



Universidad  
Nacional  
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

**Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Jacaranda mimosifolia*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja.**

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

**AUTORA:**

Viviana Alexandra Aguirre González

**DIRECTORA:**

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez *Ph.D.*

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 19 de agosto de 2022

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Ph.D.

### **DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

#### **Certifico:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en Jacaranda mimosifolia, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, de autoría de la estudiante Aguirre González Viviana Alexandra, con cédula de ciudadanía número 1104080732, previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, ha sido dirigida, revisada, concluida y cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, apruebo para que continúe con los trámites pertinentes.



Firmado electrónicamente por:  
NOHEMI DEL  
CARMEN JUMBO  
BENITEZ

Nohemí del Carmen Jumbo Benítez

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **Autoría**

Yo, Viviana Alexandra Aguirre González, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis 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 o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Autora:** Viviana Alexandra Aguirre González

**Cédula:** 1104080732

**Dirección:** El Rosal, Loja, Ecuador.

**Fecha:** 31/1/2023

**Correo electrónico:** [viviana.a.aguirre@unl.edu.ec](mailto:viviana.a.aguirre@unl.edu.ec) / [aguirreviviana542@gmail.com](mailto:aguirreviviana542@gmail.com)

**Celular:** 0990762011

**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 o de Titulación.**

Yo, Viviana Alexandra Aguirre González, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación denominado: **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Jacaranda mimosifolia*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido 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 los cuales tenga convenio la Universidad.

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta y uno días de enero de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autora:** Viviana Alexandra Aguirre González

**Cédula:** 1104080732

**Dirección:** El Rosal, Loja, Ecuador.

**Correo electrónico:** [viviana.a.aguirre@unl.edu.ec](mailto:viviana.a.aguirre@unl.edu.ec)

**Celular:** 0990762011

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora de Trabajo de Integración Curricular:**

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez, Ph.D

## **Dedicatoria**

Con mucho amor a mi padre Armando Aguirre, quien me ha apoyado siempre de manera incondicional y me ha dado las fuerzas para seguir adelante.

A mi madre Enma González, que siempre estuvo apoyándome en vida y aunque ya no la tenga físicamente estará presente siempre guiándome desde el cielo.

A mis hermanos Cristian y Ana quienes me acompañan siempre y me dan motivos para luchar por ellos a pesar de todo.

A mi abuelito Armando, que siempre ha estado pendiente de mí y de mi estudio apoyándome en todo momento, jamás me ha faltado y eso lo llevo en el corazón.

A mis abuelitas Marcia y Enma por sus enseñanzas y cariño durante toda esta trayectoria.

*Viviana Alexandra Aguirre González*

## **Agradecimiento**

A mis padres, hermanos y abuelitos por ser siempre mi fuerza y apoyo a lo largo de mi vida, siempre me han enseñado a luchar por mis sueños y a ser una mujer de bien para tener un futuro brillante, gracias por sus valores, consejos y enseñanzas, y sobre todo a mi padre Armando y mi madre Enma que siempre estarán presentes en mis triunfos y me han educado con mucho amor.

A la Universidad Nacional de Loja, especialmente a mis docentes a lo largo de la carrera de Ingeniería Forestal, por haberme impartido tantos conocimientos y enseñanzas.

A la Ing. Nohemí Jumbo Benítez, directora de mi trabajo de tesis, por haber sido mi guía durante este proceso y compartirme todos sus conocimientos, consejos y en especial por haber sido tan buena persona conmigo.

A mis compañeros, Paola y Danny con quienes he compartido tiempo de calidad en la carrera desde que nos conocimos en primer ciclo, hemos formado una amistad y compañerismo que siempre tendré en mi corazón, me ayudaron mucho a lo largo de mi vida institucional con su amistad.

*Viviana Alexandra Aguirre González*

## Índice de contenidos

<b>Portada.....</b>	<b>i</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>ii</b>
<b>Autoría .....</b>	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
2.1 Abstract.....	4
<b>3. Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Marco teórico .....</b>	<b>8</b>
4.1. Generalidades de la especie .....	8
4.2. Clasificación taxonómica.....	9
4.3 Sinónimos .....	9
4.4. Descripción botánica de <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don. ....	10
4.5. Importancia y usos .....	10
4.6. Madera .....	11
4.7. Estructura macroscópica de la madera.....	12
4.8. Propiedades físicas de la madera.....	13
4.8.1. Higroscopicidad .....	13
4.8.2. Densidad.....	13
4.8.3. Hendibilidad.....	14
4.8.4. Dureza .....	14
4.8.5. Flexibilidad .....	14
4.8.6. Estabilidad.....	15
4.8.7. Óptica.....	15
4.8.8. Olor .....	15
4.8.9. Biológicas.....	15
4.9. Contenido de humedad.....	15
4.10. Contracción o cambios dimensionales en la madera.....	16
4.11. Composición química de la madera.....	16

4.12. Componentes orgánicos estructurales.....	17
4.13. Componentes orgánicos no estructurales.....	18
4.14. Componentes inorgánicos.....	18
4.15 .El suelo.....	18
4.15.1. Propiedades químicas del suelo.....	18
4.15.2. Potencial hidrógeno.....	19
<b>5. Metodología.....</b>	<b>20</b>
5.1. Área de estudio .....	20
5.2. Metodología para la determinación de las propiedades físico químicas de la madera de <i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.....	21
5.2.1 Recolección de las muestras de madera.....	21
5.3. Determinación de la composición química de la madera de <i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don. ....	25
5.3.1. Obtención de extractivos.....	26
5.3.2. Obtención de lignina .....	26
5.4. Análisis de las propiedades químicas del suelo.....	27
5.4.1 Toma de muestras .....	27
5.4.2. Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio .....	28
5.4.3. Obtención de materia orgánica .....	28
5.5. Análisis de datos.....	29
<b>6. Resultados.....</b>	<b>30</b>
6.1. Propiedades físicas de <i>Jacaranda mimosifolia</i> . ....	30
6.2. Composición química de la madera de <i>Jacaranda mimosifolia</i> . ....	30
6.3. Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Jacaranda mimosifolia</i> con las propiedades químicas del suelo. ....	34
<b>7. Discusión .....</b>	<b>38</b>
7.1.Propiedades físicas de la madera.....	38
7.2. Componentes químicos de la madera.....	39
7.3. Componentes químicos del suelo.....	41
7.4. Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Jacaranda</i> , con las propiedades químicas del suelo.....	43
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>45</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>46</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>47</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>51</b>



## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica correspondiente a <i>Jacaranda mimosifolia</i> .....	9
Tabla 2. Información básica de los cinco individuos recolectados de la especie <i>Jacaranda mimosifolia</i> del cantón Loja. ....	22
Tabla 3. Valores promedio ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar ( $\pm DS$ ) de los porcentajes de las propiedades físicas de la madera de cinco árboles de <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don del cantón Loja.....	30
Tabla 4. Valores promedio ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar ( $\pm DS$ ) de los porcentajes de la Caracterización química de cinco árboles de <i>Jacaranda mimosifolia</i> del cantón Loja.....	31
Tabla 5. Valores promedio ( $\bar{X}$ ), desviación estándar ( $\pm DS$ ) y coeficiente de variación (CV) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo (pH, fósforo, nitrógeno y materia orgánica).....	34
Tabla 6. Valores promedio de correlación Spearman presentes en <i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.....	36

## Índice de figuras:

Figura 1. Recolección de muestra en árbol de Jacaranda mimosifolia del parque “Los Molinos” del Cantón Loja. ....	8
Figura 2. Estructura de un corte transversal del fuste madera. ....	11
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio del proyecto de investigación. ....	20
Figura 4. Coeficiente de variación existente en la composición química de Jacaranda mimosifolia. ..	32
Figura 5. Valores promedio de contenido de extractivos de cinco árboles de Jacaranda mimosifolia D. Don. 8.Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ). ....	32
Figura 6. Valores promedio de contenido de lignina de cinco árboles de Jacaranda mimosifolia. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ). ....	33
Figura 7. Valores promedio de contenido de holocelulosa de cinco árboles de Jacaranda mimosifolia. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ). ....	34

## **Índice de anexos:**

Anexo 1. Recolección de muestras de los cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.....	51
Anexo 2. Determinación de propiedades físicas de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia. ....	52
Anexo 3. Determinación de composición química de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia. ....	53
Anexo 4. Proceso para obtención de composición química del suelo de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.....	55
Anexo 5. Datos sobre las propiedades físicas de la madera de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.....	56
Anexo 6. Datos de la composición química de la madera de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.....	56
Anexo 7. Correlación Spearman: Coeficientes-Probabilidad entre propiedades físicas, composición química de la madera y del suelo.....	57
Anexo 8. Certificado de traducción. ....	58

## **1. Título**

Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Jacaranda mimosifolia*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja.

## 2. Resumen

Las especies forestales son un recurso biológico de gran importancia para sus habitantes ya que brindan sustento económico social y ambiental. *Jacaranda mimosifolia* D. Don, por la belleza de sus flores, es una especie utilizada en calles y avenidas. Por otra parte, la madera es excelente para trabajos de carpintería, de color claro, vetas cortas, liviana y trabajable.

El estudio de caracterización química de la madera en conjunto con propiedades físicas y composición química del suelo donde una especie se desarrolla, permite conocer los componentes generados durante su periodo de vida. Esta investigación se realizó con la madera de una especie característica del arbolado urbano de avenidas principales de la ciudad de Loja y la relación de dichas propiedades con los componentes químicos del suelo.

Para determinar las propiedades físicas, una vez extraída la rama de cinco árboles seleccionados de *Jacaranda mimosifolia*, se obtuvieron 3 probetas por muestra de 10cm x 2.5cm aproximadamente. Se obtuvo contenido de humedad, densidad verde, densidad equilibrio, densidad anhidra, densidad básica y contracción volumétrica. Para obtener propiedades químicas de la madera se utilizó la metodología (TAPPI); Análisis de extractivos, ceniza, lignina y holocelulosa presentes. Para las propiedades químicas del suelo, por cada árbol se obtuvo una muestra de suelo alrededor del radio de crecimiento de este; las muestras fueron enviadas al INIAP para realizar análisis de pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica disponible. Para el análisis de los datos se utilizó la prueba no paramétrica (Kruskal Wallis con la prueba de rangos de Tukey) y para evaluar la relación entre variables, se determinó el coeficiente de correlación con la prueba no paramétrica de Spearman.

Los resultados indican que la madera de *Jacaranda mimosifolia*, mayormente presenta densidad verde  $0.64(\text{g}/\text{cm}^3)$  y holocelulosa 81.59%. El suelo donde los individuos se desarrollaron es prácticamente neutro con pH promedio 6.94% y niveles altos de N, P, K, y

materia orgánica. Se concluye con que a mayor o menor concentración de componentes presentes en la madera de *Jacaranda mimosifolia* se ve influenciada por la disponibilidad de macro elementos en el suelo.

**Palabras clave:** Madera, propiedades físicas y químicas, suelo, *Jacaranda mimosifolia*, Loja.

## 2.1 Abstract

Forest species are a biological resource of great importance for its inhabitants since they provide economic, social and environmental sustenance. *Jacaranda mimosifolia* D.Don for the beauty of its flowers, it is a species used in streets and avenues. On the other hand, the wood is excellent for carpentry, light in color, short grained, light and workable.

The study of the chemical characterization of wood together with the physical properties and chemical composition of the soil where a species develops allows knowing the components generated during its life period. This research was carried out with the purpose of generating information on the chemical composition and physical properties of the wood of a characteristic species of the urban trees of the main avenues of the city of Loja and the relationship of such properties with the chemical components of the soil.

To determine the physical properties, once the branch of five selected *Jacaranda mimosifolia* trees was extracted, 3 test tubes were obtained per sample of approximately 10cm × 2.5cm. Moisture content, green density, equilibrium density, anhydrous density, basic density, and volumetric contraction were obtained. To obtain the chemical properties of the wood, the methodology (TAPPI) was used: Analysis of extractives, ash, lignin, and holocellulose present. For the chemical properties of the soil, a soil sample was obtained for each tree around its growth radius; the samples were sent to the INIAP to carry out analyzes of pH, nitrogen, phosphorus, potassium, and available organic matter. For data analysis, the Kruskal Wallis non-parametric test was used with Tukey's range test, and to evaluate the relationship between variables, the correlation coefficient was determined with Spearman's non-parametric test.

The results indicate that the wood of *Jacaranda mimosifolia*, mostly presents a green density of 0.64 (g/cm<sup>3</sup>) and holocellulose of 81.59%. The soil where the individuals developed is practically neutral with an average pH of 6.94 and high levels of N, P, K, and organic matter.

It is concluded that the greater or lesser concentration of components present in the wood of *Jacaranda mimosifolia* is influenced by the availability of macro elements in the soil.

