a día para cumplir una meta más a lo largo de mi vida.*

*A toda mi familia materna quienes siempre han estado apoyándome incondicionalmente para poder lograr mis metas y sueños, quienes siempre han tenido una palabra de aliento cuando he sentido que ya no daba más, por todo eso quiero infinitamente agradecerles a mis tíos, tías, primas, primos, tía política y a mi tía paterna Beatriz Salazar siempre estaré agradecida por su apoyo sincero y especial.*

*A la Universidad Nacional de Loja, y de manera especial a mis docentes de la carrera de Ingeniería Forestal, por haberme compartido sus conocimientos permitiéndome crecer como profesional, por su dedicación, paciencia, apoyo, y amistad.*

*Al Ing. Darwin Pucha-Cofrep Ph.D., director de mi trabajo de Integración Curricular, por sus conocimientos, esfuerzos, dedicación, y tiempo brindado para culminar esta meta, y en especial por su amistad.*

*Finalmente expreso mis más sinceros agradecimientos al Ingeniero Andrés Armijos por el apoyo brindado en la fase de análisis de resultados y a la ingeniera Victoria Moncada por la colaboración durante el trabajo de laboratorio. A mis amigos y compañeros, con quienes compartí grandes momentos a lo largo de mi vida institucional por su amistad, aprecio y apoyo.*

**Eva Fernanda Cueva Briceño**

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de Contenidos</b> .....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xiii
1. <b>Título</b> .....	1
2. <b>Resumen</b> .....	2
2.1. Abstract.....	3
3. <b>Introducción</b> .....	4
4. <b>Marco teórico</b> .....	7
4.1. Anatomía de la madera.....	7
4.1.1. Definición.....	7
4.1.2. Madera.....	7
4.1.3. Importancia del estudio anatómico de la madera.....	7
4.1.4. Características anatómicas de la madera.....	7
4.1.5. Planos anatómicos de corte.....	9
4.2. Características anatómicas cuantitativas de la madera.....	9
4.3. Características anatómicas cualitativas de la madera.....	9
4.4. Cambios intraanuales de los anillos de crecimiento.....	10
4.5. Normativa IAWA (International Association of Wood Anatomist) .....	10
4.6. Descripción taxonómica y anatómica de las especies forestales.....	11
4.6.1. <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.....	11
4.6.2. <i>Alnus acuminata</i> Kunth.....	12
4.6.3. <i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet.....	13
4.6.4. <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	13
4.6.5. <i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw. ex Gord.....	14
4.6.6. <i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.....	15
4.6.7. <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br.....	16
4.6.8. <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.....	17
4.6.9. <i>Salix humboldtiana</i> Willd.....	18
4.6.10. <i>Schinus molle</i> L., 1753.....	20
5. <b>Metodología</b> .....	21
5.1. Área de estudio.....	21
5.2. Determinación de las características anatómicas y los cambios intraanuales de la madera de 10 especies forestales más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	22
5.2.1. Fase de campo.....	22

5.2.2.	Toma de muestras de madera.....	22
5.2.3.	Fase de laboratorio.....	23
5.2.4.	Obtención de cortes anatómicos de madera (transversal, tangencial. y radial)	23
5.2.5.	Identificación de las características anatómicas para latifoliadas y coníferas de acuerdo con la nomenclatura de la International Association of Wood Anatomist (IAWA).....	24
5.2.6.	Caracterización anatómica cuantitativa.....	30
5.2.7.	Procesamiento y Análisis estadístico de los datos.....	30
6.	<b>Resultados</b> .....	32
6.1.	Características anatómicas cualitativas y cuantitativas de la madera.....	32
6.1.1.	Características anatómicas cualitativas de la madera.....	32
6.1.2.	Matriz de correlación.....	41
6.1.3.	Características anatómicas cuantitativas de la madera.....	42
6.1.4.	Análisis cuantitativo de <i>Cupressus macrocarpa</i> .....	49
6.1.5.	Análisis de las diferencias en base a la estructura anatómica cuantitativa de la madera.....	50
6.2.	Cambios intraanuales en la madera de 10 especies forestales más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	51
6.2.1.	Características anatómicas cualitativas de la madera.....	51
6.2.2.	Características anatómicas cuantitativas de la madera.....	57
7.	<b>Discusión</b> .....	61
7.1.	Características anatómicas cualitativas.....	61
7.1.1.	Anillos de crecimiento.....	61
7.1.2.	Vasos o poros.....	62
7.1.3.	Parénquima.....	63
7.1.4.	Radios.....	63
7.2.	Características anatómicas cuantitativas.....	64
7.3.	Cambios intraanuales de las especies.....	65
7.3.1.	Características anatómicas cualitativas.....	65
7.3.2.	Características anatómicas cuantitativas.....	67
8.	<b>Conclusiones</b> .....	69
9.	<b>Recomendaciones</b> .....	71
10.	<b>Bibliografía</b> .....	72
11.	<b>Anexos</b> .....	78



## Índice de Tablas

Tabla 1. Características anatómicas para especies latifoliadas utilizadas en el presente estudio, de acuerdo con la nomenclatura IAWA.....	25
Tabla 2. Características anatómicas para especies coníferas utilizadas en el presente estudio, de acuerdo con la nomenclatura IAWA.....	28

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Acacia melanoxylon</i> , sector Sur de la ciudad de Loja.....	11
Figura 2. <i>Alnus acuminata</i> , sector Norte de la ciudad de Loja.....	12
Figura 3. <i>Callistemon lanceolatus</i> , sector Centro de la ciudad de Loja.....	12
Figura 4. <i>Cedrela montana</i> , sector Sur de la ciudad de Loja.....	13
Figura 5. <i>Cupressus macrocarpa</i> , sector Sur de la ciudad de Loja.....	15
Figura 6. <i>Fraxinus chinensis</i> , sector Sur de la ciudad de Loja.....	16
Figura 7. <i>Grevillea robusta</i> , sector Norte de la ciudad de Loja.....	17
Figura 8. <i>Jacaranda mimosifolia</i> , sector Norte de la ciudad de Loja.....	18
Figura 9. <i>Salix humboldtiana</i> , sector Sur de la ciudad de Loja.....	19
Figura 10. <i>Schinus molle</i> , sector Centro de la ciudad de Loja.....	20
Figura 11. Mapa de ubicación y distribución de 10 especies forestales en estudio al norte, centro, y sur de la ciudad de Loja.....	21
Figura 12. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Acacia melanoxylon</i> .....	29
Figura 13. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Alnus acuminata</i> .....	31
Figura 14. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Callistemon lanceolatus</i> .....	32
Figura 15. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Cedrela montana</i> .....	33
Figura 16. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Fraxinus chinensis</i> .....	33
Figura 17. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Grevillea robusta</i> .....	34
Figura 18. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Jacaranda mimosifolia</i> .....	35
Figura 19. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial <i>Salix humboldtiana</i> .....	36
Figura 20. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Schinus molle</i> .....	37
Figura 21. Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de <i>Cupressus macrocarpa</i> .....	38
Figura 22. Análisis de correlación de las especies estudiadas mediante el promedio de las características anatómicas cualitativas con un nivel de significancia de p-value =0,05.....	39
Figura 23. Diagrama de caja (Boxplot) del número de vasos en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie Evaluada.....	41
Figura 24. Diagrama de caja (Boxplot) del número de radios en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra	

los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.....	42
Figura 25. Diagrama de caja (Boxplot) de la longitud del radio en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.....	43
Figura 26. Diagrama de caja (Boxplot) de los elementos del vaso en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.....	44
Figura 27. Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de vasos en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.....	45
Figura 28. Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de punteaduras en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.....	46
Figura 29. Diagramas de vértices de las características anatómicas cuantitativas de las nueve especies evaluadas, para ver las diferencias significativas por sector..	47
Figura 30. PCA-Boxplot de los árboles urbanos de la ciudad de Loja, donde muestra las diferencias de la estructura anatómica cuantitativa de las nueve especies evaluadas.....	48
Figura 31. Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de <i>Alnus acuminata</i> en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard).....	50
Figura 32. Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de <i>Cedrela montana</i> en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard).....	51
Figura 33. Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de <i>Fraxinus chinensis</i> en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard).....	52
Figura 34. Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de <i>Jacaranda mimosifolia</i> en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard).....	53
Figura 35. Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de <i>Salix humboldtiana</i> en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard).....	54
Figura 36. Diagrama de caja (Boxplot) del número de vasos en cinco especies	

forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.....	55
Figura 37. Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de vasos en cinco especies forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.....	56
Figura 38. Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de fibras en cinco especies forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.....	57
Figura 39. Análisis estadístico de vértices de las características anatómicas cuantitativas de las cinco especies evaluadas mediante el tipo de madera: temprana y tardía.....	58

## Índice de Anexos

Anexo 1. Listado completo de características anatómicas de la normativa IAWA para especies latifoliadas.....	75
Anexo 2. Listado completo de características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas.....	84
Anexo 3. Base de datos utilizada para la identificación de las características Anatómicas.....	90
Anexo 4. Promedio de las características anatómicas cuantitativas de las nueve especies latifoliadas evaluadas.....	90
Anexo 5. Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas.....	93
Anexo 6. Certificado de traducción.....	130

## **1. Título**

CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y CAMBIOS  
INTRAANUALES EN LA MADERA DE 10 ÁRBOLES URBANOS DE LA CIUDAD DE  
LOJA

## 2. Resumen

Las especies forestales del arbolado urbano de la ciudad de Loja, brindan múltiples servicios ecosistémicos. Pero la escasez de conocimiento sobre la dinámica de crecimiento de los árboles en ecosistemas urbanos dificulta su manejo y correcto uso en planes de arborización. Es por ello, que el presente estudio busca analizar de manera exhaustiva las diferencias a nivel cualitativo, cuantitativo, e intraanual de las características anatómicas de la madera en las 10 especies forestales más frecuentes de la ciudad de Loja. Para la selección de las especies se utilizó la base de datos del proyecto 17-DI-FARNR-2021 de árboles urbanos de la Universidad Nacional de Loja. Se estableció tres sectores de estudio en la ciudad (norte, centro, y sur) con tres repeticiones por especie en cada sector. Se tomaron pequeños núcleos de madera de 5 cm de largo y 0,5 cm de diámetro con un barreno de Pressler, y posteriormente en el laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja, se analizaron y evaluaron 87 características anatómicas de la madera para latifoliadas, y 42 características para coníferas en base a la normativa IAWA. La visualización de datos se realizó a través de diagramas de caja (Boxplot), matrices de correlación ( $r$  significativo con  $p < 0.05$ ), y gráficos de vértices evaluados con el método de Kruskal – Wallis test a través del software estadístico R. Los resultados mostraron que el sitio de crecimiento de los árboles urbanos de Loja no influye en las características anatómicas cualitativas de la madera, sin embargo, si influye en las cuantitativas. Las características anatómicas más comunes para las nueve especies forestales latifoliadas fueron vasos solitarios, punteaduras alternas, pared de las fibras de delgadas a gruesas, y radios de células procumbentes de 1 y 3 series. *Grevillea robusta* y *Fraxinus chinensis* fueron las especies que presentaron el mayor número de vasos. *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana* fueron las únicas especies que mostraron anillos de crecimiento visibles. A nivel intraanual, el diámetro de vasos y de fibras fueron las principales características para diferenciar la madera temprana de la madera tardía. Por lo tanto, nuestro estudio concluye que las características anatómicas, especialmente las cuantitativas como son longitud y diámetros de vasos son muy buenos indicadores de sitio para evaluar la adaptabilidad de una especie en diferentes sectores de la ciudad de Loja.

**Palabras clave:** anatomía de la madera, cambios intraanuales, cambios cuantitativos, cambios cualitativos, árboles urbanos, Loja.

## 2.1. Abstract

Loja's urban tree species provide multiple ecosystem services. However, the scarcity of knowledge on the growth dynamics of trees in urban ecosystems hinders their management and correct use in tree planting plans. Due to this, the present study aims to analyze qualitatively, quantitatively, and intra-annually the anatomical features of the wood of the 10 most frequent forest species in Loja. The database of the 17-DI-FARNR-2021 project of urban trees of the National University of Loja was used for the selection of the species. Three study sectors were established in the city (north, center, and south) with three replicates per species in each sector. Small wood cores of 5 cm in length and 0.5 cm in diameter were taken with a Pressler borer, and eventually, they were analyzed and evaluated in the Tropical Wood Anatomy laboratory of the National University of Loja, 87 anatomical features in the broadleaf trees, and 42 characteristics in conifers based on IAWA standards. Data visualization was done through boxplots, correlation matrices (significant  $r$  with  $p < 0.05$ ), and vertex plots evaluated with the Kruskal-Wallis test method through the statistical software environment R. Nevertheless, the growth site of urban trees in Loja does influence the quantitative anatomical features of the wood, but not the qualitative ones. As a rule, the nine broadleaf forest species were characterized by solitary vessels, alternate pits, thin to thick fiber walls, and procumbent cell rays in the 1- and 3-series. *Grevillea robusta* and *Fraxinus chinensis* were the species with the highest number of vessels. *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* and *Salix humboldtiana* were the only species showing visible growth rings. At the intra-annual level, vessel and fiber diameter were the main characteristics to differentiate earlywood from latewood. In conclusion, anatomical features, especially quantitative ones such as vessel diameters and length, are excellent indicators of species' adaptation to different sectors in the city of Loja.

**Key words:** wood anatomy, intra-annual changes, quantitative changes, qualitative changes, urban trees, Loja.



### 3. Introducción

El arbolado urbano de la ciudad de Loja, alberga distintas especies forestales que brindan múltiples servicios ecosistémicos como la regulación del ciclo hidrológico, mejoramiento de la calidad de aire, captura de carbono, incremento del valor de bienes inmuebles, belleza escénica, generación de sombra y salud pública en general (Cipra-Rodriguez et al., 2020). Por lo cual, la idea de analizar la ciudad como un ecosistema no tiene sólo interés cultural o científico, si no también nos permite aportar soluciones de otros ámbitos propios del funcionamiento interno de la ciudad (Higueras, 2009).

La caracterización anatómica de la madera de una especie constituye el punto de partida para diversas investigaciones, que conlleven, por ejemplo, a conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el ambiente (Grande y Polanco, 2007). La investigación de las características microscópicas es importante para elaborar claves de identificación que faciliten el reconocimiento de las especies. (Giménez et al., 2005).

El propósito de la investigación de la caracterización anatómica es evaluar las características estructurales de la madera y su posterior aplicación (Interián-Ku et al., 2011). Existe una jerarquía de variaciones de los caracteres estructurales vinculada al ambiente, especie, individuos dentro de cada especie y a la posición de la muestra dentro de cada ejemplar (Mora y Leon, 2020). De este modo, la estructura de la madera es el resultado de la influencia de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales) (León y Espinoza, 2001). La naturaleza e intensidad de la influencia de estos factores sobre los elementos anatómicos pueden diferir según la especie o el género (Arguelles y Arriaga, 2013).

La estructura anatómica de la madera depende principalmente de la ordenación de los diferentes elementos anatómicos que la constituyen (Peraza Sánchez et al., 2014). La estructura de la madera de las coníferas se considera más simple y homogénea que en el caso de las latifoliadas cuya estructura se considera más compleja (Mardones Hiche, 2013).

Las características anatómicas del leño de la madera y la anualidad en la formación de los anillos de crecimiento constituyen un referente imprescindible en las investigaciones sobre la dendrocronología de las especies forestales (Grande y Polanco, 2007). Las anomalías anatómicas en los anillos de crecimiento anuales de los árboles han sido poco estudiadas en noroeste de América del Sur, sin embargo, son elementos que pueden proporcionar información intra-anual valiosa para el estudio de eventos ambientales (Rojas-Badilla et al., 2017).

La utilidad de los anillos de crecimiento de especies arbóreas en investigaciones, se deriva de la resolución anual, datación precisa y la sensibilidad de los mismos a las variaciones del clima (Sass-klassen et al., 2014). Varios factores ambientales producen estrés que afecta la fisiología de las especies y cuyo efecto queda registrado en los anillos de crecimiento de los árboles (Briceño-J. et al., 2018). En varias especies tropicales, los anillos de crecimiento son poco visibles, además se pueden formar bandas interanuales o falsos anillos de crecimiento que dificultan su correcta datación. Por esto, se hace necesario el estudio anatómico de la madera, que caracteriza a los anillos de crecimiento para identificarlos en las barrenas o cortes basales (Sanchez y Allende, 2020). Frecuentemente, los anillos bien definidos están en especies con porosidad semicircular o con parénquima marginal en bandas (Callado et al., 2001).

La distinción de madera tardía y madera temprana suele ser un buen indicio. Sin embargo, la diferenciación de estas estructuras no evidencia ni confirma que esa especie arbórea posee anillos anuales de crecimiento. El análisis anatómico de madera es imperante para confirmar la anualidad de los anillos. No obstante, la característica caducifolia de la especie y la presencia de particularidades climáticas interanuales, suman características para la presencia de especies arbóreas con anillos de crecimiento anual (Egoavil et al., 2020).

Existen varios planes de arborización urbana a nivel nacional y mundial como lo son: el proyecto arborización urbana Bioparque Amaru (Universidad del Azuay, 2020), el reto sembrando esperanza en Quito (Sembrando Esperanza, 2020), el reto verde de México (Glarifo, 2005), y desde hace 30 años se desarrolla en Europa el proyecto “Establishing a Monitoring Network to assess lowland Forest and Urban plantation status in Lombardy region and Slovenian”, que busca establecer una red de seguimiento que evalúe el estado de las plantaciones urbanas y forestales de tierras bajas en la región de Lombardía y Eslovenia. Este proyecto tiene por objeto el monitoreo del estado de los bosques artificiales, naturales, urbanos y periurbanos (bosques urbanos) y su comportamiento en ámbitos como: la preservación e incremento de la biodiversidad en estos ecosistemas, la capacidad de regular la temperatura y absorber CO<sub>2</sub>, la preservación del suelo y de la calidad de vida de las comunidades locales, en particular en relación al comportamiento frente al cambio climático y la respuesta al desarrollo de patologías forestales y plagas, entre otros (Benito y Palermo, 2020). Además, en Alemania existe el concepto del Talking-tree (árbol que habla) tomando como centro de control los cambios funcionales con sensores especializados en árboles urbanos, cuya información se transmite en tiempo real para el público en general, lo que permite ver como los árboles contribuyen a la generación de servicios ecosistémicos y son indicadores de las variaciones climáticas a nivel local (BayTreeNet, 2022).

En Loja surge el primer proyecto de arborización entre el año 2018, donde se plantea la evolución de los conceptos sobre los espacios verdes y la impostergable necesidad de retomar la relación hombre-naturaleza, se crea el concepto de infraestructura verde (Plan del Sistema Verde Urbano de Loja); definida por la Comisión Europea (Bruselas) como “una red estratégicamente planificada de espacios naturales, seminaturales y otros elementos ambientales diseñados y gestionados para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos” (Municipio de Loja et al.,2020).

Sin embargo, todos los proyectos de arborización urbana mencionan que mediante su ejecución se han tenido que enfrentar a múltiples problemas en el ámbito del manejo de las especies forestales para el arbolado urbano, esto a consecuencia de la escasez de conocimiento sobre sus requerimientos ecológicos y a los pocos estudios anatómicos de la madera que sirvan como guías del comportamiento asociativo y su relación con el ambiente para así lograr mejores y exitosos resultados. Como lo afirman varios autores (Aguirre et al., 2013) la insuficiente información científica acerca de criterios silviculturales, como alternativa para enfrentar los cambios climáticos o condiciones locales, entorpece el accionar de los técnicos, cuando se trata del manejo sostenible y correcto uso de las especies forestales.

En el presente proyecto se analizan las diez especies más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad, considerando los parámetros de estructura y ecología para realizar estos tipos de estudios, y además de ello, por los problemas logísticos que se presentaron en el tiempo de investigación, aun así, se ha considerado trabajar con diez especies para consolidar una base datos inicial dentro del Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja (Ecuador). Para generar información sólida basada en estudios técnicos y científicos ayudará a dar nuevas alternativas de manejo, uso y conservación de las especies estudiadas. Para ello, los objetivos propuestos en esta investigación fueron:

#### **Objetivo general**

- Generar información sobre las características anatómicas cuantitativas, cualitativas y cambios intraanuales de 10 árboles urbanos de la ciudad de Loja.

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar las características anatómicas cuantitativas y cualitativas de la madera de 10 árboles urbanos de la ciudad de Loja.
- Identificar los cambios intraanuales en la madera de 10 árboles urbanos de la ciudad de Loja.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Anatomía de la madera**

#### **4.1.1. Definición**

La anatomía vegetal como rama de la botánica se encarga del estudio de la morfología de los tejidos en las plantas y de la formación de anillos anuales en el leño por efecto del crecimiento secundario, permite brindar información útil para el aprovechamiento óptimo de la madera, para el uso en las industrias y hasta para la evolución de las especies (León y Espinoza, 2001).

#### **4.1.2. Madera**

Gómez (2019) de forma generalizada define a la madera como un material heterogéneo, orgánico, anisótropo e higroscópico. Giménez et al. (2005) Es el conjunto de elementos compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. La madera se puede considerar como una sustancia dura y fibrosa que se desarrolla hacia la parte interna del cambium vascular, tanto en el tallo como en las ramas y raíces.

#### **4.1.3. Importancia del estudio anatómico de la madera**

Las características anatómicas de la madera son un valioso almacén para estudios ambientales (Fonti et al., 2010) para determinar nueva información ecológica y ver la relación entre el crecimiento de los árboles y factores ambientales. También ayudan a resolver problemas taxonómicos para separar las diferentes especies (Wangkhem et al., 2020).

Según Hughes (1973), citado por (Giménez et al., 2005) menciona que, la importancia de la investigación anatómica es fomentar la relación que hay entre las características estructurales y su utilidad para la industria. Es necesario conocer las variables dendrométricas, físicas y anatómicas para una mejor comprensión de estas variaciones.

#### **4.1.4. Características anatómicas de la madera**

##### **a. Parénquima**

Conocido como tejido fundamental, debido a que predomina en la mayoría de los órganos vegetales, está formado por células generalmente isodiamétricas, de membranas sutiles, no lignificadas, con el protoplasma parietal y en el centro uno o varias vacuolas (Front Quer, 2000). Estas células tienen como función el almacenamiento de sustancias de reserva, la distribución y segregación de los carbohidratos, así como, la producción de ciertas sustancias orgánicas (Mendoza, 2011). De acuerdo con la forma y disposición, el parénquima se clasifica en tres tipos:

- **Apotraqueal** (aquellos que no están junto a los poros).

- **Paratraqueal** (aquellos que están alrededor de los poros).
- **Marginal** (forman líneas anchas y angostas en el límite de los anillos de crecimiento).

#### **b. Vasos y/o Poros**

Son elementos que aparecen únicamente en las Latifoliadas y constituyen por ello el principal elemento de diferenciación entre éstas y las Coníferas. Los vasos o también llamados poros, son orificios de células tubulares observables en la sección transversal, generalmente se encuentra abierto, originados por el corte transversal de un vaso (Giménez et al., 2005).

Tienen la función de conducción longitudinal del agua libre y las sustancias alimenticias en el árbol; estos se pueden presentar aislados, cuando cada uno se presenta sólo y separado de los restantes por tejido diferente, generalmente son de eje redonda y ovalado con el eje mayor en sentido radial (Mendoza, 2015).

#### **c. Traqueidas**

Las traqueidas vasculares se asemejan a pequeños elementos de vasos de leño tardío, pero sus extremos no son perforados y como cualquier traqueida presenta puntuaciones areoladas en sus paredes. Aparecen organizadas en series verticales, y en sección transversal se confunden con poros pequeños. Desempeñan la función de conducción (Giménez et al., 2005).

#### **d. Radios**

Los radios están constituidos de células parenquimáticas. Son líneas que se sitúan desde la parte externa hacia la interna, cumplen una función vital para la industria, estos generan las grietas durante el secado (Arostegui, 1982).

#### **e. Fibras**

Cahuana (2008) define así a toda célula alargada y delgada del leño que no sea un vaso o una célula de parénquima y que cumple la función de sostener el cuerpo leñoso. Es el grupo de células de la que está compuesta fundamentalmente la madera.

#### **f. Tilosis o tñlides**

Es la penetración axial o radial en la cavidad del vaso obstruyendo total o parcialmente el lumen (Cahuana, 2008).

#### **g. Punteaduras**

Se pueden encontrar de paso entre los vasos y los radios que se encuentran en elementos longitudinales, y son fundamentales para el transporte del agua (Álvarez y Fernández, 1992).

#### **h. Anillos de crecimiento**

Uno de los círculos concéntricos del leño, son un manto continuo de células que resultan de la actividad reproductiva del cambium, que forman el tronco de un árbol y que corresponden a períodos de desarrollo del xilema, generalmente anuales. Marcas circulares que indican la

posición del cámbium vascular al cese del crecimiento del año previo. (León & Espinoza, 2001).

#### **4.1.5. Planos anatómicos de corte**

Según Chavesta (2012), se conoce como sección de corte a las superficies que se forman al realizar un corte en una muestra de madera en diferentes planos. El árbol y células del xilema se pueden definir en tres cortes o planos, tales como: transversal, radial y tangencial.

Según Giménez et al. (2005), la madera es un organismo heterogéneo formada por células organizadas en diferentes direcciones, la madera difiere de acuerdo con la parte observada. Para estudios anatómicos se adoptan los siguientes planos convencionales de corte.

##### **a. Corte Transversal (Tr)**

Según Hoadley (1990), nos menciona que en este corte se puede ver los anillos de crecimiento, tamaño de los radios, también se puede apreciar la porosidad, parénquima, hasta tejidos conductores como el floema y también la diferente coloración que se observa en la albura y el duramen.

##### **b. Corte Radial (Ra)**

Según Giménez et al. (2005), paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.

##### **c. Corte Tangencial (Ta)**

Giménez et al. (2005), tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios. Además de la apariencia, también el comportamiento físico-mecánico de la madera difiere en cada uno de estos sentidos, fenómeno conocido como anisotropía. Vigonote (2006), define que el corte tangencial es un corte que se efectúa tangente a la circunferencia al tallo del árbol.

#### **4.2. Características anatómicas cuantitativas de la madera**

Las características cuantitativas de la madera, son todas aquellas que mediante la evaluación anatómica nos brindan datos numéricos, tales como longitud y espesor de pared de las fibras, diámetro y frecuencia de poros, diámetro de punteaduras, parénquima, altura y el diámetro de los radios, estas características nos sirven como guía para determinación y evaluación de la madera (Calderón, 2011).

#### **4.3. Características anatómicas cualitativas de la madera**

Las características cualitativas de la madera, son todas aquellas que con el estudio anatómico no se pueden medir directamente o no se pueden expresar mediante cantidades si no por medio de caracteres identificativos como: anillos de crecimiento, vasos, Placas de perforación, punteaduras, tilosis, Espesor de la pared de fibra, parénquima y tipo de radios,

estas características son de suma importancia al momento de describir e identificar la madera (Domínguez, 2017).

#### **4.4. Cambios intraanuales de los anillos de crecimiento**

A través de los anillos que se dibujan en los árboles como resultado del crecimiento anual del mismo se logra establecer la edad del individuo y los cambios climáticos a los que ha estado sometido a lo largo de esos años (Córdoba, 2019). Esta parte de la botánica, conocida como dendrocronología, aporta información que puede ser aplicada a estudios ecológicos, dando lugar a la dendroecología y a nuevas perspectivas a la hora de llevar a cabo la gestión forestal.

Los anillos de crecimiento almacenan información acerca de los factores ambientales que afectan al crecimiento del árbol, las variaciones en la tasa de crecimiento de los árboles pueden indicar variaciones en las condiciones climáticas pasadas, y eventos discretos como la ocurrencia de incendios o avalanchas de nieve, quedan también registradas al dejar marcas visibles conocidas comúnmente como cicatrices (Amoroso y Suárez, 2015).

#### **4.5. Normativa IAWA (International Association of Wood Anatomist)**

IAWA por sus siglas en inglés International Association of Wood Anatomist es la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera, que define una lista estandarizada de características microscópicas para la identificación de la madera. Fue publicada en 1981 dando una explicación del procedimiento de codificación e identificación para las diferentes características anatómicas que presenta la madera (Wheeler, 1989).

Es una lista que consta de 221 características que se llegan a observar en los diferentes planos de corte (Transversal, tangencial y radial) para realizar el estudio anatómico de la madera de las especies forestales.

##### **a) Latifoliadas**

La lista de características microscópicas IAWA para la identificación de maderas latifoliadas consta de un total de 221 características anatómicas, divididas en 163 subcaracterísticas anatómicas y 58 diversas, las cuales se pueden observar en los diferentes planos de corte (transversal, tangencial y radial). Se considera como una lista concisa de características útiles para fines de identificación de maderas latifoliadas (Anexo 1).

##### **b) Coníferas**

Las gimnospermas o coníferas tras poseer diferencias en sus características anatómicas, como lo es la ausencia de vasos. Se ha establecido una lista diferenciada específicamente para especies coníferas. Esta edición de la lista fue coordinada por (Richter y Gasson, 2004). En la reunión de IAWA en Portland, Oregón, en julio de 2003, varios miembros del Comité

redactaron el primer borrador. Peter Gasson realizó la edición final y referencias cruzadas de texto y planchas antes de enviar toda la obra a Leiden para su publicación en 2004 (Anexo 2).

#### 4.6. Descripción taxonómica y anatómica de las especies forestales

##### 4.6.1. *Acacia melanoxylon* R. Br

###### Figura 1.

*Acacia melanoxylon*, sector Sur de la ciudad de Loja.



###### a. Taxonomía:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Género:** Acacia

**Especie:** melanoxylon

**Nombres comunes:** Acacia negra

###### b. Generalidades

Árbol de hoja perenne que alcanza hasta 40 m de altura. La corteza es pardo oscura y agrietada. Las hojas, de 4 a 13 cm de largo y 0.7 a 2.5 cm de ancho, son elípticas o lanceoladas. Las flores se encuentran en inflorescencias globosas de color crema o blanquecino de 1 cm de diámetro, y nacen solitarias o en racimos en las axilas de las hojas. El fruto son legumbres muy aplastadas y retorcidas, de hasta 12 cm de largo, y de tonalidad pardo-rojizo. Las semillas son negras, lustrosas, con forma elipsoidal, de unos 5 mm de longitud (Starr, 2015)

###### c. Descripción anatómica

Monteoliva y Igartúa (2010) Anatómicamente, presenta fibras leñosas cortas, traqueidas vasculares cortas y angostas con puntuaciones areoladas, porosidad circular con poros



solitarios y múltiples, vasos con placa de perforación simple y con presencia de tilosis, radios uni y biseriados y parénquima paratraqueal, vasicéntrico y aliforme.

#### 4.6.2. *Alnus acuminata* Kunth

##### **Figura 2.**

*Alnus acuminata*, sector Norte de la ciudad de Loja.



##### **a. Taxonomía:**

**División:** Magnaliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fagales

**Familia:** Betulaceae

**Género:** Alnus

**Especie:** acuminata

**Nombres comunes:** Aliso

##### **b. Generalidades**

Árbol perennifolio / caducifolio, de 10 a 25 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 35 a 40 cm. Posee hojas alternas y puntiagudas con los bordes finamente dentados. Su inflorescencia es alargada y da un fruto en forma de cono con escamas y semillas aladas. La madera del aliso es blanca y suave. Se distribuye en la sierra y vertientes orientales andinas entre los 1000 a 3,300 m.s.n.m. en las quebradas y cerca al agua (Niembro-Rocas et al., 2010).

##### **c. Descripción anatómica**

López (2006) nos menciona que presenta radios uniseriados en agregados y parénquima apotraqueal difuso, poros solitarios ovalados. Las características más evolucionadas son la presencia de radios homogéneos y elementos vasculares numerosos. Además, (Acevedo y Kikata, 1994) mencionan que la madera posee una porosidad difusa con 8-18 poros/mm<sup>2</sup>,

parénquima axial apotraqueal difuso, ancho de parénquima radial exclusivamente uniseriados.

#### 4.6.3. *Callistemon lanceolatus* Sweet

##### **Figura 3.**

*Callistemon lanceolatus*, sector Centro de la ciudad de Loja.



##### **a. Taxonomía:**

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Myrtales

**Familia:** Myrtaceae

**Género:** Callistemon

**Especie:** lanceolatus

**Nombres comunes:** Calistemo

##### **b. Generalidades**

Árbol que puede alcanzar de 10-12 m de altura, con la corteza muy fisurada. Hojas de lineares a lanceoladas, de 3,5-7 cm x 4-9 mm. Inflorescencias de 4,5-10 x 4-5,5 cm, poco densas, con el eje muy veloso. Flores con los pétalos de color verde pálido. Estambres con los filamentos unidos en la base, de 1,6-2,1 cm de longitud, de color rojo brillante o rosa. Estilo de igual longitud. Fruto cupuliforme de 4,5-5 mm de ancho (Sánchez, 2013).

##### **c. Descripción anatómica**

Domínguez y Tapia (2016) nos mencionan en su estudio anatómico que la especie presenta poros difusos, la mayoría solitarios, múltiples radiales de 2 a 4, de contorno oval y redondo, placa de perforación simple. El parénquima axial es en bandas de 2 a 4 hileras, vasicéntrico y difuso con gomas y cristales romboidales. Los radios son uniseriados, biseriados y triseriados, tiene células procumbentes de 4 a 9 hileras, con gomas. Las fibras son de tipo libriforme, de longitud mediana con paredes gruesas.

#### 4.6.4. *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

##### Figura 4.

*Cedrela montana*, sector Sur de la ciudad de Loja.



##### a. Taxonomía:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Meliaceae

**Género:** Cedrela

**Especie:** montana

**Nombres comunes:** cedro, cedro andino, cedro de montaña, cedro blanco

##### b. Generalidades

Son árboles medianos, 25 m de altura con 35 cm. de dap. Corteza externa pardo grisácea 6 mm de espesor, corteza interna crema con olor a ajo. Hojas alternas paripinadas 30 – 35 cm. Inflorescencia en panícula terminal, de 20 – 25 cm de largo. La madera tiene anillos claramente definidos, albura es de color blancuzco o café claro, el corazón café rojizo claro. Crece en la Faja Montano con una precipitación anual entre 1.000 a 2.000 mm, con una temperatura anual entre los 12°C y 18°C, con una humedad relativa superior al 40% (Hernández Schmidt, 2014).

##### c. Descripción anatómica

Pucha et al. (2017) en su estudio realizado acerca de la anatomía de la madera de *Cedrela montana*, nos mencionan que presenta las siguientes características, Plano transversal: Anillos de crecimiento visibles. Poros de forma semicircular, solitarios, y agrupados. Poros con disposición paralela a los anillos de crecimiento. Parénquima marginal en bandas, y parénquima axial escaso paratraqueal.

#### 4.6.5. *Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gord

##### Figura 5.

*Cupressus macrocarpa*, sector Sur de la ciudad de Loja.



##### a. Taxonomía:

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Cupressaceae

**Género:** Cupressus

**Especie:** macrocarpa

**Nombres comunes:** Ciprés

##### b. Generalidades

Árbol monoico, perennifolio, de hasta 25 m de alto; copa ancha, irregular, con las ramas principales alargadas oblicuamente. Corteza marrón rojiza, con anchas costillas escamosas. Las ramillas despiden un olor a citronela al ser estrujadas. Hojas escuamiformes, opuestas y decusadas, densamente insertas, rómbico-ovales, de 1 -2 mm de largo. Conos masculinos terminales, solitarios. Conos femeninos globosos, de unos 4 cm de diámetro, marrones, compuestos de unas 8 gruesas escamas seminíferas fértiles y peltadas, cada macrosporofilo con un umbo apical agudo (Vázquez, 2020).

##### c. Descripción anatómica

Román (2016) nos menciona en su estudio anatómico de la madera de *C. macrocarpa* que presenta anillos de crecimiento no diferenciados, traqueidas de contorno poligonal, ocasionalmente redondeadas. Las punteaduras tipo cupresoide areoladas-uniseriadas o biseriadas. parénquima axial presente. Paredes transversales lisas y también nodulares.

Radios leñosos homogéneos. Radios casi exclusivamente uniseriados, parcialmente biseriados, se identifica en esta especie la presencia de canales resiníferos horizontales.

#### 4.6.6. *Fraxinus chinensis* Roxb

##### Figura 6.

*Fraxinus chinensis*, sector Sur de la ciudad de Loja.



##### a. Taxonomía:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Lamiales

**Familia:** Oleaceae

**Género:** Fraxinus

**Especie:** chinensis

**Nombres comunes:** Fresno chino

##### b. Generalidades

Los fresnos son árboles que pueden medir desde los 15 hasta los 20 metros de altura, de tronco recto y cilíndrico, con amplia copa. Es una especie dioica, esto es, con cada sexo en un sólo pie de planta. Las hojas son opuestas, raramente en verticilos de tres, y generalmente pinnaticompuestas, aunque en algunas especies son simples. Las semillas están contenidas en una sámara (UEIA, 2014).

##### c. Descripción anatómica

Rangel (2016) nos menciona en su estudio anatómico de la madera de *F. chinensis* que presenta porosidad circular con distribución solitaria, placas perforación simple. Las inclusiones encontradas fueron aceites. Las fibras presentes son de tipo libriformes, diámetro

de lumen de 27.17  $\mu\text{m}$  y diámetro grosor de pared de 8.56  $\mu\text{m}$ . El parénquima axial es paratraqueal unilateral y en bandas concéntricas. El parénquima radial es de tipo heterocelular y de clase uniseriado y biseriado.