**Key words:** Wood, physical and chemical properties, soil, *Jacaranda mimosifolia*, Loja.



### 3. Introducción

Los árboles desempeñan un papel importante para el ser humano. Sin duda la calidad ambiental de las ciudades depende en buena medida de la frondosidad de sus parques, plazas y parques. Los árboles nos protegen de los rayos solares, tamizan la luz intensa y embellecen el espacio, pero, sobre todo, tienen una función de regulación bioclimática que favorece la humedad del aire al absorber el agua por sus raíces y restituirla por evapotranspiración, (Reyes & Gutiérrez, 2010). En las ciudades con altos niveles de contaminación, los árboles pueden mejorar la calidad del aire, haciendo que las ciudades sean lugares más saludables para vivir. Los árboles grandes son excelentes filtros para contaminantes urbanos y partículas finas como el polvo, la suciedad o el humo del aire atrapándolos en las hojas y la corteza (ONU habitat, 2019).

En las áreas verdes de la ciudad de Loja (parque universitario Francisco Vivar, jardín botánico «Reinaldo Espinosa», parques lineales La Banda y La Tebaida, y otros), predomina la vegetación introducida. El proyecto Regeneración Urbana pretende introducir nuevamente especies endémicas como el arupo, cascarilla, que permiten el crecimiento de otra diversidad de plantas a sus alrededores y por lo tanto el incremento de las aves (Municipio de Loja, 2015).

De acuerdo con Priego (2002), el árbol urbano aporta beneficios que aparte de los estéticos están siendo estudiados como una nueva manera de aumentar la calidad de vida, tales como la reducción de la temperatura y efectos microclimáticos, disminución de los contaminantes atmosféricos, emisión de compuestos orgánicos volátiles, y efectos energéticos en las construcciones, a de más de que la naturaleza cercana puede proporcionar beneficios psicológicos sustanciales, afectando la satisfacción del trabajo y el bienestar.

Dentro de la producción de especies forestales ornamentales para la ciudad de Loja se destaca *Jacaranda mimosifolia* D. Don, árbol que es muy apreciada por las personas por sus características fenológicas principalmente por su floración. Sin embargo, esta no es la única

potencialidad de la especie, ya que su madera también puede ser utilizada para diversos fines y no se cuenta con información acerca de las propiedades físico-químicas de la madera de esta especie que se ha adaptado a las condiciones ambientales de la localidad. Ante esta situación y la escasa información con respecto a las propiedades físicas y químicas de la madera de *J. mimosifolia* y su relación con las propiedades químicas del suelo, surge la necesidad de realizar un estudio que genere información útil para facilitar que los investigadores conozcan sobre esta temática para que pueda ser considerada para la implementación de un sistema agroforestal; reforestación por ser un árbol resistente a las condiciones urbanas; y uso medicinal.

Con los antecedentes antes señalados, los objetivos que orientaron la presente investigación fueron los siguientes:

**Objetivo General:**

- ) Generación de información sobre las propiedades físicas y su relación con la composición química de la madera del arbolado urbano de las avenidas principales de la ciudad de Loja.

**Objetivos Específicos:**

- ) Determinar las propiedades físico químicas de *Jacaranda mimosifolia*, del arbolado urbano de las avenidas de la ciudad de Loja.
- ) Evaluar la relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia* con las propiedades químicas del suelo del arbolado urbano de las avenidas de la ciudad de Loja.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Generalidades de la especie

*Jacaranda mimosifolia* D.Don (Figura 1), es un árbol subtropical oriundo de Sudamérica (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay) y ampliamente extendido a causa de sus bellas y duraderas flores azules. La palabra jacarandá proviene de su nombre original guaraní, que significa "fragante"; el término mimosifolia proviene del latín y significa hojas que se asemejan a una mimosa. La palabra empalizada se refiere a las empalizadas africanas. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza clasifica a las jacarandas como vulnerables.



**Figura 1.** Recolección de muestra en árbol de *Jacaranda mimosifolia* del parque “Los Molinos” del Cantón Loja.

En algunos lugares, el Jacaranda o Jacaranda es un árbol ornamental muy bello que embellece calles, plazas y parques de todo el mundo. Cuando la primavera es cálida y las flores están floreciendo, la belleza de la jacaranda es inolvidable. Es pariente cercano de los lapachos, muy comunes en Paraguay. En las avenidas de la ciudad de Asunción existen paseos extensos con hileras largas de jacarandá, que proporcionan sombra y muestran su bello porte entre frutos que parecen Castañuelas y racimos de flores muy delicadas. Por su hermosura, sobre todo en

tiempo de floración, se utiliza como planta ornamental en calles y parques. Es relativamente fácil de cultivar. Su corteza se emplea en la medicina natural (Alberto Mengual, n.d.). En la ciudad de Loja también se puede observar hileras de Jacarandas en la Av. 24 de mayo.

#### 4.2 Clasificación taxonómica

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica correspondiente a *Jacaranda mimosifolia*

Dominio:	Eukaryota
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
(sin rango):	Eudicots
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
(sin rango):	Asterids
Orden:	Lamiales
Familia:	Bignoniaceae
Tribu:	Tecomeae
Género:	Jacaranda
Especie:	<i>Jacaranda mimosifolia</i>

#### 4.3 Sinónimos

El nombre científico del Jacarandá es *Jacaranda mimosifolia* D. Don., pero también tiene los siguientes sinónimos:

*Jacaranda ovalifolia*, R.Br.

*Jacaranda chelonina*, Griseb

*Jacaranda acutifolia*, Humb. y Bonpl.

#### **4.4. Descripción botánica de *Jacaranda mimosifolia* D. Don.**

Árbol caducifolio y de rápido crecimiento. No tiene copa uniforme, presenta forma de sombrilla y otra piramidal, pero nunca densa. En general, forma es una copa ovoidal e irregular. La altura oscila entre 6 a 10m y la copa de 4 a 6m de diámetro. Las hojas son grandes de 30 a 50 cm de longitud; hojas compuestas, opuestas, bipinnadas, con hojuelas de 25 a 30 pares de folíolos pequeños de forma oval-oblonga, apiculados; La cara superior de la hoja es color verde oscuro, la cara inferior pálida. Las flores son grandes de 4 a 5 cm; en panículas terminales de 20 a 30 cm, racimos erectos de flores muy vistosas. Son de forma tubular, acampanada y con lóbulos desiguales; de color azul violeta. Fruto leñoso, plano, en forma de castañuela, con gran cantidad de semillas pequeñas; cápsula loculicida de 6 cm; oblonga y orbicular pardo oscuro. Los frutos aparecen a finales de otoño y permanecen todo el año. Las raíces son de desarrollo oblicuo, iguales y fasciculadas; no son invasoras, por lo que cuando se presenta un periodo de escasez de agua el árbol se ve afectado. En la naturaleza generalmente se tienen dos floraciones de las que la más abundante, se tiene a partir de la primavera avanzada y la otra en otoño (Cóndor, 2014).

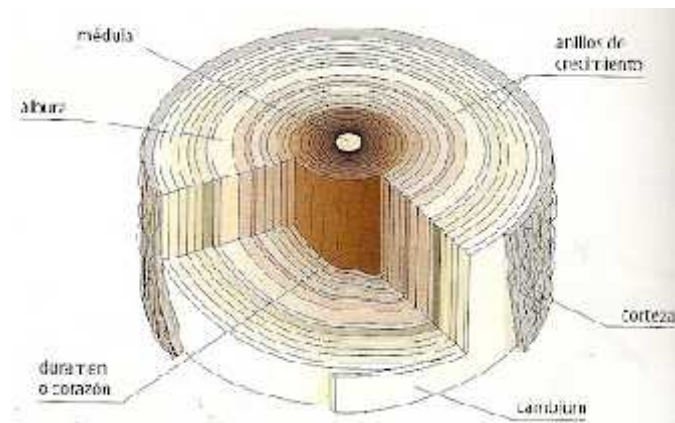
#### **4.5 Importancia y usos**

La singular belleza de la flor de *Jacaranda* ha hecho que su distribución de estos árboles estén alrededor del mundo como una planta ornamental, por lo que son abundantes en parques y avenidas aportando belleza y sombra (Fernández et al. 2022).

Es un árbol resistente a las condiciones urbanas, por lo que es muy utilizado para ornamentación en parques. Es una de las especies que más dióxido de carbono consume, unos

1832 kg al año. La madera se utiliza en ebanistería y carpintería, .de color blanco amarillento, apto para confección de muebles y carpintería en general. Los frutos son muy utilizados para trabajos de artesanía, en tanto que las hojas y la corteza se emplean en medicina popular. Es una especie de alto valor ornamental, adecuada para parques, jardines y plazas Lincango, (2015).

#### 4.6 Madera



*Figura 2. Estructura de un corte transversal del fuste madera.*

La madera es un material biológico de origen vegetal que se forma a partir de una conjunto de tejidos orgánicos que constituyen la masa del tronco (Batres, 2009). Su función es transferir humedad y nutrientes del suelo a las hojas, sostener los brotes que forman el follaje y fijar sustancias de reserva, almacenar productos de transformación en las hojas; además, la madera se caracteriza por su porosidad y alta resistencia (Aguilar & Guzowski, 2011).

La formación de madera (Figura 2) ocurre en el cambium, una forma que se extiende hacia afuera hasta la corteza, cuya parte exterior se rompe y se cae a medida que el árbol crece. Las células que se forman hacia adentro son células de madera. La formación del árbol se da de afuera hacia adentro, es decir, la madera más vieja se encuentra en la mitad del tronco, mientras que la madera más joven se encuentra debajo de la corteza (Aguilar & Guzowski, 2011)

## **4.7 Estructura macroscópica de la madera**

### **4.7.1 Corteza**

Indica el grosor del tejido exterior de la madera, de la que está separada por el cambium. La corteza tiene una parte viva y una parte muerta. La parte viva (floema) es producida por la cara externa del cambium, y la parte muerta incluye un tejido protector (corcho) producido por la capa peridérmica (Thirakul, 1998).

### **4.7.2 Cambium**

Es una capa cilíndrica muy fina de células alrededor del leño del árbol generadora de corteza hacia afuera y madera hacia adentro (Aguilar & Guzowski, 2011).

### **4.7.3 Albura**

Es la porción conductora de la xilema que contiene células vivas, se encuentra en la zona externa de la estructura leñosa, su color es más claro y su textura más blanda en relación al duramen. Su función es conducir la savia bruta y una gran cantidad de agua desde la raíz hacia las hojas, además, provee rigidez al árbol y almacena sustancia nutritiva (Aguilar & Guzowski, 2011).

### **4.7.4 Duramen**

Es la zona más próxima a la médula y que la rodea completamente, por lo general presenta un color más oscuro y una textura más dura, en relación que la albura. Su función principal es dar soporte al tronco del árbol (Aguilar & Guzowski, 2011). La madera del duramen, pierde gradualmente su vitalidad y adquiere una coloración más oscura debido al depósito de taninos, resinas, grasas y otras sustancias. Debido a que el duramen es un tejido más compacto y más pobre en sustancias nutritivas, es mucho más resistente al ataque de

hongos e insectos y presenta una durabilidad natural superior a la albura (Giménez, Moglia, & Gerez, 2005).

#### **4.7.5 Médula**

Tejido parenquimatoso ubicado en el centro del tallo. Posee poca resistencia, puesto que, es un material esponjoso y con un diámetro muy pequeño (Batres, 2009).

### **4.8 Propiedades físicas de la madera**

Todos los tipos de madera tienen tres direcciones: Axial, Radial y Tangencial.

La dirección axial es la dirección con la que crece el árbol (dirección de las fibras).

La dirección Radial es perpendicular a la axial, en la dirección de los radios, corta el eje del tronco.

La Tangencial es paralela a la dirección radial, en la dirección de la fibra y cortando los anillos anuales.

#### **4.8.1 Higroscopicidad**

La higroscopicidad es la capacidad de la madera para absorber la humedad del ambiente. La madera es un elemento vivo, incluso si se corta y, por lo tanto, se contrae o se expande según la humedad. Según el tipo de madera, este efecto será más o menos pronunciado. De las tres direcciones de la madera, esta característica tiene el menor efecto sobre la dirección axial. La contracción tangencial es casi el doble que la contracción radial.

#### **4.8.2 Densidad**



Una de las propiedades más importantes de la madera es la densidad. El peso de cada tipo de madera depende de su especie y de las condiciones climáticas en las que crece la madera. Cuanto más pesada sea la madera y mayor sea la concentración de fibras, menor será el espacio entre ellas. En general, cuanto más rápido crezca el árbol, más ligero será. Por lo general, el peso de la madera se tiene en cuenta cuando el contenido de humedad es del 11-12%. Porque el agua tiene peso. En cuanto a la densidad básica es la relación entre el peso mínimo del material, es decir seco en estufa a 105-110°C, y su volumen verde, como se halla en el apeo del árbol. Es la más utilizada en la industria forestal y se usa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación (Núñez, 2007).