#### 4.6.7. *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br

##### Figura 7.

*Grevillea robusta*, sector Norte de la ciudad de Loja.



##### a. Taxonomía:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Proteales

**Familia:** Proteaceae

**Género:** Grevillea

**Especie:** robusta

**Nombres comunes:** Roble

##### b. Generalidades

Árbol de 20-30 metros de altura y hasta 1 metro de diámetro. Su copa es cónica y el fuste recto. Corteza gris oscuro con fisuras verticales. Hojas compuestas y alternas de aproximadamente 20 cm de largo, muy recortadas, de color verde grisáceo en el haz y plateado en el envés, con pelos sedosos. Flores amarillo –anaranjadas en inflorescencias terminales. Los frutos son cápsulas aplanadas de 1 cm de largo, color pardo oscuro, contienen 1-2 semillas aladas (Di Marco y Petray, 2016).

##### c. Descripción anatómica

Nisgoski S., (1998) nos menciona en su estudio realizado acerca de la caracterización anatómica de *Grevillea* que presenta, anillos apenas diferenciados. Vasos visibles a simple vista, solitarios y múltiples radiales y tangenciales, porosidad difusa, paredes con espesor

promedio de 6  $\mu\text{m}$ . tilosis ausente. Parénquima axial visible a simple vista, paratraqueal vasicéntrico y confluentes en bandas tangenciales. Parénquima radial uni y multiseriados. Fibras libriformes. Punteaduras simples a discretas areolada en la cara radial.

#### 4.6.8. *Jacaranda mimosifolia* D. Don

##### Figura 8.

*Jacaranda mimosifolia*, sector Norte de la ciudad de Loja.



##### a. Taxonomía:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Lamiales

**Familia:** Bignoniaceae

**Género:** Jacaranda

**Especie:** mimosifolia

**Nombres comunes:** Arabisco

##### b. Generalidades

Árbol de hasta 20 m de alto, con tronco torcido ramificado desde los dos metros, corteza café clara, muy agrietada. Hojas compuestas de 30 a 50 cm de largo. Flores violeta, tubulares, bisexuales, de hasta 5 cm, crecen en racimos apretados en la punta de las ramas. Flores con gran cantidad de néctar que atrae a numerosas aves e insectos. Fruto es una cápsula dura y aplanada de color café claro que parece castañuela con numerosas semillas triangulares planas rodeadas de un ala transparente (UEIA, 2014).

##### c. Descripción anatómica

León (2007) nos menciona que la especie presenta anillos de crecimiento definidos a ligeramente definidos. Poros difusos solitarios y múltiples. Punteaduras circulares a ovaladas. Tilosis presente. Fibras no septadas, punteaduras indistintamente areoladas.

Parénquima predominantemente paratraqueal aliforme, ocasionalmente unilateral y en bandas cortas; en series de 3-10 células. Radios homocelulares de células procumbentes y algunos heterocelulares con una ruta de células marginales.

#### 4.6.9. *Salix humboldtiana* Willd

##### **Figura 9.**

*Salix humboldtiana*, sector Sur de la ciudad de Loja.



##### **a. Taxonomía:**

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Malpighiales

**Familia:** Salicaceae

**Género:** Salix

**Especie:** humboldtiana

**Nombres comunes:** Sauce

##### **b. Generalidades**

Árbol caducifolio de hasta 18 m de altura, con una corteza gruesa, muy rugosa, de color pardo-rojiza, con fisuras profundas. Hojas simples, alternas linear-lanceoladas, de 3 a 10 cm de longitud, con margen serrulado. Flores dispuestas en amentos, sin perianto, unisexuales; las flores masculinas en amentos péndulos en el extremo de las ramas, con 5 a 8 estambres, las flores femeninas con brácteas y glándulas nectaríferas amarillentas, pistilo sésil. Fruto es una cápsula de forma ovoide, bivalva, de color castaño oscuro con numerosas semillas (García y Ormazabal, 2018).

##### **c. Descripción anatómica**



Undurraga (1997) en su estudio anatómico del género *Salix* nos presenta las siguientes características, porosidad difusa y vasos solitarios. Tilosis y placas de perforación simple. Fibras libriformes, con paredes delgadas, en la cual el lumen representa entre 50 y 75% del diámetro total. Aparentemente no presenta traqueidas vasculares, ni traqueidas vasicéntricas. Radios uniseriados, heterogéneos y estratificados. Presenta punteaduras radio-vasculares redondas u ovals muy numerosos. Parénquima con una disposición apotraqueal difusa.

#### 4.6.10. *Schinus molle* L., 1753

##### **Figura 10.**

*Schinus molle*, sector Centro de la ciudad de Loja.



##### **a. Taxonomía:**

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Anacardiaceae

**Género:** Schinus

**Especie:** molle

**Nombres comunes:** Molle

##### **b. Generalidades**

Es una especie de árbol siempreverde (sus hojas persisten en invierno) de hasta 25 metros de altura. Posee una copa amplia, densamente globosa. Tronco de hasta 1,5 metros de diámetro, con una corteza rugosa, gris oscura. Sus hojas son compuestas, alternas, de hasta 30 centímetros de largo, láminas linear-lanceoladas, de margen liso o aserrado, aromáticas. Inflorescencias unisexuales en panículas ramificadas; cáliz de 5 sépalos, corola de 5 pétalos, de color blanco-verdosos. Su fruto es una drupa globosa, de color rosado a rojiza, brillante (Hanan y Mondragón, 2009).

##### **c. Descripción anatómica**

Cipra Rodríguez et al. (2020) la madera de *S. molle* presenta porosidad difusa, agrupamiento de poros en múltiples radiales de 4 o más y en racimo, parénquima axial difuso en agregados y radios poco visibles a simple vista. Estas características coinciden con lo mencionado por (Olvera-Licona et al., 2021) Porosidad semifusa, los radios son uniseriados, biseriados, los más frecuentes, triseriados y heterogéneos con cristales, fibras septadas, parénquima axial apotraqueal difuso y paratraqueal escaso. Vasos con puntuaciones alternas, algunos presentaron ápice, placas de perforación simple.

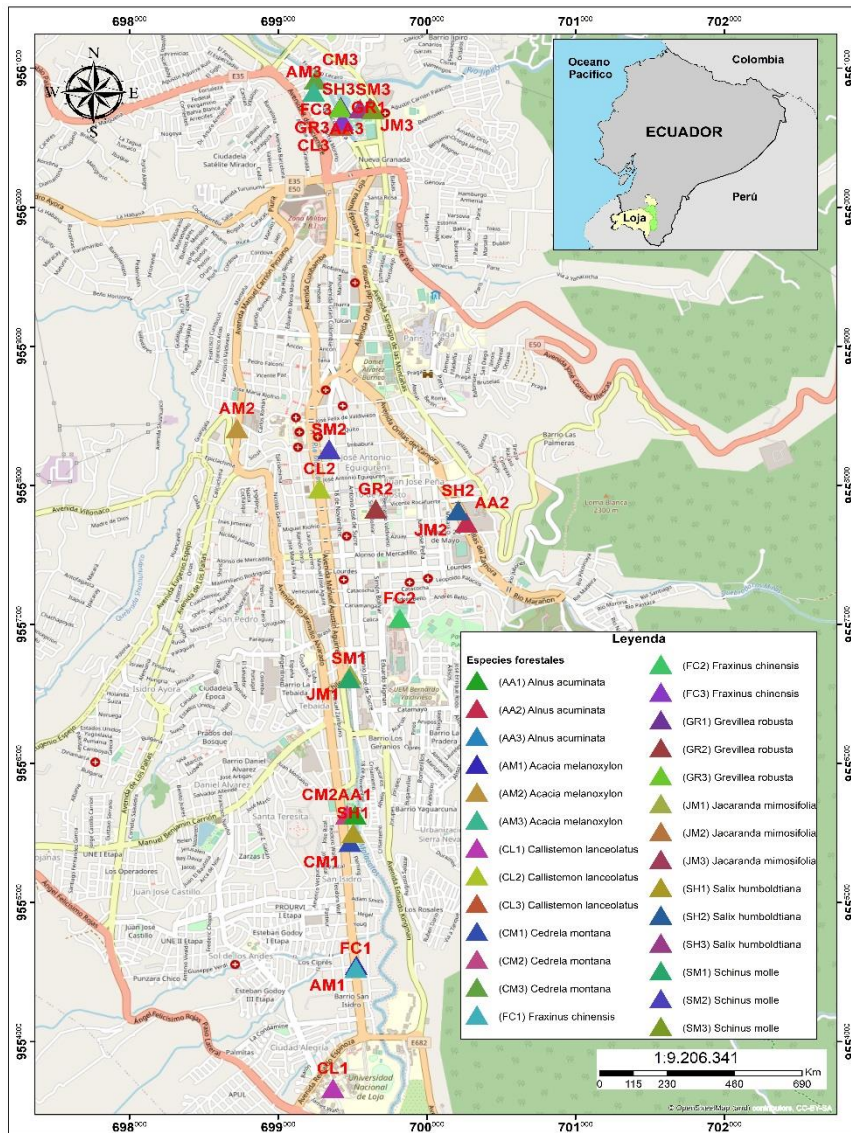
## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Loja en tres sectores norte, centro, y sur (Figura 11), en el cantón y provincia de Loja, Ecuador. La ciudad de Loja se encuentra ubicada entre las latitudes sur: -3.99313 y -79.20422. Tiene una superficie aproximada de 1.928 km<sup>2</sup>, con un rango altitudinal de 2100 a 2700 m s. n. m. precipitaciones promedio anual de 1453 mm, y con una temperatura media anual de 15 °C (Cornejo y Zorrilla, 2013).

**Figura 11.**

*Mapa de ubicación y distribución de 10 especies forestales en estudio al norte, centro, y sur de la ciudad de Loja.*



**Nota:** Las especies forestales estudiadas están simbolizadas en el mapa (Figura 11) según las dos primeras iniciales del nombre científico (genero y especie) en letras mayusculas y enumeradas según el sector de muestreo (norte = 3, centro = 2, sur = 1). **Ejm:** *Cedrela montana* – CM1, CM2, CM3.

## **5.2. Determinación de las características anatómicas y los cambios intraanuales de la madera de 10 especies forestales más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja**

### **5.2.1. Fase de campo**

#### **5.2.1.1. Selección de especies**

Para el estudio fue usada la base de datos de árboles urbanos del proyecto 17-DI-FARNR-2021: “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja” de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja. Fueron seleccionadas las diez especies forestales más frecuentes ubicadas en las avenidas y parques de la ciudad de Loja, distribuidas en tres sectores: norte, centro, y sur. Las 10 especies seleccionadas fueron: Cedro (*Cedrela Montana* Moritz ex Turcz), Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br), Aliso (*Alnus acuminata* Kunth), Calistemo (*Callistemon lanceolatus* Sweet), Ciprés (*Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gord), Fresno chino (*Fraxinus chinensis* Roxb), Arabisco (*Jacaranda mimosifolia* D. Don), Roble (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br), Sauce (*Salix humboldtiana* Willd), y Molle (*Schinus molle* L).

Luego, en cada especie y en cada uno de los sectores de la ciudad fueron seleccionados tres individuos. El criterio de selección de los individuos a muestrear fue según el método de selección de características deseables donde se consideró las variables: buena accesibilidad del sitio, buen estado fitosanitario, fuste recto, y diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 20 cm.

#### **5.2.2. Toma de muestras de madera**

Para la toma de las muestras de madera de los treinta individuos seleccionados fue utilizado un barreno de Pressler. Cada individuo fue barrenado a 1,30 m de DAP con dirección norte – sur, y las muestras fueron ubicadas en un soporte de madera debidamente etiquetadas, con el registro de la dirección de la extracción, nombre de la especie, y sitio de recolección. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja para el análisis anatómico.

#### **5.2.3. Fase de laboratorio**

Esta fase fue desarrollada en el laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales ubicado en la Universidad Nacional de Loja, siguiendo la metodología establecida por Feijoo et al., (2018). Con ciertas adaptaciones a la investigación, debido a que en este estudio los cortes anatómicos se realizaron a partir de núcleos de madera, debido a que al tratarse de árboles

urbanos de la ciudad de Loja no se pudo hacer una extracción destructiva para trabajar con probetas más grandes de madera.

#### **5.2.4. Obtención de cortes anatómicos de madera (transversal, tangencial. y radial)**

Para la obtención de los cortes anatómicos fue instalado el núcleo de madera obtenido del barreno en un micrótopo de deslizamiento GSL1/WSL diseñado por Gärtner et al. (2014). Para ello, primero fue realizado un corte tangencial seguido del transversal, con la finalidad de observar y marcar los radios en la madera para facilitar los cortes en el plano radial. Para obtener cortes lo más delgados posible se giró el tornillo graduado del micrótopo de 2 a 5 micras, y posteriormente, fue verificada su calidad en el microscopio.

##### **5.2.4.1. Preparación y tinción de las muestras de madera**

La preparación del tinte fue por separado, para el color rojo fue utilizada una solución de 0,8 g de polvo de Safranina en 100 ml de agua destilada, y para el color azul una solución de 0,8 g de polvo de Astrablue en 100 ml de agua destilada + 2 ml de ácido acético (sin el ácido acético, el tinte no se mantendrá estable). Ambas soluciones se agitaron fuertemente hasta que no queden restos o grumos sin disolver, y finalmente fueron mezcladas las dos soluciones para obtener el tinte final.

Para la tinción de los cortes anatómicos fue colocada una gota de tinte sobre la muestra de madera, a manera que cubra toda la superficie, y se la dejó reposar de 5 a 15 minutos. Pasado el tiempo de reposo, con la ayuda de una pipeta se lavó las muestras para limpiar el tinte en el siguiente orden: agua destilada, alcohol al 50%, alcohol al 75% y alcohol al 96%.

Finalmente, para eliminar completamente el agua de los cortes anatómicos fue realizada una deshidratación más fuerte colocando una gota de diluyente sobre toda la superficie de la muestra. Con la ayuda de papel toalla o servilleta se secó el exceso de humedad con mucho cuidado para no dañar el corte y evitar la adhesión de partículas sobre la muestra.

##### **5.2.4.2. Sellado y secado de las muestras de madera**

Con la ayuda de un palillo fue extraída una porción de Bálsamo de Canadá natural y se colocó una mínima cantidad en un extremo de la muestra. Luego, fue colocado el cubreobjetos sobre la muestra con Bálsamo de Canadá, y se presionó el cubreobjetos con precaución. Posteriormente, fueron envueltas las muestras en una lámina de papel de aluminio. Las muestras fueron presionadas con imanes sobre una placa metálica para tener presión constante durante todo el tiempo de secado y evitar que queden burbujas de aire. Finalmente, las placas metálicas con las muestras se colocaron en la estufa a una temperatura de 75°C por 24 horas o hasta que se seque completamente el Bálsamo de Canadá.

### 5.2.4.3. Observación digital y configuración de la escala de las muestras anatómicas

Para realizar la observación digital de las muestras anatómicas se utilizó el Software Infinity Analyze. También, en este proceso fue utilizado un microscopio marca Olympus modelo BX41TF. Es indispensable verificar que el número de lente del microscopio coincida con el número de lente del software. Para ajustar automáticamente la imagen digital a un color más natural únicamente se abre el software Infinity Capture. Se toma en cuenta que antes de realizar la captura de una imagen debe estar correcta la dirección de la muestra, cortes transversales o tangenciales (radios verticales), y en corte radial (radios horizontales).

Para insertar la escala se ingresa a la opción menú “Anotar” y se selecciona “Micrómetro”, aquí se configura los parámetros que se consideren necesarios. Para imágenes con el lente 4X y 10X se ajusta a una longitud de 100  $\mu\text{m}$ , y para imágenes con el lente 20X y 40X a una longitud de 50  $\mu\text{m}$ . Finalmente, cuando ya esté determinada la escala y ajustados todos los parámetros de la imagen digital se procede a la captura de esta. Esto se puede realizar desde el menú Archivo en “Guardar como”.

### 5.2.5. Identificación de las características anatómicas para latifoliadas y coníferas de acuerdo con la nomenclatura de la International Association of Wood Anatomist (IAWA)

Para la identificación de las características anatómicas de la madera de las 10 especies forestales más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja fue aplicada la normativa IAWA (Anexo 1 y Anexo 2). De la cual se identificó 87 características para latifoliadas (Tabla 1), y 42 características para coníferas (Tabla 2) (Wheeler y Gasson, 1989);(Richter y Gasson, 2004).

**Tabla 1.**

*Características anatómicas para especies latifoliadas utilizadas en el presente estudio, de acuerdo con la nomenclatura IAWA.*

Nro. Caract	Nro. IAWA	Nombre corto de la característica*
		<b>Anillo de crecimiento</b>
1	1	A_crec_visible
2	2	A_crec_ausentes
3	3	A_poroso
4	4	A_semiporoso
5	5	A_poros_difusos
		<b>Vasos</b>
6	6	V_bandas_tang
7	7	V_patrones_radiales
8	8	V_patrones_dendriticos

<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
9	9	V_solitarios
10	10	V_grupos_radiales
11	11	V_grupos_comunes
		<b>Contorno vasos solitarios</b>
12	12	P_ang_v_solitarios
		<b>Placas de perforación</b>
13	13	PP_simple
14	14	PP_escalariforme
15	15	PP_escalariforme_10
16	16	PP_escalariforme_10_20
17	17	PP_escalariforme_20_40
18	18	PP_escalariforme_40
19	19	Ret_for_otros
		<b>Punteaduras</b>
20	20	Punt_escalariforme
21	21	Punt_opuestas
22	22	Punt_alternas
23	23	Forma_punt_alternas
24	24	Punt diminuta $\leq 4 \mu\text{m}$
25	25	Punt_pequeño 4-7 $\mu\text{m}$
26	26	Punt_medio 7-10 $\mu\text{m}$
27	27	Punt_grande $\geq 10 \mu\text{m}$
		<b>Diámetro medio tangencial de la lúmina de los vasos (Diam_lum_v)</b>
28	40	$\leq 50 \mu\text{m}$
29	41	50-100 $\mu\text{m}$
30	42	100-200 $\mu\text{m}$
31	43	$\geq 200 \mu\text{m}$
32	44	Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x
33	45	Vasos_dist_clas_diam
		<b>Vasos (poros) por milímetro cuadrado (V_mm2)</b>
34	46	$\leq 5 \text{ P mm}^2$
35	47	5-20 P mm <sup>2</sup>
36	48	20-40 P mm <sup>2</sup>
37	49	40-100 P mm <sup>2</sup>
38	50	$\geq 100 \text{ P mm}^2$
39	51	Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x
		<b>Longitud media del elemento del vaso</b>
40	52	LmeV $\leq 350 \mu\text{m}$
41	53	LmeV 350-800 $\mu\text{m}$
42	54	LmeV $\geq 800 \mu\text{m}$

<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
43	55	Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x
		<b>Tilosis</b>
44	56	T_común
45	57	T_esclerótica
46	58	Gomas_otros
		<b>Espesor de la pared de fibra</b>
47	68	FP_muy_delgada
48	69	FP_delgada_gruesa
49	70	FP_muy_gruesas
		<b>Parénquima</b>
50	75	Pa_ausente
51	76	Pa_difuso
52	77	Pa_difuso_agregado
53	78	Pa_paratraqueal_escaso
54	79	Pa_vasicentrico
55	80	Pa_aliforme
56	81	Pa_adiamantado_aliforme
57	82	Pa_alado_aliforme
58	83	Pa_confluente
59	84	Pa_unilat_paratraqueal
60	85	Pa_bandas_mas_3_cel
61	86	Pa_bandas_finas_hasta_3_cel
62	87	Pa_reticulado
63	88	Pa_escaliforme
64	89	Pa_marginal
		<b>Parénquima axial por tipo de células longitud de hebra - pág. 280</b>
65	90	Cel_p_fusiforme
66	91	Dos_cel_hebra_p
67	92	Cuatro_cel_hebra_p
68	93	Ocho_cel_hebra_p
69	94	Mas_ocho_cel_hebra_p
70	95	P_no_lignificado
		<b>Radios</b>
71	96	R_exc_uniseriado
72	97	R_1_3_series
73	98	R_4_10_series
74	99	R_may_10_series
75	100	R_porciones_multiseriadas
76	101	R_agre
77	102	R_alt_1mm
78	103	R_dos_tam_distintos



<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
<b>79</b>	104	Todas_procumbentes
<b>80</b>	105	Todas_vert_cuadr
<b>81</b>	106	Cuerpo_procumbentes_1fila_cuadradas
<b>82</b>	107	Cuerpo_procumbentes_2_4filas_cuadradas
<b>83</b>	108	Cuerpo_procumbentes_4filas_cuadradas
<b>84</b>	109	Cel_procum_cuadr_vert
		<b>Radios por milímetro (r_mm)</b>
<b>85</b>	114	R_≤ 4 / mm
<b>86</b>	115	R_4–12 / mm
<b>87</b>	116	R_≥ 12 / mm

*Nota.* Ver la lista con nombres completos en el Anexo 1

**Tabla 2.**

*Características anatómicas para especies coníferas utilizadas en el presente estudio de acuerdo con la nomenclatura IAWA.*

<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
		<b>Anillos De Crecimiento</b>
<b>1</b>	40	40. Límites del anillo de crecimiento distintos
<b>2</b>	41	41. Límites del anillo de crecimiento borrosos o ausentes
<b>3</b>	42	42. T_mad tem_mad tar_ Abrupto
<b>4</b>	43	43. T_mad tem_mad tar_ Gradual
		<b>Traqueidas</b>
<b>5</b>	44	44. Ptr_Pr_(predominantemente) Uniseriados
<b>6</b>	45	45. Ptr_Pr_(predominantemente) Dos o más seriados
<b>7</b>	46	46. Opuesto
<b>8</b>	47	47. Alternos
<b>9</b>	48	48. Presente
		<b>Longitud media de la traqueida (clases de tamaño) - p. 22</b>
<b>10</b>	50	50. Corto (menos de 3000 μm)
<b>11</b>	51	51. Medio (3000 a 5000 μm)
<b>12</b>	52	52. Largo (más de 5000 μm)
		<b>Espacios intercelulares en toda la madera (en sección transversal) - p. 23</b>
<b>13</b>	53	53. Presente
<b>14</b>	54	54. Pared delgada (espesor de pared doble menor que el diámetro del lumen radial)
<b>15</b>	55	55. Pared gruesa (espesor de doble pared mayor que el diámetro del lumen radial)
		<b>Parénquima Axial</b>

<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
		<b>Parénquima axial (excluidas las células epiteliales y subsidiarias de los canales intercelulares) - p. 35</b>
<b>16</b>	72	72. Presente
		<b>Disposición del parénquima axial - pág. 37</b>
<b>17</b>	73	73. Difusa (distribuida uniformemente a lo largo de todo el crecimiento)
<b>18</b>	74	74. Tangencialmente zonificar
<b>19</b>	75	75. Marginal
		<b>Paredes transversales - p. 39</b>
<b>20</b>	76	76. Suave
<b>21</b>	77	77. Engrosamiento irregular
<b>22</b>	78	78. Perlas o nodular
		<b>Composición En Radio</b>
<b>23</b>		<b>Radio traqueal - p. 40</b>
<b>24</b>	79	79. Comúnmente presente
<b>25</b>	80	80. Ausente o muy raro
		<b>Tamaño Radio</b>
<b>26</b>	101	101. ... < μm >>>...
<b>27</b>	102	102. Muy bajo (hasta 4 células)
<b>28</b>	103	103. Medio (5 a 15 células)
<b>29</b>	104	104. Alto (de 16 a 30 células)
<b>30</b>	105	105. Muy alta (más de 30 células)
		<b>Canales Intercelulares</b>
		<b>Canales intercelulares axiales (resina) - p. 58</b>
<b>31</b>	109	109. Presente
		<b>Canales intercelulares radiales (resina) - p. 60</b>
<b>32</b>	110	110. Presente
		<b>Canales traumáticos (de resina) (axiales, radiales) - p. 60</b>
<b>33</b>	111	111. Presente
		<b>Células epiteliales (de canales intercelulares) - pág. 62</b>
<b>34</b>	116	116. De pared gruesa
<b>35</b>	117	117. De pared delgada
		<b>Inclusiones Minerales</b>
		<b>Cristales - p. 65</b>
<b>36</b>	118	118. Presente
		<b>Tipo de cristales - p. 65</b>
<b>37</b>	119	119. Prismático
<b>38</b>	120	120. Drusas
<b>39</b>	121	121. Otras formas (especifique)
		<b>Cristales localizados en - p. 65</b>
<b>40</b>	122	122. Radio

<b>Nro. Caract</b>	<b>Nro. IAWA</b>	<b>Nombre corto de la característica*</b>
<b>41</b>	123	123. Parénquima axial
<b>42</b>	124	124. Células asociadas a canales intercelulares

*Nota.* Ver la lista con nombres completos en el Anexo 2

A partir de este listado de características se realizó la identificación mediante variables binarias categorizadas como: presencia con el número (1) y ausencia con el número (0). Clasificando de esta manera a cada una de las características anatómicas de la madera de cada individuo. La información recopilada fue organizada en una base de datos como se muestra en la Anexo 3.

#### **5.2.5.1. Análisis de datos para latifoliadas**

Para identificar la similitud entre las especies en base a su caracterización anatómica se realizó cuatro análisis diferentes: Matriz de correlación, Boxplot-COMPARACIÓN, Gráficos de vértices-Kruskall-Wallis-ANOVA, Conglomerado-Similitud. Estos análisis fueron realizados en el software estadístico R junto con el software de manejo y visualización RStudio como ambiente de desarrollo integrado (Versión 4.1.1–© 2021 RStudio, Inc.).

#### **5.2.5.2. Análisis de datos para coníferas**

Esta investigación incluyó una especie gimnosperma o conífera, de la familia Cupressaceae (*Cupressus macrocarpa*). La descripción anatómica de esta especie se realizó mediante la lista estándar de identificación microscópica de maderas de coníferas establecida por Baas et al. (2004) de la IAWA Committee. En el caso de coníferas no se realizó un análisis, mediante cuadros de correlación ni gráficas de diagramas de cajas, sino una caracterización manual de la especie, esto debido a que sólo se cuenta con una especie conífera, esto no permite realizar un análisis comparativo multivariado. Ya que, para poder usar herramientas de visualización gráfica de procesamiento y análisis se requiere de un número grande de datos, en este caso el número de variables fue reducido a diferencia de especies forestales latifoliadas que constó de nueve especies.

#### **5.2.6. Caracterización anatómica cuantitativa**

Para medir las variables cuantitativas fue seguida la referencia establecida en la lista IAWA (Wheeler & Gasson, 1989). En la que se recomienda tomar 25 mediciones por cada variable para asegurar resultados confiables y veraces en los análisis estadísticos.

### ***5.2.7. Procesamiento y análisis estadístico de los datos***

Para la identificación de las características anatómicas similares y la relación que existe entre las nueve especies se realizó una clasificación no supervisada mediante gráficos de diagrama de caja (Boxplot) con el software R y RStudio. Además, fueron realizadas matrices de correlación y gráficos de vértices con los análisis no paramétricos de Kruskal – Wallis, y Wilcox test por la naturaleza de datos de este estudio que fueron muestras pequeñas sin una distribución normal; procedimiento que además fue utilizado para la caracterización cualitativa de cambios intraanuales de la madera. En cuanto al análisis cuantitativo de las características anatómicas su evaluación fue realizada mediante el análisis de las siguientes variables: número de vasos, diámetro de lumina de vaso, elemento de vaso, número de radios, tamaño de radios, y punteaduras, en las que se tomaron 25 repeticiones por cada una de las variables para luego realizar el análisis de componentes principales mediante un PCA, con el propósito de buscar relación entre las mismas. Finalmente, para el análisis de la evaluación intraanual de madera temprana y tardía fueron analizadas las siguientes variables cualitativas: presencia y ausencia de anillos de crecimiento, vasos, parénquima, tilosis, y fibras. Mientras que las variables cuantitativas fueron: número de vasos, diámetro de vasos, y diámetro de fibras tanto para madera temprana como para tardía.

## 6. Resultados

### 6.1. Características anatómicas cualitativas y cuantitativas de la madera

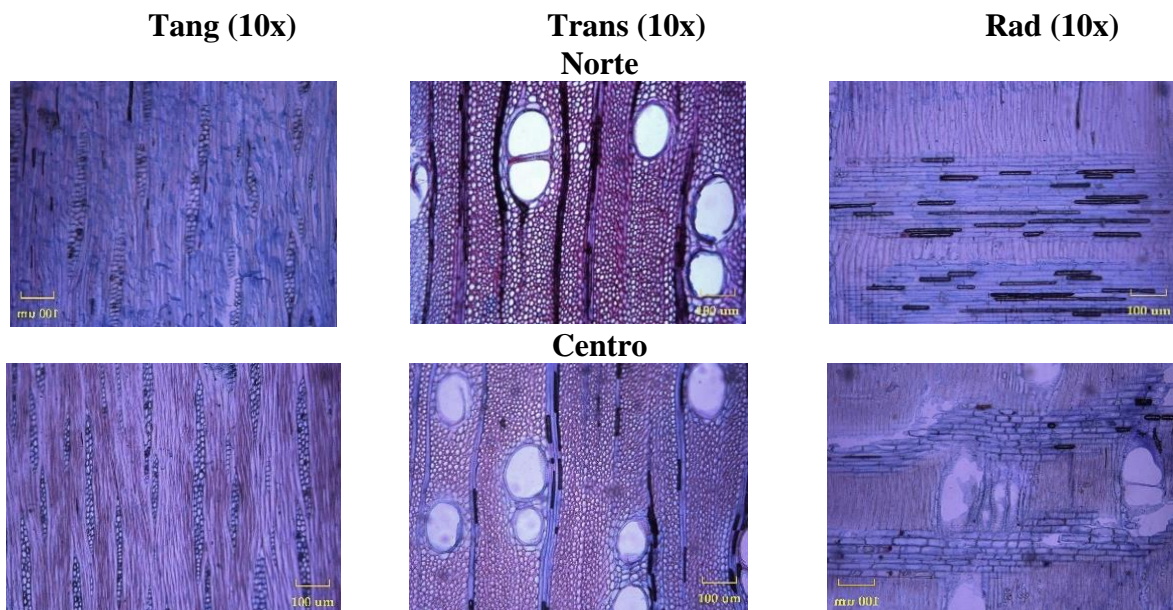
#### 6.1.1. Características anatómicas cualitativas de la madera

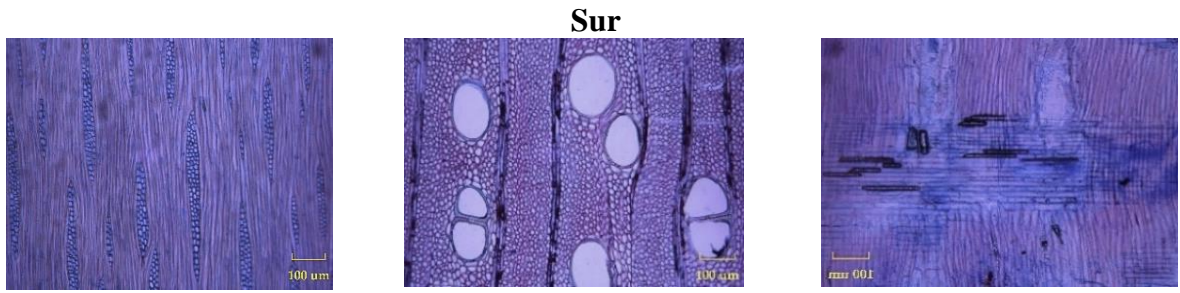
En base al análisis cualitativo se determinó que las especies estudiadas no presentaron diferencias significativas por sector en la ciudad de Loja. Se encontró que cinco especies mostraron anillos de crecimiento visibles, como: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*. Y cinco anillos de crecimiento poco visibles, como: *Acacia melanoxylon*, *Callistemon lanceolatus*, *Grevillea robusta*, *Schinus molle* y *Cupressus macrocarpa*. Las especies con anillos visibles tuvieron en común vasos en patrones radiales, vasos solitarios (excepto *Alnus acuminata*), punteaduras simples (excepto *Alnus acuminata*), punteaduras alternas (excepto *Alnus acuminata*), pared de fibra delgada a gruesa (excepto *Salix humboldtiana*), y células radiales todas procumbentes (excepto *Salix humboldtiana*). Por otro lado, todas las especies con anillos ausentes presentaron poros difusos, punteaduras simples, y punteaduras alternas. Sin embargo, a nivel de especie se encontraron diferencias cualitativas, como se muestra desde la Figura 12 a la Figura 21.

#### *Acacia melanoxylon* R. Br. (Faique negro)

##### Figura 12.

Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de *Acacia melanoxylon*



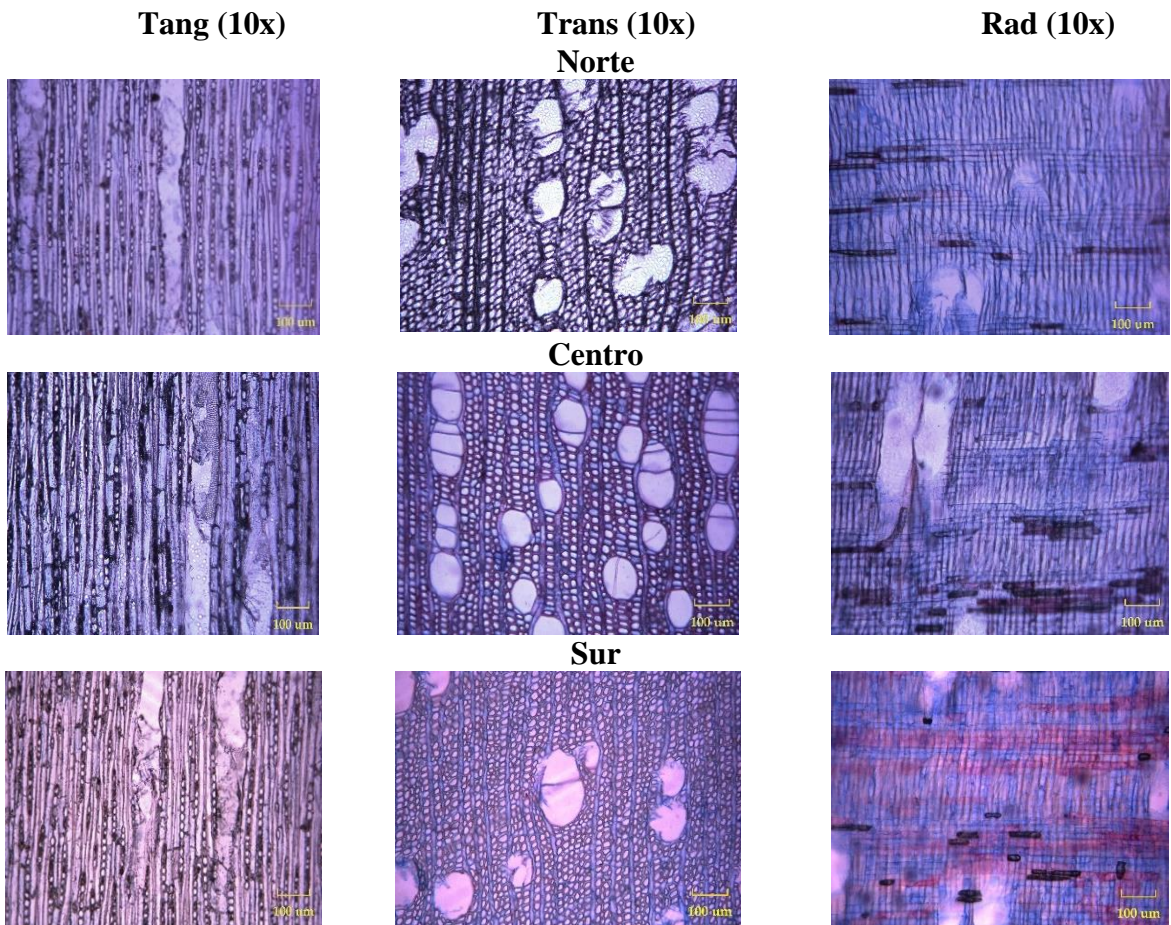


*Acacia melanoxylon*: anillos de crecimiento ausentes, anillos con poros difusos, vasos en patrones y grupos radiales, placas de perforación simple, punteaduras alternas, tilosis en gomas, espesor de la pared de fibra muy delgada, parenquima vasicentrico, células del parénquima axial fusiforme, radios de 1 a 3 series todos procumbentes (Figura 12).