#### **4.8.3 Hendibilidad**

La hendibilidad es la resistencia que opone la madera al esfuerzo de tracción transversal antes de romperse por separación de sus fibras. Las maderas más hendibles suelen tener fibras largas y con nudos.

#### **4.8.4 Dureza**

La dureza tiene mucho que ver con el peso y se pueden dividir todas las maderas en tres grupos. maderas duras, blandas y semiduras.

Duras: Son de crecimiento lento y hoja caduca.

Blandas: Las maderas de coníferas son más ligeras que las duras, árboles de rápido crecimiento como la *Paulownia*.

Semiduras: Se encuentran las maderas que por sus propiedades o características cuesta catalogar entre una y otra y se quedan en este sub grupo entre duras y blandas.

#### **4.8.5 Flexibilidad**

La flexibilidad de la madera se mide en la capacidad de la madera para doblarse sin romperse o volver a su posición original.

#### **4.8.6 Estabilidad**

La estabilidad es cómo reacciona la madera a los cambios de temperatura. La madera estable es aquella que no se contrae ni se expande demasiado bajo la influencia de los cambios de temperatura.

#### **4.8.7 Óptica**

Cada madera tiene su propio patrón de color y grano. Algunas maderas realzan su apariencia debido a vetas o nudos. Los rayos ultravioletas del sol oscurecen la madera en la primera capa o corteza. Esto se puede evitar con lacas, esmaltes, lacas o veladuras.

#### **4.8.8 Olor**

Los núcleos de madera producen olores causados por ciertos componentes químicos naturales de la madera. El duramen es la parte central del tronco.

#### **4.8.9 Biológicas**

La madera es un elemento vivo, biodegradable, por lo que se pudre y puede estar afectado por insectos, hongos y bacterias. Cuando las maderas tienen más de un 20% de nivel de humedad, son más propensas a estos ataques irreversibles. Algunas son más resistentes que otras debido a una mayor concentración de lignina (GREEMAP, 2018).

### **4.9 Contenido de humedad**

Se define como la relación entre la cantidad de agua y el peso seco o anhidrido de la madera, y se expresa en %. Según el contenido de humedad de la madera se suelen emplear las siguientes denominaciones:

Madera verde: Para contenidos de humedad comprendidos entre el 30% (punto de saturación de la pared celular) hasta la humedad del árbol vivo (del 70 al 150% según la especie).

Madera húmeda: Para contenidos de humedad entre el 20 y el 30%.

Madera seca al aire: Cuando el contenido de humedad se encuentra en el entorno del 13 al 18% que es límite para este tipo de secado.

Madera seca en cámara: Para contenidos de humedad por debajo del 12%, que solo se pueden alcanzar mediante secado artificial en cámara (Álvarez, 2021).

#### **4.10 Contracción o cambios dimensionales en la madera**

Dado el carácter anisótropo de la madera estas variaciones dimensionales no son iguales en todas direcciones sino claramente diferentes según las tres direcciones principales tangencial, radial o longitudinal. El comportamiento (estabilidad) de las maderas puestas en obra depende de su mayor o menor facilidad para intercambiar humedad con el ambiente (higroscopicidad) y de las variaciones dimensionales que acompañan a estos intercambios de humedad (contracción/hinchazón). De forma simplificada se pueden clasificar las diversas maderas como: poco nerviosas, medianamente nerviosas, y nerviosas (Álvarez, 2021).

#### **4.11 Composición química de la madera**

Entre los principales elementos que conforman la madera, se encuentran: carbono (49-50%), hidrógeno (6%) y oxígeno (44-45%) (Paz, 2008).

En la composición química básica de la madera se consideran los componentes estructurales que constituyen la pared celular, y los componentes ocasionales contenidos en los lúmenes y espacios intersticiales. El crecimiento estructural y las propiedades naturales de la madera surgen de la organización y la composición química de las paredes de las células (Panshin & De Zeeuw, 1980). La pared celular es fina y flexible y con el tiempo se endurece,

especialmente, por la acumulación de celulosa cuyas fibras forman un entramado en cual se almacena la lignina y solo cuando ésta se ha depositado en la pared celular se forma la madera (Aguilar & Guzowski, 2011).

Según (Aguilar & Guzowski, 2011) la madera contiene aproximadamente celulosa en un 50%, lignina en un 30% y productos orgánicos semejantes a la celulosa en un 20%.

## **4.12 Componentes orgánicos estructurales**

### **4.12.1 Celulosa**

La celulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) es el biopolímero más abundante en la Tierra. Es el material orgánico más importante a nivel estructural del reino vegetal puesto que es el componente principal de: paredes celulares, tejidos leñosos y tejidos fibrosos de las células vegetales (A. González, 2016) y (Japa, 2013).

### **4.12.2 Holocelulosa**

El contenido de holocelulosa en la madera abarca del 70 al 90 % del total de las sustancias de la pared celular libre de extractivos o material extraño. La presencia de holocelulosa es, generalmente, mucho más elevado en maderas duras que en maderas blandas (M. González, 2005).

### **4.12.3 Lignina**

La lignina es uno de los compuestos principales de la madera específicamente en la pared celular, aproximadamente un 25%, es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos. Su principal función, es dar rigidez y elasticidad a la estructura de los árboles, puesto que sirve como cemento o adhesivo de la celulosa, proporcionando estabilidad dimensional; además, brinda protección contra las enzimas hidrolíticas producidas por microorganismos degradadores de la madera (Arana, Tellez, González, & González, 2013).

## **4.13 Componentes orgánicos no estructurales**

### **4.13.1 Extractivos**

Extractivos son los compuestos de composición química variada, como gomas, grasas, resinas, azúcares, aceites, almidones, alcaloides, y taninos (M. González, 2005). Los extractivos representan un gran número de componentes orgánicos. El grupo más importante en términos de cantidad son los polifenoles y las resinas. Los polifenoles están presentes en angiospermas y gimnospermas, e incluyen a un gran número de componentes químicos orgánicos, entre estos los taninos (Panshin & De Zeeuw, 1980).

## **4.14 Componentes inorgánicos**

### **4.14.1 Cenizas**

Según (Paz, 2008) las cenizas son pequeñas cantidades de elementos minerales, como calcio, potasio y magnesio, se encuentran en ceniza de madera. Normalmente, el volumen de la ceniza raramente es más bajo que 0.2% o más alto que el 1% del porcentaje en peso de madera. Los resultados indicaron que el volumen de la ceniza total y la concentración de cada elemento varían significativamente entre las especies. El contenido de los constituyentes inorgánicos varía en gran parte con las condiciones de ambiente bajo las que el árbol ha crecido (M. González, 2005).

## **4.15 El suelo**

### **4.15.1 Propiedades químicas del suelo**

Las propiedades químicas del suelo cambian con el tiempo, y la meteorización de las materias primas con agua determinan en gran medida la composición química del suelo resultante. Algunas sustancias químicas se filtran en el subsuelo y se acumulan allí, mientras que otras menos solubles permanecen en la capa superior del suelo (FAO, 2012).

#### **4.15.2 Potencial hidrógeno**

El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logarítmica) de hidrogeniones  $H^+$  que existen en el suelo. En la escala de pH el valor máximo es de 14, siendo el valor de  $pH=7$ , el correspondiente a un suelo neutro. Son ácidos todos aquellos que tienen valores inferiores a 7, y básicos todos los superiores a éste. (Soriano, 2012).

## 5. Metodología

### 5.1 Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Loja, tomando como unidades muestrales árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don localizados en parques y avenidas de los sectores “La banda”, “Los Molinos” y “Av. 24 de mayo” (figura 3). La ciudad de Loja se encuentra localizada en el sur del Ecuador, en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud -3.99313 y longitud -79.20422. Presenta una altitud de 2060 m s. n. m. y se caracteriza por un clima templado andino de 16,6 °C en promedio, un microclima marcado, siendo el sector nororiental más cálido que el resto del área urbana.

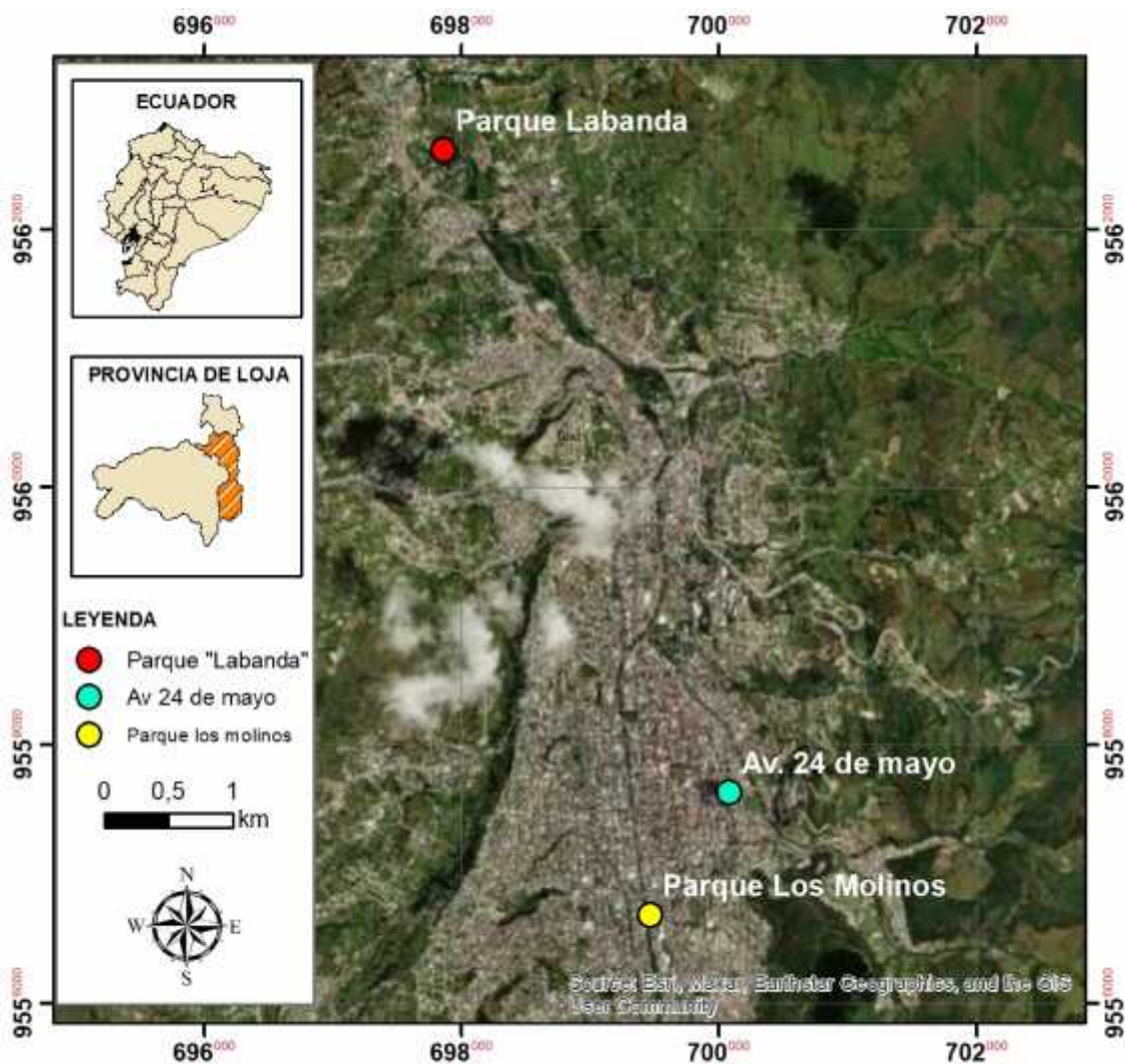


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio del proyecto de investigación.

## **5.2 Metodología para la determinación de las propiedades físico químicas de la madera de *Jacaranda mimosifolia* D.Don.**

### **5.2.1 Recolección de las muestras de madera**

Para la presente investigación se seleccionó este árbol por ser una especie abundante en los parques y avenidas de la ciudad de Loja, y por su belleza escénica.

Se seleccionó cinco individuos de *J. mimosifolia* de parques y avenidas de Loja a partir de un muestreo aleatorio considerando los criterios de estado fitosanitario, aislamiento de otras especies para evitar competencia de nutrientes y características fenotípicas (Anexo 1). En cada uno de los individuos seleccionados se midió variables dasométricas: altura, DAP, forma, condiciones ambientales donde se desarrollaron estos individuos, y se extrajo una rama de diámetro no menor a 5 cm, lo suficientemente apta para realizar el trabajo, con ayuda de una podadora aérea, cada muestra se etiquetó con su respectivo número de árbol, lugar de procedencia y coordenadas geográficas. (Tabla 2)

Cabe recalcar que todo el proceso de toma de muestras fue basada en 3 aspectos importantes, conservación, tratando de afectar lo menos posible al aporte estético de los mismos en el arbolado urbano, como segundo parámetro el tiempo, ajustándonos a la planificación desarrollada en un inicio en conjunto con la directora del trabajo de integración curricular, y por último el costo, hay que considerar los recursos financieros que requiere el proyecto para llegar a buen término, adaptándonos así a un presupuesto final accesible, tomando en cuenta todos los análisis requeridos en esta investigación y la utilización de reactivos controlados.



**Tabla 2.** Información básica de los cinco individuos recolectados de la especie *Jacaranda mimosifolia* del cantón Loja.

Sitio	CAP (cm)	DAP (cm)	HT (m)	Coordenadas UTM	
				X	Y
Parque “Labanda”	105,3	33,5179526	11,3	79121124	3571686
Parque “Labanda”	46,4	14,7695442	4,2	792994626	39545685
Av. 24 de Mayo	92,5	29,4435956	7	79115148	4000523
Parque “Los Molinos”	107	34,0590782	5	-79203555	-40082424
Parque “Los Molinos”	99	31,512605	8	-79203028	-40093716

### 5.2.1 Metodología utilizada para la determinación de las propiedades físicas cuantitativas.

Para la determinación de las propiedades físicas (Anexo 2) se llevó las ramas al “Centro de la madera” de la Universidad Nacional de Loja donde se obtuvieron 3 probetas de cada muestra de 10 cm x 2,5 cm aproximadamente, de las cuales se estudiaron las siguientes variables:

- a. **Peso:** Las muestras se pesaron en gramos (gr), utilizando una balanza del Laboratorio de “Fisiología Vegetal” del Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

**b. Área:** Se utilizó la fórmula matemática de la figura geométrica del paralelepípedo rectangular, para ello se tomó medidas de los extremos de cada una de las probetas con las cuales se realizó un promedio para obtener una medida más confiable.

$$A = 2(a \times b) + 2(a \times c) + 2(b \times c)$$

**c. Volumen:** Se utilizó la fórmula matemática de la figura geométrica del paralelepípedo rectangular, los datos utilizados fueron los promedios calculados para las áreas.

$$V = a \times b \times c$$

**d. Densidad de la madera:** De acuerdo con la norma técnica ecuatoriana (INEN 2176, 2013), la densidad (aparente) de la madera se determinó por la relación de la masa-volumen. La masa de la pieza de ensayo se determinó mediante el pesaje en gramos y el volumen por el método directo o indirecto, en centímetros cúbicos.

Fórmula:

$$D = \frac{M}{V}$$

En donde:

D= densidad aparente

M= masa (en gramos)

V= volumen (en centímetros cúbicos)

**e. Tipos de densidad de la madera:** Se obtuvo mediante las siguientes fórmulas.

$$D \quad V \quad (g/cm^3) = \frac{P}{V_t} \quad v$$

$$D \quad A \quad h_{it} \quad (g/cm^3) = \frac{P}{V_t} \quad \frac{a \quad h_{it}}{a \quad h_{it}}$$

$$D = \frac{P_e - E}{V_t} \quad (g/c^3) = \frac{P_e - E}{V_t}$$

$$D_{Básis} (g/c^3) = \frac{P_{anhi}}{V} \dots$$

El volumen en verde se determinó sumergiendo las probetas en un vaso de precipitación con cierta cantidad de agua. Sumergida la probeta se calculó el volumen de acuerdo con el volumen de agua desplazado por la probeta.

Para obtener el peso anhidro, se puso las probetas húmedas en la estufa a 100 °C de temperatura durante 24 horas.

**f. Contenido de humedad de la madera:** De acuerdo con la norma técnica ecuatoriana (INEN 2176, 2013) se calculó el contenido de humedad.

Fórmula:

$$C \% = \frac{P - P_h}{P_h} \times 100$$

En donde:

CH%: Contenido de Humedad en Porcentaje

Pv: Peso en verde

Psh: Peso seco o Anhidro

**g. Contracción de la madera:** Se identificó y marcó el plano tangencial y radial en cada probeta.

Se midió los 6 lados de la probeta. Se calculó utilizando las siguientes fórmulas:

$$C \quad \text{ón} l_t = \frac{d_i \quad l_t \quad v \quad - \quad d_i \quad l_t \quad a \quad s_t}{d_i \quad \text{ón} l_t \quad v} * 100$$

$$C \quad \text{ón} t_t = \frac{d_i \quad t_t \quad v \quad - \quad d_i \quad t_t \quad s_t}{d_i \quad \text{ón} t_t \quad v} * 100$$

$$C \quad r_t \quad \text{ón} r_t = \frac{d_i \quad r_t \quad v \quad - \quad d_i \quad r_t \quad s_t}{d_i \quad \text{ón} r_t \quad v} * 100$$

$$C \quad \text{ón} v_t \quad \text{ét} t_t = \frac{v_t \quad v \quad - \quad v_t \quad s_t}{v_t \quad v} * 100$$

$$R \quad \text{ón} t_t \quad - \quad r_t = \frac{c_t \quad \text{ón} t_t}{c_t \quad \text{ón} r_t}$$

### 5.3 Determinación de la composición química de la madera de Jacaranda mimosifolia

#### D.Don.

Para efectuar la preparación de las muestras y la caracterización química se tomó en cuenta las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1998) (Anexo 3).

Para obtener las muestras en polvo, en el Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, se utilizó una lijadora de banda con lija N° 60, para procesar la rodaja de madera en polvo de cada individuo. Seguidamente se

llevó las muestras en polvo al Laboratorio de Química de la Facultad de Educación en donde cada muestra fue procesada con el fin de extraer tres submuestras, las cuales permitieron hacer quince repeticiones del análisis químico.

### 5.3.1 Obtención de extractivos

Para obtener los extractivos se pesó aproximadamente 4g de muestra (aserrín), y se colocó en un dedal de celulosa, introduciéndola en el extractor Soxhlet. Se conectó con refrigerante a reflujo y con el balón, el cual previamente fue pesado y llenado con 160ml del solvente a usar (Éter de petróleo). Después se conectó la plancha eléctrica y se controló la ebullición del solvente, tomando en cuenta que la extracción termina cuando el solvente esta incoloro en el extractor (Anexo 4). Para el porcentaje de extractivos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% E = \frac{(m_{s\ d\ b\ ón\ e}) - (m_{s\ d\ b\ ón\ v})}{m_{s\ d\ l\ m}} * 100$$

### 5.3.2 Obtención de lignina

Se pesó 0,1g de muestra libre de extractivos, y se adicionó 1,5ml de ácido sulfúrico concentrado al 72%, dejando reposar por 15 min. Después se adicionó 60ml de agua destilada, la misma que se mantuvo en ebullición a reflujo por 30 min, para posteriormente dejar reposar y enfriar. Al finalizar se filtró en papel filtro previamente pesado, se lavó con agua caliente y se llevó a la estufa a 100°C para secar la muestra (Anexo 5). Finalmente se pesó el papel filtro con el residuo obtenido. Para obtener el porcentaje de lignina, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% L = \frac{(P_{s\ d\ p\ f\ +r}) - (P_{s\ d\ p\ f\ v\ i\ u})}{P_{s\ d\ l\ m}} * 100$$

### 5.3.3 Obtención de la holocelulosa

Para la obtención de la holocelulosa se procedió a usar la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{(M_{sdpf} + r) - (m_{spfv})}{m_{sdm}} * 100$$

### 5.3.4 Obtención de ceniza

La determinación del contenido de cenizas (%) se llevó a cabo por método gravimétrico el cual consiste en quemar la muestra de madera dentro de crisoles de níquel en placas de calentamiento y posteriormente en una mufla a 575- 600°C, durante 3 horas aproximadamente (Anexo 3). Para el cálculo de ceniza se empleó la siguiente fórmula:

$$\% c_i = \frac{(m_{dci\bar{o}}) - (m_{dci\bar{v}})}{m_{dms_i}} * 100$$

## 5.4 Análisis de las propiedades químicas del suelo.

### 5.4.1 Toma de muestras

Las muestras de suelo fueron recolectadas, de la zona en donde los individuos identificados se desarrollaron (Anexo 4), es decir el suelo que esté alrededor de árbol en un radio de 2 metros, en el cual se cavó un hoyo de 20 a 30 centímetros de profundidad, recolectando una taja del suelo. Cada muestra de suelo se identificó con su respectiva etiqueta correspondiente al número de árbol, para conocer de qué árbol muestreado, para conocer a qué árbol corresponde la muestra de suelo.

Para la obtención de las propiedades químicas del suelo las muestras recolectadas fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su respectivo análisis.

#### **5.4.2 Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio**

En laboratorio y previa preparación de muestras de suelo (secado, tamizado, pesado y etiquetado), se realizó los siguientes análisis con sus respectivas metodologías:

pH/Potenciómetro

Nitrógeno disponible/UV visible

Fósforo disponible/UV visible

Potasio disponible/UV visible

#### **5.4.3. Obtención de materia orgánica**

- Método de la pérdida de peso por ignición (LOI): El método se basó en la ignición de una porción del suelo seco y molido en un horno de mufla a 400°C. A esta temperatura se produjo la pérdida de la materia orgánica del suelo en forma gaseosa, principalmente como CO<sub>2</sub> y vapor de agua.

- En primer lugar, se secaron tres crisoles, previamente numerados en su base con lápiz de grafito, en un horno de mufla a 400°C durante dos horas. Transcurrido este período de tiempo, se extrajeron los crisoles y se depositaron en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente.

- Seguidamente, se pesaron los crisoles vacíos (m0) en una balanza de precisión. Se pesaron aproximadamente 20 gramos de suelo seco al aire en cada crisol, y se anotaron de nuevo los datos obtenidos (m1). Se introdujeron los crisoles con las muestras de suelo en el horno mufla y se programó la siguiente curva de temperaturas para alcanzar los 400°C de forma escalonada: 15 minutos 100°C, 15 minutos 200°C, 15 min 300°C y, por último, 16 horas a 400°C. Finalmente se depositaron los crisoles en un desecador hasta alcanzar temperatura

ambiente y se realizó un nuevo pesaje ( $m_2$ ) de los crisoles en la balanza de precisión (Andrades, Moliner, & Masaguer, 2015). Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%M = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$

Donde:

$m_0$  = peso en gramos del crisol

$m_1$  = peso en gramos del crisol y la muestra seca a 105°C

$m_2$  = peso en gramos del crisol y la muestra tras su incineración

## 5.5 Análisis de datos

Los datos de la composición química de la madera y suelo se registraron en tablas de entrada múltiple diseñadas a partir de los datos obtenidos, los cuales se emitieron los valores promedios de cada propiedad, los que fueron analizados estadísticamente mediante pruebas de comparación múltiple de medias con el fin de evaluar las posibles diferencias significativas en las propiedades químicas de la madera entre los individuos, así mismo se realizó el análisis estadístico de comparación múltiple de medias para evaluar si existe diferencia en las propiedades químicas del suelo del sitio de procedencia de cada árbol estudiado. Para los datos que cumplen normalidad se aplicó el ANOVA con la prueba paramétrica de Tukey, mientras que para los datos que no cumplen el supuesto de normalidad se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para este análisis el nivel de significancia mínimo usado fue  $\alpha = 0,05$ .



## 6. Resultados

### 6.1 Propiedades físicas de *Jacaranda mimosifolia*.

En la Tabla 3 se muestran los resultados promedio y desviación estándar de acuerdo con los resultados de las propiedades físicas de *Jacaranda mimosifolia*, donde el promedio de la madera de esta especie tiene un contenido de humedad de 35.86%, densidad en verde en 0.64 (g/cm<sup>3</sup>), densidad en equilibrio 0.48 (g/ cm<sup>3</sup>), densidad anhidra en un 0.44 (g/ cm<sup>3</sup>), densidad básica en 0.41(g/cm<sup>3</sup>) y 7.13 (cm<sup>3</sup>) en contracción volumétrica. Los datos completos se muestran en el Anexo 5.

De esta manera las propiedades con menor y mayor proporción son la densidad básica y el contenido de humedad respectivamente.

**Tabla 3.** Valores promedio (**X**) y desviación estándar (**±DS**) de los porcentajes de las propiedades físicas de la madera de cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don del cantón Loja.