***Alnus acuminata* Kunth. (Aliso)**

**Figura 13.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de Alnus acuminata*

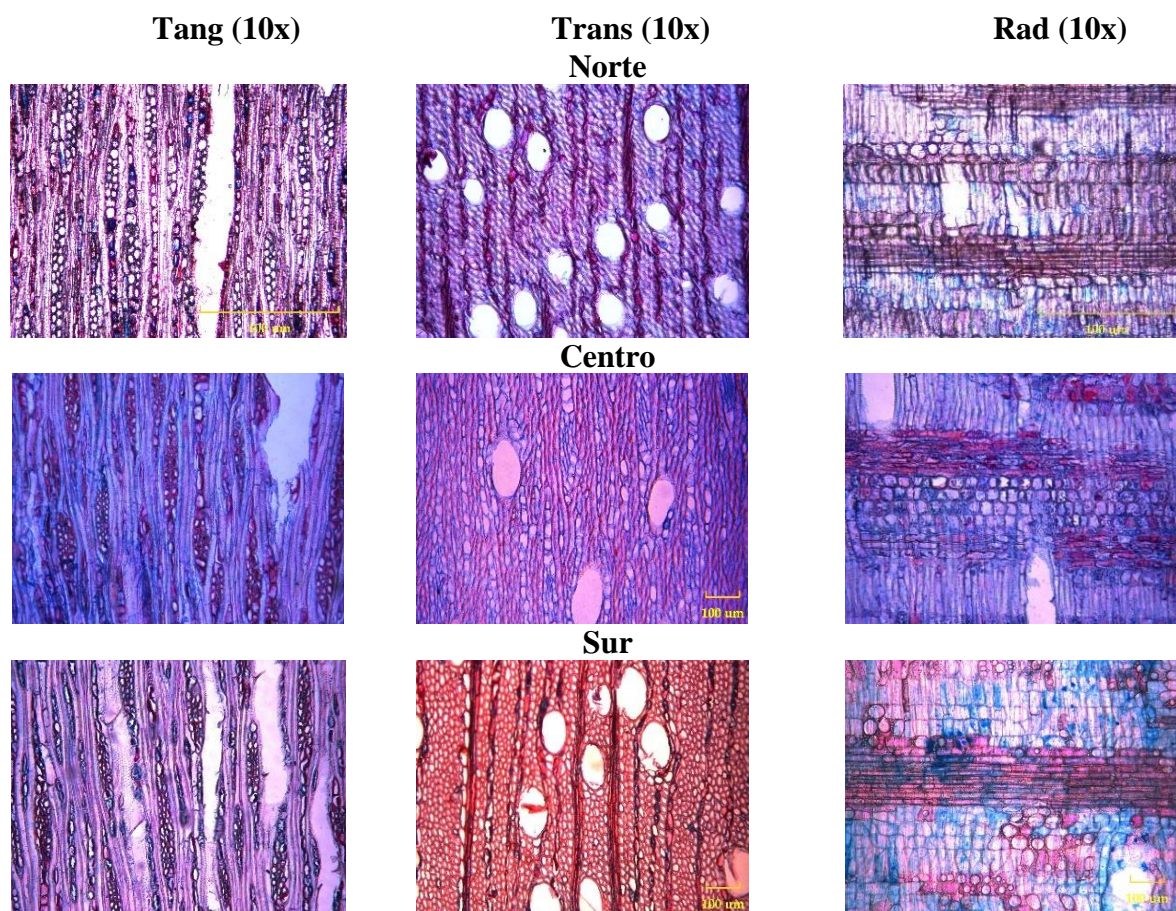


*Alnus acuminata*: anillos de crecimiento visibles, anillos con poros difusos, vasos en patrones radiales, placas de perforación escaliformes, tilosis común, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima difuso a ausente, parénquima axial paratraqueal escaso con más de ocho células por hebra, radios exclusivamente uniseriados, agregados con todas las células procumbentes (Figura 13).

***Callistemon lanceolatus* Sweet. (Calistemo)**

**Figura 14.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de Callistemon lanceolatus*

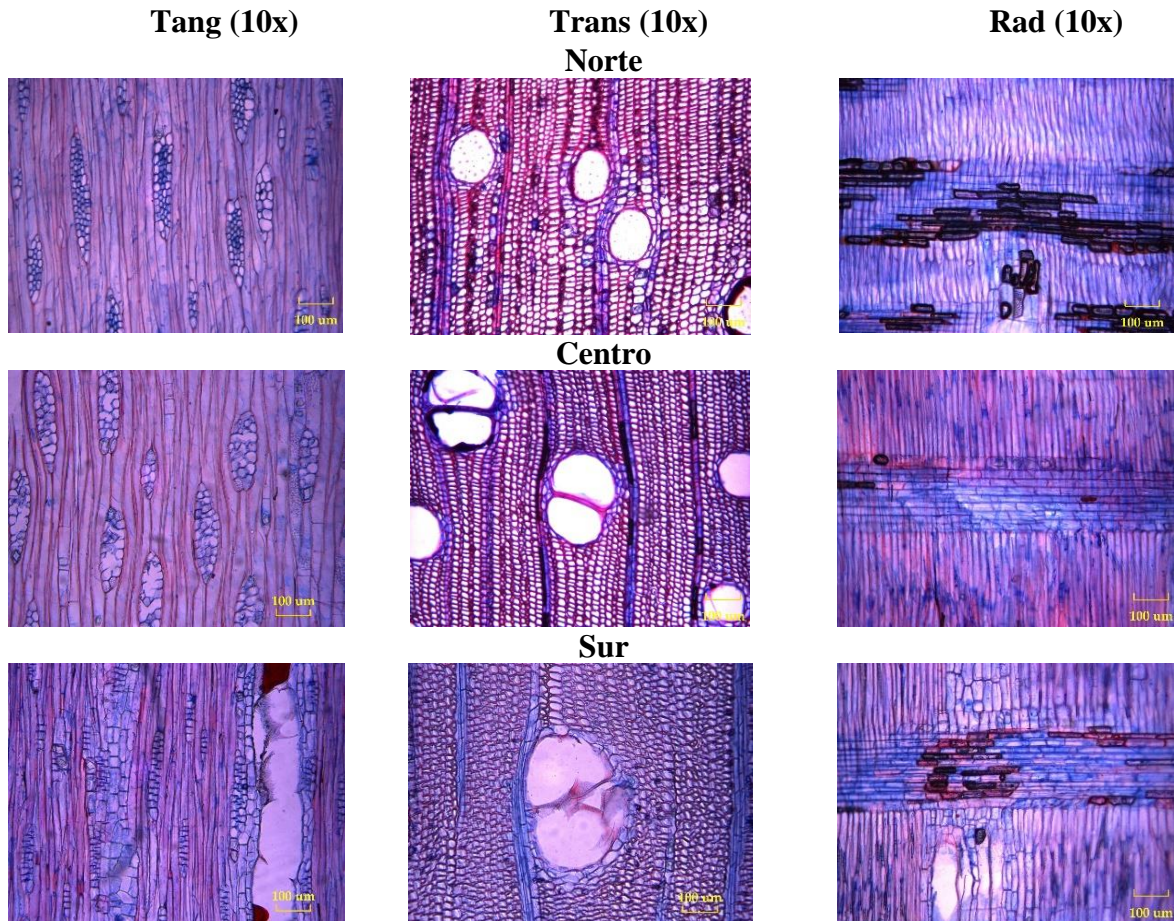


*Callistemon lanceolatus*: anillos de crecimiento ausentes, anillos con poros difusos, vasos solitarios, placas de perforación simple, punteaduras alternas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima difuso: en bandas finas hasta 3 células de ancho, parénquima axial de dos células por hebra, radios de 1 a 3 series de cuerpo procumbente de 2 a 4 filas cuadradas (Figura 14).

***Cedrela montana* Moritz ex Turcz. (Cedro)**

**Figura 15.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de Cedrela montana*



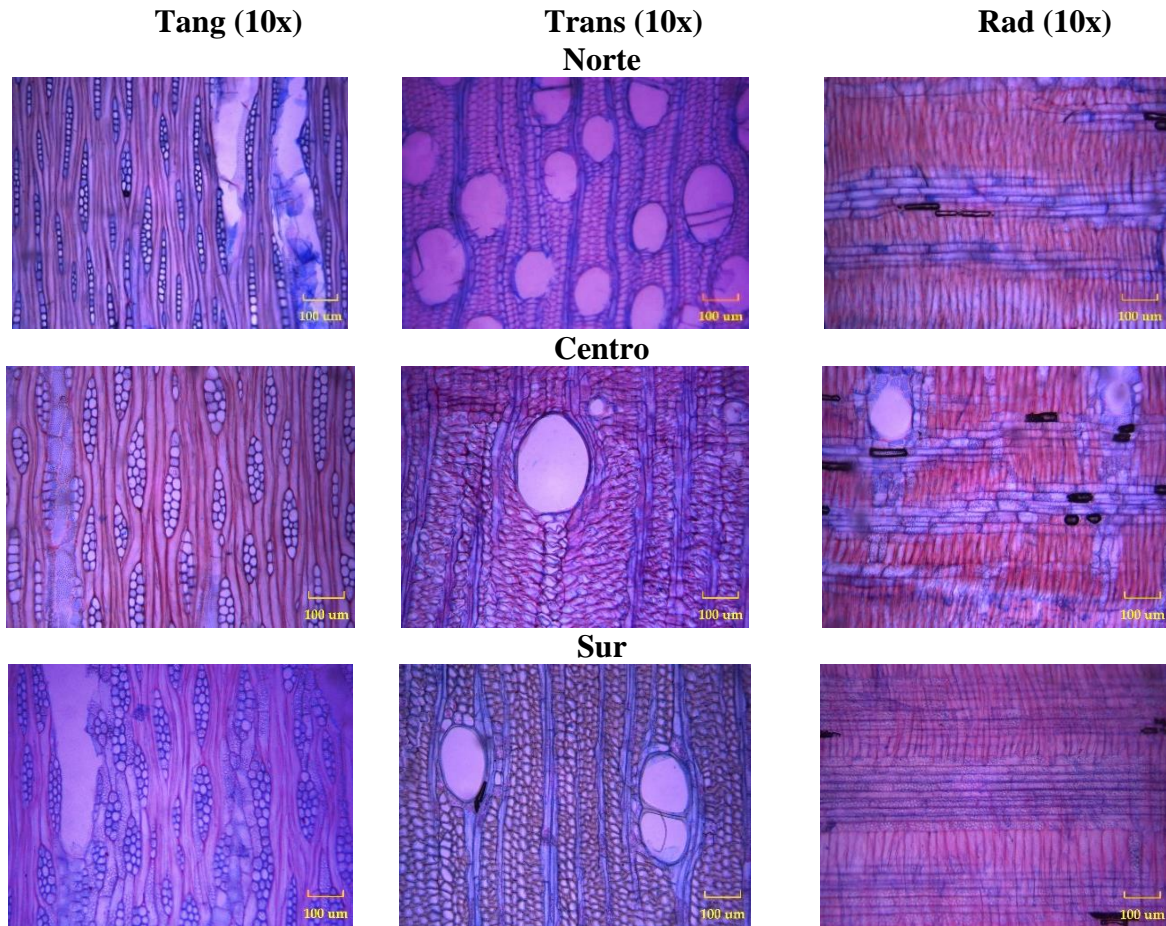
*Cedrela montana*: anillos de crecimiento visibles, anillos con poros difusos, vasos solitarios en patrones radiales, placas de perforación simple, punteaduras alternas, tilosis en gomas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima vasicentrico a marginal, parénquima axial de cuatro células por hebra, radios de 1 a 3 series de cuerpo procumbente de 2 a 4 filas cuadradas (Figura 15).



***Fraxinus chinensis* Roxb. (Fresno chino)**

**Figura 16.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de Fraxinus chinensis*

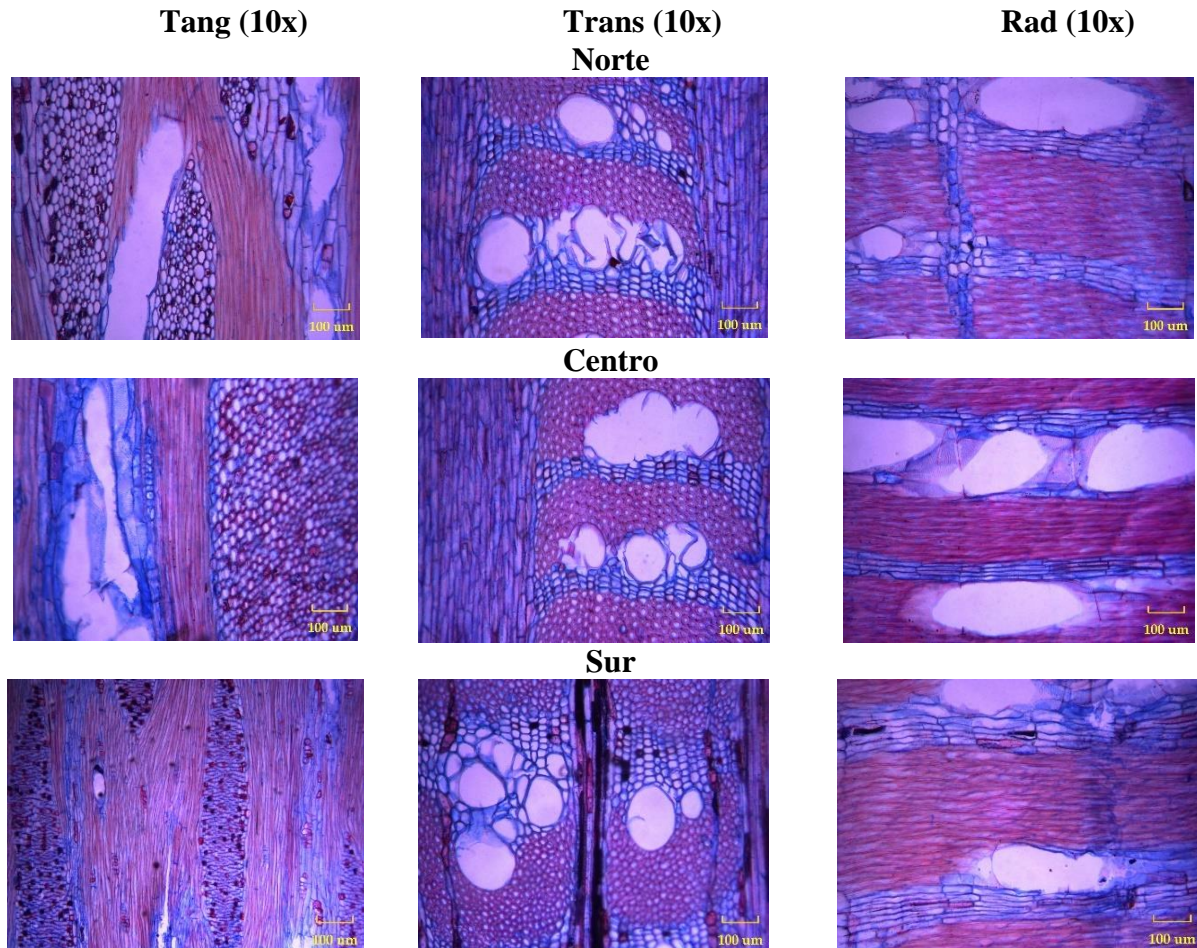


*Fraxinus chinensis*: anillos de crecimiento visibles, anillos porosos, vasos solitarios, placas de perforación simple, punteaduras alternas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima vasicéntrico, parénquima axial parénquima axial de cuatro células por hebra, radios de 1 a 3 serie exclusivamente uniseriados (Figura 16).

*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R.Br. (Roble)

**Figura 17.**

Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de *Grevillea robusta*

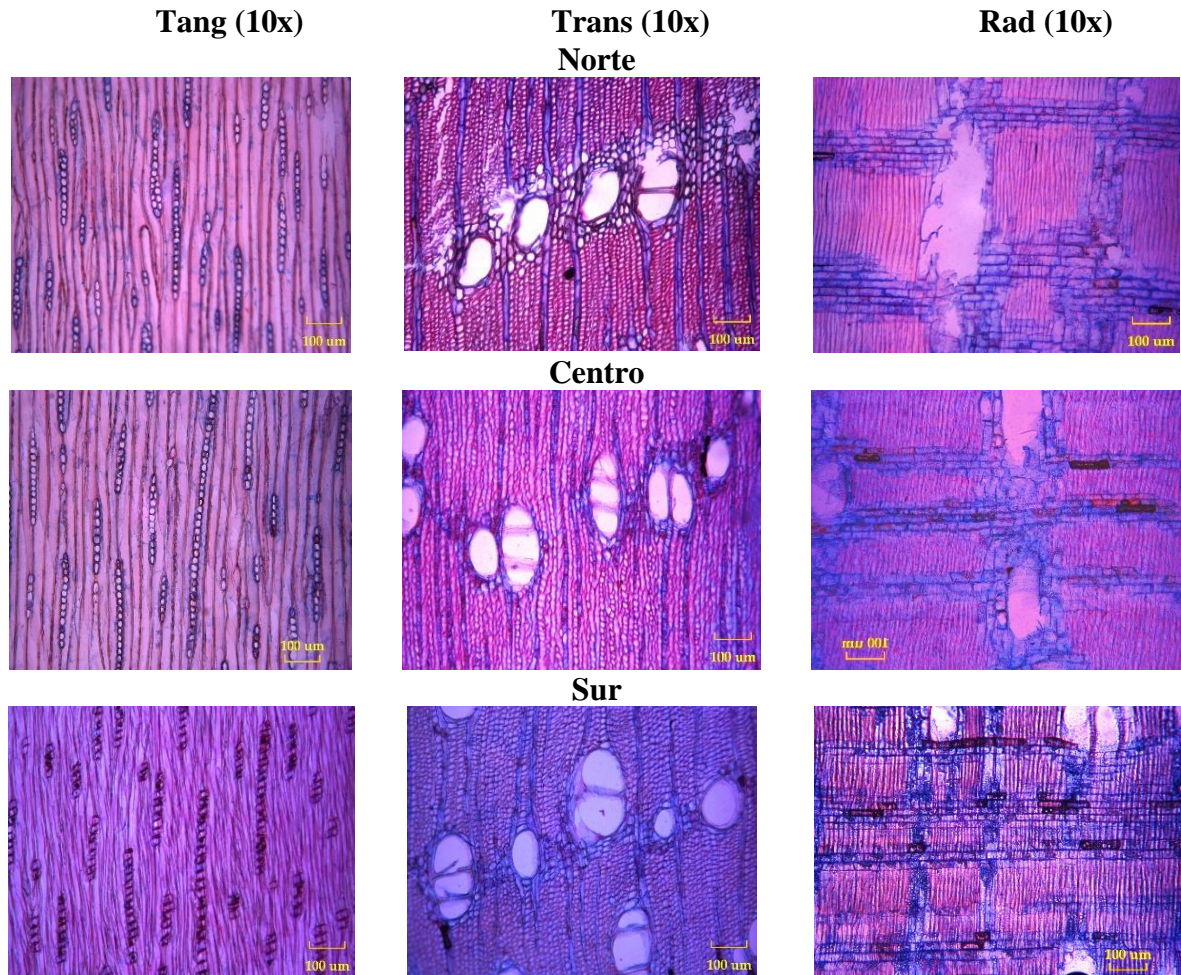


*Grevillea robusta*: anillos de crecimiento ausentes, anillos con poros difusos, vasos en bandas tangenciales en grupos comunes, placas de perforación simple, punteaduras alternas, tilosis común, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima confluyente-unilateral paratraqueal con bandas finas de hasta 3 células de ancho, parénquima axial de ocho células por hebra, radios mayores a 10 series exclusivamente uniseriados de cuerpo procumbente de 1 fila cuadradas (Figura 17).

*Jacaranda mimosifolia* D. Don. (Arabisco)

**Figura 18.**

Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de *Jacaranda mimosifolia*

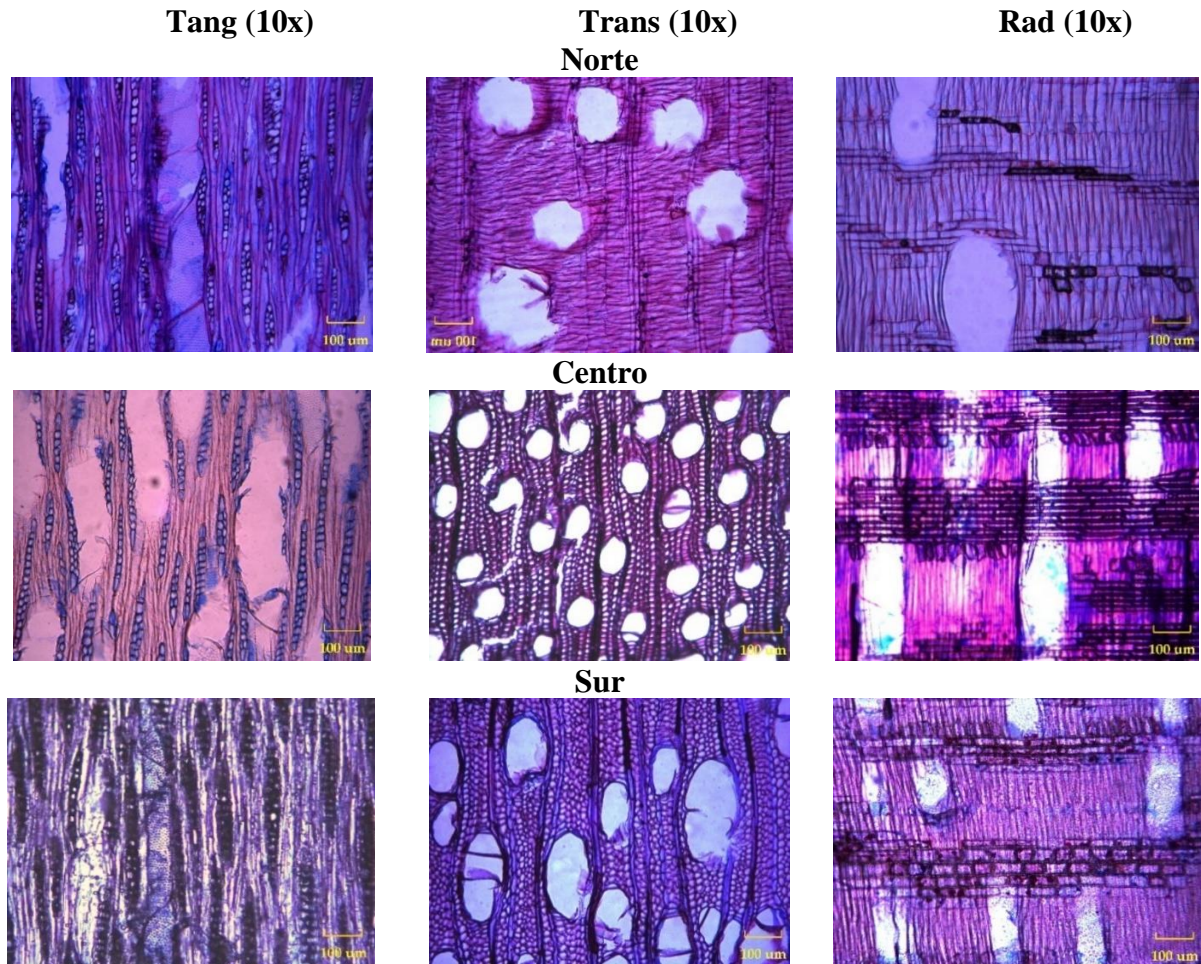


*Jacaranda mimosifolia*: anillos de crecimiento visibles, anillos con poros difusos, vasos solitarios en bandas tangenciales, placas de perforación simple, punteaduras alternas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima difuso-agregado vasicentrico con bandas finas de hasta 3 células de ancho, parénquima axial de cuatro células por hebra, radios exclusivamente uniseriados todos procumbentes (Figura 18).

*Salix humboldtiana* Willd. (Sauce)

**Figura 19.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial Salix humboldtiana*

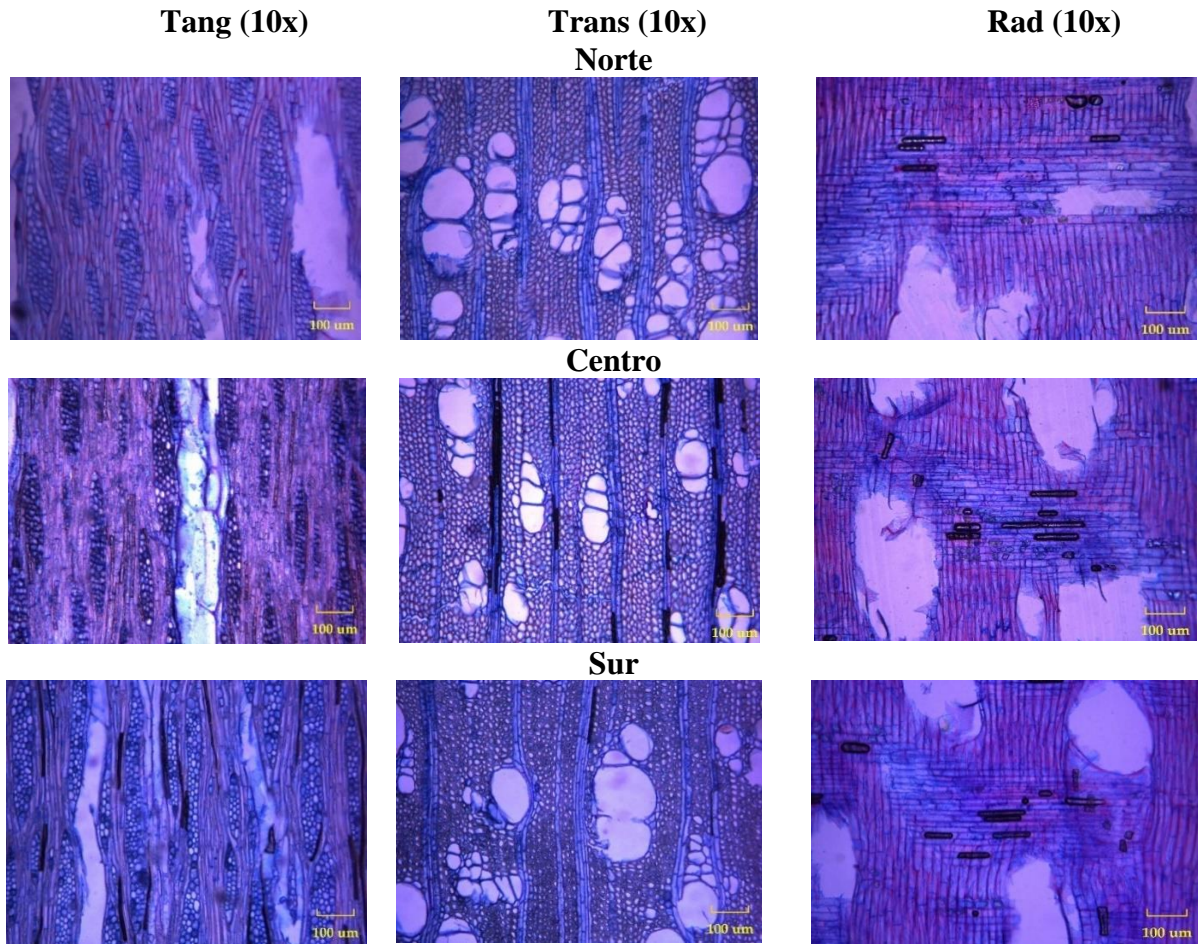


*Salix humboldtiana*: anillos de crecimiento visibles, anillos semiporosos, vasos solitarios en patrones radiales, placas de perforación simple, punteaduras alternas, tilosis común, espesor de la pared de fibra muy delgada, parénquima ausente, parénquima axial de dos células por hebra, radios exclusivamente uniseriados de cuerpo procumbente de 1 fila cuadradas (Figura 19).

*Schinus molle* L. (Molle)

**Figura 20.**

*Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de Schinus molle*

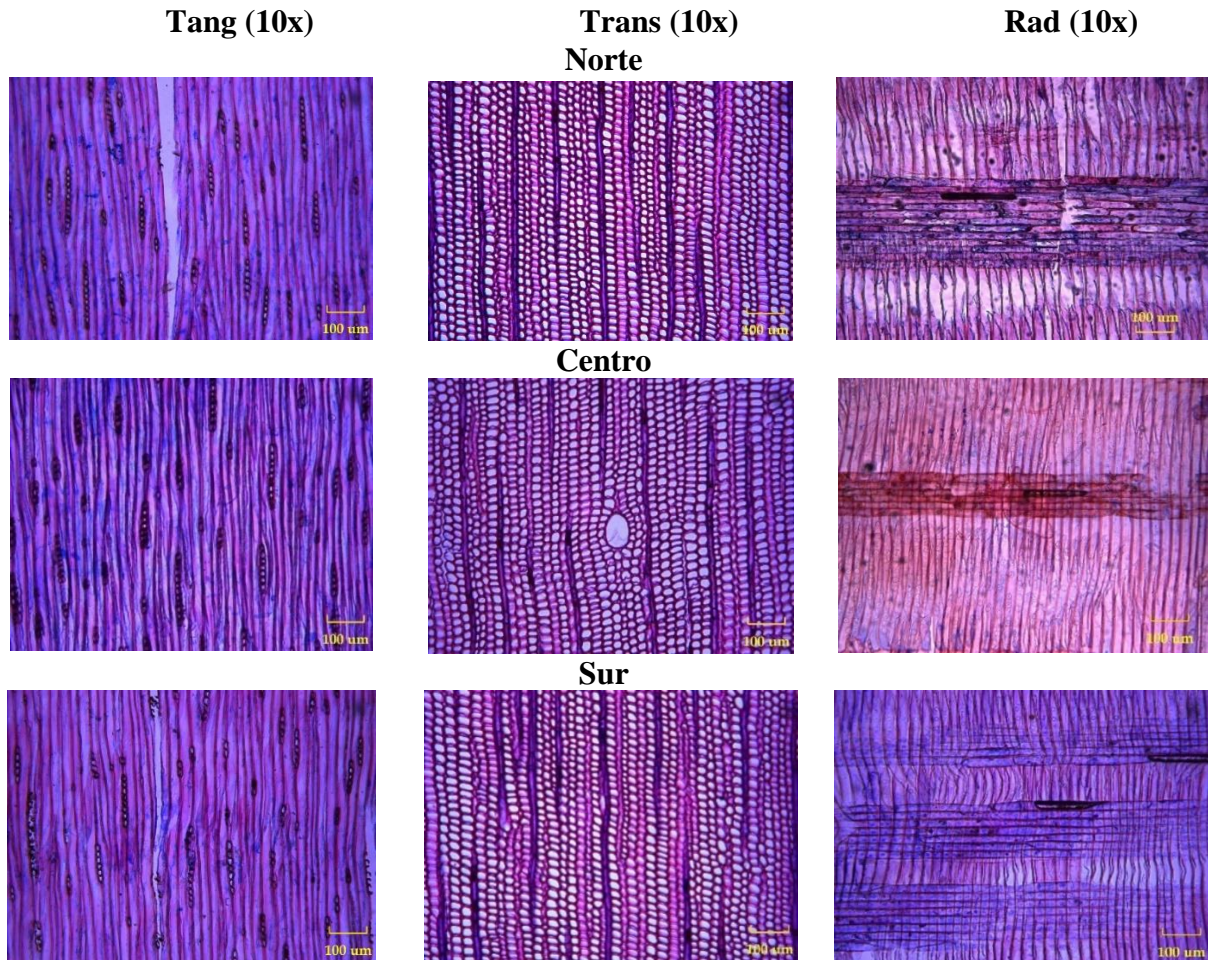


*Schinus molle*: anillos de crecimiento ausentes, anillos con poros difusos, vasos en patrones radiales, placas de perforación simple, punteaduras alternas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima ausente-paratraqueal escaso, parénquima axial de cuatro células por hebra, radios de 4 a 10 series de cuerpo procumbente de 1 fila cuadradas (Figura 20).

*Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gord. (Ciprés)

**Figura 21.**

Imágenes y descripción microscópica en sus planos tangencial, transversal, y radial de *Cupressus macrocarpa*



\*Conífera

*Cupressus macrocarpa*: límites del anillo de crecimiento borrosos a ausentes, punteaduras en traqueidas en paredes radiales predominantemente: uniseriados, traqueidas en espacios intercelulares en toda la madera (en sección transversal): presente con el espesor del muro traqueal de la madera tardía: pared delgada, parénquima axial presente con disposición tangencialmente zonificar y con paredes transversales de perlas o nodular, composición en el radio traqueal comúnmente presente, canales intercelulares axiales presente y células epiteliales de pared delgada (Figura 21).

### 6.1.2. Matriz de correlación

**Figura 22.**

Análisis de correlación de las especies estudiadas mediante el promedio de las características anatómicas cualitativas con un nivel de significancia de  $p\text{-value} = 0,05$

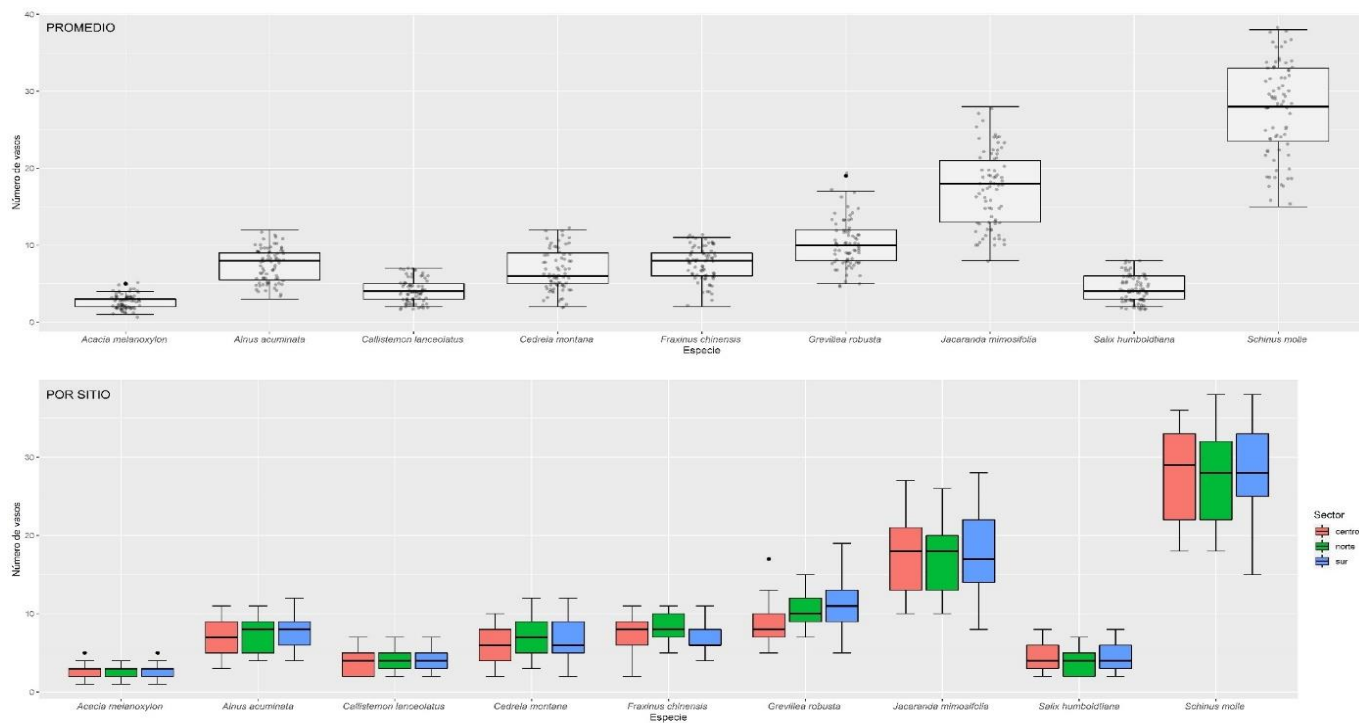


De acuerdo con el análisis de la matriz de correlación (Figura 22) se demostró que de las nueve especies estudiadas únicamente tres presentan correlación significativa mayor o igual al 50%. *Cedrela montana* con un 70% de correlación con *Fraxinus chinensis* ( $p\text{-value}: 1,47\text{-}07$ ), y el 60% de correlación entre *Jacaranda mimosifolia* ( $p\text{-value}: 0,0006$ ) y *Fraxinus chinensis* ( $p\text{-value}: 0,0008$ ). En cambio, las especies con una menor correlación fueron *Cedrela montana* con un 40% de correlación con *Acacia melanoxydon* ( $p\text{-value}: 0,005$ ) y *Callistemon lanceolatus* ( $p\text{-value}: 0,018$ ).

### 6.1.3. Características anatómicas cuantitativas de la madera

**Figura 23.**

Diagrama de caja (Boxplot) del número de vasos en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.