N° árbol	Contenido de humedad % / (DS)	Densidad verde % / (DS)	Densidad equilibrio % / (DS)	Densidad anhidra % / (DS)	Densidad básica % / (DS)	Contracción volumétrica % / (DS)
1	31,14 / (±0.32)	0,63 / ±0.03)	0.51 / (±2.97)	0,46 / (±0.03)	0,43 / (±0.03)	5,09 / (±1.40)
2	40,40 / (±2.61)	0,60 / (±0.00)	0.43 / (±4.67)	0,39 / (±0.01)	0,36 / (±0.02)	8,79 / (±4.42)
3	33,94 / (±0.07)	0,67 / (±0.00)	0.51 / (±0.15)	0,48 / (±0.00)	0,44 / (±0.01)	7,26 / (±0.00)
4	34,40 / (±0.01)	0,69 / (±0.01)	0.54 / (±0.63)	0,49 / (±0.01)	0,45 / (±0.01)	7,26 / (±3.57)
5	39,41 / (±0.03)	0,61 / (± 0.01)	0.43 / (±0.12)	0,39 / (±0.02)	0,37 / (±0.01)	7,25 / (±0.02)
<b>X (%)</b>	35,86	0,64	0.48	0,44	0,41	7,13
<b>±DS</b>	0.60	0.01	1.70	0.01	0.01	1.88

### 6.2 Composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia*.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del promedio y desviación estándar de los porcentajes de los componentes químicos de la madera de cinco individuos de *Jacaranda mimosifolia* del cantón Loja. En promedio la madera de esta especie contiene, 7.23% de extractivos, 1.62% de

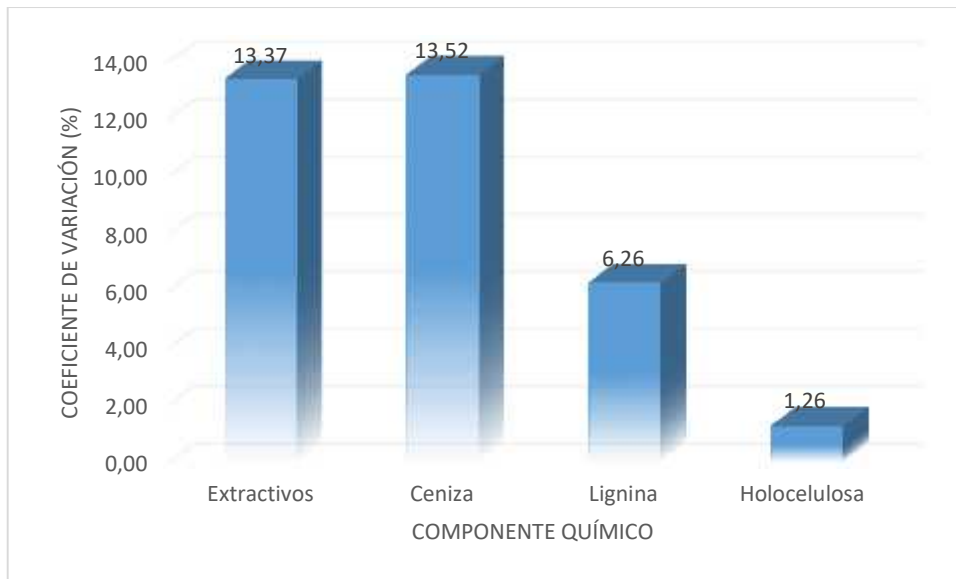
ceniza, 10.14% de lignina y 81.59% de holocelulosa. Los datos completos se muestran en el anexo 6.

La Figura 4 muestra a mayor detalle la composición química de cada componente evidenciando de manera gráfica la diferencia entre ellas. Se evidenció que, a mayor porcentaje, menor desviación estándar en las variables.

**Tabla 4.** Valores promedio (X) y desviación estándar ( $\pm$ DS) de los porcentajes de la Caracterización química de cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia* del cantón Loja.

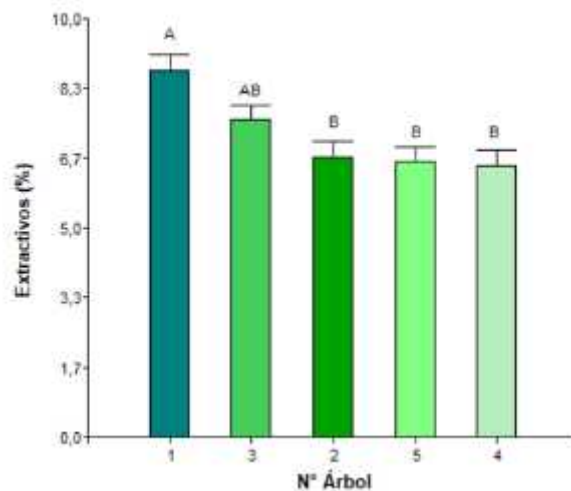
<b>N° árbol</b>	<b>Extractivo % / (DS)</b>	<b>Ceniza % / (DS)</b>	<b>Lignina % / (DS)</b>	<b>Holocelulosa % / (DS)</b>
<b>1</b>	8,77 / ( $\pm$ 0.46)	1,36 / ( $\pm$ 0.54)	9,73 / ( $\pm$ 0.38)	80,86 / ( $\pm$ 0.58)
<b>2</b>	6,71 / ( $\pm$ 0.76)	1,46 / ( $\pm$ 0.10)	9,22 / ( $\pm$ 0.19)	83,19 / ( $\pm$ 0.63)
<b>3</b>	7,58 / ( $\pm$ 0.54)	1,78 / ( $\pm$ 1.72)	10,61 / ( $\pm$ 0.52)	80,59 / ( $\pm$ 0.56)
<b>4</b>	6,49 / ( $\pm$ 0.73)	1,89 / ( $\pm$ 0.09)	10,52 / ( $\pm$ 0.39)	81,88 / ( $\pm$ 0.47)
<b>5</b>	6,58 / ( $\pm$ 0.54)	1,61 / ( $\pm$ 0.04)	10,62 / ( $\pm$ 0.37)	81,43 / ( $\pm$ 0.55)
<b>X (%)</b>	7,23	1,62	10,14	81,59
<b><math>\pm</math>DS</b>	0.60	0.49	0.37	0.55

En la Figura 4, se muestra el grado de variabilidad que presentó la composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia*. El contenido de ceniza fue el componente más variable con un CV de 13,52%, seguido de extractivos con 13,37%; mientras que la lignina y la holocelulosa son los componentes que mostraron menor variabilidad entre los individuos analizados con un coeficiente de variación de 6,26% y 1,26% respectivamente.



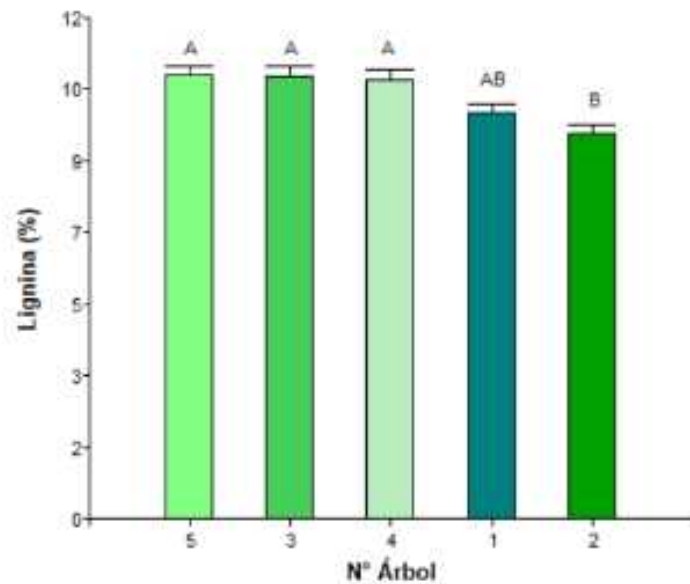
**Figura 4.** Coeficiente de variación existente en la composición química de *Jacaranda mimosifolia*.

El contenido de extractivos presente en los individuos analizados se encuentra en el 6,49% (árbol 4) y 8,77% (árbol 1). Al realizar el análisis estadístico con la prueba paramétrica de (Kruskal Wallis) se determinó que existe diferencias significativas ( $p = 0,0049$ ) entre los valores promedios del contenido de ceniza, como se muestra en la Figura 5.



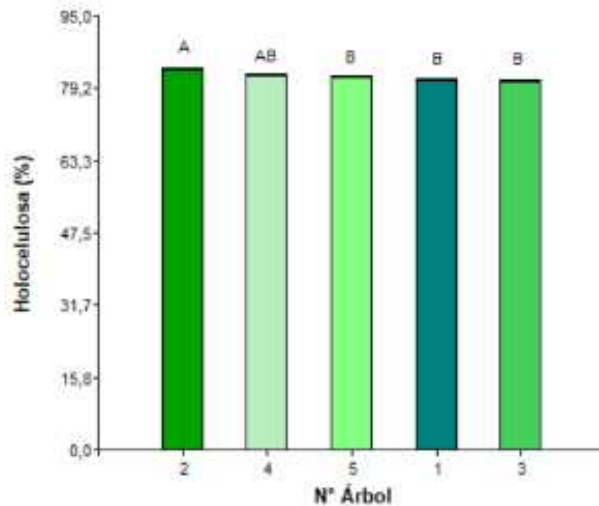
**Figura 5.** Valores promedio de contenido de extractivos de cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. 8. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

En cuanto al porcentaje de lignina presente en la madera de los árboles de *Jacaranda mimosifolia*, se observa que, estos se encuentran entre 9,22% (árbol 2 del Parque “Labanda”) y 10,62 % (árbol 5 del Parque “Los Molinos”), (Figura 6).



**Figura 6.** Valores promedio de contenido de lignina de cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia*. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

Referente al porcentaje de holocelulosa presenten la madera de los árboles de *Jacaranda mimosifolia*, el rango es entre 80,59% (árbol 3, procedente de “Av. 24 de mayo”) y 83,19% (árbol 2, procedente de “Parque Labanda”), (Figura 7). Al realizar el análisis estadístico con la prueba no paramétrica de (Kruskal Wallis) se determinó que existe diferencias significativas ( $p = 0,0016$ ) entre los valores promedio del contenido de holocelulosa.



**Figura 7.** Valores promedio de contenido de holocelulosa de cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia*. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

El análisis estadístico (Kruskal-Wallis) realizado a cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia* se puede evidenciar que no existen diferencias significativas entre los valores promedio del contenido de ceniza puesto que se obtuvo un valor de ( $p = 0,1292$ ) es decir la probabilidad de este componente químico de la madera es mayor a 0,05.

### 6.3 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia* con las propiedades químicas del suelo.

El análisis de las propiedades químicas del suelo provenientes de los cinco árboles estudiados en la Tabla (5), dió como resultado que el suelo en donde creció la especie *Jacaranda mimosifolia* son suelos prácticamente neutros (6,94); con un nivel alto de fósforo (60 ppm), además, muestra un contenido alto - medio de nitrógeno (49,66 ppm) y un alto valor de materia orgánica (4,10 %).

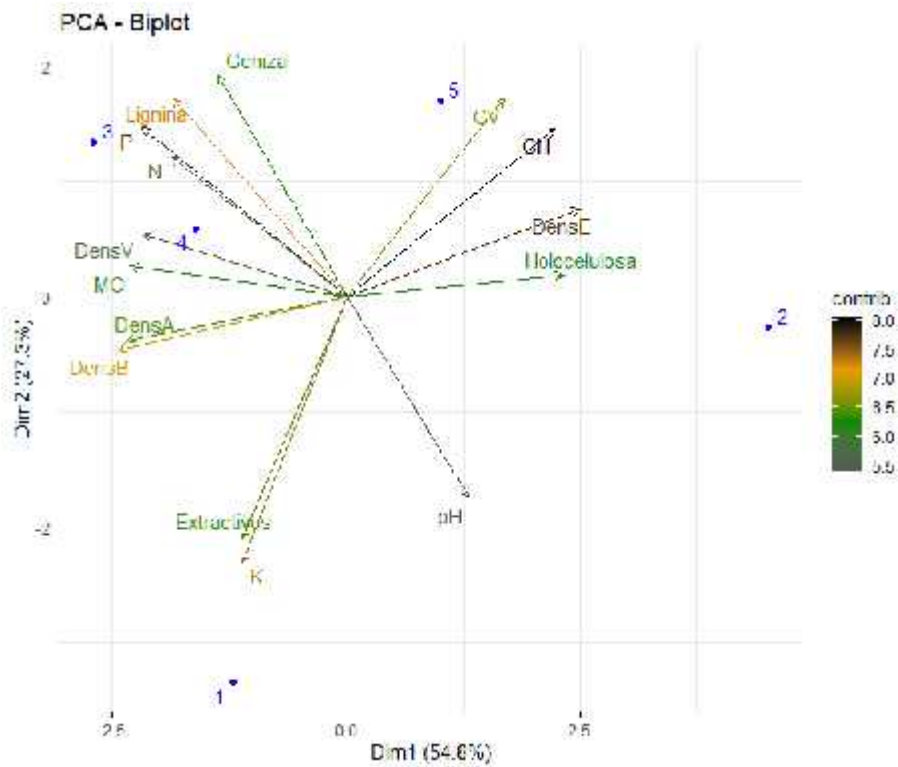
**Tabla 5.** Valores promedio ( $X$ ), desviación estándar ( $\pm DS$ ) y coeficiente de variación ( $CV$ ) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo ( $pH$ , fósforo, nitrógeno y materia orgánica)

Muestra de suelo	Ph	P	N	MO
		ppm	ppm	%

1	7,15	Prácticamente Neutro	42	Alto	49	Medio	4,8	Alto
2	7,33	Prácticamente Neutro	11	Medio	23	Bajo	1,5	Medio
3	6,55	Prácticamente Neutro	89	Alto	154	Alto	5,4	Alto
4	7,08	Prácticamente Neutro	87	Alto	58	Medio	4	Alto
5	6,58	Prácticamente Neutro	71	Alto	66	Alto	4,8	Alto
<b>X (%)</b>	6,94	Prácticamente Neutro	60,00	Alto	70,00	Medio -Alto	4,10	Alto
<b>±DS</b>	0,35		33,23		49,66		1,54	
<b>CV (%)</b>	5,08		55,38		70,95		37,47	

Mediante un gráfico Biplot en la Figura 8 se pudo evidenciar la relación que existe entre las propiedades físicas de la madera de *Jacaranda mimosifolia*, componentes químicos de la madera y los químicos del suelo en donde se desarrolló el árbol. En cuanto al árbol 1 se encuentra relacionado con potasio (K) y extractivos, a diferencia del árbol 2 que se encuentra un tanto distante de los componentes, se podría decir que se relaciona más con Holocelulosa, ambos provenientes del Parque “La Banda” por lo que se evidencia la influencia de los componentes químicos en su madera, el árbol 3 (Proveniente de la Av. 24 de mayo) se asocia en cambio con nitrógeno, fósforo, lignina y ceniza, el árbol 4 tiene su relación más cercana a densidad en verde y materia orgánica, densidad anhidro y densidad básica, finalmente el árbol 5 tiene relación con contracción volumétrica, contenido de humedad y densidad en equilibrio, igualmente ambos provenientes del Parque “Los Molinos”). A demás podemos evidenciar que los árboles 3 y 4 serían un grupo que se encuentra más asociado entre sí y un segundo grupo que estaría conformado por el árbol 5 y 2 por su cercanía en el plano cartesiano, quedando así el árbol 1 sin agrupación.

En cuanto a la asociación entre las variables estudiadas existe mayor relación de la materia orgánica con la densidad al contrario de la misma con holocelulosa, pH a P y lignina, en cambio el pH es opuesto al N y P, y extractivos es influenciado por K.



**Figura 8.** |Biplot de relación entre las propiedades físicas, composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras de *Jacaranda mimosifolia* del cantón Loja.

Por último, en cuanto a la correlación de Spearman de coeficientes y probabilidad se pudo evidenciar que las relaciones significativas entre los componentes químicos de la madera y de suelo son: ceniza tiene una relación negativa de 70% en cuanto a extractivos, y su relación más alta positivamente es con 80% con fósforo, extractivos en cambio se relaciona negativamente con un 60% con holocelulosa, y positivamente con materia orgánica en un 46%, en cuanto al componente lignina se relaciona positivamente con N en un 90% y negativamente con pH en un 90%. Los datos completos se pueden evidenciar en el Anexo 7.

**Tabla 6.** Valores promedio de correlación Spearman presentes en *Jacaranda mimosifolia* D.Don.

Muestra	Contenido de humedad	Densidad verde	Densidad equilibrio	Densidad anhidro	Densidad básica	Contracción volumétrica
1	31,14	0,63	0,51	0,46	0,43	5,09
2	40,40	0,60	0,43	0,39	0,36	8,79

3	33,94	0,67	0,51	0,48	0,44	7,26
4	34,40	0,69	0,54	0,49	0,45	7,26
5	39,41	0,61	0,43	0,39	0,37	7,25



## 7. Discusión

### 7.1 Propiedades físicas de la madera

El análisis de contenido de humedad reflejó un valor promedio de 35,96%. Este valor es próximo al obtenido por Cartuche & Pucha-Cofrep (2022) en un estudio realizado en el sur del Ecuador, con 37.84%, Agila et al. (2018) reportó en su estudio realizado en bosque seco del sur de Ecuador, en los sectores Mangahurco, Nueva Fátima y Santa Lucía, existe una cercanía en el estudio de 4 especies latifoliadas con un promedio de 31.83%, De acuerdo a Simpson & TenWolde, (1992) el contenido de humedad en árboles vivos puede variar entre 30 y más del 200 %, tal variación está en función de la especie, condiciones de crecimiento y densidad básica de su madera; considerando que las investigaciones antes mencionadas eran provenientes de bosques naturales a diferencia de nuestras muestra son de parques y avenidas de la ciudad, sector urbano donde existe la intervención de las personas y la alteración del ambiente; por esta razón puede ser que haya estas variaciones ya que depende mucho el sitio de origen y la distinción de especies.

En cuanto a los resultados obtenidos en nuestro estudio de *Jacaranda mimosifolia* la densidad en verde promedio es de 0.64 g/cm<sup>3</sup> valor menor al estudiado por Crespo et al. (2008) con un 0.98 g/cm<sup>3</sup>, Ecuador Forestal (2010) manifiesta en su ficha técnica de *Jacaranda* un 0.34 g/cm<sup>3</sup> en discrepancia con nuestro estudio. En lo referente a densidad en equilibrio se obtuvo un promedio de 0.48 g/cm<sup>3</sup> valor muy alejado a lo que propone (Ecuador Forestal, 2010) con un 0.16 g/cm<sup>3</sup>, igualmente difiere del valor obtenido por Cartuche & Pucha-Cofrep (2022) pero en menor cantidad con un 0.63 g/cm<sup>3</sup>. Con respecto a la densidad anhidra se alcanzó un promedio de 0.44 g/cm<sup>3</sup>, cercano al valor propuesto por Crespo et al. (2008) con un promedio de 0.53 g/cm<sup>3</sup>, y un tanto alejado al obtenido por Cartuche & Pucha-Cofrep (2022) con un 0.59 g/cm<sup>3</sup>, como resumen se obtuvo una densidad básica de 0.41 g/cm<sup>3</sup>, valor próximo al que expresa Cartuche & Pucha-Cofrep (2022), y difiere notablemente con base a Ecuador Forestal

(2010) con un  $0.12 \text{ g/cm}^3$ . Desde la posición de Bhat y Priya (2004) y Kokutse et al. (2004), el sitio de crecimiento de los árboles influye en la densidad de la madera, debido a las condiciones físicas y propiedades químicas del suelo que inciden en el incremento en altura y diámetro del árbol, modificando la densidad de la madera. Las diferencias entre la densidad se deben a características del sitio como el contenido de humedad del suelo, productividad, y densidad del arbolado a juicio de Parolin (2002).

Por último en lo referente a la contracción volumétrica obtuvimos un promedio de  $7,13 \text{ cm}^3$ , existe una gran diferencia con el valor alcanzado por Cartuche & Pucha-Cofrep (2022) con  $1,12 \text{ cm}^3$ , en cambio nuestro dato se aproxima bastante con el propuesto por Rivero y Moya (2012) con  $8,01 \text{ cm}^3$  con su estudio realizado en los predios de la Universidad Mayor de San Simón en el Valle de Sacta en la provincia Carrasco del Departamento de Cochabamba, Bolivia, según indica Moya et al. (2010) esto puede deberse a la ubicación de dichos árboles como lo es en la zona urbana, ya que, la contracción volumétrica puede variar por el aumento o disminución de la temperatura (humedad), los sitios o condiciones ambientales donde se desarrolló cada especie estudiada y por supuesto un ambiente urbano siempre tendrá mucha más contaminación que un bosque natural.

## **7.2 Componentes químicos de la madera.**

El análisis de la composición química de la madera en cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia* del cantón Loja, reflejó que el contenido de ceniza presente en los individuos analizados oscilo entre 1.60% (individuo 5) y 3.02% (individuo 1), los resultados concuerdan con el porcentaje de cenizas en madera de latifoliadas que establece Paz, (2008) que se encuentra entre 0.1% y 5.4%. De acuerdo con los resultados obtenidos en la composición química de determino que el contenido de cenizas es el componente con el menor porcentaje, lo que concuerda con Rowell, (2007) el mismo que menciona, que el contenido de ceniza es relativamente bajo en comparación al resto de componentes químicos de la madera. Gonzales

(2013) menciona que la cantidad de cenizas pueden alcanzar hasta un 5%, y esto pueden variar de acuerdo a la especie y dentro de la misma especie condiciones del clima, y época del año que fue recolectada la muestra, edad del árbol y condiciones edáficas en la que creó el individuo.

En cuanto al porcentaje de extractivos de los individuos estudiados, se obtuvo un rango que va desde 6,16% (individuo 4 proveniente de Parque “Los Molinos”) hasta 8,77% (individuo 1 proveniente de Parque “Labanda”), estos valores se acercan a los reportados por (Paz, 2008) y que sostiene que en maderas latifoliadas se obtuvo datos que van desde 0.1% hasta 7,7%; también se acercan a los datos obtenidos por (AIDER, 2012), en la especie *Jacaranda copaia*, manifestando que el contenido de celulosa, lignina, hemicelulosa, extractivos, cenizas y sílice varían entre árboles y aún dentro del mismo árbol. Por otra parte, nuestros datos se encuentran dentro del rango manifestado por (Herrera, 2013), quien señala que en seis especies latifoliadas obtuvo un rango de 5,92% hasta 8,45%, afirmando que para el desarrollo de las especies que conforman una comunidad influye en gran medida las condiciones de crecimiento y factores nutrientes. Según Fonseca (2006), es importante considerar que la cantidad y composición de extractivos no solo depende de la especie, sino de la parte del árbol de donde se extraiga la muestra, época del año, condiciones de crecimiento (clima, cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles), entre otros factores genéticos (edad del árbol); la parte donde se encuentra en mayor concentración los extractivos es en la corteza y la raíz de los árboles.

El componente presente en mayor porcentaje en los cinco individuos fue la holocelulosa, con datos que oscilan entre 82,09% y 85,86%, siendo el individuo 2 (proveniente de Parque “Labanda”) el que presenta mayor contenido. Sin embargo, el contenido de lignina del individuo 2 presenta el menor porcentaje con un 9,55%. Estos datos se relacionan con los datos de Aguinsaca et al. (2019), los cuales van desde 70,67% a 89,06%; Además, de acercarse

a los datos obtenidos por Herrera, (2013) que oscilan desde 78,14% hasta 82% por lo cual coincide con nuestro estudio, quien indica que el contenido de holocelulosa en la madera suele presentar valores bajos porque han perdido hemicelulosas o han perdido reactivos, y presentan valores elevados porque todavía presentan lignina.

Referente a los porcentajes del componente lignina se observó que estos oscilan entre 9,55% (individuo 2 proveniente de Parque “Labanda”) y 11,96% (individuo 5, proveniente de Parque “Los Molinos”). Estos resultados se encuentran cercanos a los valores que establece (Paz, 2008) donde los rangos de lignina para maderas latifoliadas se encuentran desde 14,0% a 34,6%. Los altos valores de lignina según (Herrera, 2013) pueden deberse a la zona de la madera que se estudie. Moura et al. (2013) manifiesta que existe una relación entre el incremento de lignina con el estrés causado en la planta por daños mecánicos, estrés hídricos o heladas, el mayor porcentaje de lignina se presenta en la corteza y el menor porcentaje en la albura de una misma especie, en nuestro estudio el mayor dato fue de 11,96% puesto que eliminamos la corteza y según Jiménez & Calderón (2004), en su estudio realizado en San Pedro de la Paz del país de Chile, la composición química de la madera presenta variaciones asociadas con la edad de los árboles, estas variaciones son estadísticamente significativas, las cuales junto con las diferencias encontradas entre árboles de una misma edad, muestran la variabilidad existente en la proporción de los componentes químicos de la madera.