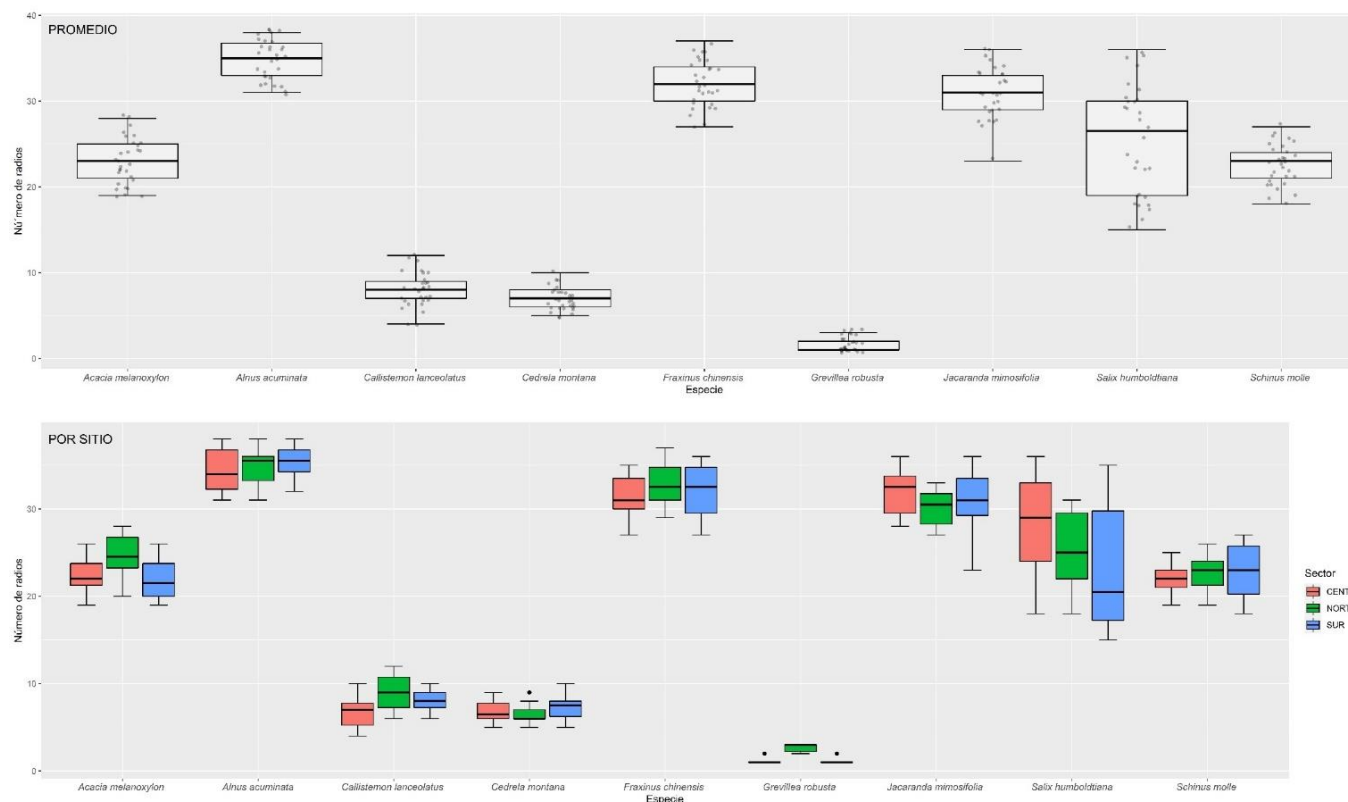


El mayor número de vasos en promedio fueron contabilizados en las especies: *Schinus molle* y *Jacaranda mimosifolia* (Figura 23). Además, analizando a nivel de sector se determinó que las especies *Grevillea robusta* (p-value: 0,003) y *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,026) presentaron una varianza moderada entre los tres sectores, a diferencia de las especies *Acacia melanoxylon* (p-value: 0,985), *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,933) y *Schinus molle* (p-value: 0,866) que presentaron valores de varianza más bajos.



**Figura 24.**

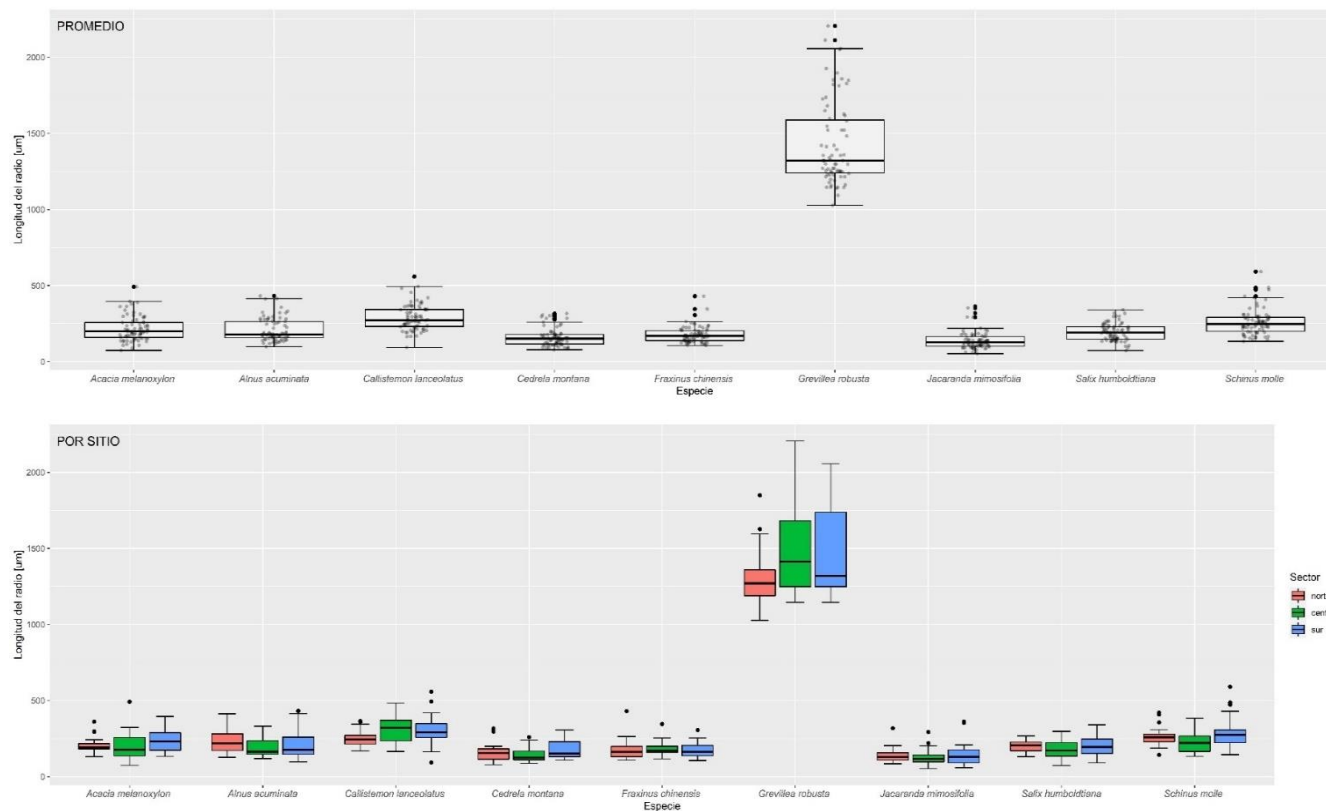
Diagrama de caja (Boxplot) del número de radios en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.



El mayor número de radios en promedio fue determinado en las especies: *Alnus acuminata*, *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia* (Figura 24). Además, analizando a nivel de sector se determinó que las especies: *Grevillea robusta* (p-value: 3,11E-05) y *Acacia melanoxylon* (p-value: 0,055) presentaron una grande variabilidad a diferencia de las especies: *Alnus acuminata* (p-value: 0,787), *Schinus molle* (p-value: 0,669) y *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,465) que presentaron los valores de variabilidad más bajos.

### Figura 25.

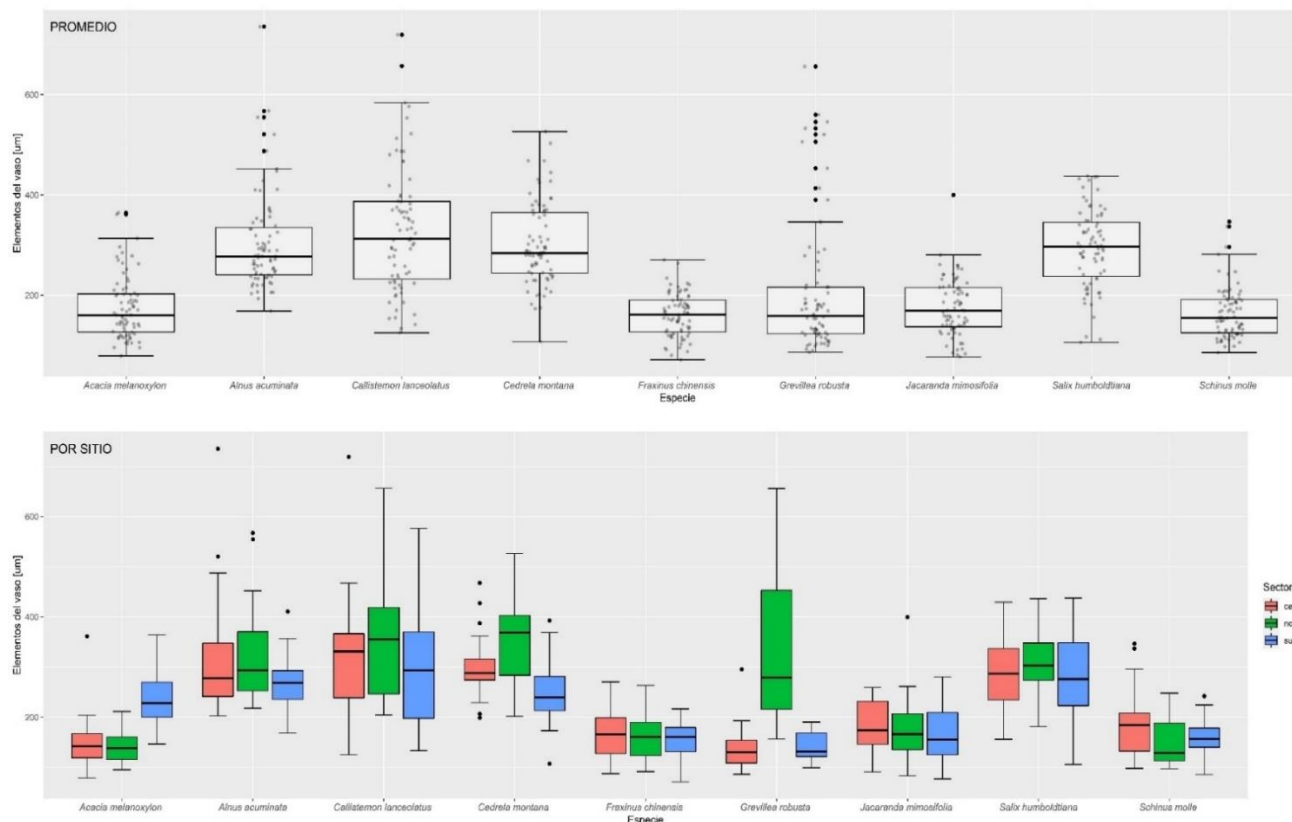
Diagrama de caja (Boxplot) de la longitud del radio en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.



Las mayores longitudes del radio en promedio fueron obtenidas en las especies: *Grevillea robusta* y *Callistemon lanceolatus* (Figura 25). Además, analizando a nivel de sector se determinó que la especie: *Callistemon lanceolatus* (p-value: 0,020) presentó una moderada correlación a diferencia de las especies: *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,631) y *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,542) que presentaron los valores de variabilidad más bajos.

### Figura 26.

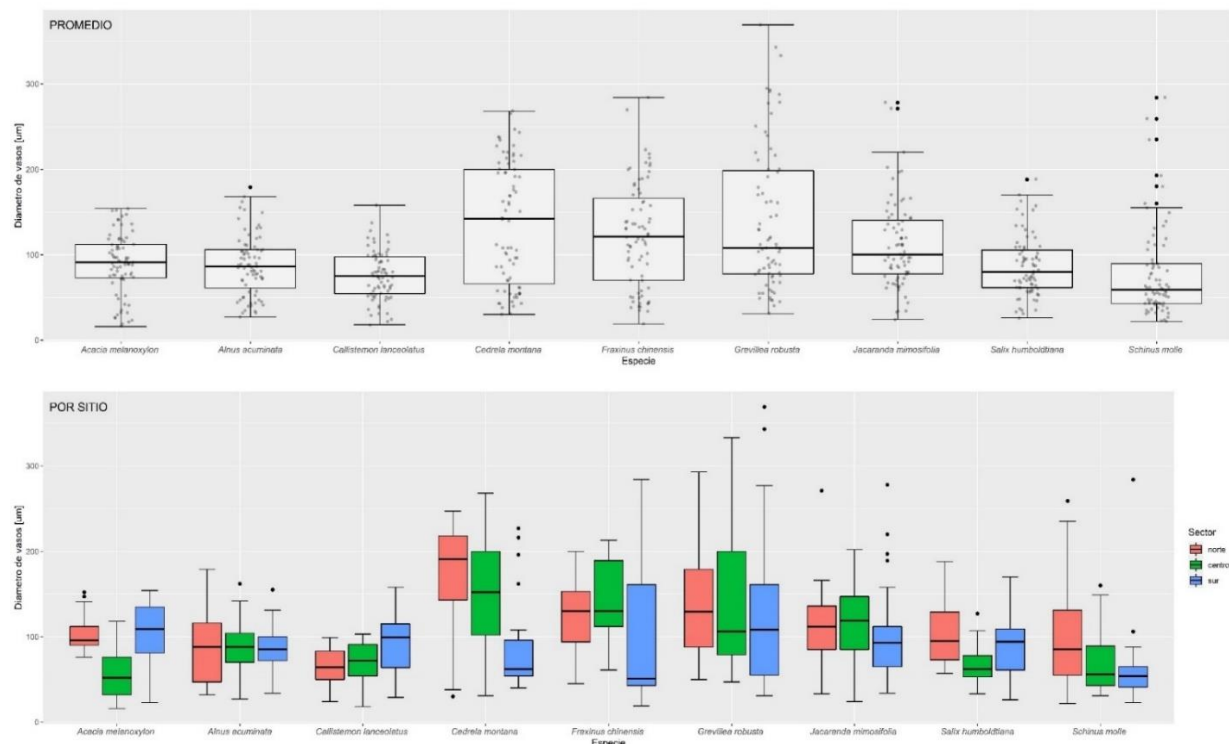
Diagrama de caja (Boxplot) de los elementos del vaso en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.



Los elementos del vaso mayores en promedio fueron determinados en las especies: *Callistemon lanceolatus* y *Salix humboldtiana* (Figura 26). Además, analizando a nivel de sector se determinó que las especies: *Acacia melanoxylon* (p-value: 1,73E-08), *Cedrela montana* (p-value: 1,93E-05) y *Grevillea robusta* (p-value: 7,28E-10) presentaron una grande variabilidad a diferencia de las especies: *Salix humboldtiana* (p-value: 0,803) y *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,665) que presentaron los valores de variabilidad más bajos.

### Figura 27.

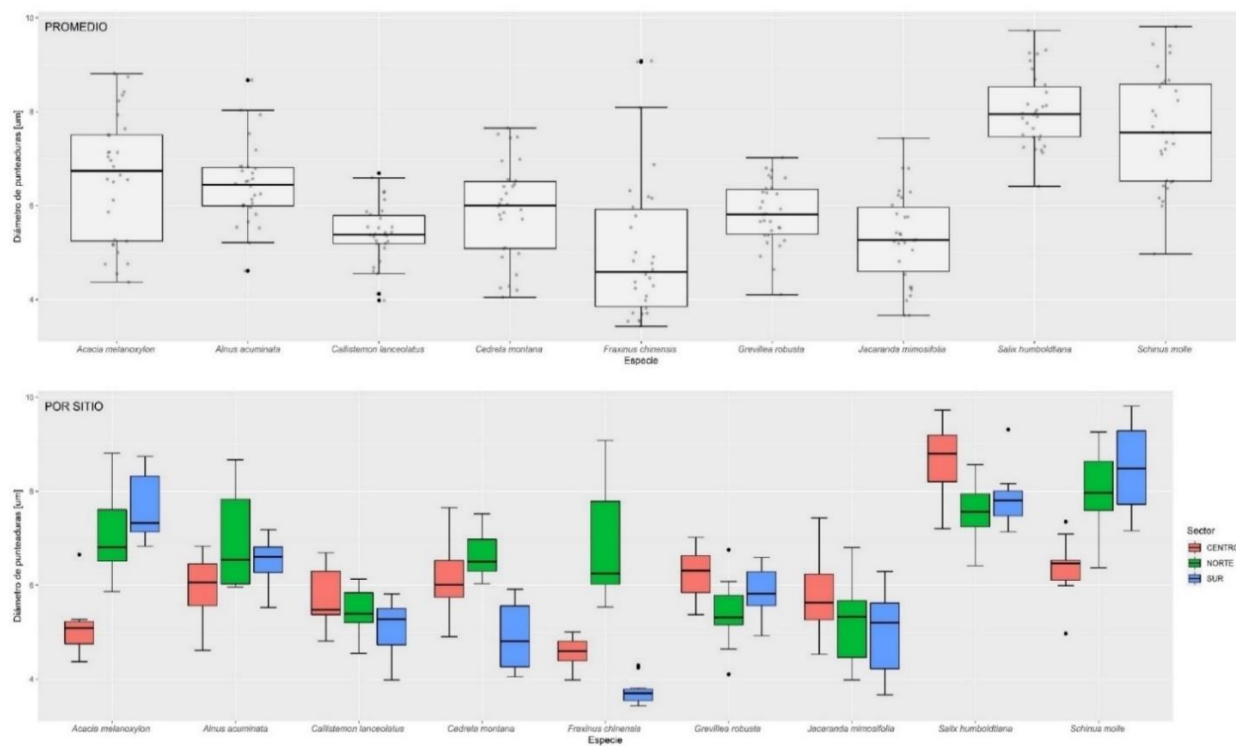
Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de vasos en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.



Los mayores diámetros de vasos en promedio fueron determinados en las especies: *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis* y *Grevillea robusta* (Figura 27). Además, analizando a nivel de sector se determinó que las especies: *Acacia melanoxylon* (p-value: 5,15E-07), *Cedrela montana* (p-value: 0,000296) y *Salix humboldtiana* (p-value: 0,000562) presentaron una grande variabilidad a diferencia de las especies: *Alnus acuminata* (p-value: 0,946), *Grevillea robusta* (p-value: 0,346) y *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,199) que presentaron los valores de variabilidad más bajos.

**Figura 28.**

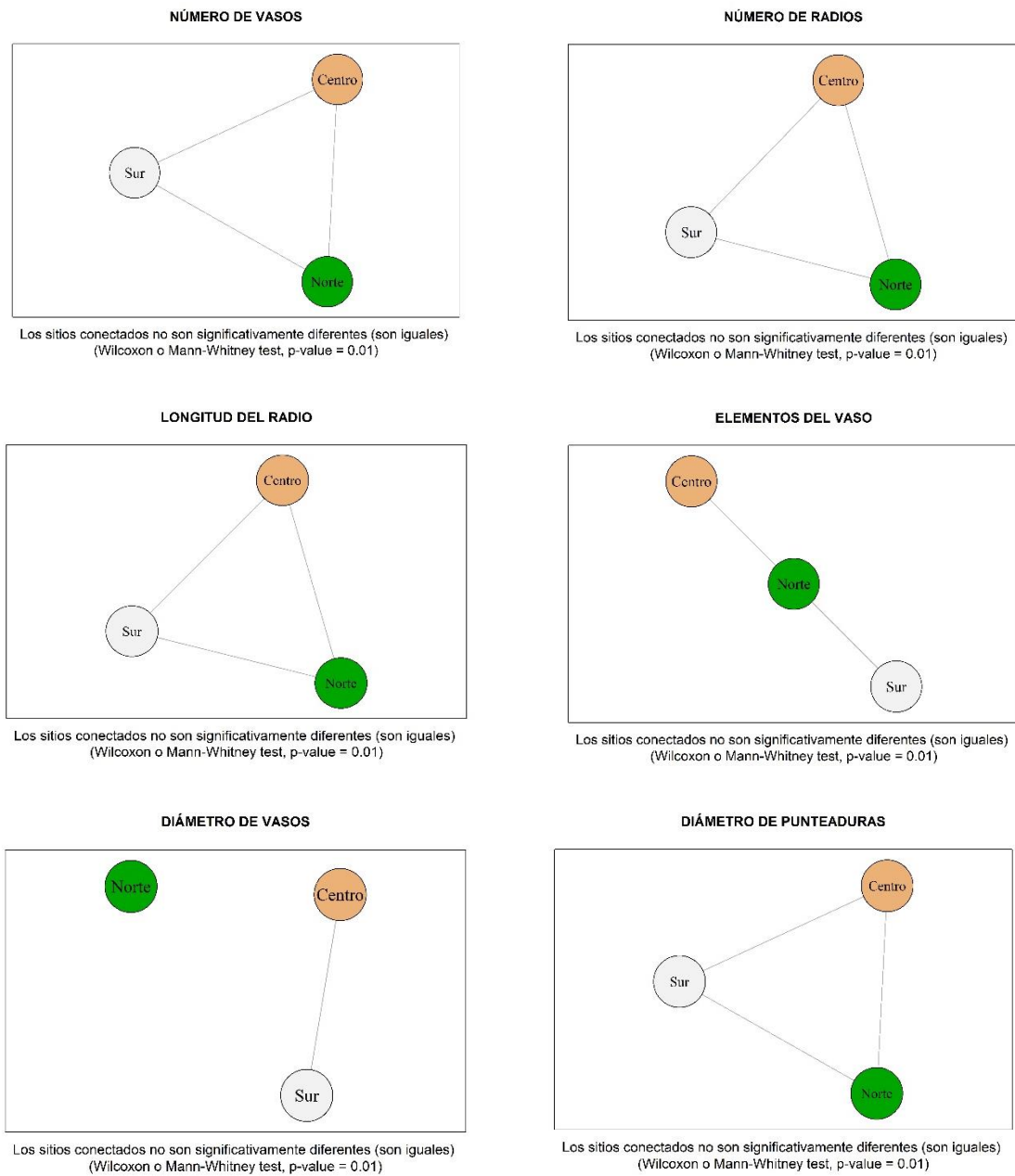
Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de punteaduras en las nueve especies forestales en los tres sectores la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio de los tres sectores por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por sector de cada especie evaluada.



Los diámetros de punteaduras mayores fueron determinados en las especies: *Salix humboldtiana* y *Schinus molle* (Figura 28). Además, analizando a nivel de sector se determinó que las especies: *Acacia melanoxylon* (p-value: 7,88E-05), *Cedrela montana* (p-value: 0,000274), *Fraxinus chinensis* (p-value: 4,08E-06), *Schinus molle* (p-value: 0,000252), *Salix humboldtiana* (p-value: 0,00652) y *Grevillea robusta* (p-value: 0,031) presentaron una grande variabilidad a diferencia de las especies: *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,157), *Callistemon lanceolatus* (p-value: 0,12) y *Alnus acuminata* (p-value: 0,112) que presentaron los valores de variabilidad más bajos.

**Figura 29.**

*Diagramas de vértices de las características anatómicas cuantitativas de las nueve especies evaluadas, para ver las diferencias significativas por sector*



Mediante el análisis de los diagramas de vértices se encontró que el número de vasos, número de radios, longitud del radio, y diámetro de punteaduras de los sectores estudiados no presentaron diferencias significativas entre sectores (Figura 29). Mientras que en los elementos del vaso si existió diferencias significativas debido a que el sector centro y sur no se conectaron con el norte. Similarmente, en el diámetro de vasos el sector norte fue significativamente diferente al sector centro y sur, ya que no se conectaron entre sí los vértices.

La base de datos con valores individuales para el análisis cuantitativo de las nueve especies latifoliadas se puede observar en el **Anexo 3**.

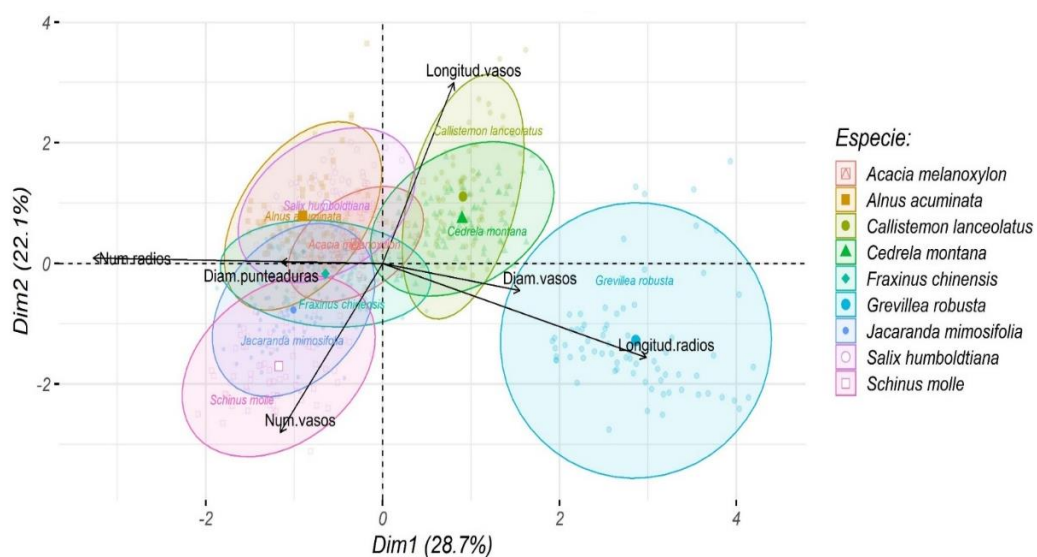
#### 6.1.4. Análisis cuantitativo de *Cupressus macrocarpa*

Mediante el análisis de la caracterización anatómica cuantitativa de la especie conífera *Cupressus macrocarpa*, se encontró que presenta una longitud promedio de la tráquea en el sector norte de 16,91  $\mu\text{m}$ , en el centro 17,01  $\mu\text{m}$ , y en el sur de 14,1  $\mu\text{m}$ . La longitud media de la traqueida fue corta ya que los valores fueron menores de 3000  $\mu\text{m}$ . En el caso de la altura media del radio el sector norte tuvo 169,13  $\mu\text{m}$ , en el centro 123,39  $\mu\text{m}$ , y en el sur 136,83  $\mu\text{m}$ . Mientras que en el promedio del número de células del radio para el sector norte se obtuvo 7,68  $\mu\text{m}$ , en el centro 6,32  $\mu\text{m}$ , y en el sur 7,76  $\mu\text{m}$ . Dándonos una altura media del radio en la categoría medio ya que tuvo de 5 a 15 células.

#### 6.1.5. Análisis de las diferencias en base a la estructura anatómica cuantitativa de la madera

##### Figura 30.

PCA-Boxplot de los árboles urbanos de la ciudad de Loja, donde muestra las diferencias de la estructura anatómica cuantitativa de las nueve especies evaluadas



Mediante el análisis PCA de las diferencias en base a la estructura anatómica cuantitativa de la madera de las nueve especies latifoliadas evaluadas, se encontró que la especie más diferente fue *Grevillea robusta*, la cual mostró mayor sensibilidad a las variables diámetro de vasos, y longitud de vasos. En cambio, para las variables número de vasos, diámetro de punteaduras, y número de radios la especie con más sensibilidad fueron *Schinus molle* y *Jacaranda mimosifolia*. En el caso de *Callistemon lanceolatus* y *Cedrela montana* presentaron mayor sensibilidad a la longitud de vasos y diámetro de vasos. Mientras que *Acacia*

*melanoxyton*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus chinensis* y *Salix humboldtiana* presentaron mayor sensibilidad al diámetro de punteaduras y al número de radios (Figura 30).

## 6.2. Cambios intraanuales de la madera

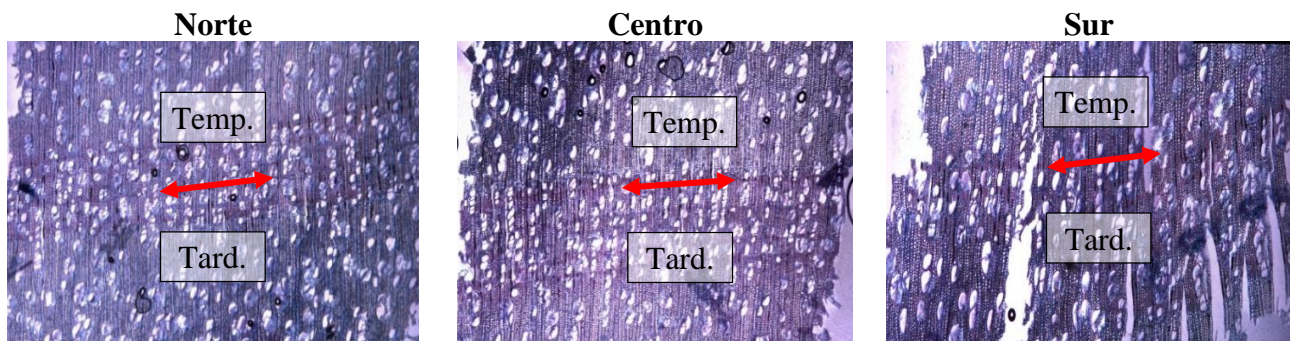
### 6.2.1. Características anatómicas cualitativas de la madera

En base al análisis cualitativo de los cambios intraanuales en la madera de las 10 especies estudiadas se identificó que las especies que presentaron anillos de crecimiento visibles fueron: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*. De lo cual se determinó que de las especies evaluadas con anillos de crecimiento no presentaron diferencias significativas por sector. Sin embargo, a nivel del tipo de madera (temprana y tardía) si mostraron diferencias cualitativas, como se observa desde la Figura 32 a la Figura 36.

#### *Alnus acuminata* Kunth. (Aliso)

##### Figura 31.

Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de *Alnus acuminata* en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard)



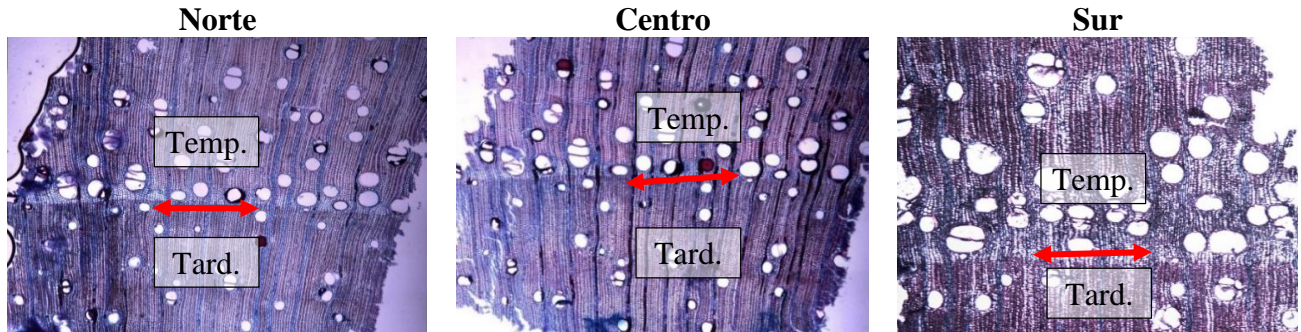
En la madera temprana fueron observados: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, tilosis común, espesor de la pared de fibra muy delgada, parénquima ausente-difuso. En la madera tardía: anillos de crecimiento visibles, vasos en grupos radiales, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima difuso-agregado.



***Cedrela montana* Moritz ex Turcz. (Cedro)**

**Figura 32.**

*Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de Cedrela montana en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard)*

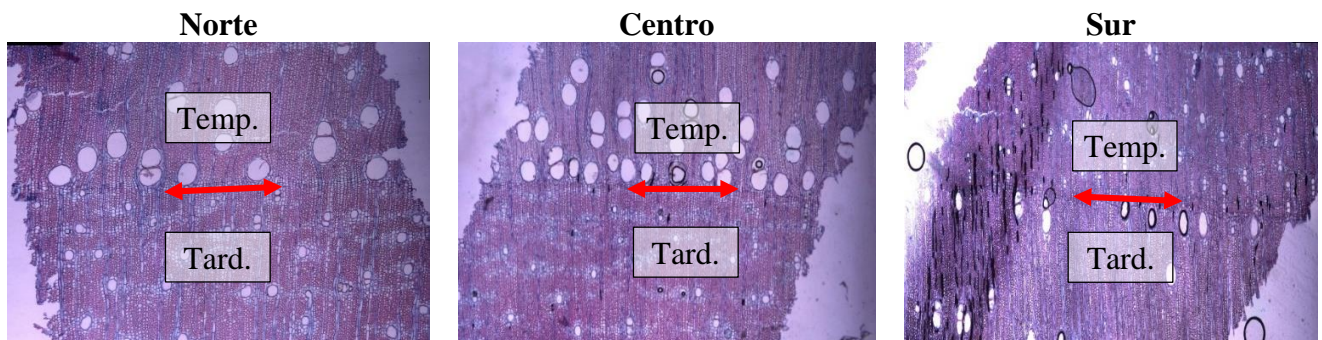


En la madera temprana: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, tilosis en gomas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parenquima paratraqueal-escaso. En la madera tardía: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, tilosis en gomas, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima vasicéntrico a marginal.

***Fraxinus chinensis* Roxb. (Fresno chino)**

**Figura 33.**

*Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de Fraxinus chinensis en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard)*

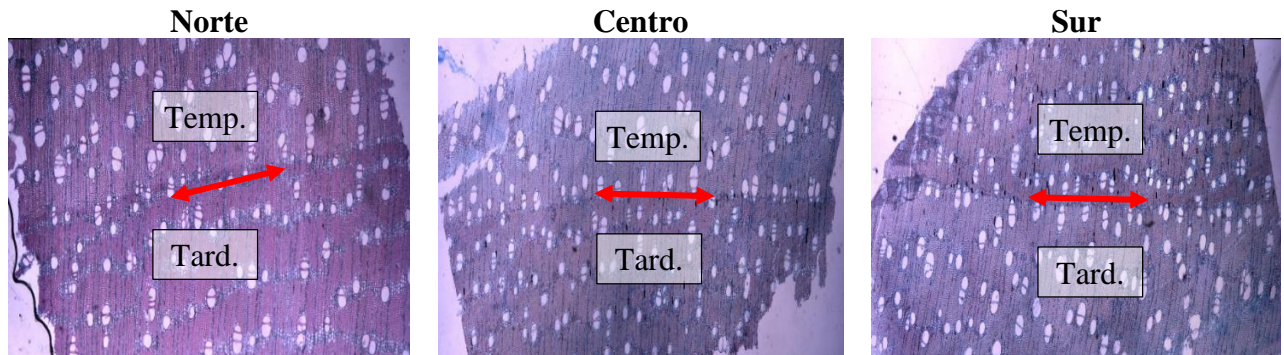


En la madera temprana: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima vasicéntrico a marginal. En la madera tardía: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima confluyente.

***Jacaranda mimosifolia* D. Don. (Arabisco)**

**Figura 34.**

*Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de Jacaranda mimosifolia en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard)*

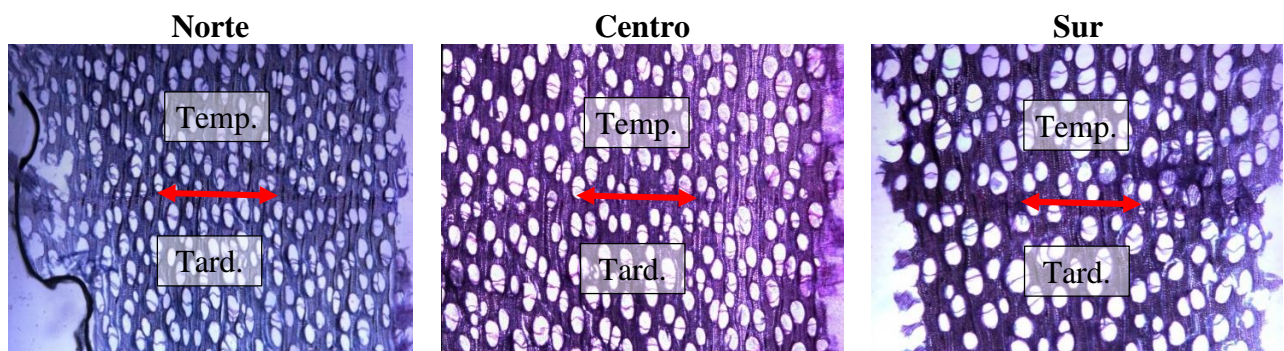


En la madera temprana: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima marginal a difuso-agregado de bandas finas hasta 3 células de ancho. En la madera tardía: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima confluyente a vasicéntrico.

***Salix humboldtiana* Willd. (Sauce)**

**Figura 35.**

*Estructura microscópica y cambios intraanuales en la madera de Salix humboldtiana en tres sectores de la ciudad. La flecha indica el límite entre la madera temprana (Temp) y madera tardía (Tard)*



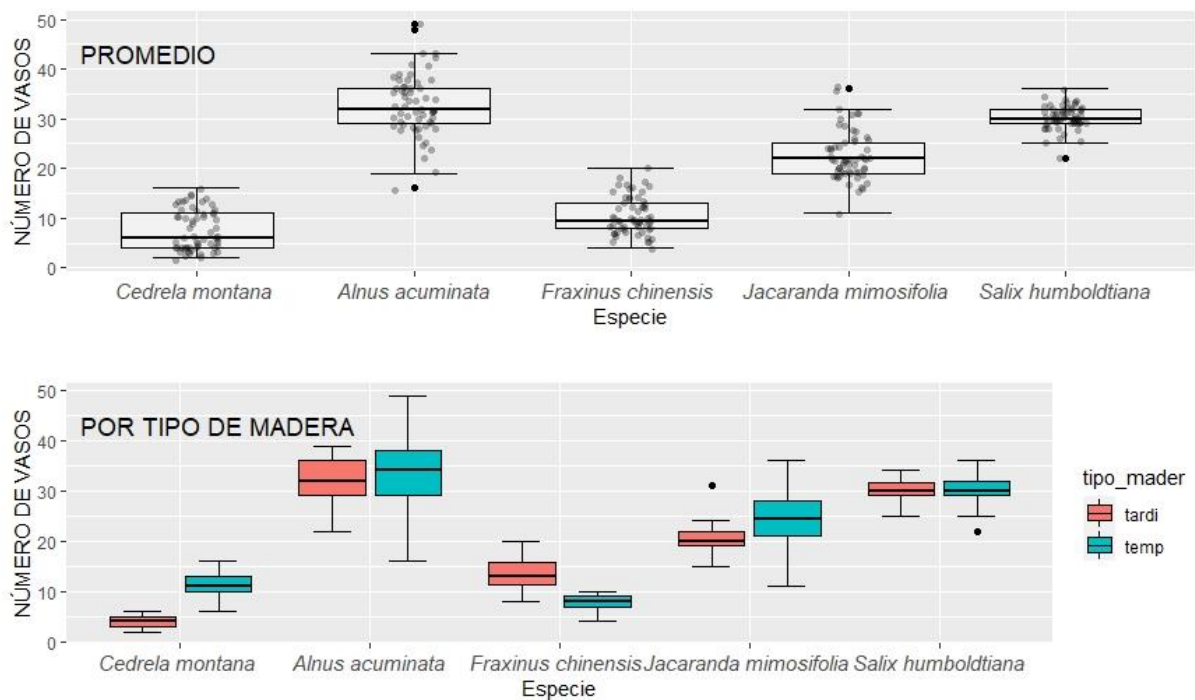
En la madera temprana: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, tilosis común, espesor de la pared de fibra muy delgada, parénquima ausente marginal. En la madera tardía: anillos de crecimiento visibles, vasos solitarios, espesor de la pared de fibra delgada a gruesa, parénquima paratraqueal escaso.