### **7.3 Componentes químicos del suelo.**

En cuanto al estudio de los componentes químicos existentes en el suelo donde se desarrollaron los cinco árboles de *Jacaranda mimosifolia*, cabe recalcar que no se pudo obtener un mayor número de repeticiones debido al tiempo y costo como se mencionó en metodología, sin embargo, se logró homogeneizar cada muestra para determinar que, el pH donde crecieron los individuos, tuvo un porcentaje promedio de 6,94 prácticamente neutro. En relación a Bellido, (2022) quien describe a *Jacaranda* de un bosque natural nuestro estudio varía en 14

décimas más, lo cual no es significativo ya que su rango de suelo para el crecimiento de *Jacaranda* va desde 6,0 hasta 6,8. Según Ibarra et al, (2009) en general, el pH óptimo de los suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad. Además, Ando, Yokota, & Shibataa, (2003) indican que las coníferas tienen menor porcentaje de magnesio y potasio en comparación con las latifoliadas. Esto significa que al pie del árbol se recibe un flujo concentrado de agua, que, por sus características, puede modificar la reacción del suelo y los procesos edafogénicos y biológicos asociados, lo cual es de gran ayuda para el buen crecimiento estructural de los árboles. La diferencia de los valores obtenidos se debe a que el ecosistema influye en los resultados, al ser un estudio realizado en la ciudad existe la intervención de las personas y la alteración del ambiente.

En lo referente al promedio el nitrógeno, este reportó un valor de 70 ppm considerado como un nitrógeno alto lo cual es bueno para el desarrollo de los individuos ya que (Rodríguez, 2004) indica que la deficiencia de este elemento provoca una clorosis en las hojas inferiores y en caso de deficiencias agudas, éstas caen prematuramente y la clorosis se generaliza en toda la planta.

En cuanto al componente P, el promedio obtenido de 60 ppm el cual es alto en la especie de *Jacaranda mimosifolia* refleja el buen desarrollo de los mismos ya que según (Rodríguez, 2004) la deficiencia de fósforo afecta el desarrollo debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de la deficiencia de fósforo es la reducción en la expansión celular, razón por la cual, las plantas pueden presentar enanismo lo que no conviene en el arbolado urbano ya que lo más llamativo de nuestras avenidas es la floración.

En promedio el K presente en los individuos fue de 0.74 considerado alto, sin embargo Gil, (2016) indica que para contribuir al endurecimiento de tallos de *Jacaranda*, se aconseja incorporar sulfato de potasio al suelo dos veces al año, lo cual no sería necesario en nuestros

suelos estudiados. Además, Rodríguez, (2004) informa que la deficiencia de este nutriente produce un estancamiento en el desarrollo de la planta: los entrenudos de los tallos son cortos y los tallos resultan débiles, así mismo, la producción de granos y frutos se ve afectada. En el fruto, la presencia de potasio asegura un buen contenido de azúcares, ácidos y aroma. En forma general, la deficiencia de potasio en frutos disminuye la acidez, aumenta la respiración y, por lo tanto, induce el deterioro. En plantas deficientes de potasio hay disminución en los niveles de almidón y aumento de compuestos nitrogenados solubles. La deficiencia de este nutriente produce un estancamiento en el desarrollo de la planta. Según Yarecuador Cia. (2018), el potasio mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta. Está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas.

El promedio existente de MO en nuestro estudio fue de 4.10% considerado alto, Julca, Meneses, Blas, & Bello, (2006) indican que el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1.65% en suelos pesados y llegar a un 2.5% en los arenosos, lo cual indica que nuestro estudio tiene un alto porcentaje. Esta acumulación de la materia orgánica tiene lugar según Bragado, (2018) debido a que la velocidad de mineralización es menor que la velocidad de formación de materia orgánica. De acuerdo con Salamanca & Sadeghian (2008) el porcentaje alto que obtuvimos es beneficioso puesto que la MO cumple un papel importante en la agregación y el mejoramiento de otras características del suelo. Al aumentar la MO disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, retiene humedad y mejora el flujo del aire, además, de aportar elementos nutritivos y condiciones necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas.

#### **7.4 Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de Jacaranda, con las propiedades químicas del suelo.**

La correlación que existen entre las propiedades físicas, composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia* con las propiedades químicas del suelo en donde estas se

desarrollaron en nuestro caso, parques y avenidas, se determinó mediante la prueba no paramétrica de Spearman la cual nos indica que la lignina está relacionada positivamente con el nitrógeno en un (90%), Sá-Pereira, Galantini, & Quiroga (2017) manifiestan que la concentración de lignina y la relación LIG:N podría ser utilizada como indicadores de predicción en la velocidad de descomposición de residuos en donde la especie habita. En cambio, la relación negativa más notable con un (0.97%) es la de holocelulosa con respecto a la Materia Orgánica, sin embargo Salamanca & Sadeghian (2008) indican que al aumentar la materia orgánica disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, retiene la humedad, mejora el flujo del aire y aporta elementos nutritivos, condiciones necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de las raíces, dando una mejor visibilidad a la planta (hojas, flores y frutos).

## 8. Conclusiones

- ) Las propiedades físicas de la madera de *Jacaranda mimosifolia* muestran un contenido de humedad mayor (35,86%), seguido por la contracción volumétrica con un 7,13 cm<sup>3</sup>; siendo la densidad básica 0,41 g/cm<sup>3</sup> el valor que en menor cantidad se encuentra en esta especie.
- ) La composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia* del arbolado urbano de las avenidas de la ciudad de Loja indica que la holocelulosa y la lignina son los componentes más abundantes y el contenido de ceniza es el componente más escaso.
- ) Los individuos de *Jacaranda mimosifolia* crecieron en suelos prácticamente neutros, con niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica.
- ) Existe relación entre la composición química de la madera con algunas propiedades químicas del suelo. Se establecieron dos relaciones estadísticamente significativas con la composición química de la madera de esta especie (Fósforo vs. Ceniza) con una correlación positiva; mientras la (Holocelulosa vs. Materia orgánica) tuvieron una correlación negativa.



## 9. Recomendaciones

- ) Incrementar las investigaciones sobre la composición química de la madera de *Jacaranda mimosifolia* y su relación con las propiedades químicas del suelo; en diferentes lugares dentro y fuera de la ciudad de Loja, para establecer comparaciones entre diferentes condiciones ambientales de desarrollo de los árboles.
- ) Durante la fase de laboratorio, cumplir con las normas de bioseguridad para evitar accidentes y con los protocolos de medición de variables para no alterar los resultados.
- ) En lo posible aumentar el número de repeticiones de próximos estudios con el fin de obtener análisis estadísticos a mayor escala.

## 10. Bibliografía

- Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha-Cofrep, D. (2018). *Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador*. Retrieved from <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/490/385>
- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). Materiales y materias primas. Madera. *Empaques, Envases y Embalajes: El Producto y Su Recipiente*, 13–14. Retrieved from <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/madera.pdf>
- Aguinsaca, F., Rey, Y., Jaramillo, A., Luzón, C., Jumbo, N., Fernandez, P., ... Pucha-Cofrep, D. (2019). *Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador*. Retrieved from <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/591/529>
- AIDER. (2012). “*Estudio de la composición química de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales.*” 2(I), 1–45. Retrieved from [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2929/Technical/Technical report - Estudio de composición química.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical_report_-_Estudio_de_composici3n_qu3mica.pdf)
- Alberto Mengual. (n.d.). *Jacaranda\_mimosifolia*. Retrieved from [https://www.urbipedia.org/hoja/Jacaranda\\_mimosifolia#:~:text=Jacaranda mimosifolia es un 3rbol,bellas y duraderas flores azules.&text=La Uni3n Internacional para la,evalúa al jacarand3 como vulnerable.](https://www.urbipedia.org/hoja/Jacaranda_mimosifolia#:~:text=Jacaranda mimosifolia es un 3rbol,bellas y duraderas flores azules.&text=La Uni3n Internacional para la,evalúa al jacarand3 como vulnerable.)
- Álvarez. (2021). *Humedad De La Madera En La Construccin*. 1–5. Retrieved from [https://tmolduras-fbermejo.es/pdfmaderas/p\\_humedad.pdf](https://tmolduras-fbermejo.es/pdfmaderas/p_humedad.pdf)
- Ando, M., Yokota, H., & Shibataa, E. (2003). *Bark stripping preference of sika deer, Cervus nippon, in terms of bark chemical contents*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112702003365>
- Andrades, M., Moliner, A., & Masaguer, A. (2015). Prácticas de edafología : métodos didácticos para análisis de suelos. *Material Didáctico. Agricultura y Alimentación*, 15(7), 82.
- Arana, A., Tellez, A., González, T., & González, A. (2013). *Aspectos generales de la biodegradacion de la Madera: Aplicaciones industriales de las laccasas*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/260334596\\_Madera\\_juvenil\\_caracteristicas\\_y\\_modelos\\_de\\_variacion\\_en\\_coniferas\\_y\\_latifoliadas/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/260334596_Madera_juvenil_caracteristicas_y_modelos_de_variacion_en_coniferas_y_latifoliadas/citation/download)
- Batres, S. (2009). *Caracterización Química De La Madera Del Primer Raleo De*. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1109\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1109_Q.pdf)
- Bellido, A. (2022). *El 3rbol Jacarand3: [Características, Siembra, Cuidados, Riego y Sustrato]*. Retrieved from <https://www.sembrar100.com/arboles/jacaranda/>
- Bhat, K. M., & Priya, P. B. (2004). Influence of provenance variation on wood properties of teak from the Western Ghat region in India. *IAWA Journal*, 25(3), 273–282. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000365>
- Bragado, R. (2018). *MATERIA ORGÁNICA II. CONSECUENCIAS DE SU ACUMULACIÓN*. Retrieved from <https://www.tiloom.com/materia-organica-ii-consecuencias-de-su-acumulacion/>
- Cartuche, K., & Pucha-Cofrep, D. (2022). “*Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas , organolépticas y anatómicas .*”
- C3ndor, P. (2014). “*EVALUACI3N DE LA ACTIVIDAD EXPECTORANTE DE MOLLE (Schinus molle L.), ISO (Dalea coerulea), JACARANDA (Jacaranda mimosifolia), JENGIBRE (Zingiber officinale), ROMERO (Rosmarinus officinalis), MARRUBIO (Marrubium vulgare), EN*

- RATONES (*Mus musculus*).” Retrieved from [http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/3492/1/56T00457\\_UDCTFC.pdf](http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/3492/1/56T00457_UDCTFC.pdf)
- Crespo, R., Jiménez, E., Suatunce, P., Law, G., & Sánchez, C. (2008). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE TECA (Tectona grandis L.F.) DE QUEVEDO Y BALZAR.* Retrieved from <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/74/88>
- Ecuador Forestal. (2010). *Jacaranda.* Retrieved from <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/JACARANDA.pdf>
- FAO. (2012). *PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.* Retrieved from [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s04.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s04.htm)
- Fernández, X., Yareth, E., & Martínez, E. (2022). *La flor de jacaranda : más allá de su uso ornamental Jacaranda flower : beyond its ornamental use.* 23(3). Retrieved from [https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v23\\_n3\\_a4.pdf](https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v23_n3_a4.pdf)
- Gil, I. (2016). *JACARANDA.* Retrieved from <https://www.flores.ninja/jacaranda/#:~:text=Para contribuir al endurecimiento de,son embestidos por estos insectos.>
- Giménez, A., Moglia, J., & Gerez, R. (2005). *Anatomía de madera.* Retrieved from <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>
- Gonzales, H. (2013). *Productos forestales de transformación química.*
- González, A. (2016). *OPTIMIZACIÓN DE LA REACCIÓN DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, PARA MAYOR RENDIMIENTO A GLUCOSA.* Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25974>
- González, M. (2005). *Determinación de la composición química de la madera del pino ocote (Pinus oocarpa schiede ex schldl) procedente de plantación en Cucanjá, Tukurú, Alta Verapaz.* Retrieved from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/323>
- GREEMAP. (2018). *¿Qué es la madera?* Retrieved from [https://greemap.es/maderas/propiedades-de-la-madera/#Propiedades\\_fisicas](https://greemap.es/maderas/propiedades-de-la-madera/#Propiedades_fisicas)
- Herrera, A. (2013). *DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN MADERA, PODER CALORÍFICO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA EN CORTEZA Y MADERA DE SEIS ESPECIES LATIFOLIADAS.* Retrieved from [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/189/FITECM-A-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/189/FITECM-A-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ibarra, D., Ruiz, J., González, D., Flores, J., & Díaz, G. (2009). *Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México.* Retrieved from [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172009000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003)
- Japa, J. (2013). “HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE BIOMASA CELULOSA OBTENIDA DE LA CÁSCARA DE BANANO MADURO MEDIANTE *Trichoderma* sp. PARA LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL.” *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2824/3/CD0000-22-TRABAJO COMPLETO.pdf>
- Jiménez, A. B., & Calderón, J. F. (2004). *Relación entre edad del árbol y su composición química en Pinus radiata ( D. Don ) crecido en Chile y su importancia para la producción de bioetanol.* 1(1), 1–8.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). *LA MATERIA ORGÁNICA , IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS.* 49–61. Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>