En las especies evaluadas se determinó que la mayor diferencia entre tipo de madera se dio en el Parénquima, en cambio donde se presentó similitud entre especies fue en el tipo de vasos, arrojando que todas las especies presentan vasos solitarios tanto para madera temprana como para tardía, en excepto *Alnus acuminata* que presentó vasos en grupos radiales en madera tardía.

### 6.2.2. Características anatómicas cuantitativas de la madera

**Figura 36.**

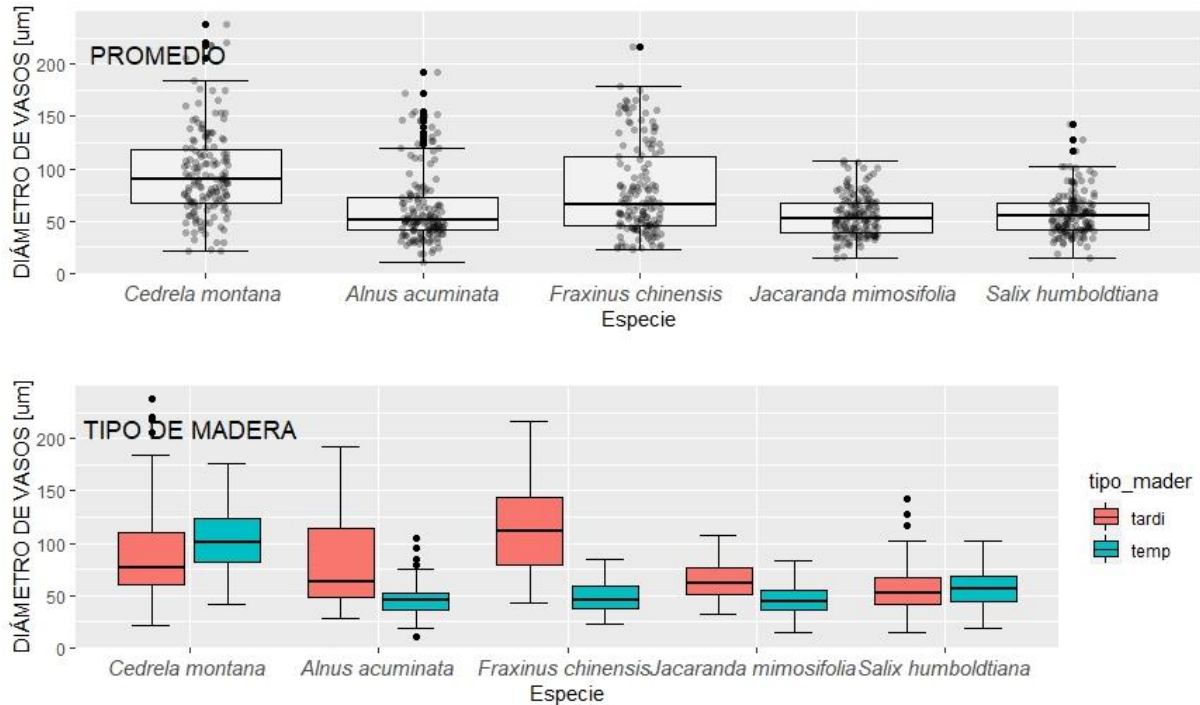
Diagrama de caja (Boxplot) del número de vasos en cinco especies forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.



En el análisis cualitativo de los cambios intraanuales fue determinado que el mayor número de vasos en promedio lo presentaron las especies: *Alnus acuminata* y *Salix humboldtiana*. Además, analizando mediante el tipo de madera se determinó que las especies: *Cedrela montana* (p-value: 1,41E-06), *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,000182) y *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,0953) presentaron una grande variabilidad a diferencia de la especie *Salix humboldtiana* (p-value: 0,862) que presentó los valores de variabilidad más bajos.

**Figura 37.**

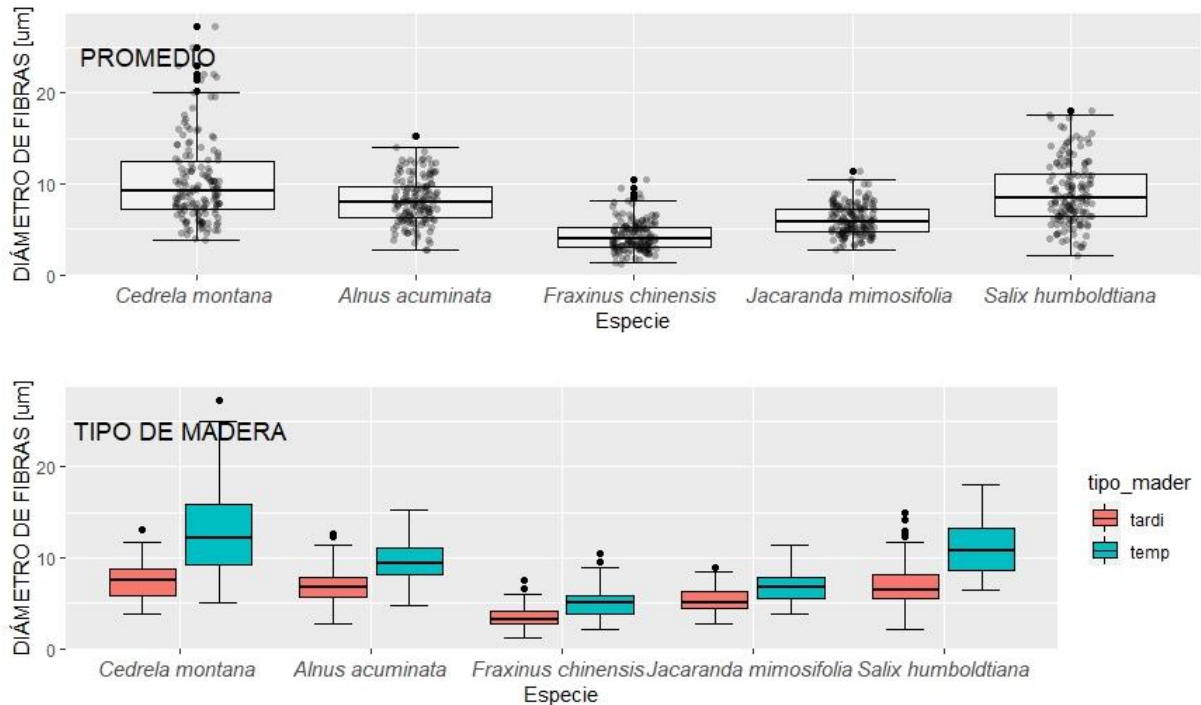
Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de vasos en cinco especies forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.



Se determinó en el análisis cualitativo de los cambios intraanuales que las especies que presentan el mayor diámetro de vasos mediante el promedio fueron: *Cedrela montana* y *Fraxinus chinensis*. Además, analizando mediante el tipo de madera se determinó que las especies: *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,341) y *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,277) presentaron una grande variabilidad a diferencia de las especies: *Alnus acuminata* (p-value: 0,495) y *Salix humboldtiana* (p-value: 0,46) que presentó los valores de variabilidad más bajos.

**Figura 38.**

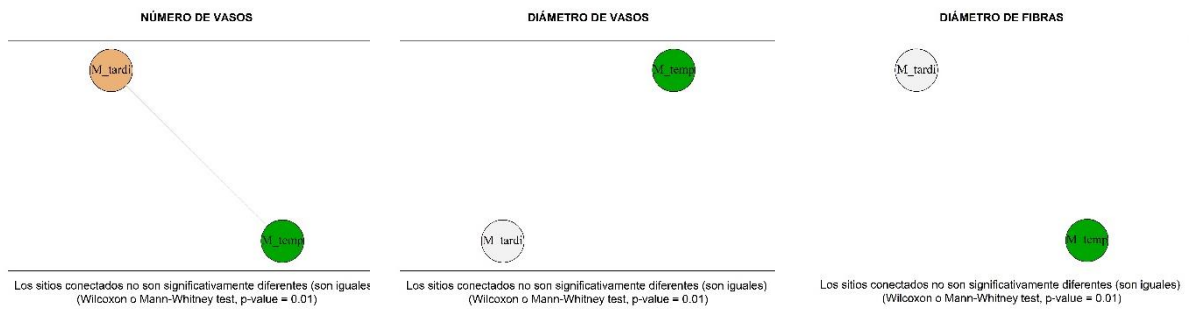
Diagrama de caja (Boxplot) del diámetro de fibras en cinco especies forestales de la ciudad de Loja. El panel superior muestra los valores promedio del tipo de madera por especie, mientras que el panel inferior muestra los valores individuales por el tipo de madera de cada especie evaluada.



Se determinó en el análisis cualitativo de los cambios intraanuales que las especies que presentan el diámetro de fibras mayor mediante el promedio fueron: *Cedrela montana* y *Salix humboldtiana*. Además, analizando mediante el tipo de madera se determinó que en las cinco especies: *Alnus acuminata* (p-value: 0,203), *Cedrela montana* (p-value: 0,304), *Fraxinus chinensis* (p-value: 0,282), *Jacaranda mimosifolia* (p-value: 0,314) y *Salix humboldtiana* (p-value: 0,135) se presentó una grande variabilidad.

**Figura 39.**

*Análisis estadístico de vértices de las características anatómicas cuantitativas de las cinco especies evaluadas mediante el tipo de madera: temprana y tardía.*



El análisis de los diagramas de vértices de los cambios intraanuales mostró que en el caso del número de vasos no presentó diferencias significativas entre maderas, debido a que se conectan entre ellas. Mientras que para el caso de diámetro de vasos y diámetro de fibras si hay diferencias significativas en los tipos de maderas estudiadas ya que no se conectan entre sí (Figura 39).

## 7. Discusión

### 7.1. Características anatómicas cualitativas

#### 7.1.1. Anillos de crecimiento

Las anomalías anatómicas en los anillos de crecimiento anuales de los árboles han sido poco estudiadas en Sudamérica, sin embargo, son elementos que pueden proporcionar información intra-anual valiosa para el estudio de eventos ambientales como sequía o inundaciones (Rojas-Badilla et al., 2017). Del grupo de especies estudiadas, cinco especies presentaron anillos de crecimiento visibles como son: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*. Mientras que las cinco restantes *Acacia melanoxylon*, *Callistemon lanceolatus*, *Grevillea robusta*, *Schinus molle* y *Cupressus macrocarpa* presentaron anillos de crecimiento poco visibles o ausentes. Esta diferencia en los niveles de visibilidad de anillos de crecimiento puede estar dada por la naturaleza de caducidad de las hojas. Esto es dado a que las especies de hoja caduca pierden sus hojas para conservar agua o para sobrevivir mejor a las condiciones climáticas invernales lo que genera anillos de crecimiento marcados en la especie ya sea por estrés o por cambios en su funcionamiento vegetal.

Por ejemplo, *Cedrela montana* es la especie que una vez al año pierde completamente sus hojas, y tiene los anillos más marcados, por el contrario, *Cupressus macrocarpa* es una especie de hojas perennes y tiene menos marcados sus anillos. *Salix humboldtiana* es una especie semicaducifolia y esto se refleja en sus anillos visibles, pero difíciles de identificar.

Estos resultados son confirmados mediante los estudios realizados por Barbosa et al. (2018); Begazo y Aróstegui (2013) donde mencionan que en las zonas con climas no bien determinados no se forman anillos bien claros pero algunas especies los pueden presentar si están asociadas con zonas donde hay lapsos bien definidos, del clima durante el año. (Coster, 1928) y (León Hernandez, 2009) nos mencionan que esto puede estar dado debido a que el carácter distintivo de la anatomía de los anillos varía entre las especies y es causado principalmente por las diferencias en la estructura de la madera, una condición específica de la especie.

El estudio de (Rojas-Badilla et al., 2017) afirma que además de las condiciones climáticas que generan la presencia de bandas intraanuales existen diversos factores que interrumpen el crecimiento o desarrollo de los anillos de crecimiento en las especies como son los daños por insectos, enfermedades, viento, fuego, competencia arbórea y estrés. Este postulado, también es afirmado por Briceño-J. et al. (2018).

Sin embargo, los registros de anomalías en coníferas y latifoliadas son indicadores poco estudiados, esto llega a ser un retraso para comprender los eventos ambientales a escala intra-anual con el potencial de situarlos espacio-temporalmente (Khishigjargal et al., 2014). El estudio realizado por Heinrich et al. (2008) donde menciona que estas características permitirían posicionar este tipo de estudios como un tópico emergente en la anatomía de la madera y la dendrocronología, lo cual permitiría analizar la variabilidad ambiental pasada con una resolución temporal aún más alta que la actualmente utilizada en las cronologías de ancho de anillos en la región considerada.

### **7.1.2. Vasos o poros**

La distribución, disposición, abundancia, tamaño y agrupamiento de los vasos o poros son características importantes en la identificación de especies, calidad de la madera (peso específico, densidad) y en el secado e impregnación por tratamientos preventivos (Giménez et al., 2005).

En este estudio las especies *Acacia melanoxylon*, *Alnus acuminata*, *Callistemon lanceolatus*, *Cedrela montana*, *Grevillea robusta*, *Jacaranda mimosifolia* y *Schinus molle* presentaron anillos con poros difusos. Los estudios realizados por Monteoliva y Igartúa (2010); Igartúa et al. (2013) evaluaron la anatomía de la madera de estas especies, y también confirman la presencia de anillos con poros difusos.

*Salix humboldtiana* y *Fraxinus chinensis* presentaron anillos semiporosos en su estructura, convirtiéndose esto en un elemento clave para su identificación. (Undurraga, 1997) sostiene que esto podría relacionarse con la reacción de las especies a las condiciones climáticas del sitio donde crecen. El estudio realizado por Rangel (2016) señaló que el comportamiento de las especies en cuanto a su distribución geográfica y altitudinal, podría generar la modificación en el tipo de porosidad.

En cuanto a la disposición de los vasos de las nueve especies latifoliadas analizadas cuatro de ellas presentaron vasos en patrones radiales (*Acacia melanoxylon*, *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Salix humboldtiana* y *Schinus molle*). Mientras que *Callistemon lanceolatus* y *Fraxinus chinensis* presentan vasos solitarios. Y en el caso de *Jacaranda mimosifolia* vasos en bandas tangenciales. Respecto a esta característica anatómica, Wodzicki (2001) señala que esta variedad de patrones se debe a que las plantas están expuestas a factores ambientales cuya variación puede provocar cambios anatómicos para adaptar a la planta a las condiciones externas. Por su parte, León Hernandez (2001) menciona que en las plantas leñosas, las características de los elementos de vaso se modifican, dependiendo del grado de humedad del suelo y de factores como el clima, la altitud y la latitud.



No obstante, existen otros caracteres que dan información acerca de la tolerancia de las especies que confieren una mayor seguridad en la conducción de agua (Giménez y Moglia, 1998). La presencia de placas de perforación simple ofrece una menor resistencia de los vasos a la cavitación (Ellerby y Ennos, 1998). Asimismo, Choat et al. (2004) sugieren que las especies que habitan en ambientes secos presentan punteaduras intervasculares ornamentadas, esto para prevenir la ruptura de la membrana de la punteadura del elemento de vaso cuando hay pérdida de la presión de agua (Carlquist, 1987).

### **7.1.3. Parénquima**

El parénquima se presenta de distintos tipos en las especies evaluadas donde *Acacia melanoxylon*, *Cedrela montana* y *Fraxinus chinensis* presentaron parénquima vasicéntrico, lo que concuerda con los estudios realizados por Monteoliva y Igartúa (2010); Maza (2010), quienes mencionan que el parénquima se convierte en algunas especies una clave para la identificación de anillos de crecimiento. Ya que las tendencias anatómicas están desarrolladas con algunos aspectos climáticos y evolutivos de adaptación de cada especie.

Mientras que las especies *Alnus acuminata*, *Callistemon lanceolatus*, *Jacaranda mimosifolia*, *Salix humboldtiana* y *Schinus molle* presentaron parénquima difuso y ausente. El estudio realizado por Huarcaya (2016) confirma que este tipo de parénquima se presenta en estas especies. Por su parte Poma (1973) indica que hay especies que aunque presenten un parénquima difuso se puede identificar anillos de crecimiento mediante la presencia bien marcada del cambium vascular, esto nos permite confirmar los resultados obtenidos en el presente estudio, en los cuales la coloración y estructura del parénquima nos permitió la identificación de anillos de crecimiento en cinco especies de las 10 especies evaluadas.

En el caso de *Grevillea robusta* se identificó un parénquima confluyente-unilateral paratraqueal con bandas finas de hasta 3 células de ancho, lo que concuerda con el estudio realizado por Nisgoski S (1998) quién determinó que la especie presenta un parénquima unilateral con bandas finas de hasta 3 células.

### **7.1.4. Radios**

En este estudio se encontró que tres especies latifoliadas (*Alnus acuminata*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*) de las nueve evaluadas presentaron radios exclusivamente uniseriados, en el caso de *Cedrela montana*, *Acacia melanoxylon*, *Callistemon lanceolatus* y *Fraxinus chinensis* registran radios 1 a 3 series. Sin embargo, *Schinus molle* presentó radios de 4 a 10 series de cuerpo procumbente de 1 fila cuadrados, lo que concuerda con el estudio realizado por Olvera et al. (2005) donde manifiesta que las especies del género *Acacia* y

*Callistemon* tienden a presentar radios de 1 a 3 series. En el caso de *Schinus molle* difiere con los resultados obtenidos por Olvera-Licona et al. (2021) donde mencionan que la especie presenta radios triseriados y heterogéneos con cristales.

Elaieb et al, (2019) afirman que para una mejor comprensión de la relación de los radios por su variación en el dominio microscópico podría ser un factor clave para determinar las propiedades de estabilidad de la madera y para determinar la elección de una especie de madera específica de acuerdo con su condición de vida útil.

## **7.2. Características anatómicas cuantitativas**

Se determinó que, dentro de las nueve especies evaluadas cuantitativamente a nivel de sector, *Grevillea robusta* y *Fraxinus chinensis* presentaron una moderada variabilidad con el número de vasos, lo cual podemos confirmar mediante el estudio realizado por Carlquist (2000) indica que la frecuencia de vasos/mm<sup>2</sup> está dada como un indicativo muy importante en referencia al tipo de clima de una región. Así también el estudio de Chiu y Ewers (1992) afirma que el número elevado de vasos es frecuente en ambientes templados a fríos, constituyendo una expresión muy sensible del xerofitismo o mesomorfismo. Los resultados obtenidos en este estudio están acordes con lo investigado acerca de las razones de la frecuencia de vasos en las especies forestales evaluadas.

Las especies *Grevillea robusta* y *Acacia melanoxylon* presentaron una grande variabilidad en el número de radios a nivel de sectores. En cambio la especie que presentó una moderada variabilidad con la longitud del radio fue *Callistemon lanceolatus*, lo que concuerda con los resultados del estudio realizado por Elaieb et al. (2019) afirma que el número y el tamaño de los radios está influenciado a la estructura propia de la especie y las condiciones donde se desarrollan, además, también son dependientes de las condiciones climáticas que hacen que la especie desarrolle los radios dependiendo de sus requerimientos. (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2017) indican que las plantas están expuestas a factores ambientales cuya variación puede provocar cambios anatómicos para adaptar a la planta a las condiciones externas.

En el caso de *Acacia melanoxylon*, *Cedrela montana* y *Grevillea robusta* fueron las especies que presentaron una grande variabilidad con los elementos del vaso. En el caso del diámetro de vasos *Acacia melanoxylon*, *Cedrela montana* y *Salix humboldtiana* presentaron una grande variabilidad. Esto lo podemos relacionar con lo mencionado por (Giménez y Moglia, 1998) las especies de regiones húmedas se caracterizan por presentar un xilema con elementos de vaso largos, diámetros medianos a grandes y poco numerosos para conducir grandes volúmenes de agua en poco tiempo, dependiendo del hábitat de las especies, serán las

estrategias que desarrollen las plantas para optimizar y asegurar la conducción de agua. (Montaño-Arias et al., 2016) reportó que conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar, los vasos presentan paredes más gruesas y sus diámetros son más pequeños.

Las especies *Acacia melanoxylon*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis*, *Schinus molle*, *Salix humboldtiana* y *Grevillea robusta* presentaron una grande variabilidad en el diámetro de punteaduras. Carlquist (1987) menciona en su estudio que las punteaduras se las considera una ventaja ecológica para las especies, al impedir la entrada de burbujas de aire al elemento de vaso, provocadas por la pérdida de la presión del agua. En el estudio realizado por (Montaño-Arias et al., 2016) indica que las punteaduras son un carácter utilizado para diferenciar entre especies. No obstante, este estudio ratifica que las punteaduras determinan en un 90% las condiciones del sitio y el clima en donde se desarrolló la especie, para definir características anatómicas propias de cada especie o individuo.

### **7.3. Cambios intraanuales de las especies**

Los cambios intraanuales evaluados a partir de las diferencias entre madera temprana y tardía, mostraron diferencias significativas (p-value 0.01) a nivel cuantitativo y cualitativo únicamente en el diámetro de vasos y fibras (Figuras 32- 40). *Cedrela montana* y *Fraxinus chinensis* mostraron estas diferencias de manera más evidente con vasos de mayor diámetro en la madera temprana, y fibras de menor diámetro en la madera tardía. Por lo tanto, estas dos características anatómicas son rasgos anatómicos muy importantes para identificar los anillos de crecimiento anuales en especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

#### **7.3.1. Características anatómicas cualitativas**

A nivel intraanual, una característica clave para conocer el tipo de madera son los anillos de crecimiento. Los anillos permiten conocer el límite entre la madera tardía y temprana, características básicas para un análisis de los cambios intraanuales de la madera. De las 10 especies estudiadas, únicamente cinco presentaron anillos de crecimiento visibles, y fueron: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia*. Por ese motivo, el estudio intraanual se basa sólo en estas cinco especies. La presencia de anillos visibles en las especies mencionadas fue reportado por el estudio realizado por (Armijos, 2019) al sur de Ecuador, y así mismo por (Poma, 1973) al norte de Ecuador.

La evaluación de los anillos de crecimiento en base al tipo de madera como es madera temprana y tardía mostró que las cinco especies en madera temprana presentaron vasos solitarios, con un espesor de la pared de fibra de delgada a gruesa. Sin embargo, en el caso de del parénquima *Alnus acuminata*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana* presentan un

parénquima ausente o difuso agregado. En el caso de *Cedrela montana* presentó un parénquima paratraqueal escaso y *Fraxinus chinensis* un parénquima vasicéntrico a marginal. El estudio realizado por Haines et al. (2016) indica que las similitudes o diferencias de las características anatómicas en la madera temprana pueden darse debido a que el leño temprano deriva del reinicio del crecimiento vegetativo a partir de la primavera y resulta del cambio repentino en la tasa de división celular, normalmente se caracteriza por traqueidas grandes de paredes delgadas que a simple vista presentan una tonalidad clara. En este caso, la formación de madera temprana se da cuando las nuevas hojas empiezan a formarse, no necesariamente por cambio de temporada, ya que nuestro sitio de estudio no tiene lapsos de climas bien definidos, y las células de parénquima y fibras son las que presentan un mayor tamaño en la madera temprana.

Estos resultados coinciden con los encontrados en (Rozas et al., 2016) donde menciona que las similitudes o diferencias anatómicas entre especies son dadas principalmente por la estructura interna propia de cada especie y la combinación de los componente regional relacionado con las condiciones climáticas locales, y su dependencia de forzantes climáticos de gran escala, en la combinación de factores ambientales desencadenantes de un estrés fisiológico.

Rathgeber et al (2006) indica que lluvia al principio del periodo vegetativo estimula la formación de la madera temprana, disminuyendo su densidad, y concluye que a la mitad del periodo vegetativo los factores climáticos afectan al crecimiento radial, mientras que durante la segunda mitad del periodo vegetativo afectan fundamentalmente a los procesos de engrosamiento de la pared celular. Experimentos más detallados mostraron que la máxima producción de células corresponde al periodo de máxima duración del día, haciendo que la formación de la pared celular y su lignificación se produzcan al final del verano (Rossi et al., 2006).

Igualmente, en madera tardía *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*, presentaron vasos solitarios, excepto *Alnus acuminata* que tuvo vasos en grupo radiales. En el caso del espesor de la pared de fibra todas las especies presentaron un espesor de fibra delgada a gruesa. Sin embargo, en el parénquima *Cedrela montana* y *Jacaranda mimosifolia* presentaron un parénquima vasicéntrico, *Alnus acuminata* un parénquima difuso agregado y *Fraxinus chinensis* un parénquima confluyente, mientras que, *Salix humboldtiana* presentó un parénquima paratraqueal escaso. Mediante el estudio realizado por Haines et al. (2016) donde menciona que el leño tardío corresponde al crecimiento radial ocurrido hacia el final de la temporada de crecimiento, y exhibe una tonalidad oscura debido al

engrosamiento de las paredes celulares y el aplanamiento radial de las células, cuyo límite es marcado por un cambio abrupto en el tamaño y forma de las células entre un año y el siguiente.

El tipo de madera está correlacionada con el diámetro de las traqueidas de la madera temprana y el porcentaje de madera tardía (Rathgeber et al., 2006). Estudios previos realizados en America del Sur aseguran que el crecimiento está positivamente correlacionado con las precipitaciones durante el invierno y negativamente con las altas temperaturas durante la primavera (Olivar et al., 2012).

La distinción visual entre el leño temprano más claro, y el leño tardío más oscuro, permite diferenciar claramente los anillos anuales de crecimiento en la mayoría de las especies, y por lo tanto facilita su identificación (Olano et al., 2012). Esta distinción de cambio de color entre madera temprana y tardía lo mostraron con gran claridad *Cedrela montana* y *Fraxinus chinensis*, mientras que en *Salix humboldtiana* y *Alnus acuminata* el cambio de coloración fue menos visible. Por lo tanto, estas diferencias según (Rossi et al., 2006) nos permite realizar con mayor facilidad cronologías de frecuencias anuales de fluctuaciones en una población de árboles e identificar los factores climáticos que han condicionado su formación.

En el estudio realizado por Rozas et al. (2016) indica que las características anatómicas intraanuales de los anillos de crecimiento contienen información sobre los factores ambientales que controlan el desarrollo de las especies forestales. Estudios dendroclimáticos han demostrado que la madera es muy sensible a las variaciones del clima a escala interanual. Esos cambios no solo afectarán al crecimiento, sino que también tendrán importantes consecuencias en los patrones intraanuales de la madera (Bouriaud et al., 2005).

Schmitt et al (2000) afirma que las relaciones entre el clima y la anatomía de la madera o la formación de los anillos de crecimiento también ha sido estudiada a escala intraanual en varias especies, sin embargo, a nivel local y en zonas trópicas son muy escasos los estudios que buscan la relación o diferenciación entre madera temprana y tardía. Cherubini et al. (2003) ratifica que se conoce poco sobre las relaciones intraanuales entre el clima y la madera en regiones mediterráneas, donde los árboles están sujetos a un doble estrés caracterizado por dos interrupciones de la actividad del cambium; una durante el invierno causada por las bajas temperaturas y otra durante el verano causada por las altas temperaturas y la falta de precipitaciones.

### **7.3.2. Características anatómicas cuantitativas**

Se determinó que, dentro de las cinco especies evaluadas con cambios intraanuales en relación con el tipo de madera, sólo *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia* presentaron una variabilidad grande en el número de vasos, lo cual podemos

confirmar mediante el estudio realizado por (Carlquist, 2000) donde afirma que la frecuencia de vasos está dada como un indicativo muy importante en referencia al tipo de clima de una región. Así también, en el estudio de (Chiu y Ewers, 1992) afirman que la proporción del leño tardío (4-5 células aprox.) es notoriamente menor al leño temprano (25 células aprox.).

En el caso de *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia* fueron las especies que presentaron una variabilidad grande en el diámetro de vasos. En el caso del diámetro de fibras todas las especies presentaron una variabilidad grande. Esto lo podemos relacionar con lo mencionado por Giménez y Moglia (1998) las especies de regiones húmedas se caracterizan por presentar los elementos de vaso grandes para conducir grandes volúmenes de agua, dependiendo del hábitat de las especies, serán las estrategias que desarrollen las plantas para optimizar y asegurar la conducción de agua.

La madera está formada básicamente por traqueidas, las cuales presentan diámetros relativamente grandes y paredes celulares angostas en el leño temprano, pero menor lumen y paredes celulares más gruesas en el leño tardío (Olano et al., 2012). Mediante el estudio realizado por (Wodzicki, 2001) podemos decir que esta variedad de patrones se debe a que las plantas están expuestas a factores ambientales cuya variación puede provocar cambios anatómicos para adaptar a la planta a las condiciones externas. En nuestro estudio, uno de los principales factores que influyó en la diferenciación entre madera temprana y tardía, está relacionada por los cambios de follaje propios de cada especie. De acuerdo con (Adamo, 2002) *Cedrela montana* es una especie totalmente caducifolia, por tal motivo podemos afirmar la claridad de la presencia de anillos de crecimiento en esta especie. León Hernandez (2001) nos menciona que en las plantas leñosas, las características de los elementos de vaso y fibras se modifican, dependiendo del grado de humedad del suelo y de factores como el clima, la altitud y la latitud.

En estudios realizados por Schmitt et al. (2000) menciona que las condiciones climáticas severas pueden alterar estos patrones variando el número y el tamaño de los mismos. Hay que tener en cuenta que según el estudio realizado por De Luis et al. (2007) el crecimiento anual y su diferenciación entre madera temprana y tardía está directamente relacionado con la disponibilidad hídrica y la estructura propia de la especie.

Lo cual nos permite determinar que los resultados obtenidos en este estudio están fuertemente influenciados por los factores climáticos como la temperatura, precipitación y el sitio donde se desarrollaron cada uno de los individuos de las especies evaluadas, ya que hubo variedad de condiciones unos se encontraron en laderas de vías principales, otras en terrenos planos y en orillas de los ríos o lagunas de los parques de la ciudad de Loja.

## 8. Conclusiones

- El sitio de crecimiento de los árboles urbanos de Loja no influye en las características anatómicas cualitativas de la madera, sin embargo, si influye en las características cuantitativas como es en el tamaño del diámetro y longitud de los vasos.
- De las 10 especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja sólo *Grevillea robusta* tuvo diferencias significativas en las características anatómicas cuantitativas por sus grandes radios y diámetro de vasos.
- En las 10 especies forestales más representativas del arbolado urbano de Loja, las características anatómicas del diámetro y longitud de vasos son las principales indicadoras de sitio que nos permiten saber en donde se desarrolló el individuo.
- Las características anatómicas más comunes para las nueve especies forestales latifoliadas son vasos solitarios en patrones radiales, placas de perforación simples, punteaduras alternas, pared de las fibras de delgadas a gruesas, y radios de células procumbentes de 1 y 3 series.
- Cinco de las 10 especies más representativas del arbolado urbano de Loja tienen anillos de crecimiento visibles que permiten observar diferencias entre madera temprana y madera tardía, estas fueron *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus chinensis*, *Jacaranda mimosifolia* y *Salix humboldtiana*.
- *Grevillea robusta* y *Fraxinus chinensis* fueron las especies que presentaron el mayor número de vasos, *Grevillea robusta* y *Acacia melanoxylon* el mayor número de radios, *Callistemon lanceolatus*, *Acacia melanoxylon* y *Salix humboldtiana* mostraron el menor número de vasos  $\leq 5$  por  $\text{mm}^2$ , y *Jacaranda mimosifolia*, *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis* y *Grevillea robusta* tuvieron el mayor diámetro de vasos de 100 a 200  $\mu\text{m}$ .
- La especie que muestra mayor sensibilidad al diámetro de vasos y longitud de vasos por sector es *Grevillea robusta*.
- A nivel intraanual, el diámetro de vasos y diámetro de fibras son los principales indicadores para diferenciar la madera temprana de la madera tardía, o para diferenciar claramente un anillo de crecimiento verdadero.

- A nivel intraanual, el número de vasos no presentó diferencias significativas entre madera temprana y madera tardía.
- La mayor diferencia entre tipo de madera está en el parénquima, mientras que la mayor similitud está en el tipo de vasos, ya que todas las especies tienen vasos solitarios tanto para madera temprana como para madera tardía, excepto *Alnus acuminata* que tiene vasos en grupos radiales en su madera tardía.
- En el análisis cuantitativo de los cambios intraanuales se determinó que *Cedrela montana*, *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia* son las especies que presentaron el mayor número de vasos en madera temprana. *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia* el mayor diámetro de vasos en madera temprana.



## **9. Recomendaciones**

- Desarrollar más estudios anatómicos de la madera de las mismas especies en nuevos sitios con condiciones climáticas diferentes, con la finalidad de conocer a mayor detalle los cambios en su estructura anatómica.
- Desarrollar más investigaciones a nivel intraanual en la anatomía de la madera temprana y tardía en diferentes pisos altitudinales y con factores climáticos diferentes, para una mejor identificación de anillos verdaderos, falsos, y ausentes.
- Enfocar futuros estudios en análisis cuantitativos de la madera para detectar nuevas características que sean indicadoras de sitio y condiciones climáticas.

## 10. Bibliografía

- Acevedo, M., y Kikata, Y. (1994). *Atlas de Maderas del Peru -Lima, PE, UNALM: Nagoya University*. 107 p. <https://books.google.com.ec/books?id=POtEAAAAYAAJ>
- Adamo, G. M. (2002). *Autoecología de la especie: cedro. Cartilla N°4, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables y SEFORVEN, Caracas, Venezuela. Cedro / Jardín Botánico de Mérida*. [http://vereda.ula.ve/jardin\\_botanico/areas-tematicas/jardin-caducifolio/cedro/](http://vereda.ula.ve/jardin_botanico/areas-tematicas/jardin-caducifolio/cedro/)
- Aguilar-Rodríguez, S., y Barajas-Morales, J. (2017). Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Botanical Sciences*, 58(77), 51. <https://doi.org/10.17129/botsci.1712>
- Aguirre, Z., León, N., Palacios, B., y Aguirre, N. (2013). *Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe. July 2014*.
- Álvarez Noves, H., y Fernández-Golfín Seco, J. I. (1992). *Fundamentos teóricos del secado de la madera*. [http://libros.inia.es/libros/product\\_info.php?products\\_id=130](http://libros.inia.es/libros/product_info.php?products_id=130)
- Amoroso, M. M., y Suárez, M. L. (2015). The application of tree-ring analysis to ecological questions: A brief review of Dendroecology in Spanish America. *Ecosistemas*, 24(2), 1–6. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-2.01>
- Arguelles, R. Á., y Arriaga, F. M. (2013). *Estructuras De Madera, Bases De Calculo | Ramon Arguelles Alvarez | Casa del Libro*. 10 de Diciembre. <https://n9.cl/ddrvr>
- Armijos, A. (2019). *Forestales en el Sur del Ecuador* ”.
- Arostegui Vargas, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. *Documento de Trabajo ; 2*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UIJS>
- Barbosa, A. C. M., Pereira, G. A., Granato-Souza, D., Santos, R. M., y Fontes, M. A. L. (2018). Tree rings and growth trajectories of tree species from seasonally dry tropical forest. *Australian Journal of Botany*, 66(5), 414–427. <https://doi.org/10.1071/BT17212>
- BayTreeNet. (2022). *Baytreenet.de, Institut Für Geographie, Fau Erlangen-Nürnberg | Impressum | Datenschutz*. <https://baytreenet.de/>
- Benito, G., y Palermo, M. (2020). *El árbol en la ciudad. Manual de Arboricultura Urbana*.
- Bouriaud, O., Leban, J. M., Bert, D., y Deleuze, C. (2005). Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. *Tree Physiology*, 25(6), 651–660. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.6.651>
- Briceño-J., A. M., Rangel-Ch., J. O., y Marys-Bogino, S. (2018). *Colombia Wood Anatomy And Annuity Of Three Rings Of Species Of The Dry Forest In The Caribbean*. 169–178. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.10>
- Cahuana, A. P. (2008). *Propiedades Físico- Mecánico y Características Anatómicas de la Especie Crepidospermum goudotianum (Tul.) Triana & Planch. (Palo Bastón)-proveniente del tahuamanu- madre de dios*.
- Calderón Mendoza Daniel. (2011). Determinación de características anatómicas cuantitativas en madera de Gmelina arborea utilizando SIG como herramienta de medición. *Revista Forestal Venezolana*, 55(1), 105–105.
- Callado, C. H., Neto, S. J. da S., Scarano, F. R., Barros, C. F., y Costa, C. G. (2001). *Anatomical Features Of Growth Rings In Flood-Prone Trees Of The Atlantic Rain Forest In Rio De Janeiro, Brazil* by. 22(1), 29–42.

- Carlquist, S. (1987). Wood Anatomy of Noteworthy Species of *Ludwigia* (Onagraceae) with Relation to Ecology and Systematics. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(4), 889. <https://doi.org/10.2307/2399455>
- Carlquist, S. (2000). Wood and stem anatomy of *Sarcobatus* (Caryophyllales): Systematic and ecological implications. *Taxon*, 49(1), 27–34. <https://doi.org/10.2307/1223929>
- Chavesta Custodio Manuel. (2012). *Separata de capacitación sobre identificación de madera*. 8–13.
- Cherubini, P., Gartner, B. L., Tognetti, R., Bra = Ker, O. U., Schoch, W., y Innes, J. L. (2003). Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. *Biol. Rev*, 78, 119–148. <https://doi.org/10.1017/S1464793102006000>
- Chiu, S. T., y Ewers, F. W. (1992). Xylem structure and water transport in a twiner, a scrambler, and a shrub of *Lonicera* (Caprifoliaceae). *Trees*, 6(4), 216–224. <https://doi.org/10.1007/BF00224339>
- Choat, B., Jansen, S., Zwieniecki, M. A., Smets, E., y Holbrook, N. M. (2004). Changes in pit membrane porosity due to deflection and stretching: The role of vested pits. *Journal of Experimental Botany*, 55(402), 1569–1575. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh173>
- Cipra Rodriguez, J. A., Montoya Yanavilca, A. E., Adriano Reyes, J. J., Colán de la Vega, X. del P., y Móstiga-Rodríguez, M. J. (2020). Anatomía de la madera de *Schinus molle* L. con tumoraciones en zonas urbanas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 4(1), 62. <https://doi.org/10.25127/aps.20201.545>
- Cipra Rodriguez José, Montoya Angel, Yanavilca Julio, Jeanpierre Julio, Colán de la Vega Ximena, M.-R., y M. J. (2020). *Anatomía de la madera de Schinus molle L . con tumoraciones en zonas urbanas Burl wood anatomy of Schinus molle L . in urban areas. November*. <https://doi.org/10.25127/aps.20201.545>
- Cornejo Diego y Zorrilla María. (2013). *Análisis de vulnerabilidad del cantón Loja*. 1(2), 1–130.
- Coster, C. (1928). Zur anatomie und physiologie der zuwachszone-und jahresringbildung in den tropen. *Annales Jardim Botanica Buitenzorg*, 38, 1–114.
- De Luis, M., Gričar, J., Čufar, K., y Raventós, J. (2007). Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain. *IAWA Journal*, 28(4), 389–404. <https://doi.org/10.1163/22941932-90001651>
- Di Marco, E., y Petray, E. (2016). *Grevillea robusta* . *Cunn* . 48–49.
- Dominguez, N. (2017). *Descripción de las características cualitativas y cuantitativas del xilema de la rama y sub-rama de la Alchornea triplinervia spreng, del Arboretum “El huayo”*. *Puerto Almendra, Iquitos – Perú*. 1–63. <https://n9.cl/19w6n>
- Egoavil, G., Pereira, M., Klitzke, R. J., y Mora, E. G. (2020). *Caracterización anatómica y variabilidad de los componentes de la madera de Calycophyllum spruceanum ( Benth )*. *Hook . Anatomical characterization and variation of components of Calycophyllum spruceanum ( Benth )*. *Hook . wood*. 11(2), 93–106. <https://doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v11n2p93-106>
- Elaieb, M. T., Shel, F., Jalleli, M., Langbour, P., y Candelier, K. (2019). Propiedades físicas de la madera de cuatro especies de latifoliadas de porosidad anular: influencia de los radios sobre las contracciones tangencial y radial. *Madera y Bosques*, 25(2).

- <https://doi.org/10.21829/MYB.2019.2521695>
- Ellerby, D. J., y Ennos, A. R. (1998). Resistances to fluid flow of model xylem vessels with simple and scalariform perforation plates. *Journal of Experimental Botany*, 49(323), 979–985. <https://doi.org/10.1093/jxb/49.323.979>
- Feijoo, C., Ramon, D., y Pucha, D. (2018). *Guía Para Cortes Anatómicos De La Madera* (Issue October). <https://n9.cl/4lsvc>
- Fonti, P., Von Arx, G., García-González, I., Eilmann, B., Sass-Klaassen, U., Gärtner, H., y Eckstein, D. (2010). Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist*, 185(1), 42–53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03030.x>
- Front Quer Pío. (2000). *Diccionario De Botanica*.
- García, N., y Ormazabal, C. (2018). *Libro Árboles Nativos de Chile - Chilebosque*. <http://www.chilebosque.cl/libroarbolesnativos.html>
- Gärtner, H., Lucchinetti, S., y Schweingruber, F. H. (2014). New perspectives for wood anatomical analysis in dendrosciences: The GSL1-microtome. *Dendrochronologia*, 32(1), 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2013.07.002>
- Giménez, A., Moglia, J., y Gerez, R. (2005). *Anatomía de madera*. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>
- Giménez, M., y Moglia, J. (1998). Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, ISSN 1131-7965, Vol. 7, N° 1-2, 1998, Págs. 53-72, 7(1), 53–72. <https://n9.cl/fb5dt>
- Glafiro, A. (2005). El arbolado metropolitana de Monterrey. *Ciencia Uanl*, VIII(1), 20–32.
- Gómez José. (2019). *Descripción De La Madera*.
- Grande, D., y Polanco, C. (2007). *Descripción Anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque*. 10(20).
- Haines, H. A., Olley, J. M., Kemp, J., y English, N. B. (2016). Progress in Australian dendroclimatology: Identifying growth limiting factors in four climate zones. *Science of the Total Environment*, 572(December), 412–421. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.096>
- Hanan, A. M. A., y Mondragón, J. P. (2009). *Schinus molle - ficha informativa*. 20 de Julio. <https://n9.cl/cr01o>
- Heinrich, I., Weidner, K., Helle, G., Vos, H., y Banks, J. C. G. (2008). Hydroclimatic variation in Far North Queensland since 1860 inferred from tree rings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 270(1–2), 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.09.002>
- Hernández Schmidt, M. (2014). *Universidad Nacional de Colombia: Colecciones*. 6 de Mayo. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/657245/>
- Higuera, E. (2009). La ciudad como ecosistema urbano. *El Reto de La Ciudad Habitable y Sostenible*, 10.
- Hoadley, R. B. (1990). *Identifying wood : accurate results with simple tools*. Taunton Press. <https://n9.cl/f5c1i>
- Huarcaya, R. (2016). *Universidad nacional del centro del peru*.
- Hughes, J. F. (1973). wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics,

- growth conditions and tree improvement. *Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UIJS>
- Igartúa, D. V., Piter, J. C., y Monteoliva, S. E. (2013). Propiedades xilotecnológicas de *Acacia melanoxylon* implantada en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires - Argentina. *Tesis Doctoral*, 1–286.
- Interián-Ku, V. M., de la Rosa, M. A. B., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., y Vaquera-Huerta, H. (2011). Anatomical characteristics and physycal properties of wood of *Caesalpinia gaumeri* Greenm in Dzan, Yucatan. *Madera Bosques*, 17(1), 23–36. <https://doi.org/10.21829/myb.2011.1711152>
- Khishigjargal, M., Dulamsuren, C., Leuschner, H. H., Leuschner, C., Hauck, M., Khishigjargal, M., Dulamsuren, C., Leuschner, H. H., Leuschner, C., y Hauck, M. (2014). Climate effects on inter- and intra-annual larch stemwood anomalies in the Mongolian forest-steppe. *AcO*, 55, 113–121. <https://doi.org/10.1016/J.ACTAO.2013.12.003>
- León Hernandez, W. J. (2001). Anatomía del leño, aspectos ecologicos y filogenia en mangles de Venezuela. In *Revista Forestal Venezolana* (Vol. 45, Issue 2, pp. 191–203).
- León Hernandez, W. J. (2009). Anatomía De La Madera Y Clave De Identificación Para Especies Forestales Vedadas En Venezuela. *Revista Forestal Venezolana, Volumen 53*(1), 51–62.
- León, W. (2007). Anatomía del xilema secundario de diez especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela. *Group*, 30(2), 361–384.
- León, W. J. H., y Espinoza, N. de P. (2001). *Anatomía de La Madera*. 22 de Marzo. <https://n9.cl/b0eco>
- Loja, M. de, UTPL, y GIZ. (2020). *Plan del Sistema Verde Urbano de Loja*. 106. [https://www.bivica.org/files/5790\\_Plan del Sistema Verde Urbano Loja.pdf](https://www.bivica.org/files/5790_Plan%20del%20Sistema%20Verde%20Urbano%20Loja.pdf)
- López, J. E. (2006). *Propiedades físico-mecánicas del Aliso, Alnus acuminata HBK, proveniente de Chalaco-Piura*. 106.
- Mardones Hiche, P. (2013). Guía práctica para el diseño de estructuras de madera de conformidad con la Norma Ecuatoriana NEC 2015. *ARQ (Santiago)*, 84, 10–10. <https://n9.cl/ddrvr>
- Maza, H. (2010). Anatomia macroscópica y algunas características físicas de siete especies maderables de pie de monte de la zona alta de la cuenca del Rio Puyango. In *Revista Ecologica Forestal* (Vol. 1, Issue 1, p. 150). <http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/327>
- Mendoza David. (2011). “*Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales.*” 2(I).
- Mendoza, R. (2015). *Anatomia y propiedades físicas de la madera de Eucalyptus urograndis H.B.K. Oxapamba - Pasco*. 77.
- Montaño-Arias, S. A., Camargo-Ricalde, S. L., y Grether, R. (2016). Anatomía de la madera de tres especies de Mimoso (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México. *Madera Bosques*, 22(1), 191–202. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.221486>
- Monteoliva, S., y Igartúa, V. (2010). *Variación anatómica de la madera de Acacia melanoxylon implantada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires*. 109, 1–7.
- Mora, M. E., y Leon, W. (2020). *Anatomía de la madera y sus aplicaciones taxonómicas en venezuela*. February.

- Niembro-Rocas, A., Vázquez-Torres, M., y Sánchez-Sánchez, O. (2010). Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. In *The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference* (Vol. 1).
- Nisgoski Silvana. (1998). Anatomía da madeira. *Ciência e Natura*, 101–116.
- Olano, J. M., Eugenio, M., García-Cervigón, A. I., Folch, M., y Rozas, V. (2012). Quantitative tracheid anatomy reveals a complex environmental control of wood structure in continental mediterranean climate. *International Journal of Plant Sciences*, 173(2), 137–149. <https://doi.org/10.1086/663165/0>
- Olivar, J., Bogino, S., Spiecker, H., y Bravo, F. (2012). Climate impact on growth dynamic and intra-annual density fluctuations in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) trees of different crown classes. *Dendrochronologia*, 30(1), 35–47. <https://doi.org/10.1016/J.dendro.2011.06.001>
- Olvera-Licona, G., Machuca, Borja, R., Corona, A., y Zaragoza, A. (2021). *Xilotecnia de la madera de Schinus molle L. de una plantación forestal comercial en Hidalgo, México*. 27, 1–19. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2711567>
- Olvera, P., Paz, C. De, Sotelo, D., Isaías, Q., Alejandra, P., De, C., y Pérez, P. (2005). *Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos ( Quercus ) de Durango , México*.
- Peraza Sánchez, J. E., Rodríguez Nevado, M. A., y Menéndez-Pidal de Navascués, I. (2014). *Guía de la madera. 2, Construcción y estructuras*.
- Pernía, L. y E. (2001). *Anatomía de La Madera. Pdf. Tallo de la planta*. <https://n9.cl/bz8xu>
- Poma, L. F. (1973). *Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas del Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Departamento de Ciencias Forestale*.
- Pucha Cofrep, D. A., Montaña, A. R. A., y Quezada, N. (2017). *Cedrela montana Moritz ex Turcz . Cedrela montana Moritz ex Turcz . Meliaceae Plano transversal Meliaceae. February*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22515.94242>
- Rangel Geovanni. (2016). *Descripción anatómica de la madera de Fresno Fraxinus uhdei ( Wenz .) Lingelsh. July*.
- Rathgeber, C. B. K., Decoux, V., y Leban, J. M. (2006). Linking intra-tree-ring wood density variations and tracheid anatomical characteristics in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Annals of Forest Science*, 63(7), 699–706. <https://doi.org/10.1051/forest:2006050>
- Rebollar Domínguez, S., y Tapia, N. A. (2016). Anatomía de la madera de dos especies de Eugenia (Myrtaceae) de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques*, 16(1), 85–98. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1611181>
- Richter, H., y Gasson, I. (2004). IAWA List of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25(1), 1–70. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000349>
- Rojas-Badilla, M., Álvarez, C., Velásquez-Álvarez, G., Hadad, M., Le Quesne, C., y Christie, D. A. (2017). Anomalías anatómicas en anillos de crecimiento anuales de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic.-Serm. et Bizzarri en el norte de su rango de distribución. *Gayana Botánica*, 74(2), 269–281. <https://n9.cl/i12g3>
- Rojas-Badilla, M., Álvarez, C., Velásquez-Álvarez, G., Hadad, M., Quesne, C. Le, y Christie, D. A. (2017). *Anomalías anatómicas en anillos de crecimiento anuales de Austrocedrus*

- chilensis* ( D . Don ) Pic . -Serm . et Bizzarri en el norte de. 74(2), 269–281.
- Román, E. (2016). *Anatomía comparada de la madera de Cupressaceae y su correspondencia con los estudios de filogenia*.
- Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., y Borghetti, M. (2006). Conifers in cold environments synchronize maximum growth rate of tree-ring formation with day length. *New Phytologist*, 170(2), 301–310. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01660.x>
- Rozas, V., Le Quesne, C., y Rojas-Badilla, M. (2016). Factores climáticos que controlan el crecimiento radial y la formación de fluctuaciones de densidad en la madera de *Austrocedrus chilensis* en Valdivia, Chile. *Bosque*, 37(3), 461–471. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300003>
- Sánchez, J. M. de L. C. (2013). *Las Especies del género Callistemon cultivadas en España*. <https://www.arbolesornamentales.es/Callistemon.htm>
- Sanchez, O., y Allende, C. (2020). *Dendrochronology in Latin America , state of the art and contributions for understanding climate variation*. December. <https://doi.org/10.20944/preprints202012.0748.v1>
- Sass-klassen, U., Gebrekirstos, A., Bra, A., y Mbow, C. (2014). *ScienceDirect Opportunities and applications of dendrochronology in Africa*. 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.011>
- Schmitt, U., Möller, R., y Eckstein, D. (2000). (9) *Dinámica estacional de formación de madera de haya (Fagus sylvatica L.) y acacia negra (Robinia pseudoacacia L.) determinada por la técnica de “pinning”* | Solicitar PDF. Abril. <https://cutt.ly/r1ZnGaM>
- Sembrando Esperanza. (2020). *Proyecto de arborización urbana*. <https://n9.cl/uroevk>
- Starr, K. (2015). *Acacia melanoxylon, R.Br.* 1–10.
- UEIA, C. virtual de flora del V. de A. (2014). *Urapán - Fraxinus Chinensis - Campus EAFIT - Árboles - Universidad Parque - Universidad EAFIT*. <https://cutt.ly/I1ZnMAY>
- Undurraga, J. P. (1997). *Caracterización anatómica de madera de Salix L.*
- Universidad del Azuay. (2020). *Proyecto Arborización Urbana: Bioparque Amaru*. <https://psic-organizaciona.uazuay.edu.ec/node/10>
- Vázquez, J. Y. C. (2020). *Cupressus macrocarpa: características, hábitat, cultivo, cuidados*. 3 de Marzo. <https://www.lifeder.com/cupressus-macrocarpa/>
- Vignote Peña, S. (2006). *Tecnología De La Madera - Santiago Vignote Peña - Isaac Martínez Rojas*. <https://tecnol1di.files.wordpress.com/2016/03/madera.pdf>
- Wangkhem, M., Sharma, M., y Sharma, C. L. (2020). Comparative wood anatomical properties from Manipur, India. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 7(1), 27–42. <https://doi.org/10.20886/ijfr.2020.7.1.27-42>
- Wheeler E, Baas P, y P. E. G. (1989). *Iawa List of Microscopic Features*. 10(3), 219–332.
- Wheeler, E., y Gasson, P. (1989). IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *Feddes Repertorium*, 101(11–12), 600–600. <https://doi.org/10.1002/fedr.19901011106>
- Wodzicki, T. J. (2001). Natural factors affecting wood structure. *Wood Science and Technology* 2001 35:1, 35(1), 5–26. <https://doi.org/10.1007/S002260100085>

## 11. Anexos

### Anexo 1.

Listado completo de características anatómicas de la normativa IAWA para especies latifoliadas

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>Anillos de crecimiento</b>	<b>Growth rings — p. 234</b>
1. Anillos de crecimiento visibles	1. Growth ring boundaries distinct
2. Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes	2. Growth ring boundaries indistinct or absent
<b>Vasos</b>	<b>Vessels — p. 236</b>
<b>Porosidad</b>	<b>Porosity — p. 236</b>
3. Anillos porosos	3. Wood ring-porous
4. Anillos semiporosos	4. Wood semi-ring-porous
5. Anillos con poros difusos	5. Wood diffuse-porous
<b>Disposición de los vasos o poros</b>	<b>vessels arrangement — p. 238</b>
6. Vasos (poros) en bandas tangenciales	6. vessels in tangential bands
7. Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	7. vessels in diagonal and/or radial pattern
8. Vasos (poros) en patrones dendríticos	8. vessels in dendritic pattern
<b>Agrupación de vasos</b>	<b>vessels groupings — p. 242</b>
9. Vasos (poros) exclusivamente solitarios (90% o más)	9. vessels exclusively solitary (90% or more)
10. Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	10. vessels in radial multiples of 4 or more common
11. Vasos (poros) en grupos comunes (de 3 o más vasos)	11. cupsclusters common
<b>Perfil de vasos solitarios</b>	<b>Solitary vessels outline — p. 244</b>
12. Perfil angular de vasos solitarios	12. Solitary vessels outline angular
<b>Placas de perforación - p. 246</b>	<b>Perforation plates — p. 246</b>
13. Placas perforadas simples	13. Simple perforation plates
14. Placas de perforación escalariformes	14. Scalariform perforation plates
15. Placas de perforación escalariformes con $\leq 10$ barras	15. Scalariform perforation plates with $\leq 10$ bars
16. Placas de perforación escalariformes con 10 - 20 barras	16. Scalariform perforation plates with 10 –20 bars
17. Placas de perforación escalariforme con 20- 40 barras	17. Scalariform perforation plates with 20– 40 bars
18. Placas de perforación escalariformes con $\geq 40$ bares	18. Scalariform perforation plates with $\geq 40$ bars
19. Reticular, foraminado y/u otros tipos de placas perforadas múltiples	19. Reticulate, foraminate, and/or other types of multiple perforation plates
<b>punteaduras comunes: disposición y tamaño - p. 250</b>	<b>Intervasos pits: arrangement and size — p. 250</b>
20. Punteaduras intervasculares escalariformes	20. Intervasos pits scalariform
21. Punteaduras intervasculares opuestas	21. Intervasos pits opposite



<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
22. Punteaduras intervasculares alternas	22. Intervasos pits alternate
23. Forma de las punteaduras intervasculares alternas	23. Shape of alternate pits polygonal
24. Diminutas- $\leq 4 \mu\text{m}$	24. Minute – $\leq 4 \mu\text{m}$
25. Pequeño - 4-7 $\mu\text{m}$	25. Small – 4–7 $\mu\text{m}$
26. Medio - 7-10 $\mu\text{m}$	26. Medium – 7–10 $\mu\text{m}$
27. Grande - $\geq 10 \mu\text{m}$	27. Large – $\geq 10 \mu\text{m}$
28. Rango de tamaño de la fosa intermodal ( $\mu\text{m}$ )	28. Range of intervassos pit size ( $\mu\text{m}$ )
<b>Punteaduras ornadas</b>	<b>Vestured pits — p. 252</b>
29. Punteaduras ornadas	29. Vestured pits
<b>Punteaduras radiovasculares- p. 253</b>	<b>vasos–ray pitting — p. 253</b>
30. Punteaduras radiovasculares con bordes distintos, similares en forma y tamaño a las intervasculares	30. vessels–ray pits with distinct borders; similar to intervassos pits in size and shape throughout the ray cell
31. Punteaduras radios vasculares con areola reducida o aparentemente simples; forma redondeada o angular	31. vessels–ray pits with much reduced borders to apparently simple: pits rounded or angular
32. Punteaduras radios vasculares con areola reducida o aparentemente simples; forma alargada horizontal o verticalmente	32. vessels–ray pits with much reduced borders to apparently simple: pits horizontal (scalariform, gash-like) to vertical (palisade)
33. Punteaduras radios vasculares de dos tamaños o tipos distintos en la misma celda de radios	33. vessels–ray pits of two distinct sizes or types in the same ray cell
34. Punteaduras radios vasculares unilateralmente compuestas y gruesas (más de 10 $\mu\text{m}$ )	34. vessels–ray pits unilaterally compound and coarse (over 10 $\mu\text{m}$ )
35. Punteaduras radios vasculares restringidas a filas marginales	35. vessels–ray pits restricted to marginal rows
<b>Espesamientos espiralados - p. 256</b>	<b>Helical thickenings — p. 256</b>
36. Espesamientos espiralados en los elementos del depósito presentes	36. Helical thickenings in cups elements present
37. Espesamientos espiralados en todo el cuerpo del elemento del recipiente	37. Helical thickenings throughout body of cups element
38. Espesamientos espiralados sólo en las colas de los elementos del depósito	38. Helical thickenings only in cups element tails
39. Espesamientos espiralados sólo en elementos de recipientes más estrechos	39. Helical thickenings only in narrower cups elements
<b>Diámetro tangencial de la luminaria del depósito - p. 258</b>	<b>Tangential diameter of cups lumina — p. 258</b>
<b>Diámetro tangencial promedio del lumen del vaso</b>	<b>Mean tangential diameter of cups lumina</b>
40. $\leq 50 \mu\text{m}$	40. $\leq 50 \mu\text{m}$
41. 50 -100 $\mu\text{m}$	41. 50 –100 $\mu\text{m}$
42. 100-200 $\mu\text{m}$	42. 100–200 $\mu\text{m}$
43. $\geq 200 \mu\text{m}$	43. $\geq 200 \mu\text{m}$
44. Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x	44. Mean, +/- Standard Deviation, Range, n = x

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
45. Vasos de dos tamaños distintos en maderas sin porosidad circular	45. vessels of two distinct diameter classes, wood not ring-porous
<b>poros por milímetro cuadrado - p. 259</b>	<b>vessels per square millimetre — p. 259</b>
46. ≤ 5 poros por milímetro cuadrado	46. ≤ 5 vessels per square millimetre
47. 5-20 poros por milímetro cuadrado	47. 5–20 vessels per square millimetre
48. 20-40 poros por milímetro cuadrado	48. 20–40 vessels per square millimetre
49. 40-100 poros por milímetro cuadrado	49. 40–100 vessels per square millimetre
50. ≥ 100 poros por milímetro cuadrado	50. ≥ 100 vessels per square millimetre
51. Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x	51. Mean, +/- Standard Deviation, Range, n = x
<b>Longitud media del elemento del buque - p. 259</b>	<b>Mean cups element length — p. 259</b>
52. ≤ 350 µm	52. ≤ 350 µm
53. 350-800 µm	53. 350–800 µm
54. ≥ 800 µm	54. ≥ 800 µm
55. Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x	55. Mean, +/- Standard Deviation, Range, n = x
<b>Tilosis y depósitos en vasos</b>	<b>Tyloses and deposits in cups — p. 259</b>
56. Tilosis común	56. Tyloses common
57. Tilosis esclerótica	57. Tyloses sclerotic
58. Gomas y otros depósitos en vasos del duramen.	58. Gums and other deposits in heartwood vasoss
<b>Madera sin vasos- p. 262</b>	<b>Wood cupsless — p. 262</b>
59. Madera sin vasos	59. Wood cupsless
<b>Traqueidas y fibras - p. 262</b>	<b>Tracheids and fibres — p. 262</b>
60. Traqueidas vasculares /vasicéntricas presentes	60. Vascular /vasicentric tracheids present
<b>Fibras de tejido molido - p. 264</b>	<b>Ground tissue fibres — p. 264</b>
61. Fibras con punteaduras de simple a minuciosamente bordeadas	61. Fibres with simple to minutely bordered pits
62. Fibras con punteaduras claramente delimitadas	62. Fibres with distinctly bordered pits
63. Punteaduras de fibra comunes en paredes radiales y tangenciales	63. Fibre pits common in both radial and tangential walls
64. Engrosamientos espiralados en fibras de tejido molido	64. Helical thickenings in ground tissue fibres
<b>Fibras separadas y bandas de fibras similares al parénquima - p. 266</b>	<b>Septate fibres and parenchyma-like fibre bands — p. 266</b>
65. Fibras septadas presentes	65. Septate fibres present
66. Fibras no septadas presentes	66. Non-septate fibres present
67. Bandas de fibras similares al parénquima que alternan con fibras ordinarias	67. Parenchyma-like fibre bands alternating with ordinary fibres
<b>Espesor de la pared de fibra - p. 268</b>	<b>Fibre wall thickness — p. 268</b>
68. Fibras de pared muy fina	68. Fibres very thin-walled
69. Fibras de pared delgada a gruesa	69. Fibres thin- to thick-walled
70. Fibras de paredes muy gruesas	70. Fibres very thick-walled

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>Longitud media de las fibras - p. 269</b>	<b>Mean fibre lengths — p. 269</b>
71. $\leq 900 \mu\text{m}$	71. $\leq 900 \mu\text{m}$
72. 900 -1600 $\mu\text{m}$	72. 900 –1600 $\mu\text{m}$
73. $\geq 1600 \mu\text{m}$	73. $\geq 1600 \mu\text{m}$
74. Media, +/- Desviación estándar, Rango, n = x	74. Mean, +/- Standard Deviation, Range, n = x
<b>Parénquima axial</b>	<b>Axial parenchyma — p. 270</b>
75. Parénquima axial ausente o extremadamente raro.	75. Axial parenchyma absent or extremely rare
<b>Parénquima axial apotraqueal</b>	<b>Apotracheal axial parenchyma — p. 270</b>
76. Parénquima axial difuso	76. Axial parenchyma diffuse
77. Parénquima axial difuso en agregados.	77. Axial parenchyma diffuse-in-aggregates
<b>Parénquima axial paratraqueal</b>	<b>Paratracheal axial parenchyma — p. 272</b>
78. Parénquima axial paratraqueal escaso	78. Axial parenchyma scanty paratracheal
79. Parénquima axial vasicéntrico	79. Axial parenchyma vasicentric
80. Parénquima axial aliforme	80. Axial parenchyma aliform
81. Parénquima axial adiamantado aliforme	81. Axial parenchyma lozenge-aliform
82. Parénquima axial alado aliforme	82. Axial parenchyma winged-aliform
83. Parénquima axial confluyente	83. Axial parenchyma confluent
84. Parénquima axial unilateral paratraqueal	84. Axial parenchyma unilateral paratracheal
<b>Parénquima en bandas</b>	<b>Banded parenchyma — p. 276</b>
85. Parénquima axial en bandas con más tres células de ancho	85. Axial parenchyma bands more than three cells wide
86. Parénquima axial en bandas finas o líneas de hasta tres células de ancho	86. Axial parenchyma in narrow bands or lines up to three cells wide
87. Parénquima axial reticulado	87. Axial parenchyma reticulate
88. Parénquima axial escaliforme	88. Axial parenchyma scalariform
89. Parénquima axial marginal o en bandas aparentemente marginales	89. Axial parenchyma in marginal or in seemingly marginal bands
<b>Parénquima axial por tipo de células / longitud de hebra</b>	<b>Axial parenchyma cell type/strand length — p. 280</b>
90. Células de parénquima fusiforme	90. Fusiform parenchyma cells
91. Dos células por hebra de parénquima	91. Two cells per parenchyma strand
92. Cuatro (3-4) células por hebra de parénquima	92. Four (3– 4) cells per parenchyma strand
93. Ocho (5-8) células por hebra de parénquima	93. Eight (5–8) cells per parenchyma strand
94. Más de ocho células por hebra de parénquima	94. Over eight cells per parenchyma strand
95. Parénquima no lignificado	95. Unlignified parenchyma
<b>Radios</b>	<b>Rays — p. 282</b>
<b>Ancho de radio</b>	<b>Ray width — p. 282</b>
96. Radios exclusivamente uniseriados	96. Rays exclusively uniseriate
97. Radios con ancho de 1 a 3 series	97. Ray width 1 to 3 cells
98. Radios comunmente de 4 a 10 series	98. Larger rays commonly 4- to 10-seriate
99. Radios comunmente mayores a 10 series	99. Larger rays commonly > 10-seriate

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
100. Radios con porciones multiseriadas y porciones uniseriadas.	100. Rays with multiseriate portion(s) as wide as uniseriate portions
<b>Radios agregados</b>	<b>Aggregate rays — p. 284</b>
101. Radios agregados	101. Aggregate rays
<b>Altura de radio</b>	<b>Ray height — p. 284</b>
102. Radios de altura mayor a 1mm	102. Ray height > 1 mm
<b>Radios de dos tamaños distintos</b>	<b>Rays of two distinct sizes — p. 286</b>
103. Radios de dos tamaños distintos	103. Rays of two distinct sizes
<b>Radios: composición celular</b>	<b>Rays: cellular composition — p. 288</b>
104. Todas las células procumbentes	104. All ray cells procumbent
105. Todas las células verticales y/o cuadradas	105. All ray cells upright and /or square
106. Cuerpo del radio con células procumbentes y una sólo fila de células verticales y/o cuadradas marginales	106. Body ray cells procumbent with one row of upright and /or square marginal cells
107. Cuerpo del radio con células procumbentes con 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales	107. Body ray cells procumbent with mostly 2– 4 rows of upright and/or square marginal cells
108. Cuerpo del radio con células procumbentes con más de 4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales	108. Body ray cells procumbent with over 4 rows of upright and/or square marginal cells
109. Radios con una mezcla de células procumbentes, cuadradas y verticales	109. Rays with procumbent, square and upright cells mixed throughout the ray
<b>Células envolventes - p. 292</b>	<b>Sheath cells — p. 292</b>
110. Células envolventes	110. Sheath cells
<b>Células tipo baldosa - p. 292</b>	<b>Tile cells — p. 292</b>
111. Células tipo baldosa	111. Tile cells
<b>Células radiales perforadas - p. 294</b>	<b>Perforated ray cells — p. 294</b>
112. Células radiales perforadas	112. Perforated ray cells
<b>Parénquima radial disyuntivo - p. 294</b>	<b>Disjunctive ray parenchyma cell walls — p. 294</b>
113. Parénquima radial disyuntivo	113. Disjunctive ray parenchyma cell walls
<b>Radios por milímetro - p. 296</b>	<b>Rays per millimetre — p. 296</b>
114. ≤ 4 / mm	114. ≤ 4 / mm
115. 4-12 / mm	115. 4–12 / mm
116. ≥ 12 / mm	116. ≥ 12 / mm
<b>Madera radios - p. 297</b>	<b>Wood rayless — p. 297</b>
117. Madera radios	117. Wood rayless
<b>Estructura estratificada - p. 298</b>	<b>Storied structure — p. 298</b>
118. Todos los radios estratificados	118. All rays storied
119. Radios bajos estratificados, radios altos no estratificados	119. Low rays storied; high rays non-storied.
120. Parénquima axial y/o elementos del vaso almacenados	120. Axial parenchyma and/or cups elements storied

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
121. Fibras estratificadas	121. Fibres storied
122. Radios y/o elementos axiales analizados irregularmente	122. Rays and /or axial elements irregularly storied
123. Número de niveles de radios por eje mm	123. Number of ray tiers per axial mm
<b>Elementos secretores y variantes cambiales - pág. 300</b>	<b>Secretory elements and cambial variants — p. 300</b>
<b>Células de aceite y mucílago - p. 300</b>	<b>Oil and mucilage cells — p. 300</b>
124. Células oleíferas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima radial	124. Oil and /or mucilage cells associated with ray parenchyma
125. Células oleíferas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima axial	125. Oil and /or mucilage cells associated with axial parenchyma
126. Células oleíferas y/o mucilaginosas presentes entre las fibras	126. Oil and /or mucilage cells present among fibres
<b>Canales intercelulares - pág. 302</b>	<b>Intercellular canals — p. 302</b>
127. Canales axiales en líneas tangenciales largas	127. Axial canals in long tangential lines
128. Canales axiales en líneas tangenciales cortas	128. Axial canals in short tangential lines
129. Canales axiales difusos	129. Axial canals diffuse
130. Canales radiales	130. Radial canals
131. Canales intercelulares de origen traumático	131. Intercellular canals of traumatic origin
<b>Tubos/tubos - p. 306</b>	<b>Tubes / tubules — p. 306</b>
132. Laticíferos o tubos taninos	132. Laticifers or tanniniferous tubes
<b>Variantes cambiales- pág. 308</b>	<b>Cambial variants — p. 308</b>
133. Incluye floema, concéntrico	133. Included phloem, concentric
134. Incluye floema difuso	134. Included phloem, diffuse
135. Otras variantes cambiales	135. Other cambial variants
<b>Inclusiones minerales - pág. 310</b>	<b>Mineral inclusions — p. 310</b>
<b>Cristales prismáticos - p. 310</b>	<b>Prismatic crystals — p. 310</b>
136. Cristales prismáticos presentes	136. Prismatic crystals present
137. Cristales prismáticos en células de radio rectas y/o cuadradas	137. Prismatic crystals in upright and /or square ray cells
138. Cristales prismáticos en células de radios procumbentes	138. Prismatic crystals in procumbent ray cells
139. Cristales prismáticos en alineación radial en células de radio procumbent	139. Prismatic crystals in radial alignment in procumbent ray cells
140. Cristales prismáticos en células de radios rectos y/o cuadrados en cámara	140. Prismatic crystals in chambered upright and /or square ray cells
141. Cristales prismáticos en células de parénquima axial sin cámara	141. Prismatic crystals in non-chambered axial parenchyma cells
142. Cristales prismáticos en células de parénquima axial en cámara	142. Prismatic crystals in chambered axial parenchyma cells
143. Cristales prismáticos en fibras	143. Prismatic crystals in fibres
<b>Drusas — p. 313</b>	<b>Druses — p. 313</b>
144. Drusas presentes	144. Druses present
145. Drusas en las células del parénquima del radio	145. Druses in ray parenchyma cells

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
146. Drusas en las células del parénquima axial	146. Druses in axial parenchyma cells
147. Drusas en fibras	147. Druses in fibres
148. Drusas en las células compartimentadas	148. Druses in chambered cells
<b>Otros tipos de cristal - p. 313</b>	<b>Other crystal types — p. 313</b>
149. Rafidios	149. Raphides
150. Cristales aciculares	150. Acicular crystals
151. Cristales estiloides y/o alargados	151. Styloids and /or elongate crystals
152. Cristales de otras formas (en su mayoría pequeños)	152. Crystals of other shapes (mostly small)
153. Arena cristalina	153. Crystal sand
<b>Otras características de cristal de diagnóstico - p. 315</b>	<b>Other diagnostic crystal features — p. 315</b>
154. Más de un cristal de aproximadamente el mismo tamaño por célula o cámara	154. More than one crystal of about the same size per cell or chamber
155. Dos tamaños distintos de cristales por célula o cámara	155. Two distinct sizes of crystals per cell or chamber
156. Cristales en células agrandadas	156. Crystals in enlarged cells
157. Cristales en tilosis	157. Crystals in tyloses
158. Cistolitos	158. Cystoliths
<b>Sílice - p. 318</b>	<b>Silica — p. 318</b>
159. Cuerpos de sílice presentes	159. Silica bodies present
160. Cuerpos de sílice en células de radios	160. Silica bodies in ray cells
161. Cuerpos de sílice en células de parénquima axial	161. Silica bodies in axial parenchyma cells
162. Cuerpos de sílice en fibras	162. Silica bodies in fibres
163. Sílice vítrea	163. Vitreous silica
<b>APÉNDICE - Información no anatómica - pág. 321</b>	<b>APPENDIX — Non-anatomical information — p. 321</b>
<b>Distribución geográfica - p. 321</b>	<b>Geographical distribution — p. 321</b>
164. Europa y Asia templada (región de Brazier y Franklin 74)	164. Europe and temperate Asia (Brazier and Franklin region 74)
165. Europa, excluido el Mediterráneo	165. Europe, excluding Mediterranean
166. Mediterráneo, incluyendo África del Norte y Oriente Medio	166. Mediterranean including Northern África and Middle East
167. Asia templada (China), Japón, URSS	167. Temperate Asia (China), Japón, USSR
168. Asia Central del Sur (región de Brazier y Franklin 75)	168. Central South Asia (Brazier and Franklin region 75)
169. India, Pakistán, Sri Lanka	169. India, Pakistan, Sri Lanka
170. Birmania	170. Burma
171. Asia sudoriental y el Pacífico (región de Brazier y Franklin 76)	171. Southeast Asia and the Pacific (Brazier and Franklin region 76)
172. Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina)	172. Thailand, Laos, Vietnam, Cambodia (Indochina)

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
173. Indomalesia: Indonesia, Filipinas, Malasia, Brunéi, Papúa Nueva Guinea e Islas Salomón.	173. Indomalesia: Indonesia, Philippines, Malaysia, Brunéi, Papua New Guinea, and Solomon Islands
174. Islas del Pacífico (incluidas Nueva Caledonia, Samoa, Hawái y Fiji)	174. Pacific Islands (including New Caledonia, Samoa, Hawaii, and Fiji)
175. Australia y Nueva Zelanda (región de Brazier y Franklin 77)	175. Australia and New Zealand (Brazier and Franklin region 77)
176. Australia	176. Australia
177. Nueva Zelanda	177. New Zealand
178. África continental tropical e islas adyacentes (región de Brazier y Franklin 78)	178. Tropical mainland Africa and adjacent islands (Brazier and Franklin region 78)
179. África tropical	179. Tropical África
180. Madagascar & Mauricio, Reunión & Comores	180. Madagascar & Mauritius, Réunion & Comores
181. África meridional (al sur del trópico de Capricornio) (región de Brazier y Franklin 79)	181. Southern Africa (south of the Tropic of Capricorn) (Brazier and Franklin region 79)
182. América del Norte, al norte de México (región 80 de Brazier y Franklin)	182. North America, north of Mexico (Brazier and Franklin region 80)
183. Neotrópico y Brasil templado (región 81 de Brazier y Franklin)	183. Neotropics and temperate Brazil (Brazier and Franklin region 81)
184. México y Centroamérica	184. Mexico and Central America
185. caribeño	185. Caribbean
186. América del Sur tropical	186. Tropical South America
187. Sur de Brasil	187. Southern Brasil
188. América del Sur templada, incluyendo Argentina, Chile, Uruguay y S. Paraguay (región Brazier y Franklin 82).	188. Temperate South America including Argentina, Chile, Uruguay, and S. Paraguay (Brazier and Franklin region 82)
<b>Hábito - p. 321</b>	<b>Habit — p. 321</b>
189. Árbol	189. Tree
190. Arbusto	190. Shrub
191. Viña/liana	191. Vine/liana
<b>Madera de importancia comercial - p. 322</b>	<b>Wood of commercial importance — p. 322</b>
192. Madera de importancia comercial	192. Wood of commercial importance
<b>Peso específico - p. 322</b>	<b>Specific gravity — p. 322</b>
193. Gravedad específica básica baja, $\leq 0.40$	193. Basic specific gravity low, $\leq 0.40$
194. Gravedad media específica básica, 0.40-0.75	194. Basic specific gravity medium, 0.40–0.75
195. Gravedad específica básica alta, $\geq 0,75$	195. Basic specific gravity high, $\geq 0.75$
<b>Color duramen - p. 323</b>	<b>Heartwood colour — p. 323</b>
196. Color duramen más oscuro que el color albura	196. Heartwood colour darker than sapwood colour
197. Duramen básicamente marrón o tonos de marrón	197. Heartwood basically brown or shades of brown
198. Duramen básicamente rojo o tonos de rojo	198. Heartwood basically red or shades of red

<b>Características anatómicas para especies latifoliadas de la normativa IAWA [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for hardwood tree species [ENGLISH]</b>
199. Duramen básicamente amarillo o matices de amarillo	199. Heartwood basically yellow or shades of yellow
200. Duramen básicamente blanco a gris	200. Heartwood basically white to grey
201. Duramen con vetas	201. Heartwood with streaks
202. Duramen no como el anterior	202. Heartwood not as above
<b>Olor - p. 325</b>	<b>Odour — p. 325</b>
203. Olor característico	203. Distinct odour
<b>Fluorescencia del duramen - p. 325</b>	<b>Heartwood fluorescence — p. 325</b>
204. Duramen fluorescente	204. Heartwood fluorescent
<b>Extractos de agua y etanol: fluorescencia y color - p. 326</b>	<b>Water &amp; ethanol extracts: fluorescence &amp; colour — p. 326</b>
205. Extracto de agua fluorescente	205. Water extract fluorescent
206. Extracto de agua básicamente incoloro a marrón o tonos de marrón	206. Water extract basically colourless to brown or shades of brown
207. Extracto de agua básicamente rojo o tonos de rojo	207. Water extract basically red or shades of red
208. Extracto de agua básicamente amarillo o tonos de amarillo	208. Water extract basically yellow or shades of yellow
209. Extracto de agua no como arriba	209. Water extract not as above
210. Extracto de etanol fluorescente	210. Ethanol extract fluorescent
211. Extracto de etanol básicamente incoloro a marrón o tonos de marrón	211. Ethanol extract basically colourless to brown or shades of brown
212. Extracto de etanol básicamente rojo o tonos de rojo	212. Ethanol extract basically red or shades of red
213. Extracto de etanol básicamente amarillo o matices de amarillo	213. Ethanol extract basically yellow or shades of yellow
214. Extracto de etanol no como el anterior	214. Ethanol extract not as above
<b>Prueba de espuma - p. 327</b>	<b>Froth test — p. 327</b>
215. Prueba de espuma positiva	215. Froth test positive
<b>Prueba del cromo Azurol-S - p. 328</b>	<b>Chrome Azurol-S test — p. 328</b>
216. Prueba de Cromo Azurol-S positiva	216. Chrome Azurol-S test positive
<b>Prueba de la astilla en llamas - pág. 328</b>	<b>Burning splinter test — p. 328</b>
217. La astilla se quema hasta convertirse en carbón	217. Splinter burns to charcoal
218. La astilla se quema hasta convertirse en ceniza: Color del fresno blanco brillante	218. Splinter burns to a full ash: Colour of ash bright white
219. La astilla se quema hasta convertirse en ceniza: Color del fresno amarillo-marrón	219. Splinter burns to a full ash: Colour of ash yellow-brown
220. La astilla se quema hasta convertirse en ceniza: Color de la ceniza distinto del anterior	220. Splinter burns to a full ash: Colour of ash other than above
221. La astilla se quema hasta convertirse en una ceniza parcial	221. Splinter burns to a partial ash



## Anexo 2.

Listado completo de características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>Información General</b>	<b>General information</b>
<b>Distribución geográfica - p. 12</b>	<b>Geographical distribution — p. 12</b>
1. Europa y Asia templada (región de Brazier y Franklin 74)	1. Europe and temperate Asia (Brazier and Franklin region 74)
2. Europa, excluido el Mediterráneo	2. Europe, excl. Mediterranean
3. Mediterráneo incl. África del Norte y Oriente Medio	3. Mediterranean incl. Northern Africa and Middle East
4. Asia templada (China, Japón, Rusia)	4. Temperate Asia (China, Japan, Russia)
5. Asia Central del Sur (región de Brazier y Franklin 75)	5. Central South Asia (Brazier and Franklin region 75)
6. India, Pakistán, Sri Lanka	6. India, Pakistan, Sri Lanka
7. Birmania (Myanmar)	7. Burma (Myanmar)
8. Asia sudoriental y el Pacífico (región de Brazier y Franklin 76)	8. Southeast Asia and the Pacific (Brazier and Franklin region 76)
9. Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina)	9. Thailand, Laos, Vietnam, Cambodia (Indochina)
10. Indomalesia (Indonesia, Filipinas, Malasia, Brunéi, Singapur, Papua Nueva Guinea e Islas Salomón)	10. Indomalesia (Indonesia, Philippines, Malaysia, Brunei, Singapore, Papua New Guinea, and Solomon Islands)
11. Islas del Pacífico (incl. Nueva Caledonia, Samoa, Hawái y Fiji)	11. Pacific Islands (incl. New Caledonia, Samoa, Hawaii, and Fiji)
12. Australia y Nueva Zelanda (región de Brazier y Franklin 77)	12. Australia and New Zealand (Brazier and Franklin region 77)
13. Australia	13. Australia
14. Nueva Zelanda	14. New Zealand
15. África continental tropical e islas adyacentes (región de Brazier y Franklin 78)	15. Tropical mainland Africa and adjacent islands (Brazier and Franklin region 78)
16. África tropical	16. Tropical África
17. Madagascar, Mauricio, Reunión y Comores	17. Madagascar, Mauritius, Reunion and Comores
18. África meridional (al sur del trópico de Capricornio) (región de Brazier y Franklin 79)	18. Southern Africa (south of the Tropic of Capricorn) (Brazier and Franklin region 79)
19. América del Norte (norte de México) (región 80 de Brazier y Franklin)	19. North America (north of Mexico) (Brazier and Franklin region 80)
20. Neotrópico y Brasil templado (región 81 de Brazier y Franklin)	20. Neotropics and temperate Brazil (Brazier and Franklin region 81)
21. México y Centroamérica	21. Mexico and Central America
22. caribeño	22. Caribbean
23. América del Sur tropical	23. Tropical South America
24. Sur de Brasil	24. Southern Brasil
25. América del Sur templada, incluyendo Argentina, Chile, Uruguay y el sur de Paraguay (región Brazier y Franklin 82)	25. Temperate South America including Argentina, Chile, Uruguay and southern Paraguay (Brazier and Franklin region 82)

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>
<b>Color duramen - p. 12</b>	<b>Heartwood colour — p. 12</b>
26. Marrón o tonos de marrón	26. Brown or shades of brown
27. Rojo o tonos de rojo	27. Red or shades of red
28. Amarillo o tonos de amarillo	28. Yellow or shades of yellow
29. Color claro (blanquecino, cremoso, gris)	29. Light coloured (whitish, creamy, grey)
30. Púrpura o tonos de púrpura	30. Purple or shades of purple
31. Otro que no sea el anterior (especifique)	31. Other than above (specify)
<b>Diferencia entre el color del duramen y el de la albura - pág. 14</b>	<b>Difference between heartwood and sapwood colour — p. 14</b>
32. Color del duramen similar al color de la albura	32. Heartwood colour similar to sapwood colour
33. Color del duramen distinto del color de la albura	33. Heartwood colour distinct from sapwood colour
<b>Presencia de duramen con vetas de color - p. 14</b>	<b>Presence of heartwood with colour streaks — p. 14</b>
34. Duramen con vetas	34. Heartwood with streaks
<b>Presencia de un olor distintivo - p. 14</b>	<b>Presence of a distinct odour — p. 14</b>
35. Olor distintivo (especificar)	35. Odour distinct (specify)
<b>Densidad media del aire seco / gravedad específica básica - p. 15</b>	<b>Average air-dry density / basic specific gravity — p. 15</b>
36. ... < g/cm <sup>3</sup> > > >...	36. ... < g/cm <sup>3</sup> >
<b>Densidad media del aire seco[g/cm<sup>3</sup>] (categorías) - p. 15</b>	<b>Average air-dry density [g/cm<sup>3</sup>] (categories) — p. 15</b>
37. Bajo 0,48 g/cm <sup>3</sup>	37. Less than 0.48 g/cm <sup>3</sup>
38. 0,48-0,60 g/cm <sup>3</sup>	38. 0.48–0.60 g/cm <sup>3</sup>
39. Superior a 0,60 g/cm <sup>3</sup>	39. Above 0.60 g/cm <sup>3</sup>
<b>ANILLOS DE CRECIMIENTO</b>	<b>GROWTH RINGS</b>
<b>Presencia de límites en el anillo de crecimiento - pág. 16</b>	<b>Presence of growth ring boundaries — p. 16</b>
40. Anillo de crecimiento definidos	40. Growth ring boundaries distinct
41. Anillo de crecimiento borrosos o ausentes	41. Growth ring boundaries indistinct or absent
<b>Transición de la madera temprana a la madera tardía - p. 16</b>	<b>Transition from earlywood to latewood — p. 16</b>
42. Abrupto	42. Abrupt
43. Gradual	43. Gradual
Traqueidas	<b>TRACHEIDS</b>
<b>Picadura de tráquea en paredes radiales (sólo en madera temprana) - p. 19</b>	<b>Tracheid pitting in radial walls (in earlywood only) — p. 19</b>
44. (predominantemente) Uniseriadas	44. (predominantly) Uniseriate
45. (predominantemente) Dos o más seriadas	45. (predominantly) Two or more seriate
<b>Disposición de (dos o más seriadas) punteaduras de traqueidas en paredes radiales (sólo madera temprana) - p. 19</b>	<b>Arrangement of (two or more seriate) tracheid pitting in radial walls (earlywood only) — p. 19</b>

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
46. Opuesta	46. Opposite
47. Alterna	47. Alternate
<b>Depósitos orgánicos (en las traqueidas del duramen) - p. 21</b>	<b>Organic deposits (in heartwood tracheids) — p. 21</b>
48. Presente	48. Present
<b>Longitud media de la traqueida - p. 22</b>	<b>Average tracheid length — p. 22</b>
49. ... < $\mu\text{m}$ >>>...	49. ... < $\mu\text{m}$ >
<b>Longitud media de la traqueida (clases de tamaño) - p. 22</b>	<b>Average tracheid length (size classes) — p. 22</b>
50. Corto (menos de 3000 $\mu\text{m}$ )	50. Short (less than 3000 $\mu\text{m}$ )
51. Medio (3000 a 5000 $\mu\text{m}$ )	51. Medium (3000 to 5000 $\mu\text{m}$ )
52. Largo (más de 5000 $\mu\text{m}$ )	52. Long (over 5000 $\mu\text{m}$ )
<b>Espacios intercelulares en toda la madera (en sección transversal) - p. 23</b>	<b>Intercellular spaces throughout the wood (in transverse section) — p. 23</b>
53. Presente	53. Present
<b>Espesor del muro traqueal de la madera tardía - p. 24</b>	<b>Latewood tracheid wall thickness — p. 24</b>
54. Pared delgada (espesor de pared doble inferior al diámetro del lumen radial)	54. Thin-walled (double wall thickness less than radial lumen diameter)
55. Pared gruesa (espesor de doble pared mayor que el diámetro del lumen radial)	55. Thick-walled (double wall thickness larger than radial lumen diameter)
<b>Torus (hoyos sólo en Traqueidas de madera temprana) - p. 25</b>	<b>Torus (pits in earlywood tracheids only) — p. 25</b>
56. Presente	56. Present
57. Escapulado	57. Scalloped
<b>Extensiones Torus - p. 26</b>	<b>Torus extensions — p. 26</b>
58. Presente	58. Present
<b>Punteaduras con bordes ranurados - p. 28</b>	<b>Pits with notched borders — p. 28</b>
59. Presente	59. Present
<b>Capa verrugosa (visible bajo el microscopio de luz) - p. 28</b>	<b>Warty layer (visible under the light microscope) — p. 28</b>
60. Presente	60. Present
<b>ESPESAMIENTOS HELICOIDALES Y OTROS ESPESAMIENTOS DE PARED</b>	<b>HELICAL AND OTHER WALL THICKENINGS</b>
<b>Engrosamientos helicoidales en las traqueidas - p. 30</b>	<b>Helical thickenings in tracheids — p. 30</b>
<b>Engrosamientos helicoidales en las traqueidas longitudinales (presencia) - p. 32</b>	<b>Helical thickenings in longitudinal tracheids (presence) — p. 32</b>
61. Presente	61. Present
<b>Engrosamientos helicoidales (en las traqueidas longitudinales - localización) - p. 32</b>	<b>Helical thickenings (in longitudinal tracheids - location) — p. 32</b>
62. Presente a lo largo de todo el crecimiento	62. Present throughout the growth increment
63. Bien desarrollado sólo en madera temprana	63. Well-developed only in earlywood
64. Bien desarrollado sólo en madera tardía	64. Well-developed only in latewood

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>Engrosamientos helicoidales (en Traqueidas longitudinales, ya sean simples o agrupadas) - p. 32</b>	<b>Helical thickenings (in longitudinal tracheids - whether single or grouped) — p. 32</b>
65. Solitario	65. Single
66. Agrupado (doble o triple)	66. Grouped (double or triple)
<b>Espesamientos helicoidales (en traqueidas longitudinales - espaciamiento, solo traqueidas de madera temprana) - p. 32</b>	<b>Helical thickenings (in longitudinal tracheids - spacing, earlywood tracheids only) — p. 32</b>
67. Espaciado estrecho (número de bobinas superior a 120 por mm)	67. Narrowly spaced (number of coils more than 120 per mm)
68. Ampliamente espaciados (número de bobinas inferior a 120 por mm)	68. Widely spaced (number of coils less than 120 per mm)
<b>Engrosamientos helicoidales en las Traqueidas de radios - p. 33</b>	<b>Helical thickenings in ray tracheids — p. 33</b>
69. Comúnmente presente	69. Commonly present
70. (presente, pero) Raro	70. (present but) Rare
<b>Engrosamientos de callitroides - p. 34</b>	<b>Callitroid thickenings — p. 34</b>
71. Presente	71. Present
<b>PARÉNQUIMA AXIAL</b>	<b>AXIAL PARENCHYMA</b>
<b>Parénquima axial (excluidas las células epiteliales y subsidiarias de los canales intercelulares) - p. 35</b>	<b>Axial parenchyma (excl. epithelial and subsidiary cells of intercellular canals) — p. 35</b>
72. Presente	72. Present
<b>Disposición del parénquima axial - pág. 37</b>	<b>Arrangement of axial parenchyma — p. 37</b>
73. Difusa (distribuida uniformemente a lo largo de todo el crecimiento)	73. Diffuse (evenly scattered throughout the entire growth increment)
74. Tangencialmente	74. Tangentially zonate
75. Marginal	75. Marginal
<b>Paredes de los extremos transversales - p. 39</b>	<b>Transverse end walls — p. 39</b>
76. Lisos	76. Smooth
77. Engrosamiento irregular	77. Irregularly thickened
78. Perlas o nodulares	78. Beaded or nodular
<b>COMPOSICIÓN DE RADIOS</b>	<b>RAY COMPOSITION</b>
<b>Traqueidas radiales - p. 40</b>	<b>Ray tracheids — p. 40</b>
79. Comúnmente presente	79. Commonly present
80. Ausentes o muy escasas	80. Absent or very rare
<b>Paredes celulares de las traqueidas radiales - p. 43</b>	<b>Cell walls of ray tracheids — p. 43</b>
81. Liso	81. Smooth
82. Dentado	82. Dentate
83. Reticular	83. Reticulate
<b>Bordes de la fosa traqueal de radios con espesamientos angulares o dentados (sólo sección radial, Larix &amp; Picea) - pág. 45</b>	<b>Ray tracheid pit borders angular or with dentate thickenings (radial section, Larix &amp; Picea only) — p. 45</b>
84. Presente	84. Present

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>Paredes finales de las células del parénquima del radio - p. 47</b>	<b>End walls of ray parenchyma cells — p. 47</b>
85. Lisa (sin punteaduras)	85. Smooth (unpitted)
86. Claramente punteadas	86. Distinctly pitted
<b>Paredes horizontales de las células del parénquima del radio - p. 48</b>	<b>Horizontal walls of ray parenchyma cells — p. 48</b>
87. Lisa (sin punteaduras)	87. Smooth (unpitted)
88. Claramente punteadas	88. Distinctly pitted
<b>Indentaduras- pág. 49</b>	<b>Indentures — p. 49</b>
89. Presente	89. Present
<b>PUNTEADURAS TRANSVERSALES</b>	<b>CROSS-FIELD PITTING</b>
<b>Punteaduras en el ares de cruce (según Phillips 1948, modificado por Vogel 1995) - p. 51</b>	<b>Cross-field pitting (according to Phillips 1948, amended by Vogel 1995) — p. 51</b>
90. "Como una ventana" (fenestriforme)	90. "Window-like" (fenestriform)
91. Pinoide	91. Pinoid
92. Piceoideo	92. Piceoid
93. Cupressoide	93. Cupressoid
94. Taxodioide	94. Taxodioid
95. Araucarioide	95. Araucarioid
<b>Número de punteaduras por área de cruce (sólo para traqueidas de madera temprana) - p. 54</b>	<b>Number of pits per cross-field (earlywood tracheids only) — p. 54</b>
96. ... < número por campo cruzado > número por campo cruzado	96. ... < number per crossfield >
<b>Número de punteaduras por área de cruce (sólo para traqueidas de madera temprana- categorías) - p. 54</b>	<b>Number of pits per cross-field (earlywood only – categories) — p. 54</b>
97. (grande como una ventana) 1-2	97. (large window-like) 1–2
98. 1–3	98. 1–3
99. 3–5	99. 3–5
100. 6 o más	100. 6 or more
<b>TAMAÑO RADIO</b>	<b>RAY SIZE</b>
<b>Altura media de los radios - p. 55</b>	<b>Average ray height — p. 55</b>
101. ... < $\mu\text{m}$ >>>...	101. ... < $\mu\text{m}$ >
<b>Altura media del radio (número de celdas) - p. 57</b>	<b>Average ray height (number of cells) — p. 57</b>
102. Muy bajo (hasta 4 células)	102. Very low (up to 4 cells)
103. Medio (5 a 15 células)	103. Medium (5 to 15 cells)
104. Alto (de 16 a 30 células)	104. High (from 16 to 30 cells)
105. Muy alta (más de 30 células)	105. Very high (more than 30 cells)
<b>Altura media de los radios fusiformes - p. 57</b>	<b>Average fusiform ray height — p. 57</b>
106. ... < $\mu\text{m}$ >>>...	106. ... < $\mu\text{m}$ >
<b>Ancho del radio (celdas) - p. 57</b>	<b>Ray width (cells) — p. 57</b>
107. Exclusivamente uniseriado	107. Exclusively uniseriate
108. 2-3-seriales en parte	108. 2–3-seriate in part

<b>Características anatómicas de la normativa IAWA para especies coníferas [ESPAÑOL]</b>	<b>IAWA Anatomical features for softwood tree species [ENGLISH]</b>
<b>CANALES INTERCELULARES</b>	<b>INTERCELLULAR CANALS</b>
<b>Canales intercelulares axiales (resina) - pág. 58</b>	<b>Axial intercellular (resin) canals — p. 58</b>
109. Presente	109. Present
<b>Canales intercelulares radiales (resina) - p. 60</b>	<b>Radial intercellular (resin) canals — p. 60</b>
110. Presente	110. Present
<b>Canales traumáticos (de resina) (axiales, radiales) - p. 60</b>	<b>Traumatic (resin) canals (axial, radial) — p. 60</b>
111. Presente	111. Present
<b>Diámetro medio de los canales intercelulares axiales normales - p. 60</b>	<b>Average diameter of normal axial intercellular canals — p. 60</b>
112. Diámetro tangencial, delimitado por células epiteliales (Método A) < μm > >	112. Tangential diameter, delimited by epithelial cells (Method A) < μm >
113. Diámetro tangencial de todo el complejo de canales de resina (Método B) < μm > >	113. Tangential diameter of entire resin canal complex (Method B) < μm >
114. Diámetro radial, delimitado por células epiteliales (Método C) < μm > >	114. Radial diameter, delimited by epithelial cells (Method C) < μm >
<b>Diámetro medio de los canales intercelulares radiales normales - p. 62</b>	<b>Average diameter of normal radial intercellular canals — p. 62</b>
115. ... < μm >>>...	115. ... < μm >
<b>Células epiteliales (de canales intercelulares) - pág. 62</b>	<b>Epithelial cells (of intercellular canals) — p. 62</b>
116. De pared gruesa	116. Thick-walled
117. De pared delgada	117. Thin-walled
<b>INCLUSIONES MINERALES</b>	<b>MINERAL INCLUSIONS</b>
<b>Cristales - p. 65</b>	<b>Crystals — p. 65</b>
118. Presente	118. Present
<b>Tipo de cristales - p. 65</b>	<b>Type of crystals — p. 65</b>
119. Prismático	119. Prismatic
120. Drusas	120. Druses
121. Otras formas (especifique)	121. Other forms (specify)
<b>Cristales ubicados en - p. 65</b>	<b>Crystals located in — p. 65</b>
122. radios	122. Rays
123. Parénquima axial	123. Axial parenchyma
124. Células asociadas a canales intercelulares	124. Cells associated with intercellular canals

### Anexo 3.

Base de datos utilizada para la identificación de las características anatómicas

Características anatómicas (Tabla 1)

Ausencia (0)  
Presencia (1)

### Anexo 4.

Promedio de las características anatómicas cuantitativas de las nueve especies latifoliadas evaluadas

Promedio de las características anatómicas cuantitativas de las 25 mediciones por sector							
n_cientifico	Sector	num_radios	long_radio_um	diam_punt_um	diam_vasos_um	num_vasos	elem_vasos_um
<i>Acacia melanoxylo</i>	sur	21,96	240,27	6,98	106,12	2,72	233,78
<i>Acacia melanoxylo</i>	centro	22,12	197,65	5,24	56,92	2,64	150,81
<i>Acacia melanoxylo</i>	norte	24,48	206,1512	6,8328	103,634799	2,68	141,78

Promedio de las características anatómicas cuantitativas de las 25 mediciones por sector							
n_cientifico	Sector	num_radios	long_radio_um	diam_punt_um	diam_vasos_um	num_vasos	elem_vasos_um
<i>Alnus acuminata</i>	sur	33,84	202,234399	6,38	85,5912004	7,92	271,19
<i>Alnus acuminata</i>	centro	34,2	193,727601	5,654	86,3896	6,92	315,473201
<i>Alnus acuminata</i>	norte	34,24	227,589601	7,176	91,4416002	7,4	325,260399
<i>Callistemon lanceolatus</i>	sur	7,72	300,896402	5,0548	91,3680002	4,16	302,4716
<i>Callistemon lanceolatus</i>	centro	7,2	311,466799	5,6668	68,5132	3,96	323,4404
<i>Callistemon lanceolatus</i>	norte	9	252,846401	5,3576	66,4635997	4,16	361,9484
<i>Cedrela montana</i>	sur	7,8	177,3164	4,8284	87,8844004	6,92	246,1548
<i>Cedrela montana</i>	centro	6,92	139,7096	6,0176	151,467998	5,88	301,1548
<i>Cedrela montana</i>	norte	6,4	161,337199	6,744	168,89	7,08	355,6164
<i>Fraxinus chinensis</i>	sur	31,16	174,554399	4,0836	102,731199	6,92	152,928001
<i>Fraxinus chinensis</i>	centro	30,64	182,3744	4,492	140,314399	7,76	166,888
<i>Fraxinus chinensis</i>	norte	32,96	174,907599	6,9316	124,9464	8,2	161,4392
<i>Grevillea robusta</i>	sur	1,28	1459,27641	5,5908	129,886801	11,24	139,305602
<i>Grevillea robusta</i>	centro	1,24	1499,8788	6,3008	146,261601	8,64	137,258
<i>Grevillea robusta</i>	norte	2,2	1316,97921	5,4452	146,412401	10,4	330,872001
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	sur	31,12	146,1892	5,0054	103,614801	17,56	165,240001
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	centro	31,64	135,124	5,894	117,800399	17,04	182,633199
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	norte	30,56	140,8044	5,1728	114,2472	17,04	178,022
<i>Salix humboldtiana</i>	sur	22,64	201,179999	8,1852	88,7283992	4,64	286,406402
<i>Salix humboldtiana</i>	centro	27,28	180,929201	8,656	66,6144009	4,48	290,8168
<i>Salix humboldtiana</i>	norte	25,92	200,745601	7,4948	103,5596	3,8	302,274



<b>Promedio de las características anatómicas cuantitativas de las 25 mediciones por sector</b>							
<b>n_cientifico</b>	<b>Sector</b>	<b>num_radios</b>	<b>long_radio_um</b>	<b>diam_punt_um</b>	<b>diam_vasos_um</b>	<b>num_vasos</b>	<b>elem_vasos_um</b>
<i>Schinus molle</i>	sur	22,48	285,051199	8,312	62,7648001	28,24	160,6988
<i>Schinus molle</i>	centro	22,44	229,4792	6,392	68,8387996	27,48	186,189199
<i>Schinus molle</i>	norte	22,36	261,237601	7,756	101,3796	27,48	149,0944

## Anexo 5.

Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas

```
#-----  
# Title: Construcción de Boxplots con Kruskal-Wallis Test (N25)  
# Subtitle: Caracterización anatomica cuantitativa, cualitativa y cambios intraanuales en la  
# madera de 10 especies más frecuentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja  
# Author: "Eva Cueva"  
# Date: "Sep 15, 2022"  
# Director: Darwin Pucha  
# Codificado por Darwin PC  
# Basado en https://www.delftstack.com/es/howto/r/ggplot-boxplot-by-group-in-r/  
#-----  
  
rm(list=ls()) # limpiar área de trabajo  
graphics.off() # limpiar área de gráficos  
# Ctrl+l #limpiar consola  
  
setwd("C:/Users/crist/Documents/TESIS/RStudio")  
setwd("D:/Users/DARWIN/Google Drive/Lab. Anatomía Maderas/Tesistas/Arbolado  
urbano/Eva_Cueva/r")  
  
library(gapminder)  
library(dplyr)  
  
# Cargar datos  
  
datos <- read.csv("Total_variables_n25.csv", sep = ",", dec = ",")  
datos <- datos[complete.cases(datos), ] # para borrar filas vacias (NA)  
  
# Reordenar categorias a Norte, Centro, Sur  
  
datos$Sector <- factor(datos$Sector, levels = c("norte", "centro", "sur"))  
  
#####  
# 1. DIAMETRO DE VASO  
#####  
  
# Gráficos  
  
# 1.1 Boxplots  
  
library("ggplot2")  
library("ggpubr")  
  
p1 <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "diam_vasos_um", bxp.errorbar = TRUE, fill  
= terrain.colors(1),  
          xlab = "Especie", ylab = "Diametro de vasos [um]", title = " PROMEDIO") +  
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +  
  theme_grey() +
```

```

theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2 <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "diam_vasos_um", bxp.errorbar = TRUE, fill
= "Sector",
               xlab = "Especie", ylab = "Diametro de vasos [um]", title = " POR SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 1.2. Visualizacion y exportacion a jpg
# Visualizacion

library("gridExtra")

grid.arrange(p1, p2, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="Diam_vasos.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1, p2, nrow = 2)

dev.off()

# 1.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 1.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.diam_v.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>% kruskal_test(diam_vasos_um
~ Sector)
datos.diam_v.kw
# por especies
datos.diam_v.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>% kruskal_test(diam_v ~
Sector)
datos.diam_v.kw

#Comando para exportar dataframes a excel CSV
#Guardar tablas

write.csv(datos.diam_v.kw,"test KW_diam_v.csv",quote = FALSE)

# 1.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).

```

```

datos.diam_v.effsize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_effsize(diam_vasos_um ~ Sector)

datos.diam_v.effsize

#Guardar tablas

write.csv(datos.diam_v.effsize,"test effsize_diam_v.csv",quote = FALSE)

# 1.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX?S test

datos.diam_v.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
  wilcox_test(diam_vasos_um ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.diam_v.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.diam_v.wilcox,"test relacion_diam_v.csv",quote = FALSE)

# 1.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 1.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.diam_v <- pairwise.wilcox.test(datos$diam_vasos_um, datos$Sector)
#wt.diam_v <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la función
jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 1.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

g.diam_v <- as.matrix(wt.diam_v$p.value > 0.01) # identificar el valor de significancia
mayor a 0.05
g.diam_v <- cbind(rbind(NA, g.diam_v), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.diam_v <- replace(g.diam_v, is.na(g.diam_v), FALSE) # reemplazo de los NA con Falso
g.diam_v <- g.diam_v + t(g.diam_v) # hacer la matriz simetrica
diag(g.diam_v) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.diam_v

# 1.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")
rownames(g.diam_v) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.diam_v) <- labels # cambiar nombre de columnas

```

```

g.diam_v # mostrar matriz

# 1.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)

pos.diam_v <- which(g.diam_v==1) # identificar la posicion de los grupos relacionados
n <- 3 # numero de categorias (sitios)
g.diam_v2 <- data.frame(N1 = ((pos.diam_v-1) %% n) + 1, N2 = ((pos.diam_v-1) %% n)
+ 1) #datos.frame con los residuos de division
g.diam_v2 <- g.diam_v2[order((g.diam_v2[[1]])), ] # reorganiza las filas por pares
g.diam_v3 <- simplify(graph.data.frame(g.diam_v2, directed = FALSE)) # crear objeto para
igraph
get.data.frame(g.diam_v3) # ver conexiones entre tratamientos

# 1.4.5. Plot igraph
# Personalización del grafico
V(g.diam_v3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.diam_v3)$label.color <- "black"
V(g.diam_v3)$size <- 50
V(g.diam_v3)$label.cex <- 1.5
V(g.diam_v3)$label <- labels

# Plot de conexión por nodos

plot(g.diam_v3, main = "DIÁMETRO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

# exportar a jpg

jpeg(filename="Diam_vasos.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG

plot(g.diam_v3, main = "DIÁMETRO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####
#####
# 2. LONGITUD DE RADIO

```

```
#####

# Gráficos

# 2.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.logr <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "long_radio_um", bxp.errorbar = TRUE,
fill = terrain.colors(1),
                    xlab = "Especie", ylab = "Longitud del radio [um]", title = " PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2.logr <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "long_radio_um", bxp.errorbar = TRUE,
fill = "Sector",
                    xlab = "Especie", ylab = "Longitud del radio [um]", title = " POR SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 2.2. Visualizacion y exportacion a jpg
# Visualizacion
library(gridExtra)

grid.arrange(p1.logr, p2.logr, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="long_radio_um.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.logr, p2.logr, nrow = 2)

dev.off()

# 2.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 2.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.long_radio_um.kw <- datos %>% kruskal_test(long_radio_um ~ n_cientifico)
datos.long_radio_um.kw
# por especies
```

```

datos.long_radio_um.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(long_radio_um ~ Sector)
datos.long_radio_um.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.long_radio_um.kw,"test KW_long_radio_um.csv",quote = FALSE)

# 2.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.long_radio_um.essize <- datos %>% kruskal_essize(long_radio_um ~ n_cientifico)
datos.long_radio_um.essize
# por especie
datos.long_radio_um.essize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(long_radio_um ~ Sector)
datos.long_radio_um.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.long_radio_um.essize,"test essize_long_radio_um.csv",quote = FALSE)

# 2.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.long_radio_um.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(long_radio_um ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.long_radio_um.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.long_radio_um.wilcox,"test relacion_long_radio_um.csv",quote = FALSE)

# 2.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 2.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.long_radio_um <- pairwise.wilcox.test(datos$long_radio_um, datos$Sector)
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 2.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

```

```

g.long_radio_um <- as.matrix(wt.long_radio_um$p.value > 0.01) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05
g.long_radio_um <- cbind(rbind(NA, g.long_radio_um), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.long_radio_um <- replace(g.long_radio_um, is.na(g.long_radio_um), FALSE) #
reemplazo de los NA con Falso
g.long_radio_um <- g.long_radio_um + t(g.long_radio_um) # hacer la matriz simetrica
diag(g.long_radio_um) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.long_radio_um

```

# 2.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

```

labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")
rownames(g.long_radio_um) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.long_radio_um) <- labels # cambiar nombre de columnas

```

```

g.long_radio_um # mostrar matriz

```

# 2.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph  
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)

```

pos.long_radio_um<- which(g.long_radio_um==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 3 # numero de categorias (sitios)
g.long_radio_um2 <- data.frame(N1 = ((pos.long_radio_um-1) %% n) + 1, N2 =
((pos.long_radio_um-1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.long_radio_um2 <- g.long_radio_um2[order((g.long_radio_um2[[1]])), ] # reorganiza las
filas por pares
g.long_radio_um3 <- simplify(graph.data.frame(g.long_radio_um2, directed = FALSE)) #
crear objeto para igraph
get.data.frame(g.long_radio_um3) # ver conexiones entre tratamientos

```

# 2.4.5. Plot igraph

```

# Personalización del grafico
V(g.long_radio_um3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.long_radio_um3)$label.color <- "black"
V(g.long_radio_um3)$size <- 50
V(g.long_radio_um3)$label.cex <- 1.2
V(g.long_radio_um3)$label <- labels

```

# plot de conexión por nodos

```

plot(g.long_radio_um3, main = "LONGITUD DEL RADIO")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

```

# Guardar



```

jpeg(filename="long_radio_um.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG
plot(g.long_radio_um3, main = "LONGITUD DEL RADIO")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####

#####
# 3. DIAMETRO DE PUNTEADURAS
#####

# Gráficos

# 3.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.diamp <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "diam_punt_um", bxp.errorbar =
TRUE, fill = terrain.colors(1),
                    xlab = "Especie", ylab = "Diámetro de punteaduras [um]", title = "
PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2.diamp <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "diam_punt_um", bxp.errorbar =
TRUE, fill = "Sector",
                    xlab = "Especie", ylab = "Diámetro de punteaduras [um]", title = "
POR
SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 3.2. Visualizacion y exportacion a jpg

library(gridExtra)

grid.arrange(p1.diamp, p2.diamp, nrow = 2)

# Exportacion

```

```

jpeg(filename="diam_punt_um.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.diamp, p2.diamp, nrow = 2)

dev.off()

# 3.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 3.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.diam_punt_um.kw <- datos %>% kruskal_test(diam_punt_um ~ n_cientifico)
datos.diam_punt_um.kw
# por especies
datos.diam_punt_um.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(diam_punt_um ~ Sector)
datos.diam_punt_um.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.diam_punt_um.kw,"test KW_diam_punt_um.csv",quote = FALSE)

# 3.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.diam_punt_um.essize <- datos %>% kruskal_essize(diam_punt_um ~ n_cientifico)
datos.diam_punt_um.essize
# por especie
datos.diam_punt_um.essize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(diam_punt_um ~ Sector)
datos.diam_punt_um.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.diam_punt_um.essize,"test essize_diam_punt_um.csv",quote = FALSE)

# 3.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.diam_punt_um.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(diam_punt_um ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.diam_punt_um.wilcox

#Guardar tablas

```

```
write.csv(datos.diam_punt_um.wilcox,"test relacion_diam_punt_um.csv",quote = FALSE)
```

### # 3.4. GRÁFICO DE VERTICES

```
## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html
```

```
library(igraph)
```

```
# 3.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos  
wt.diam_punt_um <- pairwise.wilcox.test(datos$diam_punt_um, datos$Sector)  
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la  
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos
```

```
# 3.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos
```

```
g.diam_punt_um <- as.matrix(wt.diam_punt_um$p.value > 0.01) # identificar el valor de  
significancia mayor a 0.05  
g.diam_punt_um <- cbind(rbind(NA, g.diam_punt_um), NA) # hacer una matriz cuadrada  
g.diam_punt_um <- replace(g.diam_punt_um, is.na(g.diam_punt_um), FALSE) #  
reemplazo de los NA con Falso  
g.diam_punt_um <- g.diam_punt_um + t(g.diam_punt_um) # hacer la matriz simetrica  
diag(g.diam_punt_um) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz  
g.diam_punt_um
```

```
# 3.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas
```

```
labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")  
rownames(g.diam_punt_um) <- labels # cambiar nombre de filas  
colnames(g.diam_punt_um) <- labels # cambiar nombre de columnas  
  
g.diam_punt_um # mostrar matriz
```

```
# 3.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph  
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)
```

```
pos.diam_punt_um<- which(g.diam_punt_um==1) # identificar la posicion de los grupos  
relacionados  
n <- 3 # numero de categorias (sitios)  
g.diam_punt_um2 <- data.frame(N1 = ((pos.diam_punt_um-1) %% n) + 1, N2 =  
((pos.diam_punt_um-1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division  
g.diam_punt_um2 <- g.diam_punt_um2[order((g.diam_punt_um2[[1]])), ] # reorganiza las  
filas por pares  
g.diam_punt_um3 <- simplify(graph.data.frame(g.diam_punt_um2, directed = FALSE)) #  
crear objeto para igraph  
get.data.frame(g.diam_punt_um3) # ver conexiones entre tratamientos
```

```
# 3.4.5. Plot igraph
```

```

# Personalizacion del grafico
V(g.diam_punt_um3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.diam_punt_um3)$label.color <- "black"
V(g.diam_punt_um3)$size <- 50
V(g.diam_punt_um3)$label.cex <- 1.2
V(g.diam_punt_um3)$label <- labels

# plot de conexión por nodos

plot(g.diam_punt_um3, main = "DIÁMETRO DE PUNTEADURAS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

# Guardar

jpeg(filename="diam_punt_um.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG
plot(g.diam_punt_um3, main = "DIÁMETRO DE PUNTEADURAS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####

#####
# 4. NUMERO DE RADIOS
#####

# Gráficos

# 4.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.numr <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "num_radios", bxp.errorbar = TRUE,
fill = terrain.colors(1),
                    xlab = "Especie", ylab = "Número de radios", title = " PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

```

```

p2.numr <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "num_radios", bxp.errorbar = TRUE,
fill = "Sector",
                    xlab = "Especie", ylab = "Número de radios", title = " POR SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 4.2. Visualizacion y exportacion a jpg

library(gridExtra)

grid.arrange(p1.numr, p2.numr, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="num_radios.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.numr, p2.numr, nrow = 2)

dev.off()

### 4.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 4.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.num_radios.kw <- datos %>% kruskal_test(num_radios ~ n_cientifico)
datos.num_radios.kw
# por especies
datos.num_radios.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>% kruskal_test(num_radios
~ Sector)
datos.num_radios.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_radios.kw,"test KW_num_radios.csv",quote = FALSE)

# 4.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.num_radios.essize <- datos %>% kruskal_essize(num_radios ~ n_cientifico)
datos.num_radios.essize
# por especie
datos.num_radios.essize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(num_radios ~ Sector)

```

```

datos.num_radios.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_radios.essize,"test essize_num_radios.csv",quote = FALSE)

# 4.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.num_radios.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
  wilcox_test(num_radios ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.num_radios.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_radios.wilcox,"test relacion_num_radios.csv",quote = FALSE)

# 4.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 4.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.num_radios <- pairwise.wilcox.test(datos$num_radios, datos$Sector)
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 4.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

g.num_radios <- as.matrix(wt.num_radios$p.value > 0.01) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05
g.num_radios <- cbind(rbind(NA, g.num_radios), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.num_radios <- replace(g.num_radios, is.na(g.num_radios), FALSE) # reemplazo de los
NA con Falso
g.num_radios <- g.num_radios + t(g.num_radios) # hacer la matriz simetrica
diag(g.num_radios) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.num_radios

# 4.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")
rownames(g.num_radios) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.num_radios) <- labels # cambiar nombre de columnas

g.num_radios # mostrar matriz

```

```
# 4.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)
```

```
pos.num_radios<- which(g.num_radios==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 3 # numero de categorias (sitios)
g.num_radios2 <- data.frame(N1 = ((pos.num_radios-1) %% n) + 1, N2 = ((pos.num_radios-
1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.num_radios2 <- g.num_radios2[order((g.num_radios2[[1]])), ] # reorganiza las filas por
pares
g.num_radios3 <- simplify(graph.data.frame(g.num_radios2, directed = FALSE)) # crear
objeto para igraph
get.data.frame(g.num_radios3) # ver conexiones entre tratamientos
```

```
# 4.4.5. Plot igraph
```

```
# Personalizacion del grafico
V(g.num_radios3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.num_radios3)$label.color <- "black"
V(g.num_radios3)$size <- 50
V(g.num_radios3)$label.cex <- 1.3
V(g.num_radios3)$label <- labels
```

```
# plot de conexión por nodos
```

```
plot(g.num_radios3, main = "NÚMERO DE RADIOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)
```

```
# Guardar
```

```
jpeg(filename="num_radios.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG
plot(g.num_radios3, main = "NÚMERO DE RADIOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)
```

```
dev.off()
```

```
*****
#####
# 5. ELEMENTOS DEL VASO
#####
```

```
# Gráficos
```

```
# 5.1 Boxplots
```

```

library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.elemv <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "elem_vasos_um", bxp.errorbar =
TRUE, fill = terrain.colors(1),
                    xlab = "Especie", ylab = "Elementos del vaso [um]", title = " PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2.elemv <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "elem_vasos_um", bxp.errorbar =
TRUE, fill = "Sector",
                    xlab = "Especie", ylab = "Elementos del vaso [um]", title = " POR SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 5.2. Visualizacion y exportacion a jpg

library(gridExtra)

grid.arrange(p1.elemv, p2.elemv, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="elem_vasos_um.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.elemv, p2.elemv, nrow = 2)

dev.off()

# 5.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 5.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.elem_vasos_um.kw <- datos %>% kruskal_test(elem_vasos_um ~ n_cientifico)
datos.elem_vasos_um.kw
# por especies
datos.elem_vasos_um.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(elem_vasos_um ~ Sector)
datos.elem_vasos_um.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.elem_vasos_um.kw,"test KW_elem_vasos_um.csv",quote = FALSE)

```



```

# 5.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.elem_vasos_um.essize <- datos %>% kruskal_essize(elem_vasos_um ~ n_cientifico)
datos.elem_vasos_um.essize
# por especie
datos.elem_vasos_um.essize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(elem_vasos_um ~ Sector)
datos.elem_vasos_um.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.elem_vasos_um.essize,"test essize_elem_vasos_um.csv",quote = FALSE)

# 5.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.elem_vasos_um.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(elem_vasos_um ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.elem_vasos_um.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.elem_vasos_um.wilcox,"test relacion_elem_vasos_um.csv",quote =
FALSE)

# 5.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 5.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(datos$elem_vasos_um, datos$Sector)
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 5.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

g.elem_vasos_um <- as.matrix(wt.elem_vasos_um$p.value > 0.05) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05
g.elem_vasos_um <- cbind(rbind(NA, g.elem_vasos_um), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.elem_vasos_um <- replace(g.elem_vasos_um, is.na(g.elem_vasos_um), FALSE) #
reemplazo de los NA con Falso

```

```

g.elem_vasos_um <- g.elem_vasos_um + t(g.elem_vasos_um) # hacer la matriz simetrica
diag(g.elem_vasos_um) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.elem_vasos_um

# 5.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")
rownames(g.elem_vasos_um) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.elem_vasos_um) <- labels # cambiar nombre de columnas

g.elem_vasos_um # mostrar matriz

# 5.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)

pos.elem_vasos_um<- which(g.elem_vasos_um==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 3 # numero de categorias (sitios)
g.elem_vasos_um2 <- data.frame(N1 = ((pos.elem_vasos_um-1) %% n) + 1, N2 =
((pos.elem_vasos_um-1) %/% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.elem_vasos_um2 <- g.elem_vasos_um2[order((g.elem_vasos_um2[[1]])), ] # reorganiza
las filas por pares
g.elem_vasos_um3 <- simplify(graph.data.frame(g.elem_vasos_um2, directed = FALSE)) #
crear objeto para igraph

get.data.frame(g.elem_vasos_um3) # ver conexiones entre tratamientos

# 5.4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.elem_vasos_um3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.elem_vasos_um3)$label.color <- "black"
V(g.elem_vasos_um3)$size <- 50
V(g.elem_vasos_um3)$label.cex <- 1.3
V(g.elem_vasos_um3)$label <- labels

# plot de conexión por nodos

plot(g.elem_vasos_um3, main = "ELEMENTOS DEL VASO")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

# Guardar

jpeg(filename="elem_vasos_um.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm",
res=600) # Exportar como JPG
plot(g.elem_vasos_um3, main = "ELEMENTOS DEL VASO")
box()

```

```

mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####

#####
# 6. NÚMERO DE VASOS
#####

# Gráficos

# 6.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.nv <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "num_vasos", bxp.errorbar = TRUE, fill
= terrain.colors(1),
                  xlab = "Especie", ylab = "Número de vasos", title = " PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2.nv <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "num_vasos", bxp.errorbar = TRUE, fill
= "Sector",
                  xlab = "Especie", ylab = "Número de vasos", title = " POR SITIO") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

# 6.2. Visualizacion y exportacion a jpg

library(gridExtra)

grid.arrange(p1.nv, p2.nv, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="num_vasos.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.nv, p2.nv, nrow = 2)

dev.off()

# 6.3. Análisis estadístico

```

```

library(rstatix)

# 6.3.1. Calculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.num_vasos.kw <- datos %>% kruskal_test(num_vasos ~ n_cientifico)
datos.num_vasos.kw
# por especies
datos.num_vasos.kw <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>% kruskal_test(num_vasos
~ Sector)
datos.num_vasos.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_vasos.kw,"test KW_num_vasos.csv",quote = FALSE)

# 6.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.num_vasos.essize <- datos %>% kruskal_essize(num_vasos ~ n_cientifico)
datos.num_vasos.essize
# por especie
datos.num_vasos.essize <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(num_vasos ~ Sector)
datos.num_vasos.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_vasos.essize,"test essize_num_vasos.csv",quote = FALSE)

# 6.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.num_vasos.wilcox <- datos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(num_vasos ~ Sector, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.num_vasos.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.num_vasos.wilcox,"test relacion_num_vasos.csv",quote = FALSE)

# 6.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

```

```

# 6.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.num_vasos <- pairwise.wilcox.test(datos$num_vasos, datos$Sector)
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 6.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

g.num_vasos <- as.matrix(wt.num_vasos$p.value > 0.05) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05
g.num_vasos <- cbind(rbind(NA, g.num_vasos), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.num_vasos <- replace(g.num_vasos, is.na(g.num_vasos), FALSE) # reemplazo de los NA
con Falso
g.num_vasos <- g.num_vasos + t(g.num_vasos) # hacer la matriz simetrica
diag(g.num_vasos) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.num_vasos

# 6.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

labels <- c("Norte", "Centro", "Sur")
rownames(g.num_vasos) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.num_vasos) <- labels # cambiar nombre de columnas

g.num_vasos # mostrar matriz

# 6.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)

pos.num_vasos<- which(g.num_vasos==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 3 # numero de categorias (sitios)
g.num_vasos2 <- data.frame(N1 = ((pos.num_vasos-1) %% n) + 1, N2 = ((pos.num_vasos-
1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.num_vasos2 <- g.num_vasos2[order((g.num_vasos2[[1]])), ] # reorganiza las filas por
pares
g.num_vasos3 <- simplify(graph.data.frame(g.num_vasos2, directed = FALSE)) # crear
objeto para igraph

get.data.frame(g.num_vasos3) # ver conexiones entre tratamientos

# 6.4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.num_vasos3)$color <- terrain.colors(3)
V(g.num_vasos3)$label.color <- "black"
V(g.num_vasos3)$size <- 50
V(g.num_vasos3)$label.cex <- 1.3
V(g.num_vasos3)$label <- labels

# plot de conexión por nodos

```

```

plot(g.num_vasos3, main = "NÚMERO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

# Guardar

jpeg(filename="num_vasos.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG
plot(g.num_vasos3, main = "NÚMERO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####
*****#CAMBIOS INTRAANUALES*****
#####

#####
# 1. NÚMERO DE VASOS
#####

rm(list=ls()) # limpiar área de trabajo
graphics.off() # limpiar área de gráficos
# Ctrl+l #limpiar consola

setwd("C:/Users/crist/Documents/TESIS/RStudio")

library(gapminder)
library(dplyr)

# Cargar datos
#datos <- read.csv("n_vasos.csv")
datos <- read.csv("n_vasos.csv", sep = ",", dec = ".")
datos <- datos[complete.cases(datos), ] # para borrar filas vacias (NA)

# Reordenar categorias a Norte, Centro, Sur

datos$Sector <- factor(datos$Sector, levels = c("norte ", "centro", "sur")) #tener en cuenta el
especio después de Norte

# Gráficos

datos.n_vasos <- datos[ , c(2,3,4,5) ]

```

```

# 1.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.nvci <- ggboxplot(datos.n_vasos, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar =
TRUE, fill = terrain.colors(1),
                    xlab = "Especie", ylab = "NÚMERO DE VASOS", title = " PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

p2.nvci <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar = TRUE,
fill = "tipo_mader",
                    xlab = "Especie", ylab = "NÚMERO DE VASOS", title = " POR TIPO DE
MADERA") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

#+
# stat_pvalue_manual(datos.diam_v.wilcox.graph, hide.ns = TRUE) +
# labs(
#   subtitle = get_test_label(datos.diam_v.kw , detailed = TRUE),
#   caption = get_pwc_label(datos.diam_v.wilcox.graph))

# 1.2. Visualizacion y exportacion a jpg
# Visualizacion
library(gridExtra)

grid.arrange(p1.nvci, p2.nvci, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="n_vasos.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm", res=800)
# Exportar como JPG

grid.arrange(p1.nvci, p2.nvci, nrow = 2)

dev.off()

# 1.2. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 1.2.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.n_vasos.kw <- datos.n_vasos %>% kruskal_test(tipo_mader ~ n_cientifico)
datos.n_vasos.kw
# por especies

```

```

datos.n_vasos.kw <- datos.n_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.n_vasos.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.n_vasos.kw,"test KW_n_vasos.csv",quote = FALSE)

# 1.2.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.n_vasos.essize <- datos.n_vasos %>% kruskal_essize(tipo_mader ~ n_cientifico)
datos.n_vasos.essize
# por especie
datos.n_vasos.essize <- datos.n_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_essize(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.n_vasos.essize

#Guardar tablas

write.csv(datos.n_vasos.essize,"test essize_n_vasos.csv",quote = FALSE)

# 1.2.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.n_vasos.wilcox <- datos.n_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(valor_mader ~ tipo_mader, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.n_vasos.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.n_vasos.wilcox,"test relacion_n_vasos.csv",quote = FALSE)

# 1.2.4. Gráfico de diagrama de caja (Boxplot) incluyendo análisis estadístico
# Calculo de la posicion X y Y de los valores p sobre el grafico

datos.n_vasos.wilcox.graph <- datos.n_vasos.wilcox %>% add_xy_position(x = "group")
datos.n_vasos.wilcox.graph

# 1.3. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 1.3.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.n_vasos <- pairwise.wilcox.test(datos.n_vasos$valor_mader, datos.n_vasos$tipo_mader)

```



```
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos
```

```
# 1.3.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos
```

```
g.n_vasos <- as.matrix(wt.n_vasos$p.value > 0.05) # identificar el valor de significancia
mayor a 0.05
g.n_vasos <- cbind(rbind(NA, g.n_vasos), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.n_vasos <- replace(g.n_vasos, is.na(g.n_vasos), FALSE) # reemplazo de los NA con Falso
g.n_vasos <- g.n_vasos + t(g.n_vasos) # hacer la matriz simetrica
diag(g.n_vasos) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.n_vasos
```

```
# 1.3.3. Cambiar nombre de columnas y filas
```

```
labels <- c("M_temp", "M_tardi")
rownames(g.n_vasos) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.n_vasos) <- labels # cambiar nombre de columnas
```

```
g.n_vasos # mostrar matriz
```

```
# 1.3.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)
```

```
pos.n_vasos <- which(g.n_vasos == 1) # identificar la posicion de los grupos relacionados
n <- 2 # numero de categorias (sitios)
g.n_vasos2 <- data.frame(N1 = ((pos.n_vasos-1) %% n) + 1, N2 = ((pos.n_vasos-1) %% n)
+ 1) #datos.frame con los residuos de division
g.n_vasos2 <- g.n_vasos2[order((g.n_vasos2[[1]])), ] # reorganiza las filas por pares
g.n_vasos3 <- simplify(graph.data.frame(g.n_vasos2, directed = FALSE)) # crear objeto
para igraph
```

```
get.data.frame(g.n_vasos3) # ver conexiones entre tratamientos
```

```
# 1.3.5. Plot igraph
```

```
# Personalizacion del grafico
```

```
V(g.n_vasos3)$color <- terrain.colors(3)
```

```
V(g.n_vasos3)$label.color <- "black"
```

```
V(g.n_vasos3)$size <- 50
```

```
V(g.n_vasos3)$label.cex <- 1.3
```

```
V(g.n_vasos3)$label <- labels
```

```
# plot de conexión por nodos
```

```
plot(g.n_vasos3, main = "NÚMERO DE VASOS")
```

```
box()
```

```
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
side=1, line=2, cex = 1.2)
```

```

# Guardar

jpeg(filename="n_vasos.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600) #
Exportar como JPG
plot(g.n_vasos3, main = "NÚMERO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

*****

#####
# 2. DIAMETRO DE VASOS
#####

setwd("C:/Users/crist/Documents/TESIS/RStudio")

library(gapminder)
library(dplyr)

# Cargar datos
#datos <- read.csv("Diam_vasos.csv")
datos <- read.csv("Diam_vasos.csv", sep = ",", dec = ",")
datos <- datos[complete.cases(datos), ] # para borrar filas vacias (NA)

# Reordenar categorias a Norte, Centro, Sur

datos$Sector <- factor(datos$Sector, levels = c("norte", "centro", "sur "))

# Gráficos

datos.Diam_vasos <- datos[ , c(2,3,4,5) ]

# 2.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.dv <- ggboxplot(datos.Diam_vasos, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar
= TRUE, fill = terrain.colors(1),
                  xlab = "Especie", ylab = "DIÁMETRO DE VASOS [um]", title = "
PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

```

```

p2.dv <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar = TRUE, fill
= "tipo_mader",
                xlab = "Especie", ylab = "DIÁMETRO DE VASOS [um]", title = " TIPO DE
MADERA") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

#+
# stat_pvalue_manual(datos.diam_v.wilcox.graph, hide.ns = TRUE) +
# labs(
#   subtitle = get_test_label(datos.diam_v.kw , detailed = TRUE),
#   caption = get_pwc_label(datos.diam_v.wilcox.graph))

# 2.2. Visualizacion y exportacion a jpg
# Visualizacion
library(gridExtra)

grid.arrange(p1.dv, p2.dv, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="Diam_vasos.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.dv, p2.dv, nrow = 2)

dev.off()

# 2.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 2.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.Diam_vasos.kw <- datos.Diam_vasos %>% kruskal_test(tipo_mader ~ n_cientifico)
datos.Diam_vasos.kw
# por especies
datos.Diam_vasos.kw <- datos.Diam_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.Diam_vasos.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_vasos.kw,"test KW_Diam_vasos.csv",quote = FALSE)

# 2.3.2. Ver el efecto de tamaño
#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general

```

```

datos.Diam_vasos.effsize <- datos.Diam_vasos %>% kruskal_effsize(tipo_mader ~
n_cientifico)
datos.Diam_vasos.effsize
# por especie
datos.Diam_vasos.effsize <- datos.Diam_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_effsize(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.Diam_vasos.effsize

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_vasos.effsize,"test effsize_Diam_vasos.csv",quote = FALSE)

# 2.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.Diam_vasos.wilcox <- datos.Diam_vasos %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(valor_mader ~ tipo_mader, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.Diam_vasos.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_vasos.wilcox,"test relacion_Diam_vasos.csv",quote = FALSE)

# 2.3.4. Gráfico de diagrama de caja (Boxplot) incluyendo análisis estadístico
# Calculo de la posicion X y Y de los valores p sobre el grafico

datos.Diam_vasos.wilcox.graph <- datos.Diam_vasos.wilcox %>% add_xy_position(x =
"group")
datos.Diam_vasos.wilcox.graph

# 2.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 2.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.Diam_vasos <- pairwise.wilcox.test(datos.Diam_vasos$valor_mader,
datos.Diam_vasos$tipo_mader)
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos

# 2.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos

g.Diam_vasos <- as.matrix(wt.Diam_vasos$p.value > 0.05) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05

```

```

g.Diam_vasos <- cbind(rbind(NA, g.Diam_vasos), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.Diam_vasos <- replace(g.Diam_vasos, is.na(g.Diam_vasos), FALSE) # reemplazo de los
NA con Falso
g.Diam_vasos <- g.Diam_vasos + t(g.Diam_vasos) # hacer la matriz simetrica
diag(g.Diam_vasos) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.Diam_vasos

# 2.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas

labels <- c("M_temp", "M_tardi")
rownames(g.Diam_vasos) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.Diam_vasos) <- labels # cambiar nombre de columnas

g.Diam_vasos # mostrar matriz

# 2.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)

pos.Diam_vasos<- which(g.Diam_vasos==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 2 # numero de categorias (sitios)
g.Diam_vasos2 <- data.frame(N1 = ((pos.Diam_vasos-1) %% n) + 1, N2 =
((pos.Diam_vasos-1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.Diam_vasos2 <- g.Diam_vasos2[order((g.Diam_vasos2[[1]])), ] # reorganiza las filas por
pares
g.Diam_vasos3 <- simplify(graph.data.frame(g.Diam_vasos2, directed = FALSE)) # crear
objeto para igraph

get.data.frame(g.Diam_vasos3) # ver conexiones entre tratamientos

# 2.4.5. Plot igraph
# Personalizacion del grafico
V(g.Diam_vasos3)$color <- terrain.colors(2)
V(g.Diam_vasos3)$label.color <- "black"
V(g.Diam_vasos3)$size <- 50
V(g.Diam_vasos3)$label.cex <- 1.3
V(g.Diam_vasos3)$label <- labels

# plot de conexión por nodos

plot(g.Diam_vasos3, main = "DIÁMETRO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
side=1, line=2, cex = 1.2)

# Guardar

```

```

jpeg(filename="Diam_vasos.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG
plot(g.Diam_vasos3, main = "DIÁMETRO DE VASOS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####

#####
# 3. DIÁMETRO DE FIBRAS
#####

setwd("C:/Users/crist/Documents/TESIS/RStudio")

library(gapminder)
library(dplyr)

# Cargar datos
#datos <- read.csv("Diam_fibra.csv")
datos <- read.csv("Diam_fibra.csv", sep = ",", dec = ",")
datos <- datos[complete.cases(datos), ] # para borrar filas vacias (NA)

# Reordenar categorias a Norte, Centro, Sur

datos$Sector <- factor(datos$Sector, levels = c("norte", "centro", "sur"))

# Gráficos

datos.Diam_fibra <- datos[ , c(2,3,4,5) ]

# 3.1 Boxplots
library(ggplot2)
library(ggpubr)

p1.df <- ggboxplot(datos.Diam_fibra, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar =
TRUE, fill = terrain.colors(1),
                  xlab = "Especie", ylab = "DIÁMETRO DE FIBRAS [um]", title = "
PROMEDIO") +
  geom_jitter(shape=16, position=position_jitter(0.1), alpha=.3, colour="black") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

```

```

p2.df <- ggboxplot(datos, x = "n_cientifico", y = "valor_mader", bxp.errorbar = TRUE, fill
= "tipo_mader",
                xlab = "Especie", ylab = "DIÁMETRO DE FIBRAS [um]", title = " TIPO DE
MADERA") +
  theme_grey() +
  theme(plot.title = element_text(vjust = - 10), axis.text.x = element_text(face = "italic", size
= 10))

#+
# stat_pvalue_manual(datos.diam_v.wilcox.graph, hide.ns = TRUE) +
# labs(
#   subtitle = get_test_label(datos.diam_v.kw , detailed = TRUE),
#   caption = get_pwc_label(datos.diam_v.wilcox.graph))

# 3.2. Visualizacion y exportacion a jpg
# Visualizacion
library(gridExtra)

grid.arrange(p1.df, p2.df, nrow = 2)

# Exportacion

jpeg(filename="Diam_fibra.boxplots.jpg", width = 500, height = 300, units = "mm",
res=800) # Exportar como JPG

grid.arrange(p1.df, p2.df, nrow = 2)

dev.off()

# 3.3. Análisis estadístico

library(rstatix)

# 3.3.1. Cálculo del Kruskal - Wallis test
# general
datos.Diam_fibra.kw <- datos.Diam_fibra %>% kruskal_test(tipo_mader ~ n_cientifico)
datos.Diam_fibra.kw
# por especies
datos.Diam_fibra.kw <- datos.Diam_fibra %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_test(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.Diam_fibra.kw

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_fibra.kw,"test KW_Diam_fibra.csv",quote = FALSE)

# 3.3.2. Ver el efecto de tamaño

```

```

#The interpretation values commonly in published literature are: 0.01- < 0.06 (small effect),
# 0.06 - < 0.14 (moderate effect) and >= 0.14 (large effect).
# general
datos.Diam_fibra.effsize <- datos.Diam_fibra %>% kruskal_effsize(tipo_mader ~
n_cientifico)
datos.Diam_fibra.effsize
# por especie
datos.Diam_fibra.effsize <- datos.Diam_fibra %>% group_by(n_cientifico) %>%
kruskal_effsize(tipo_mader ~ valor_mader)
datos.Diam_fibra.effsize

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_fibra.effsize,"test effsize_Diam_fibra.csv",quote = FALSE)

# 3.3.3. Tabla comparativa de tratamientos pareados con el método WILCOX - Pairwise
comparisons WILCOX'S test

datos.Diam_fibra.wilcox <- datos.Diam_fibra %>% group_by(n_cientifico) %>%
wilcox_test(valor_mader ~ tipo_mader, p.adjust.method = "bonferroni")

datos.Diam_fibra.wilcox

#Guardar tablas

write.csv(datos.Diam_fibra.wilcox,"test relacion_Diam_fibra.csv",quote = FALSE)

# 3.3.4. Grafico de diagrama de caja (Boxplot) incluyendo análisis estadístico
# Calculo de la posicion X y Y de los valores p sobre el grafico

datos.Diam_fibra.wilcox.graph <- datos.Diam_fibra.wilcox %>% add_xy_position(x =
"group")
datos.Diam_fibra.wilcox.graph

# 3.4. GRÁFICO DE VERTICES

## Basado en URL: https://menugget.blogspot.com/2014/05/automated-determination-of-distribution.html

library(igraph)

# 3.4.1. Wilcox test pareado para ver todas las correlaciones entre tratamientos
wt.Diam_fibra <- pairwise.wilcox.test(datos.Diam_fibra$valor_mader,
datos.Diam_fibra$tipo_mader)

```



```
#wt.elem_vasos_um <- pairwise.wilcox.test(jitter(datos$valor), datos$sector) # use la
función jitter() en caso de errores por igualdad de datos
```

```
# 3.4.2. Crear una matriz mostrando los grupos de tratamientos
```

```
g.Diam_fibra <- as.matrix(wt.Diam_fibra$p.value > 0.01) # identificar el valor de
significancia mayor a 0.05
g.Diam_fibra <- cbind(rbind(NA, g.Diam_fibra), NA) # hacer una matriz cuadrada
g.Diam_fibra <- replace(g.Diam_fibra, is.na(g.Diam_fibra), FALSE) # reemplazo de los
NA con Falso
g.Diam_fibra <- g.Diam_fibra + t(g.Diam_fibra) # hacer la matriz simetrica
diag(g.Diam_fibra) <- 1 # poner 1 diagonalmente en la matriz
g.Diam_fibra
```

```
# 3.4.3. Cambiar nombre de columnas y filas
```

```
labels <- c("M_temp", "M_tardi")
rownames(g.Diam_fibra) <- labels # cambiar nombre de filas
colnames(g.Diam_fibra) <- labels # cambiar nombre de columnas
```

```
g.Diam_fibra # mostrar matriz
```

```
# 3.4.4. Reorganizacion de datos en una lista de vertices "edge list" para utilizarlos con igraph
(para saber que grupos de tratamientos están conectados)
```

```
pos.Diam_fibra <- which(g.Diam_fibra==1) # identificar la posicion de los grupos
relacionados
n <- 2 # numero de categorias (sitios)
g.Diam_fibra2 <- data.frame(N1 = ((pos.Diam_fibra-1) %% n) + 1, N2 = ((pos.Diam_fibra-
1) %% n) + 1) #datos.frame con los residuos de division
g.Diam_fibra2 <- g.Diam_fibra2[order((g.Diam_fibra2[[1]])), ] # reorganiza las filas por
pares
g.Diam_fibra3 <- simplify(graph.data.frame(g.Diam_fibra2, directed = FALSE)) # crear
objeto para igraph
```

```
get.data.frame(g.Diam_fibra3) # ver conexiones entre tratamientos
```

```
# 3.4.5. Plot igraph
```

```
# Personalizacion del grafico
V(g.Diam_fibra3)$color <- terrain.colors(2)
V(g.Diam_fibra3)$label.color <- "black"
V(g.Diam_fibra3)$size <- 50
V(g.Diam_fibra3)$label.cex <- 1.3
V(g.Diam_fibra3)$label <- labels
```

```
# plot de conexión por nodos
```

```
plot(g.Diam_fibra3, main = "DIÁMETRO DE FIBRAS")
box()
```

```

mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

# Guardar

jpeg(filename="Diam_fibra.nodos.jpg", width = 200, height = 150, units = "mm", res=600)
# Exportar como JPG
plot(g.Diam_fibra3, main = "DIÁMETRO DE FIBRAS")
box()
mtext("Los sitios conectados no son significativamente diferentes (son iguales) \n(Wilcoxon
o Mann-Whitney test, p-value = 0.01)",
      side=1, line=2, cex = 1.2)

dev.off()

#####
*****#MATRIZ DE CORRELACIÓN*****
#####
#Directorio

setwd("G:\\Mi unidad\\Estudiantes\\Eva Cueva\\Análisis_Matriz correlaciÃ³n")

#subida de datos
datos <- read.csv2("C_cualitativas.csv", header = TRUE, sep = ";")

#instalaciÃ³n de paquetes
# install.packages("readxl")
# install.packages("dplyr")
# install.packages("ggplot2")
# install.packages("GGally")
# install.packages("Hmisc")
# install.packages("corrplot")
# install.packages("ggcorrplot")
# install.packages("PerformanceAnalytics")

#cargar librerias
library(readxl)
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(GGally)
library(Hmisc)
library(corrplot)
library(ggcorrplot)
library(PerformanceAnalytics)

#Correlaciones

#Primera forma
round(cor(datos),2)

```

```

round()

#segunda forma
C.wa <- cor(datos, use = "na.or.complete")
C.wa

#Exportar tabla de correlaciones a Excel
write.csv(C.wa,"correlations table.csv", quote = F)

# calculating p-values

#Primera forma
pval <-psych::corr.test(datos, adjust="none")$p

#Exportar tabla de pvalues a Excel
write.csv(pval,"p value table.csv", quote = F)

#segunda forma
rcorr(as.matrix(datos))

#plots

correlacion<-round(cor(datos), 1)

corrplot(correlacion, method="square", type="upper")
corrplot(correlacion, method="number")
corrplot(correlacion, type = "upper", order = "hclust")

corrplot.mixed(correlacion, order = 'hclust',
               hclust.method = 'ward.D2',
               addrect = 4,
               p.mat = pval,
               sig.level = 0.05,
               number.cex = 0.8,
               tl.cex = 0.5,
               insig='blank')

#####
#####ANALISIS PCA#####
#####

rm(list=ls()) # limpiar área de trabajo
graphics.off() # limpiar área de gráficos
# Ctrl+l #limpiar consola

setwd("D:/Users/DARWIN/Google Drive/Lab. Anatomía Maderas/Tesistas/Arbolado
urbano/Eva_Cueva/r")

```

```

# Cargar datos

datos <- read.csv("Total_variables_n25.csv", sep = ",", dec = ",")
datos <- datos[complete.cases(datos), ] # para borrar filas vacias (NA)

# Reordenar categorias a Norte, Centro, Sur

datos$Sector <- factor(datos$Sector, levels = c("norte", "centro", "sur"))

# renombrar variables

nombres <- c("Num.radios", "Longitud.radios", "Diam.punteaduras",
            "Diam.vasos", "Num.vasos", "Longitud.vasos")

colnames(datos)[4:9] <- nombres

# Gráficos

### 1.3. Crear objeto lista de PCA
datos.pca <- prcomp(datos[4:9], scale = T, center = T)

library(factoextra)
library(tidyverse)

# BiPlot

#por sector
fviz_pca_biplot(datos.pca,
  title = expression("PCA - BILOT de " *italic("Sector")),
  #gradient.acls = c("blue", "orange", "red"),
  #col.var = "contrib",
  col.ind = datos$Sector, # Individuals color
  legend.title = "Sector",
  #labelsize = 4,
  palette = "terrain.colors",
  label = "var",
  addEllipses = T,
  ellipse.level = 0.95,
  repel = T) + theme_minimal() +
  scale_shape_manual(values=17:19)

# Por especie
# Basado en: https://stackoverflow.com/questions/73734480/adding-labels-to-ellipses-in-a-pca-in-r
colors <- c("#F8766D", "#D39200", "#93AA00", "#00BA38", "#00C19F",
            "#00B9E3", "#619CFF", "#DB72FB", "#FF61C3")

```

```
jpeg(filename="PCA_biplot_especies.jpg", width = 300, height = 150, units = "mm",
res=400) # Exportar como JPG
```

```
fviz_pca_biplot(datos.pca,
  title = expression("PCA - BILOT -" *italic("Árboles urbanos de la ciudad de
Loja")),
```

```
  subtitle = "(Diferencias en base a la estructura anatómica de la madera)",
```

```
  legend.title = "Especie:",
```

```
  label = "var",
```

```
  labels.size = 4,
```

```
  col.var = "black",
```

```
  alpha.ind = 0.2,
```

```
  habillage = datos$n_cientifico,
```

```
  addEllipses = T,
```

```
  ellipse.level = 0.95,
```

```
  repel = T,
```

```
  palette = colors ,
```

```
  ggtheme = theme_minimal(base_size = 16)) +
```

```
  geom_text(data = .%>%
```

```
    group_by(Groups) %>%
```

```
    summarise(x = mean(x), y = mean(y)),
```

```
    mapping = aes(label = Groups),
```

```
    size = 3,
```

```
    fontface = "italic",
```

```
    color = colors,
```

```
    nudge_x = c(0, 0, 0.3, 0.3, 0.2, 0, 0, 0, -0.4),
```

```
    nudge_y = c(0, 0, 1.1, -0.2, -0.5, 1, -0.5, 0, -0.55)) +
```

```
  scale_shape_manual(values=14:22) +
```

```
  theme(text = element_text(face="italic"))
```

```
dev.off()
```

```
## testing área
```

```
## 1.4. Crear objeto lista de PCA solo con: diam.vasos y longitud.vaso
```

```
datos.pca2 <- prcomp(datos[, c(7,9)], scale = T, center = T)
```

```
library(factoextra)
```

```
# BiPlot
```

```
#por sector
```

```
fviz_pca_biplot(datos.pca2,
```

```
  title = expression("PCA - BILOT de " *italic("Sector")),
```

```

#gradient.acls = c("blue", "orange", "red"),
#col.var = "contrib",
col.ind = datos$Sector, # Individuals color
legend.title = "Sector",
#labelsize = 4,
palette = "terrain.colors",
label = "var",
addEllipses = T,
ellipse.level = 0.95,
repel = T) + theme_minimal() +
scale_shape_manual(values=17:19)

# por especie
fviz_pca_biplot(datos.pca2,
  title = expression("PCA - BIPLLOT de " *italic("especies")),
  #gradient.acls = c("blue", "orange", "red"),
  #col.var = "contrib",
  col.ind = datos$n_cientifico, # Individuals color
  legend.title = "Especie",
  #labelsize = 4,
  #palette = terrain.colors(9),
  label = "var",
  addEllipses = T,
  ellipse.level = 0.95,
  repel = T) + theme_minimal() +
scale_shape_manual(values=14:22)

```

**Anexo 6.**  
Certificado de traducción



*Mg. Yanina Quizhpe Espinoza*  
*Licenciada en Ciencias de Educación mención*  
*Inglés*  
*Magister en Traducción y mediación cultural*

Celular: +593989805087  
Email: [yaniques@icloud.com](mailto:yaniques@icloud.com)  
Loja, Ecuador 110104

Loja, 05 de noviembre de 2022

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular, **CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y CAMBIOS INTRAANUALES EN LA MADERA DE 10 ESPECIES FORESTALES MÁS FRECUENTES DEL ARBOLADO URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA**, cuya autoría de la estudiante Eva Fernanda Cueva Briceño, con cédula 0706810702, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA  
BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Firmado digitalmente por  
YANINA BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Fecha: 2022.11.05  
10:39:57 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora**

*Full text translator: servicios de traducción*