- Kokutse, A., Baillères, H., Stokes, A., & Kokou, K. (2004). *Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (Tectona grandis L.f)*.
- Lincango, R. (2015). *EVALUACIÓN DE 2 HORMONAS Y 2 MEDIOS DE CULTIVO PARA LA MICROPROPAGACIÓN IN VITRO DE JACARANDÁ (Jacaranda mimosifolia D. Don.) QUITO, PICHINCHA*. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4783/1/T-UCE-0004-20.pdf>
- Moura, R., Silva, B., Valadares, A., Goncalves, P., Silva, E., Cordasso, M., & Barreto, L. (2013). *TEOR DE LIGNINA EM MADEIRA DE PAU-BRASIL (Caesalpinia echinata Lam .)*. 7–9. Retrieved from <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1073-4.pdf>
- Moya, R., Muñoz, F., Salas, C., Berrocal, A., Leandro, L., & Esquivel, E. (2010). *Tecnología de madera de plantaciones forestales*. (Vol. 7).
- Municipio de Loja. (2015). " *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Sostenible del Casco Urbano Central de la Ciudad de Loja Regeneración Urbana “ COMPONENTE ARQUITECTÓNICO PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN “ REGENERACIÓN URBANA DEL CASCO CENTRICO DE LA CIUDAD DE LOJA .”* 68. Retrieved from [https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/memoria\\_tecnica\\_ru1.pdf](https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/memoria_tecnica_ru1.pdf)
- Núñez, C. (2007). *DENSIDAD BÁSICA Y DENSIDAD SECA DE MADERA CONVERSION RELATIOSHIPS BETWEEN BASIC DENSITY AND OVEN DRIED DENSITY OF WOOD*. 44–50.
- ONU habitat. (2019). *Siete grandes beneficios de los árboles urbanos*. Retrieved from <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos#:~:text=Los árboles grandes son excelentes,2 y 8 grados centígrados>.
- Panshin, A., & De Zeeuw, C. (1980). *Textbook of wood technology. Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada*. Retrieved from <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/2512>
- Parolin, P. (2002). Radial gradients in wood specific gravity in trees of Central Amazonian floodplains. *IAWA Journal*, 23(4), 449–457. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000314>
- Paz, F. (2008). *Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina*. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1090\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf)
- Pino, M. D. E., Pinus, C., Moore, H. E., La, P. D. E., Río, F., Verapaz, A., ... Río, F. (2006). *Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (.* Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0992\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0992_Q.pdf)
- Priego, C. (2002). *Beneficios del Arbolado Urbano*.
- Reyes, I., & Gutiérrez, J. (2010). *LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LA ARBORIZACIÓN URBANA: RETOS Y APORTES PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA CIUDAD DE TOLUCA*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/401/40113202009.pdf>
- Rivero, J., & Moya, R. (2012). Propiedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3(9), 50–63.
- Rodríguez, M. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. (3), 25–36.
- Rowell, R. M. (2007). *Composite Materials from Forest Biomass : A Review of Current Practices , Science , and Technology*. (April 2007). <https://doi.org/10.1021/bk-2007-0954.ch005>
- Sá-Pereira, E., Galantini, J. A., & Quiroga, A. (2017). *Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense*. (December).
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2008). *Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza*

- en suelos con diferente contenido de materia orgánica*. 59(2), 91–102. Retrieved from <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059%2802%2991-102.pdf>
- Simpson, W., & TenWolde, A. (1992). *Physical properties and moisture relations of wood*. Retrieved from <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/7150>
- Soriano, M. (2012). *pH del suelo*. 1, 1–10. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano - pHdel suelo.pdf?sequence=1>
- Thirakul, S. (1998). Manual de Dendrofobia del bosque Latifoliado. In *Forestal Honduras Canada*. Retrieved from [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2017/Technical/pd8-92-4 rev2\(F\) s pg1-169\\_Manual de Dendrología\\_S.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2017/Technical/pd8-92-4 rev2(F) s pg1-169_Manual de Dendrología_S.pdf)
- Yarecuador Cia. (2018). *Función del potasio en la producción de tomate*. Retrieved from <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-potasio-en-la-produccion-de-tomate/#:~:text=El potasio mantiene el equilibrio,de pigmentos%2C sobre todo licopeno.>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Recolección de muestras de los cinco individuos de *Jacaranda mimosifolia*.



*1.1* Árbol 1 de *Jacaranda mimosifolia*.



*1.2* Árbol 2 de *Jacaranda mimosifolia*.



*1.3* Árbol 3 de *Jacaranda mimosifolia*.



*1.4* Árbol 4 de *Jacaranda mimosifolia*.





*1.5 Árbol 5 de Jacaranda mimosifolia.*

**Anexo 2.** Determinación de propiedades físicas de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.



*2.1 Probetas de madera listas.*



*2.2 Sumersión de probetas en alcohol.*



*2.3 Probetas en estufa.*



*2.4 Medición de extremos de probetas.*

**Anexo 3.** Determinación de composición química de cinco individuos de *Jacaranda mimosifolia*.



*3.1 Descortezamiento de ramas.*



*3.2 Ramas en polvo.*





*3.3 Extractor Soxhlet para extractivos.*



*3.4 Obtención de lignina.*



*3.5 Muestras en mufla para obtención de ceniza.*



*3.6 Filtración de holocelulosa.*

**Anexo 4.** Proceso para obtención de composición química del suelo de cinco individuos de Jacaranda mimosifolia.



4.1 Toma de muestras de suelo.

<b>SERVIENTREGA</b> Centro de Soluciones		Servientrega Ecuador S.A. R.U.C. 0901249619001 Av. Juan Tenca Mera y Dr. Carlos Fierro Ibarra www.servientrega.com.ec Servicio al Cliente: 372-3000		CANAL RETAIL Fecha: 20-Jun-2022 13:44		Código de Tracking N° * 9009028596 *	
<b>REMITENTE</b> VIVIAN AGUIRRE GONZALEZ LOJA VIVIAN AGUIRRE GONZALEZ LOJA RUC/DI: 1104080732		<b>DESTINATARIO</b> INIAP ESTACION SANTA CATALINA ESTACION SANTA CATALINA NUTRICION Y CALI PANAMERICANA SUR KM 1 SECTOR CUTUOLAGUA		Puesto: QUITO - Provincia: PICHINCHA No: 1 Cód. Calle: CLOQUITO		Teléf: 023007264 RUC/DI: NO TIENE Cód. Postal:	
Teléf: 0990762011 Correo: carmanlagustina@servientrega.com.ec #MARTO DESDE AGOSTO 696 - LOJA MANUEL AGUSTIN AGUIRRE CODIGO DE TRACING N° * 9009028596 *		Caract. Frecuencia FrecVoli: 2.0 L: 15 FrecVoli: 11.0 AL: 35 FrecVoli: 11.0 A: 25		Valor Mensajería Valor Asegurado Plazo \$0.00 \$0.00 1		Fecha y Hora de Entrega:	
TODOS LOS MESES te equipamos: <b>1 KIT MUNDIALISTA</b> Tv 75" + cine en casa + camiseta + balón Para que todos tus eventos inicien con el calor del 20 de octubre de 2022		Tipo de Servicio: MERCANCIA PREMIER		[AQUÍ] Nombre, Firma y Selló		Reshlee al envío 	

4.2 Envío de muestras al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

**Anexo 5.** Datos sobre las propiedades físicas de la madera de cinco individuos de *Jacaranda mimosifolia*.

Repetición	Contenido de humedad	Densidad verde	Densidad equilibrio	Densidad anhidro	Densidad básica	Contracción volumétrica
1,1	30,82	0,66	0,52	0,49	0,46	6,48
1,2	31,46	0,60	0,49	0,43	0,41	3,69
1,3	31,14	0,63	0,51	0,46	0,43	5,09
2,1	40,51	0,60	0,44	0,40	0,36	10,96
2,2	37,73	0,60	0,44	0,39	0,38	3,70
2,3	42,95	0,60	0,42	0,39	0,34	11,71
3,1	33,87	0,67	0,51	0,48	0,45	7,26
3,2	34,00	0,67	0,51	0,48	0,44	7,26
3,3	33,94	0,67	0,51	0,48	0,44	7,26
4,1	34,39	0,68	0,54	0,50	0,45	10,83
4,2	34,41	0,70	0,53	0,48	0,46	3,70
4,3	34,40	0,69	0,54	0,49	0,45	7,26
5,1	39,44	0,62	0,44	0,41	0,38	7,26
5,2	39,38	0,60	0,41	0,38	0,36	7,23
5,3	39,41	0,61	0,43	0,39	0,37	7,25

**Anexo 6.** Datos de la composición química de la madera de cinco individuos de *Jacaranda mimosifolia*.

Repetición	% Extractivos	% Holocelulosa	% Ceniza	% Lignina	TOTAL
1,1	9,30	80,78	0,92	9,84	100,84
1,2	8,60	80,32	1,96	10,04	100,92
1,3	8,42	81,47	1,19	9,30	100,38
2,1	6,19	83,91	1,45	9,34	100,89
2,2	7,58	82,77	1,37	9,01	100,73
2,3	6,35	82,89	1,57	9,32	100,13
3,1	7,61	80,06	1,77	11,10	100,54
3,2	7,02	81,18	1,85	10,65	100,70
3,3	8,10	80,54	1,72	10,07	100,43
4,1	6,04	81,97	1,97	10,96	100,94
4,2	7,33	81,37	1,92	10,22	100,84
4,3	6,11	82,29	1,79	10,39	100,58
5,1	7,11	80,80	1,65	10,82	100,38
5,2	6,04	81,69	1,58	10,85	100,16
5,3	6,58	81,81	1,59	10,20	100,17

**Anexo 7.** Correlación Spearman: Coeficientes-Probabilidad entre propiedades físicas, composición química de la madera y del suelo.

Variables	Ceniza	Extractivos	Lignina	Holocelulosa	CH	DensV	DensE	DensA	DensB	CV	pH	N	P	K	MO
<b>Ceniza</b>	1,00	0,16	0,32	1,00	0,84	0,16	1,00	0,22	0,16	0,55	0,23	0,23	0,11	0,84	0,87
<b>Extractivos</b>	-0,70	1,00	0,55	0,23	0,23	0,69	0,55	0,80	0,69	0,55	0,84	0,84	0,69	0,42	0,43
<b>Lignina</b>	0,50	-0,30	1,00	0,32	0,84	0,55	1,00	0,87	0,55	0,55	0,07	0,07	0,16	0,42	0,22
<b>Holocelulosa</b>	0,00	-0,60	-0,50	1,00	0,11	0,42	0,32	0,61	0,42	0,32	0,16	0,16	0,23	0,55	<b>0,00</b>
<b>CH</b>	0,10	-0,60	-0,10	0,80	1,00	0,23	0,07	0,32	0,23	0,22	0,55	0,55	0,42	0,11	0,22
<b>DensV</b>	0,70	-0,20	0,30	-0,40	-0,60	1,00	0,16	0,00	0,05	0,80	0,32	0,32	0,11	0,23	0,55
<b>DensE</b>	0,00	-0,30	0,00	0,50	0,90	-0,70	1,00	0,22	0,16	0,22	0,84	0,84	0,55	0,07	0,55
<b>DensA</b>	0,67	-0,15	0,10	-0,31	-0,56	0,97	-0,67	1,00	0,00	1,00	0,55	0,55	0,17	0,22	0,70
<b>DensB</b>	0,70	-0,20	0,30	-0,40	-0,60	1,00	-0,70	0,97	1,00	0,80	0,32	0,32	0,11	0,23	0,55
<b>CV</b>	0,36	-0,36	-0,36	0,56	0,67	-0,15	0,67	0,00	-0,15	1,00	0,74	0,74	0,93	0,55	0,36
<b>pH</b>	-0,60	0,10	-0,90	0,70	0,30	-0,50	0,10	-0,36	-0,50	0,21	1,00	0,05	0,07	0,69	0,09
<b>N</b>	0,60	-0,10	0,90	-0,70	-0,30	0,50	-0,10	0,36	0,50	0,21	-1,00	1,00	0,07	0,69	0,09
<b>P</b>	0,80	-0,20	0,70	-0,60	-0,40	0,80	-0,30	0,72	0,80	0,05	-0,90	0,90	1,00	0,84	0,22
<b>K</b>	-0,10	0,40	-0,40	-0,30	-0,80	0,60	-0,90	0,67	0,60	0,36	0,20	0,20	0,10	1,00	0,87
<b>MO</b>	0,10	0,46	0,67	<b>-0,97</b>	-0,67	0,36	-0,36	0,24	0,36	0,53	-0,82	0,82	0,67	0,10	1,00

## Anexo 8. Certificado de traducción.



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

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

Loja, 23 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, **Evaluación de la Relación entre las Propiedades Físicas y Químicas de la madera en *Jacaranda mimosifolia*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, cuya autoría de la estudiante Viviana Alexandra Aguirre González, con cédula 1104080732, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Firmado digitalmente por YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Fecha: 2022.11.23 19:11:12 -05:00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora**