



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 *Chionanthus pubescens*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja

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

AUTORA:

Patricia Enith Chamba Shonda

DIRECTORA:

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benitez, PhD.,

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Loja, 19 de agosto de 2022

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

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico:

Que el trabajo de Integración Curricular intitulado: **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Chionanthus pubescens*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja** de autoría de la estudiante **Chamba Shonda Patricia Enith**, con cédula de ciudadanía número 1950124386, 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.



Nohemí del Carmen Jumbo Benítez

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Patricia Enith Chamba Shonda**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Autor: Patricia Enith Chamba Shonda

Cedula de identidad: 1950124386

Fecha: Loja, 13/12/2022

Correo electrónico: patricia.e.chamba@unl.edu.ec

Celular: 0991469838

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

Yo Patricia Enith Chamba Shonda, declaro ser la autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Chionanthus pubescens*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de diciembre de dos mil veintidós.



Autora: Patricia Enith Chamba Shonda

Cédula: 1950124386

Dirección: Yantzaza, Los Encuentros “Vía principal al Panguí”

Correo electrónico: patricia.e.chamba@unl.edu.ec

Celular: 0991469838

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular:

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

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico de forma muy especial a mi madre Luz Rosa Shonda por su apoyo, amor, confianza y ser un ejemplo de perseverancia, humildad y sacrificio durante toda mi vida. A mis familiares, amigos y docentes quienes me brindaron respeto, conocimiento y experiencias maravillosas durante todo este proceso de formación profesional, gracias a cada uno de ustedes por existir y brindarme la confianza necesaria para alcanzar lo anhelado.

Patricia Enith Chamba Shonda

Agradecimiento

En este pequeño apartado me permito agradecer primeramente a quienes me acompañaron durante este proceso de formación profesional e hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

En primer lugar, a mi familia, especialmente a mi madre y hermanos, quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, también a la compañera Viviana Aguirre que ha estado conmigo durante todo este proceso académico.

De igual manera expreso mis sinceros agradecimientos a la Técnica del Laboratorio de Química de la Facultad de Educación, el Arte y Comunicación, Lic. Julia González y a la ingeniera Victoria Moncada ex encargada del Laboratorio de Dendrocronología, quienes me brindaron la confianza de laborar en sus laboratorios para la realización de mi trabajo de investigación.

Gracias a los docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja por sus enseñanzas y motivación que me ha brindado desde inicios de la formación profesional.

Finalmente, a mi directora de tesis, estimada Ing. Nohemí Jumbo, por sus enseñanzas, su comprensión y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Patricia Enith Chamba Shonda

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Anexos.....	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	4
3. Introducción	6
4. Marco teórico	8
4.1 Generalidades de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	8
4.1.1 Descripción botánica.....	8
4.1.2 Importancia y usos	9
4.1.3 Clasificación taxonómica.....	9
4.2 La madera.....	10
4.2.1 Partes de la madera	11
4.2.1.1 La corteza.....	11
4.2.1.2 El cambium	11
4.2.1.3 La albura	11
4.2.1.4 El duramen	12
4.3 Propiedades físicas de la madera	12
4.3.1 Contenido de humedad	12
4.3.2 Densidad	13
4.3.3 Contracción o cambios dimensionales.....	13

4.4 Propiedades químicas de la madera	13
4.4.1 Celulosa.....	14
4.4.2 Hemicelulosa.....	14
4.4.3 Lignina	14
4.4.4 Extraíbles de la madera.....	14
4.5 El suelo.....	15
4.5.1 Propiedades químicas del suelo	15
4.5.2 Potencial de hidrógeno (pH)	16
4.5.3 Principales nutrientes del suelo.....	16
5. Metodología	18
5.1 Área de estudio	18
5.2 Selección de individuos de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	18
5.3 Determinación de las propiedades físico químicas de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	19
5.3.1 Determinación de las propiedades físicas	19
5.4 Composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	21
5.4.1 Toma de muestras	21
5.4.2 Obtención de extractivos.....	21
5.4.3 Obtención del contenido de humedad.....	22
5.4.4 Obtención de lignina	22
5.4.5 Obtención de la holocelulosa	23
5.4.6 Obtención de ceniza.....	23
5.4.7 Obtención de sílice.....	23
5.5 Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth con las propiedades químicas del suelo.....	24
5.5.1 Análisis de las propiedades químicas del suelo	24
5.5.2 Toma de muestras	24
5.5.3 Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio.....	24
5.5.4 Obtención de materia orgánica	24
5.5.5 Análisis de datos	25
6. Resultados.....	26

6.1 Propiedades físicas de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	26
6.2 Propiedades químicas de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	27
6.3 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth con las propiedades químicas del suelo	30
6.3.1 Propiedades químicas del suelo	31
7. Discusión	36
7.1 Propiedades físicas de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	36
7.2 Propiedades químicas de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	37
7.3 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth con las propiedades químicas del suelo	38
8. Conclusiones	42
9. Recomendaciones	43
10. Bibliografía	44
11. Anexos	51

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos dasométricos, coordenadas y lugar de los árboles muestreados.....	21
Tabla 2. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) y coeficiente de variación (CV) de las propiedades físicas de la madera de cinco árboles de <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.....	26
Tabla 3. Valores promedio (\bar{X}) y desviación estándar ($\pm DS$) de los porcentajes de la composición química de la madera de cinco árboles de <i>Chionanthus pubescens</i>	27
Tabla 4. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) y coeficiente de variación (CV) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo (pH, fósforo, nitrógeno, potasio y materia orgánica)	31
Tabla 5. Relación estadística no paramétrica (Spearman) de la composición químicas de la madera de <i>C. pubescens</i> y las propiedades químicas del suelo.....	32

Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de <i>Chionanthus pubescens</i> de la ciudad de Loja en la calle Cuxibamba.....	8
Figura 2. Partes de la madera.....	11
Figura 3. Mapa de ubicación del área de intervención del proyecto de investigación.....	18
Figura 4. Porcentaje de los componentes químicos de la madera, presente en cinco individuos de <i>Chionanthus pubescens</i>	28
Figura 5. Coeficiente de variación de la composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i>	29
Figura 6. Valores promedio de contenido de extractivos de cinco árboles de <i>Chionanthus pubescens</i> . Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)..	29
Figura 7. Valores promedio de contenido de lignina de cinco árboles de <i>Chionanthus pubescens</i> . Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).....	30
Figura 8. Biplot de relación entre las propiedades físicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco individuos del cantón Loja.....	33
Figura 9. Biplot de relación entre la composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco individuos del cantón Loja.....	34
Figura 10. Biplot de relación entre las propiedades físico químicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras del cantón Loja.....	35

Índice de Anexos

Anexo 1. Datos de la composición química de la madera de cinco individuos de <i>Chionanthus pubescens</i>	51
Anexo 2. Datos sobre las propiedades físicas de la madera de cinco individuos de <i>Chionanthus pubescens</i>	52
Anexo 3. Valores de cada sub-muestra de suelo, promedio y nivel de interpretación de las de las propiedades del suelo analizadas.....	53
Anexo 4. Coeficientes de correlación de Spearman, entre las propiedades físico químicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras de <i>Chionanthus pubescens</i> de la de la ciudad de Loja.....	54
Anexo 5. Individuos de <i>Chionanthus pubescens</i> del Parque Los Molinos, Avenida Cuxibamba y Ciudadela Universitaria.....	55
Anexo 6. Análisis de las propiedades físicas de la madera de cinco muestras de <i>Chionanthus pubescens</i> provenientes de la ciudad de Loja.....	57
Anexo 7. Fotografías del análisis de la composición química de la madera de <i>Chionanthus pubescens</i> y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras obtenidas en la ciudad de Loja.....	59
Anexo 8. Certificado de traducción.....	63

1. Título

**Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en
Chionanthus pubescens, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**

2. Resumen

Chionanthus pubescens Kunth, es un árbol ornamental, considerado importante debido a los servicios ambientales que brinda en las zonas urbanas, entre ellos tenemos la belleza escénica y la capacidad que tiene en la captura de CO₂. De acuerdo a este contexto es importante generar información sobre las propiedades físicas y su relación con la composición química de la madera del arbolado urbano de la ciudad de Loja, debido a que los estudios en esta especie son escasos. Para ello se seleccionaron cinco árboles procedentes de la ciudad de Loja, a partir de las cuales se extrajo una rama, para la determinación de las propiedades físicas y químicas de la madera donde se obtuvo un total de tres muestras de cada individuo. Con respecto a la composición química se aplicaron metodologías y protocolos normalizados (TAPPI 1998); la misma que consiste en obtener harina de todas las muestras recolectadas para la obtención del porcentaje de cenizas, extractivos, lignina y holocelulosa. Para realizar el análisis químico del suelo, se recolectó muestras de suelo del lugar en donde los individuos crecieron y después se analizó el nivel de pH, fósforo, nitrógeno, potasio y materia orgánica.

En el análisis de datos de las propiedades físicas y químicas de la madera se aplicó el ANOVA con la prueba paramétrica de Tukey y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para evaluar la relación entre las variables mencionadas, se determinó el coeficiente de correlación con la prueba no paramétrica de Spearman.

El estudio reveló que el contenido de humedad (19,99 %) y la contracción volumétrica (8,28 cm³) fueron los parámetros más altos, en cambio la Densidad en Verde (1,01 g/cm³), en Equilibrio (0,89 g/cm³), Anhidra (0,88 g/cm³) y Básica (0,81 g/cm³) son los que mostraron valores bajos. Por otro lado, tenemos que la Holocelulosa (79,94 %), fue el componente más abundante, seguido de la Lignina (10,54 %) y con un menor porcentaje el contenido de Extractivos (7,80 %) y Cenizas (2,05 %). No todos los datos coincidieron con lo reportado por otros autores en especies latifoliadas, ya que fueron muy escasas las investigaciones dentro de la especie de estudio. El suelo en donde los individuos crecieron es prácticamente neutro (pH de 7,35) con niveles altos de fósforo (41,6 ppm), medios de nitrógeno (44,8 ppm), altos de potasio (0,41 ppm) y altos de materia orgánica (3,58%). Se encontró que entre las variables de suelo y madera existen dos relaciones estadísticamente significativas, las cuales son negativas (potasio – densidad en verde con una significancia de 0,0046) y (potasio – densidad básica con una significancia = 0,005) de manera que existe relación entre las propiedades físicas de la madera y químicas del suelo.

Palabras clave: Extractivos, lignina, holocelulosa, nitrógeno, contracción volumétrica, contenido de humedad y química de la madera.

2.1 Abstract

Chionanthus pubescens Kunth, is an ornamental tree, considered important due to the environmental services that it provides in urban areas, among them we have the scenic beauty and the capacity that it has in the capture of CO₂. According to this context, it is important to generate information on the physical properties and their relationship with the chemical composition of the urban woodlands of the city of Loja, because studies in this species are scarce. For this purpose, five trees from the city of Loja were selected, from which a branch was extracted, for the determination of the physical and chemical properties of the wood, where a total of three samples were obtained from each individual. Standardized methodologies and protocols (TAPPI 1998) were applied for chemical composition, which consists of obtaining flour from all the samples collected to obtain the percentage of ash, extractives, lignin and holocellulose. For the chemical analysis of the soil, soil samples were collected from the site where the individuals grew and then analyzed for pH, phosphorus, nitrogen, potassium and organic matter.

In the data analysis of the physical and chemical properties of the wood, ANOVA was applied with the Tukey parametric test and the Kruskal-Wallis non-parametric test, to evaluate the relationship between the variables mentioned. The correlation coefficient was determined with Spearman's non-parametric test.

The study shown that moisture content (19.99 %) and volumetric shrinkage (8.28 cm³) were the highest parameters, while, Green (1.01 g/cm³), Equilibrium (0.89 g/cm³), Anhydrous (0.88 g/cm³) and Basic (0.81 g/cm³) Density showed low values. On the other hand, Holocellulose (79.94%) was the most abundant component, followed by Lignin (10.54%) and with a lower percentage the content of Extractives (7.80%) and Ashes (2.05%). Not all data coincide with that reported by other authors in broadleaf species, since there was very little research within the study species. The soil where the trees grew is practically neutral (pH 7.35) with high levels of phosphorus (41.6 ppm), medium levels of nitrogen (44.8 ppm), high levels of potassium (0.41 ppm) and high levels of organic matter (3.58%). It was found that between the soil and wood variables there are two statistically significant relationships, which are negative (potassium - green density with a significance of 0.0046) and (potassium - basic density with a significance = 0.005) so that there is a relationship between the physical properties of the wood and the chemical properties of the soil.

Keywords: Extractives, lignin, holocellulose, nitrogen, volumetric shrinkage, moisture content and chemistry of wood.

3. Introducción

Los árboles representan un beneficio incalculable para la sociedad; salud, ahorro de energía, filtración del agua, captación de contaminantes y lo más importante y difícilmente evaluable, confort y bienestar, también presentan contribuciones a la vitalidad económica de una ciudad, vecindario u hogar. De todos es conocido que los árboles dan sombra, protegen de la lluvia y el viento, añaden belleza al entorno, naturalizan las duras líneas urbanísticas, aportan a nuestros hogares biodiversidad y ayudan a disminuir los contaminantes gaseosos del aire por medio de la captación de estos por los estomas de las hojas (González de Canales, 2002).

Algunos árboles emiten a la atmósfera Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), tales como el isopreno y monoterpenos. Estos compuestos son sustancias químicas naturales de las que se obtienen aceites esenciales, resinas y otros productos de las plantas; pueden ser en atraer polinizadores o repeler depredadores. Las emisiones de COV de los árboles varían con las especies, temperatura del aire y otros factores ambientales. Por otro lado, las ciudades modernas afectan fuertemente su entorno natural y a la biodiversidad de sus áreas vecinas, agotando muchos recursos para abastecerse de alimentos, materiales y energía; depositando sus residuos sólidos y vertiendo sus aguas contaminadas en áreas agrícolas o naturales. La "huella urbana" o "huella ecológica" contribuye significativamente a la pérdida de biodiversidad. En numerosos países existen enfoques que intentan revertir, desde las propias ciudades, estos procesos, considerando por ejemplo a cualquier espacio verde de la ciudad (parques y jardines, arbolado) como un lugar de conservación de la biodiversidad (González de Canales, 2002).

Hoy en día, sería inusual para una gran ciudad no dar atención al verde urbano. De hecho, durante las últimas dos décadas ha habido un aumento en la defensa de la ecologización de las ciudades. Las razones de esto son claras: los parques, los bosques, los techos verdes, los bordes de las calles, los patios residenciales, los jardines comunitarios y otras formas de espacios verdes urbanos mejoran los microclimas, mitigan los flujos de aguas pluviales, mejoran la calidad visual de los paisajes urbanos, aumentan el bienestar físico y mental del ser humano, y apoyan la biodiversidad (FAO, 2018).

Es por ello que *Chionanthus pubescens* Kunth es considerada importante debido a los servicios ambientales que brinda en las zonas urbanas como es el caso de la ciudad de Loja, entre ellos tenemos la belleza escénica y la capacidad que tiene en la captura de CO₂ (Aguirre, 2018). En su lugar de origen (provincia de Loja) es apreciada por su madera dura, color blanquecino, se

utiliza para la elaboración de los rodillos de los trapiches, para cabos de herramientas y torneados. Fuera de su hábitat el único uso es ornamental, este uso lo ha salvado de su extinción en su lugar de origen pues ahí casi ha desaparecido por la calidad de su madera y por el avance de la frontera agrícola (Chye y Han, 2018).

En este contexto la presente de investigación permitirá generar 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. Para ello se ha trazado los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físico químicas de *Chionanthus pubescens* Kunth 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 *Chionanthus pubescens* Kunth con las propiedades químicas del suelo del arbolado urbano de las avenidas de la ciudad de Loja.

4. Marco teórico

4.1 Generalidades de *Chionanthus pubescens* Kunth

4.1.1 Descripción botánica

Chionanthus pubescens Kunth, conocida como "Arupo" es un árbol muy ramificado de unos 6-8 m de alto con una floración blanca o rosada (Figura 1). Es una planta nativa de Ecuador y Perú. Crece de forma natural en las laderas y los valles interandinos. Como planta ornamental también se cultiva en muchos jardines privados de Quito, Ambato, Cuenca, Loja y probablemente en otros lugares a lo largo de los Andes (Peralta, 2017).

Figura 1. Árbol de *Chionanthus pubescens* de la ciudad de Loja en la calle Cuxibamba.



Las hojas son simples, por la forma del limbo son ovadas, oblongas; por el borde son enteras; por la superficie son glabras en el haz y pubescentes en el envés; pecioladas; pinnatinervadas; decusadas y coriáceas. Las hojas adultas pueden medir entre 3 a 17 cm de largo y entre 4 y 7 cm de ancho. De color verde claro cuando son jóvenes y verde más oscura al envejecimiento.

Las flores son muy conspicuas, se disponen en inflorescencias compuestas conocida como panícula o racimo de racimos. Pueden variar entre 6 a 9 racimos por rama y entre 40 a 283 flores

en un racimo de racimos (pompón). Se les considera perfectas, ya que poseen órganos sexuales masculinos (estambres) y femenino (pistilo), en la misma flor (hermafrodita).

Luego de caer los pétalos, aparecen los frutos, el fruto es una drupa de 1 cm de largo y 0,8 cm de diámetro, contiene una semilla. Presenta un color negro cuando está madura y caen al suelo donde pueden recolectarse (Lojan, 2003).

El tronco es muy variable en grosor (40 a 50 cm de diámetro), más ancho en la base y a poca distancia del suelo se ramifica. Presenta abundantes ramas de diferente grosor y tamaño, que crece de manera heterogénea y desordenada, irregular; sino se maneja al árbol con podas de formación. La corteza es de color gris (plomizo), presenta lenticelas en tallos y ramas.

La raíz es pivotante y muy ramificada. En árboles de más de diez años se observan raíces laterales muy vigorosas, que pueden causar fisuras y levantamiento del concreto en veredas y otras estructuras.

4.1.2 Importancia y usos

Características importantes que se ha observado es la tolerancia ante las emisiones de CO₂, su resistencia a la contaminación ambiental lo que le ha convertido en una especie potencial para formar parte de avenidas, parques y jardines que rodean a la ciudad, sobre todo para crear un ambiente más saludable para los habitantes (Ibujés, 2009). Aunque se desarrolla en suelos fértiles, soporta suelos pobres en nutrientes, no soporta suelos inundados, necesita temperaturas medias de 16 °C, es apreciada por su madera dura, color blanquecino, se utiliza para construcción de rodillos de trapiches caseros y para torneados, como uso ornamental ayuda en el aporte de oxígeno, conservación de suelos, hogar para aves, ayuda a bajar la temperatura en las ciudades y mitiga las fuertes lluvias (Saldaña y Vera, 2019).

4.1.3 Clasificación taxonómica

División: Magnoliophyta (planta con flores)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Oleaceae

Género: *Chionanthus*

Especie: *pubescens*

Nombre científico: *Chionanthus pubescens* Kunth

Nombres comunes: Arupo (Ecuador), Chuquil (Cajamarca, Perú)

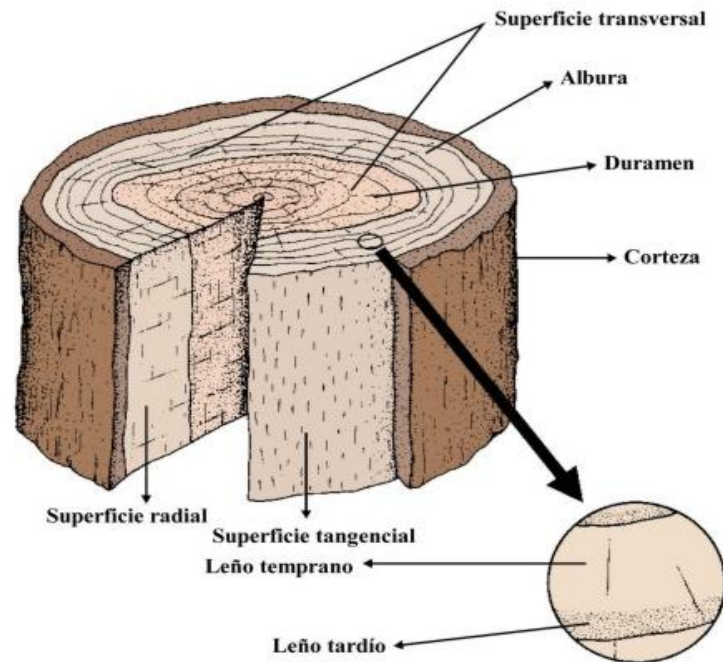
Sinónimo: *Linociera pubescens* Kunth Eichler

4.2 La madera

Es un material de origen orgánico constituido por componentes fundamentales (como los carbohidratos estructurales): celulosa, hemicelulosa y lignina; en menor cantidad están presentes las pectinas que cementan las células vegetales, las resinas, las sales minerales, las gomas, las ceras, las sustancias colorantes, las grasas y el tanino. La madera es una estructura tubular en la que sus ejes siguen la dirección del eje del árbol en porcentaje mayor, y en porcentaje mucho menor, perpendicular al mismo. Cada uno de estos tiene su pared constituida por dos sustancias principales: la lignina, sustancia amorfa y resistente a la compresión; la celulosa, material de gran resistencia a la tracción, que arma la lignina, embebida en la misma y enrollada helicoidalmente de forma alternativa en la pared del tubo, a modo de zunchos; la hemicelulosa colabora con la lignina en el trabajo de compresión (Cedeño, 2013).

La madera mantiene una estrecha relación con la humedad a través de su vida útil. Esto es, responde a las variaciones de humedad relativa del ambiente, presentando cambios en sus dimensiones: se hincha o contrae de acuerdo con la ganancia o pérdida de humedad, y son expresados como un porcentaje del cambio dimensional respecto a la dimensión original (antes de que el cambio ocurra). En la madera las contracciones e hinchamientos se manifiestan en magnitud diferente en esas direcciones; siendo mayores en la dirección tangencial que en la radial y esta, a su vez, mayor que la longitudinal. Por lo tanto, la madera no solamente se verá expuesta a una disminución o incremento de su volumen (o en sus dimensiones), sino que también sufrirá distorsiones en su forma (Córdoba, 2005).

Figura 2. *Partes de la madera.*



Fuente: Toro (2010)

4.2.1 Partes de la madera

4.2.1.1 La corteza

La corteza se diferencia en corteza externa y corteza interna. La primera, generalmente, agrietada dependiendo de la especie arbórea, es la cubierta protectora del árbol, constituida por tejido muerto llamado corcho o súber; y, la corteza interna, llamada líber, está formada por tejido vivo cumpliendo la función de distribución de los productos elaborados por las hojas mediante el fenómeno de la fotosíntesis (Aguilar, 2011).

4.2.1.2 El cambium

Es la capa que sigue a la corteza y se divide en dos capas denominadas: La capa interior o capa de xilema que forma la albura y una capa exterior o capa de floema que se coloca formando la corteza.

4.2.1.3 La albura

Es la madera de más reciente formación y por ella viajan la mayoría de los vasos de la savia que se parecerían a nuestro sistema sanguíneo. Los vasos transportan la savia que es una sustancia

azucarada que la hace vulnerable a los ataques de los insectos. Es una capa más blanca porque por ahí viaja más savia que por el resto de la madera (Paz, 2008).

4.2.1.4 El duramen

Es la madera dura y consistente, propiamente dicha, está formada por unas células que no funcionan y se encuentra en el centro del árbol. Las diferencias con la albura son que es más oscura y no circula la savia, de ahí sale lo del color más oscuro.

4.3 Propiedades físicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera están determinadas por los factores inherentes a su organización estructurada (Paguay, 2015). Es decir, son aquellas propiedades que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura estos pueden resumirse en:

- a) La cantidad de sustancia presente en la pared celular en un volumen de madera determinado este factor se mide por medio del peso específico o la densidad.
- b) La cantidad de agua presente en la pared celular, es el segundo factor que afecta profundamente el comportamiento físico de la madera.
- c) La proporción de la composición de los componentes químicos primarios de la pared celular y la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas presentes, el tercero de estos factores es responsable de las propiedades especiales de algunas maderas, así como de las desviaciones o variabilidades que presentan en su comportamiento cuantitativo.

4.3.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad en la madera se define como la diferencia entre el peso en estado húmedo y el peso seco obtenido en la estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ relacionados con el peso seco, con probetas de $2 \times 2 \times 2$ cm. Sin embargo, puede determinarse la humedad con trozos de cualquier dimensión. En la práctica, generalmente, se toman algunos trozos de la madera de la que se quiere conocer la humedad y se coloca en estufa hasta llegar a un peso constante. Además, el contenido de humedad de una madera cortada recientemente suele ser del 40-200 %. En un uso normal, el contenido de humedad de la madera oscila entre el 8 % y el 25 % según su peso, dependiendo de la humedad relativa del aire (Suirezs y Belger, 2009).

4.3.2 Densidad

La densidad es una de las propiedades físicas de la madera que más aportan al conocimiento de este material y entre las diferentes variables que cuantifican la densidad de la madera se encuentra la densidad básica, que se obtiene por cociente entre la masa anhidra de una pieza y el volumen de la misma a saturación de humedad. Es una propiedad física habitualmente empleada como indicador de calidad de la madera, pero también es un coeficiente que permite efectuar la transformación de volumen de biomasa leñosa en verde a cantidad de materia seca, punto de partida para efectuar estimaciones de carbono en la fracción leñosa del arbolado en pie (Muñoz et al., 2019). La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen. La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera como: la dureza, el peso, la resistencia al impacto y a la abrasión están directamente relacionadas con la densidad; asimismo estas características se asocian con las condiciones climáticas que prevalecen en la región donde los individuos crecen. De acuerdo con sus características, la madera puede ser empleada en la industria para la fabricación y/o producción de: escuadría, celulosa, triplay, postes, pilotes, leña, carbón y durmientes (Díaz et al., 2015). Otro aspecto asociado con la densidad de la madera es su eficiencia como biocombustible.

4.3.3 Contracción o cambios dimensionales

La contracción es la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Este cambio dimensional se expresa, como porcentaje de la máxima dimensión de la madera, o sea, la dimensión verde, ya que en esta condición todavía no ha ocurrido ninguna reducción dimensional (Callo, 2014).

4.4 Propiedades químicas de la madera

La composición química de la madera se expresa básicamente en el contenido de extractivos, ceniza, holocelulosa, lignina y micro elementos. Aguiñaca et al., (2019) manifiestan que la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento.

4.4.1 Celulosa

Denominada también sustancia estructural, es un polisacárido compuesto exclusivamente por moléculas de glucosa; es pues, un homopolisacárido (compuesto por un solo tipo de monosacárido); es rígido, insoluble en agua y contiene desde varios cientos, hasta varios miles de unidades de β -glucosa. La celulosa es una larga cadena polimérica de peso molecular variable, con fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$, con un valor mínimo de $n= 200$. La celulosa representa alrededor del 50% del peso seco de la madera (una vez extraída el agua). Debido a que las uniones entre las moléculas de glucosa son tan firmes, las moléculas de celulosa son muy resistentes y por esa misma razón, la madera también es resistente. Las uniones laterales entre las moléculas de celulosa también son muy fuertes, lo que hace que ellas se agrupen para formar filamentos, los cuales a su vez forman estructuras más gruesas, similares a una cuerda, llamadas microfibrillas (Santos, 2017).

4.4.2 Hemicelulosa

Son heteropolisacáridos (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero), formado, en este caso un tanto especial, por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, a su vez formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces β (1-4) (fundamentalmente xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico, patosa, orozcayosa), que forman una cadena lineal ramificada (Cruz, 2011).

4.4.3 Lignina

La lignina es uno de los polímeros estructurales que componen la pared celular; proporciona el soporte mecánico a las plantas y las protege contra el ataque de microorganismos, además de impermeabilizar la pared celular. Debido a que la lignina envuelve y protege a los carbohidratos, formando en algunos casos complejos de lignina-carbohidratos, afecta la calidad de la madera y hace que sea uno de los factores limitantes más importantes en el pulpeo y los procesos de bioconversión. La eliminación de la lignina es un proceso costoso por lo que es importante conocer su cantidad para el diseño de procesos o bien reducir el contenido y/o composición de lignina en las plantas por medio de diversas tecnologías (Salazar et al., 2015).

4.4.4 Extraíbles de la madera

Los extractos o extractivos son compuestos químicos presentes en la madera que se pueden extraer usando solventes, por lo cual se clasifican por el tipo de solvente que se utiliza para

extraerlos. Los extractos consisten principalmente en grasas, ácidos grasos, alcoholes grasos, fenoles, flavonoides, terpenos, esteroides, esteroles, estilbenos, ácidos resínicos, ceras y otros compuestos orgánicos menores. Muchos de estos compuestos son responsables del color, el olor y la durabilidad natural de la madera. Sin embargo, estos compuestos también tienen efectos en muchas de las propiedades tecnológicas de la madera y en su procesamiento. Así, la presencia de estos compuestos aumenta la durabilidad natural de la madera y disminuyen las contracciones y expansiones de la madera (Salazar et al., 2015). Existen numerosos compuestos que pueden tener gran influencia en las propiedades y calidad de la madera, aunque ellos contribuyan sólo en algún porcentaje en la masa total de la misma. A este grupo de compuestos se le denomina sustancias extraíbles de la madera. Los componentes químicos aquí presentes son de diferentes clases y pueden ser divididos a su vez, y de forma más simple, en componentes orgánicos y componentes inorgánicos, siendo estos últimos en los que se pueden encontrar ciertos iones metálicos que son esenciales para el desarrollo normal del árbol (Cruz, 2011).

4.5 El suelo

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta (Burbano, 2016). Los suelos se forman debido a la descomposición de las rocas, las mismas, se convierten en partículas o pedazos pequeños por la acción del tiempo, de las condiciones climáticas y el hombre; estas partículas se van mezclando con los residuos de los animales y plantas, este proceso es muy lento y la formación de una pequeña capa de suelo puede llevar millones de años.

4.5.1 Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo se definen como aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y las reacciones químicas de los suelos. Los esfuerzos mayores de aplicación de esta parte de la ciencia del suelo han estado dirigidos a tratar de explicar y/o resolver problemas relacionados con la dinámica de los nutrientes vegetales y con la fertilidad del suelo (Rubio, 2012).

En este sentido, las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas, entre ellas, cabe resaltar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N, K, de la misma forma, las características físicas reflejan la manera como el suelo almacena y provee agua a las plantas y, permite el desarrollo radical, entre ellas se encuentran propiedades como: estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento.

4.5.2 Potencial de hidrógeno (pH)

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Este factor expresa el grado de concentración de iones hidrógeno activos (H^+) en las partículas del suelo e indica si éste es ácido o alcalino; lo cual determina los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. Además, es el principal indicador en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (FAO, 2015). En general, existe mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas cuando el pH del suelo se encuentra entre 6,0 y 7,0.

4.5.3 Principales nutrientes del suelo

Nitrógeno (N): Interviene en procesos de, absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis multiplicación y diferenciación celular (Sánchez, 2007). Cuando existe deficiencia de nitrógeno, este es transportado desde las hojas viejas a los puntos de crecimiento de la planta, debido a esto, los primeros síntomas de carencia se presentan en coloraciones amarillentas o enrojecimientos en las hojas viejas (Toledo, 2016).

Fósforo (P): Es considerado el más importante de los nutrientes del suelo después del nitrógeno (N) para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que juega un papel relevante en su estructura y en la transformación de la energía (Suñer, 2015). Cuando hay una deficiencia de este elemento la planta produce antocianinas (pigmento de color morado), y al ser un elemento de gran movilidad dentro de las plantas, uno de los primeros síntomas de su carencia, se presenta en las hojas viejas, las mismas que se tornan de color cercano a púrpura (Toledo, 2016).

Potasio (K): Interviene en procesos osmóticos, apertura y cierre de estomas, fotosíntesis y transporte de carbohidratos, respiración y fijación simbiótica de nitrógeno. Aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8,5 (Sánchez, 2007).

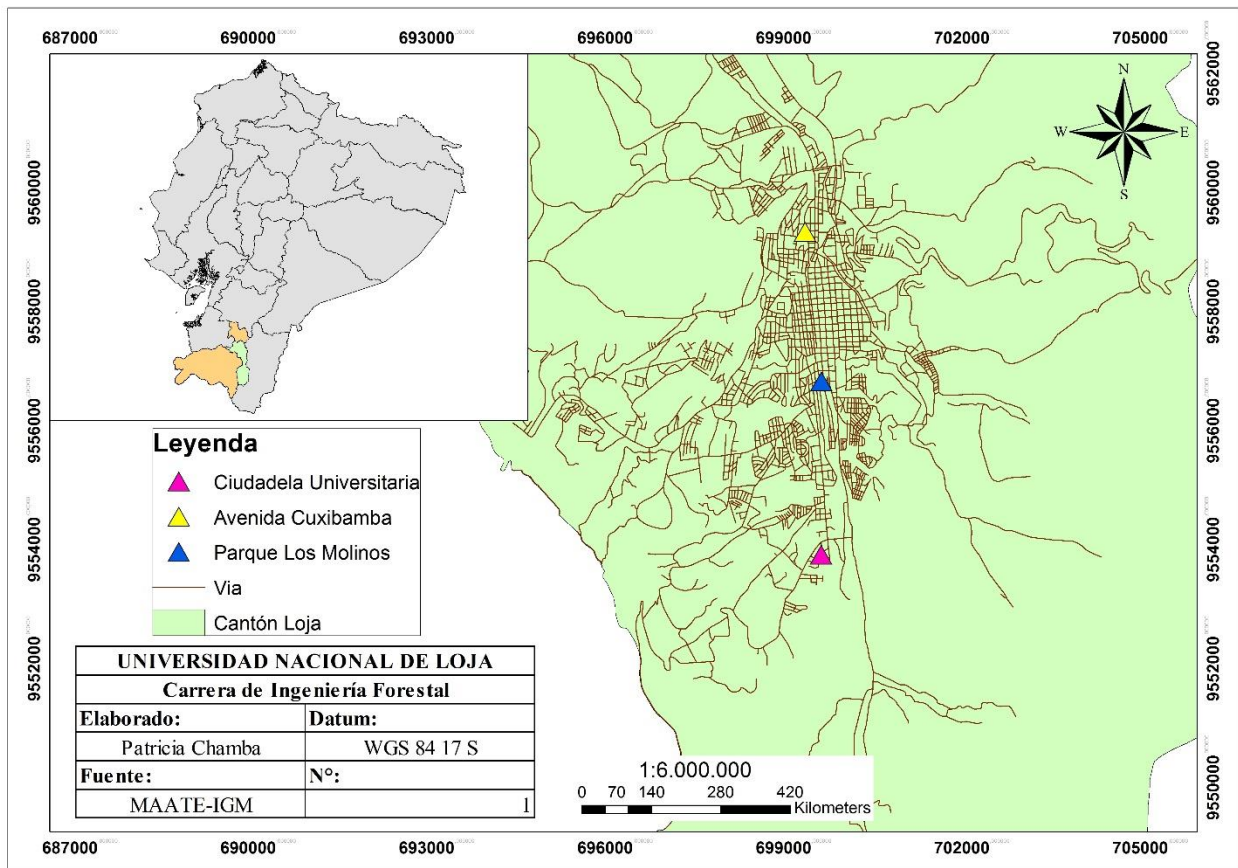
Calcio (Ca): Interviene en los procesos de estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, reacciones con hormonas vegetales y activación enzimática. Aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8,5 (Sánchez, 2007).

5. Metodología

5.1 Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en árboles de *Chionanthus pubescens* localizados en parques y avenidas de los sectores “Avenida Cuxibamba”, “Parque Los Molinos” y “Ciudadela Universitaria”, ubicados en la ciudad de Loja (Figura 3), situada a 2100 m.s.n.m. y a 4 grados de latitud sur. El clima de la ciudad de Loja es templado ecuatorial, sub húmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16 °C y una lluvia anual de 900 ml (Reales et al., 2010). La época de mayor estiaje es en octubre, noviembre y diciembre.

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



5.2 Selección de individuos de *Chionanthus pubescens* Kunth

Para el presente estudio se seleccionó este árbol por ser una especie abundante en parques y avenidas, además porque es considerada importante por su calidad de madera y por el uso que le

dan como de ornamentación, debido a las funciones ecológicas que brinda en los parques, avenidas y jardines de los habitantes de la ciudad de Loja.

Se seleccionó un total de cinco individuos de *Chionanthus pubescens* de parques y avenidas de la ciudad 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 5). En cada uno de los individuos seleccionados se estimó variables dasométricas: altura, Diámetro a Altura del Pecho (DAP), forma, condiciones ambientales donde se desarrollaron estos individuos.

5.3 Determinación de las propiedades físico químicas de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

5.3.1 Determinación de las propiedades físicas

Para la determinación de las propiedades físicas se realizó cortes en las cinco muestras de madera, para lo que se obtuvo probetas en forma cilíndrica de 10 cm de largo en estado seco, las mismas que posteriormente fueron sumergidas en un recipiente con agua y alcohol por 24 horas aproximadamente. Después de haber transcurrido el tiempo se procedió a tomar los pesos en gramos (gr), para esto se utilizó una balanza de precisión con 3 dígitos del Laboratorio de “Fisiología Vegetal” de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

- a. Humedad de la madera:** De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1160:2012, se calculó el contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{Pv - Psh}{Psh} * 100$$

En donde:

CH%: Contenido de Humedad en Porcentaje

Pv: Peso en verde

Psh: Peso seco o Anhidro

Para la determinación de las densidades con un calibrador se realizó mediciones de todos los lados de las probetas (alto-largo-ancho), luego fueron llevadas a una estufa a 100°C por varios días, de esta manera se fue controlando y revisando el peso diario (mañana-tarde), con la ayuda de

un registro para la toma de datos, esto se hizo hasta que el peso permaneciera estable, es decir que no haya variación en los resultados.

b. Densidad de la madera: De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1162:2013, 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. La fórmula utilizada fue:

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

En donde:

D= densidad aparente

M= masa (en gramos)

V= volumen (en centímetros cúbicos)

A partir de la densidad general se obtuvo los siguientes tipos:

$$\text{Densidad Verde (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso verde}}{\text{Volumen verde}}$$

$$\text{Densidad Anhidra (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso anhidro}}{\text{Volumen anhidro}}$$

$$\text{Densidad en Equilibrio (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso en equilibrio}}{\text{Volumen en equilibrio}}$$

$$\text{Densidad Básica (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso anhidro}}{\text{Volumen verde}}$$

El volumen en verde se determinó sumergiendo las probetas en un vaso de precipitación con cierta cantidad de agua. Una vez sumergida la probeta se calculó el volumen.

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

c. Contracción de la madera: Con los resultados obtenidos de los otros parámetros se insertó los datos tomados en laboratorio para el cálculo en la que se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Contracción volumétrica} = \frac{\text{volumen verde} - \text{volumen seca}}{\text{volumen verde}} * 100$$

5.4 Composición química de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

5.4.1 Toma de muestras

A partir de los cinco árboles seleccionados se extrajo una rama principal de cada uno de ellos, cada muestra se etiquetó con su respectivo número de árbol, altura, DAP, coordenadas geográficas y lugar de procedencia (Tabla 1).

Tabla 1. Datos dasométricos, coordenadas y lugar de los árboles muestreados

N° Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Coordenadas UTM		Sitio
			X	Y	
1	12,13	7	699464,3	9553753,0	Ciudadela Universitaria
2	20,69	9	699167,7	9559389,2	Avenida Cuxibamba
3	13,53	6	300519,2	9556603,8	Parque Los Molinos
4	13,37	5	699194,3	9559204,8	Avenida Cuxibamba
5	10,82	5	300796,0	440684,30	Avenida Cuxibamba

La preparación de las muestras y la caracterización química de la madera se efectuó siguiendo las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1998). Para la obtención de las muestras en polvo se llevó al Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria, en donde se utilizó una lijadora de banda con lija N° 60 para procesar la rodaja de madera en aserrín de cada individuo. A continuación, 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, dando un total de 15 (Anexo 7).

5.4.2 Obtención de extractivos

Para la obtención de los extractivos se pesó aproximadamente 4 g de muestra (aserrín), y se la colocó en un dedal de celulosa, introduciéndola en el extractor Soxhlet. Se conectó con el refrigerante a reflujo y con el balón, el cual previamente fue pesado y llenado con 150 ml 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. Para el porcentaje de extractivos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Extractivo: } \frac{\text{masa seca del balón con extracto} - \text{masa seca del balón vacío}}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

5.4.3 Obtención del contenido de humedad

Para la obtención del contenido de humedad se secó las cápsulas vacías en una estufa a 105 °C durante una hora, una vez enfriada, se las pesó y se la registró como W1 (cápsula vacía). Se procedió a pesar aproximadamente (5-8 g) de la muestra, misma que fue registrada como W (peso de la muestra); se colocó la cápsula con la muestra en la estufa a 105 °C durante dos horas y se la volvió a pesar. Finalmente, se calculó el porcentaje de humedad contenido en la muestra, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad: } \frac{(W3 - W2)}{W} * 100$$

Donde:

$$W3 = W1 + W$$

W = peso de la muestra

W1 = cápsula vacía

W2 = peso de la cápsula + muestra seca

5.4.4 Obtención de lignina

Para la obtención de lignina se pesó 0,1 g de muestra libre de extractivos, y enseguida se adicionó 1,5 ml de ácido sulfúrico concentrado al 72% y se dejó reposar por 15 min. Después se adicionó 60 ml de agua destilada, se dejó a hervir a reflujo por 30 min y luego reposar y enfriar. Posteriormente se filtró en papel filtro previamente pesado lavando con agua caliente, los residuos obtenidos se los dejó secar en una estufa a 100°C. Para finalizar se pesó el papel filtro con el residuo obtenido. Para obtener el porcentaje de lignina, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lignina: } \frac{(\text{Peso seco del papel filtro} + \text{residuo}) - (\text{Peso del papel filtro vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

Donde:

A: Peso de lignina

W: Peso seco de la muestra

5.4.5 Obtención de la holocelulosa

Para la obtención de la holocelulosa se pesó aproximadamente 1 g de muestra de madera finamente molida seca y libre de extractivos, después se colocó la muestra en el matraz de 250 ml y se le añadió 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5 % y 10 gotas de ácido acético concentrado, después se tapó y llevó a baño María a 70° C durante 40 min. Después se añadió 5 gotas de ácido acético concentrado y aproximadamente 1 g de clorito de sodio y se agitó por 40 minutos adicionales, se dejó enfriar para posteriormente filtrarlo. Se lavó el residuo almacenado en el matraz con agua destilada fría. Por último, se llevó la holocelulosa obtenida a la estufa a 80° C, se dejó enfriar y luego se pesó.

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{(\text{Masa seca del papel filtro} + \text{residuo}) - (\text{masa seca filtro vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

5.4.6 Obtención de ceniza

Para 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 5 horas aproximadamente. Para el cálculo del porcentaje de ceniza, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(\text{masa de cenizas obtenidas}) - (\text{masa de crisol vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

5.4.7 Obtención de sílice

Para la obtención del contenido de sílice al crisol de porcelana con las cenizas se le agregó 10 mL de CHI 4N tratando de mojar todas las partículas adheridas a las paredes, se dejó hervir por dos minutos. Luego se llevó a sequedad en baño María, dejándolo enfriar. Posterior a esto se agregó 10 mL de CHI 1N dejando la cápsula durante 10 minutos en baño María. Seguidamente se filtró en vacío a través del papel filtro compacto sin cenizas lavando con CHI 1%. Por último, se desecó el filtro en la estufa y se lo calcinó a 450° C – 500° C, dejar enfriar y pesar el residuo insoluble. Se calculó el porcentaje de sílice mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sílice} = \frac{(\text{masa de cenizas obtenidas}) - (\text{masa de crisol vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

5.5 Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth con las propiedades químicas del suelo

5.5.1 Análisis de las propiedades químicas del suelo

5.5.2 Toma de muestras

Las muestras de suelo fueron recolectadas en el área de cada individuo en un radio de dos metros, para lo cual se cavó un hoyo de 20 a 30 cm de profundidad. A cada muestra de suelo se la identificó con su respectiva etiqueta¹ (Anexo 7).

5.5.3 Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio

Para la obtención de las propiedades químicas del suelo las muestras recolectadas fueron transportadas en fundas plásticas hacia el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su respectivo análisis, en la que se procedió a realizar lo siguiente:

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

pH/Potenciómetro

Fósforo disponible/UV visible

Nitrógeno disponible/UV visible

Potasio disponible/UV visible

5.5.4 Obtención de materia orgánica

- Para la obtención de la materia orgánica se utilizó el Método de la Pérdida de Peso por Ignición (LOI) que se basa en la ignición de una porción del suelo seco y molido en un horno de mufla a 400°C. A esta temperatura se produce la pérdida de la materia orgánica del suelo en forma gaseosa, principalmente como CO₂ y vapor de agua.
- En primer lugar, se secó 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, se sacó los crisoles y se dejaron en un desecador hasta que alcance una temperatura ambiente.
- Seguidamente, se pesó los crisoles vacíos (m0) en una balanza de precisión. Se pesó aproximadamente 20 gramos de suelo seco al aire en cada crisol, y se anotó de nuevo los datos

¹ número de árbol, para conocer de qué árbol le pertenece la muestra de suelo; lugar de procedencia y coordenadas geográficas

obtenidos (m_1). Se introdujo 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 dejó los crisoles en un desecador hasta que alcance una temperatura ambiente y se realizó una nueva pesada (m_2) de los crisoles en la balanza de precisión (Andrades, Moliner, y Masaguer, 2015). Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

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

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

5.5.5 Análisis de datos

Los datos de madera obtenidos se registraron en tablas previamente diseñadas, para facilitar el cálculo de valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Esto con el fin de hacer una evaluación de las posibles diferencias significativas tanto en las propiedades físicas como químicas de la madera. Es por ello que, para aquellos 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 utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Para conocer la relación entre las propiedades físico químicas de la madera y las propiedades químicas del suelo, se aplicó una correlación bivariada de Spearman (prueba no paramétrica) con un nivel de significancia = 0,05; un coeficiente cercano a -1 y +1 indican asociaciones negativas o positivas respectivamente, valores cercanos a 0 indican que no existe correlación.

6. Resultados

6.1 Propiedades físicas de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

En la Tabla 2 se muestra los resultados de las propiedades físicas de la madera de *C. pubescens* donde el contenido de humedad promedio de los cinco individuos es 19,99 %, con respecto a las densidades se obtuvo un valor menor de (0,81 g/cm³) lo que corresponde a la densidad básica, en cambio la densidad en verde dio un valor mayor (1,01 g/cm³); por otro lado, se tiene la contracción volumétrica 8,28 %.

Tabla 2. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) y coeficiente de variación (CV) de las propiedades físicas de la madera de cinco árboles de *Chionanthus pubescens* Kunth

N° Árbol	Propiedades físicas de la madera					
	Contenido	Densidad	Densidad	Densidad	Densidad	Contracción
	de humedad	verde	equilibrio	anhidra	básica	volumétrica
	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%
	($\pm DS$)	($\pm DS$)	($\pm DS$)	($\pm DS$)	($\pm DS$)	($\pm DS$)
1	25,76 /	1,15 /	0,94 /	0,94 /	0,85 /	7,32 /
	($\pm 1,74$)	($\pm 0,04$)	($\pm 0,01$)	($\pm 0,01$)	($\pm 0,01$)	($\pm 1,51$)
2	18,22 /	0,94 /	0,87 /	0,85 /	0,77 /	8,85 /
	($\pm 0,29$)	($\pm 0,03$)	($\pm 0,07$)	($\pm 0,08$)	($\pm 0,02$)	($\pm 3,69$)
3	18,60 /	1,01 /	0,90 /	0,88 /	0,82 /	6,77 /
	($\pm 0,39$)	($\pm 0,13$)	($\pm 0,09$)	($\pm 0,11$)	($\pm 0,10$)	($\pm 1,90$)
4	18,89 /	0,91 /	0,84 /	0,79 /	0,74 /	10,58 /
	($\pm 0,82$)	($\pm 0,12$)	($\pm 0,12$)	($\pm 0,14$)	($\pm 0,11$)	($\pm 0,62$)
5	18,47 /	1,04 /	0,92 /	0,96 /	0,85 /	7,90 /
	($\pm 0,73$)	($\pm 0,21$)	($\pm 0,16$)	($\pm 0,19$)	($\pm 0,18$)	($\pm 4,59$)
\bar{X} (%)	19,99	1,01	0,89	0,88	0,81	8,28
$\pm DS$	3,24	0,09	0,04	0,07	0,05	1,50
CV (%)	16,19	9,31	4,45	7,78	6,12	18,07

Al realizar el análisis estadístico de las propiedades físicas de la madera de los cinco individuos de *C. pubescens* se pudo evidenciar que no existen diferencias significativas para ninguno de los parámetros; con la prueba de Tukey se determinó la densidad básica ($p = 0,5929$) y la contracción volumétrica ($p = 0,5398$), en cambio la prueba de Kruskal Wallis se aplicó para el contenido de humedad ($p = 0,1018$), esto porque se hizo la prueba de comparación de medias.

6.2 Propiedades químicas de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

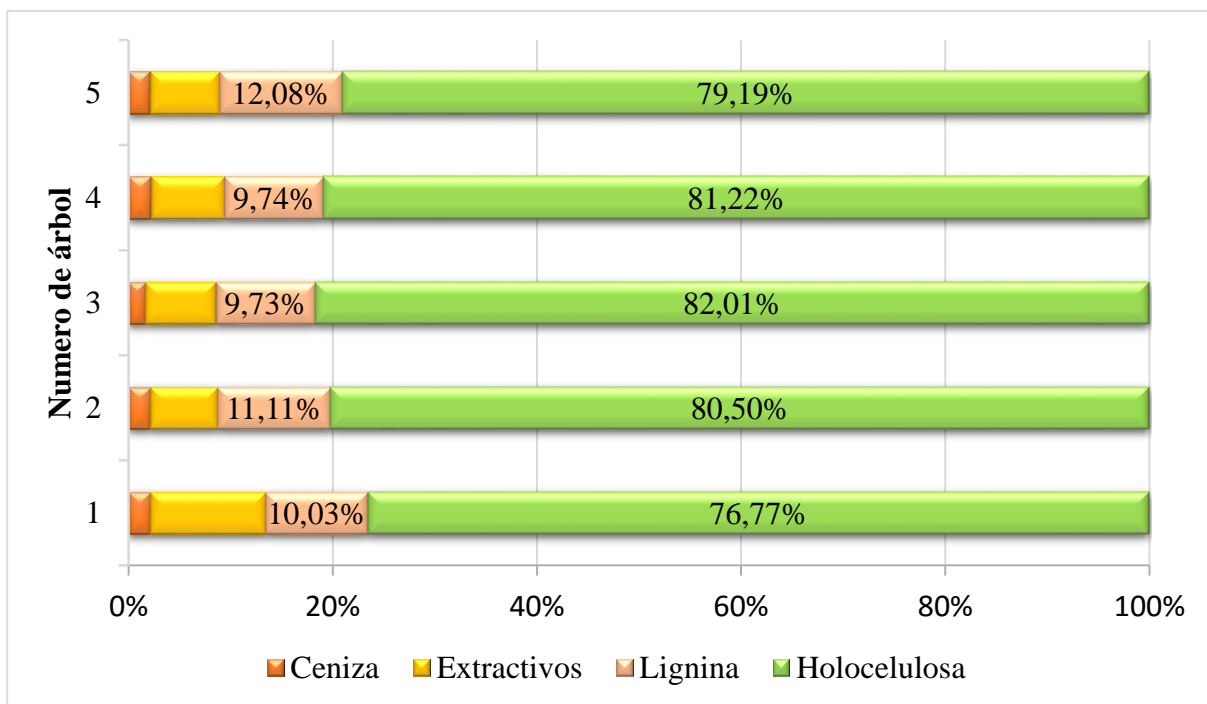
En la Tabla 3 se muestran los resultados del promedio y desviación estándar de los porcentajes de los componentes químicos de la madera de cinco árboles de *C. pubescens* del cantón Loja que, en promedio la madera de esta especie contiene ceniza en un 2,05 %, extractivos un 7,80 %, lignina en un 10,54 % y 79,94 % holocelulosa.

Tabla 3. Valores promedio (\bar{X}) y desviación estándar ($\pm DS$) de los porcentajes de la composición química de la madera de cinco árboles de *Chionanthus pubescens* Kunth

N° Árbol	Componentes químicos de la madera			
	Ceniza % ($\pm DS$)	Extractivos % ($\pm DS$)	Lignina % ($\pm DS$)	Holocelulosa % ($\pm DS$)
1	2,14 / ($\pm 0,15$)	11,34 / ($\pm 4,51$)	10,03 / ($\pm 0,52$)	76,77 / ($\pm 4,94$)
2	2,14 / ($\pm 0,06$)	6,62 / ($\pm 0,55$)	11,11 / ($\pm 0,93$)	80,50 / ($\pm 1,39$)
3	1,68 / ($\pm 0,04$)	6,94 / ($\pm 0,18$)	9,73 / ($\pm 0,12$)	82,01 / ($\pm 0,27$)
4	2,22 / ($0,06$)	7,26 / ($\pm 0,24$)	9,74 / ($\pm 0,59$)	81,22 / ($\pm 0,61$)
5	2,10 / ($\pm 0,05$)	6,83 / ($\pm 0,11$)	12,08 / ($\pm 0,78$)	79,19 / ($\pm 0,75$)
\bar{X} (%)	2,05	7,80	10,54	79,94
$\pm DS$	0,22	1,99	1,03	2,05
Min	1,68	6,62	9,73	76,77
Max	2,22	11,34	12,08	82,01

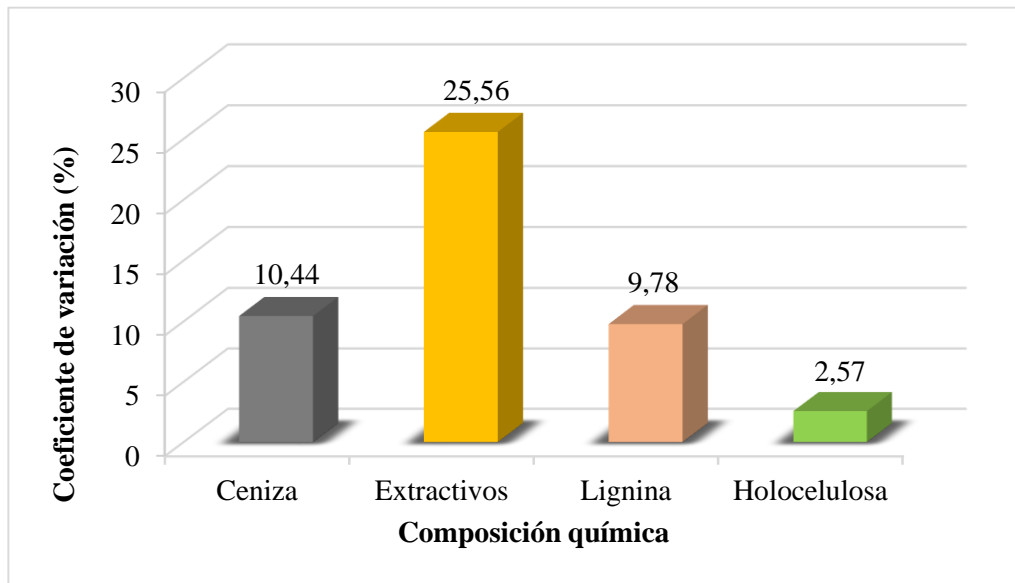
En la Figura 4, se observa que el contenido de extractivos presentes en la madera de los cinco individuos analizados, se encuentran entre 6,62 % y 11,34 %, correspondientes a los árboles 2 y 1 respectivamente. Mientras que la proporción de ceniza no supera el 2,22 %, valor correspondiente al árbol número 4. Además, se pudo observar que el componente con mayor proporción en los cinco individuos fue la holocelulosa, con porcentajes mayores a 76,77 %, siendo el árbol 3 el que posee mayor contenido con 82,01 %; mientras que, en relación al contenido de lignina el árbol 5 presenta mayor porcentaje con 12,08 %.

Figura 4. Porcentaje de los componentes químicos de la madera, presente en cinco individuos de *Chionanthus pubescens*.



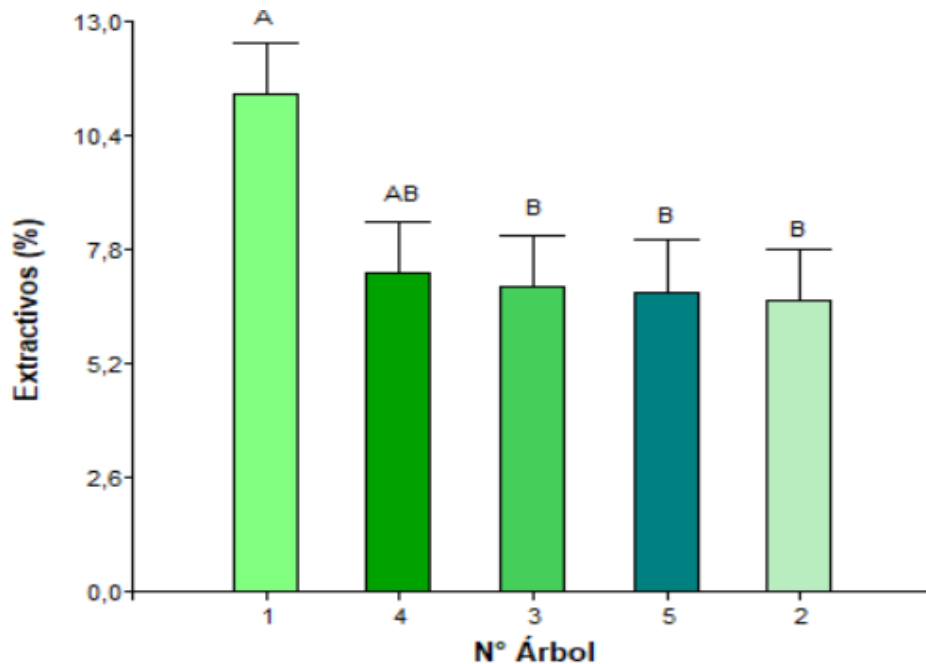
En la Figura 5, se muestra el grado de variabilidad que presentó la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens*. El contenido de extractivos fue el componente más variable con un CV de 25,56 %, seguido del contenido de ceniza con 10,44 %; mientras que la lignina y la holocelulosa son los componentes que mostraron menor variabilidad entre los individuos analizados con un coeficiente de variación de 9,78 % y 2,57 % respectivamente.

Figura 5. Coeficiente de variación de la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens*.



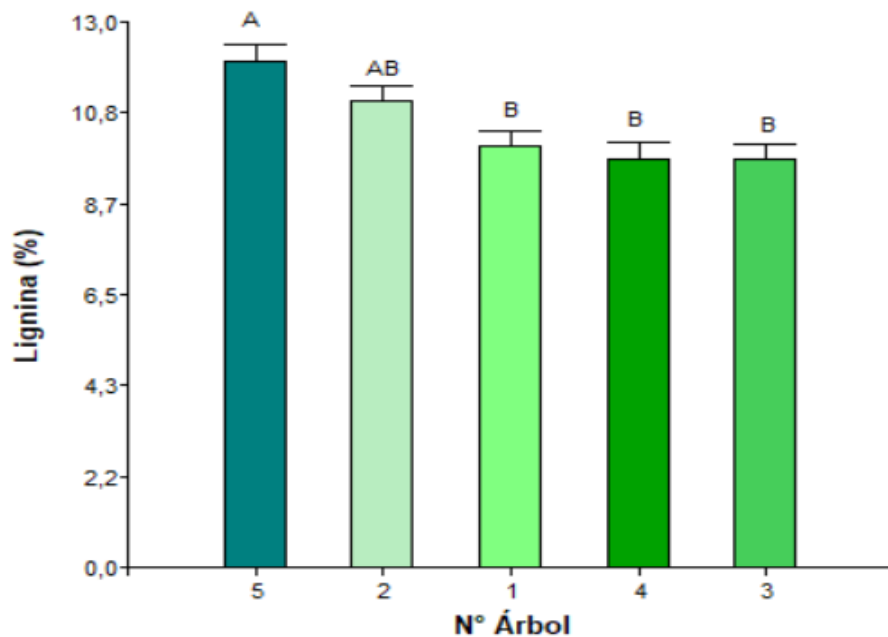
Al realizar el análisis estadístico de la composición química de la madera se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis en la que se pudo evidenciar que existe diferencias significativas ($p = 0,0497$) entre los valores promedio del contenido de extractivos de los cinco árboles de *C. pubescens* (Figura 6), los porcentajes en el que se encuentra este componente con respecto al árbol 2 (6,62 %) y árbol 1 (11,34 %).

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



Con respecto a los porcentajes de contenido de lignina presente en la madera de los árboles de *C. pubescens*, se observa que, estos se encuentran entre 9,73 % y 12,08 %, correspondientes a los árboles tres y cinco respectivamente (Figura 7). Al realizar el análisis estadístico con la prueba paramétrica de Tukey se determinó que existe diferencias significativas ($p = 0,0045$) entre los valores promedio del contenido de lignina.

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



El análisis estadístico (Kruskal-Wallis) realizado a cinco árboles de *C. pubescens* evidenció que no existe diferencias significativas entre los valores promedio del contenido de ceniza, puesto que se obtuvo un valor de ($p = 0,0700$), lo mismo se pudo observar en el contenido de holocelulosa ($p = 0,0540$), es decir estos dos componentes químicos de la madera muestran un p-valor mayor a 0,05.

6.3 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth con las propiedades químicas del suelo

6.3.1 Propiedades químicas del suelo

El análisis de las propiedades químicas del suelo provenientes de los cinco árboles estudiados Tabla (4)., dio como resultado que el suelo en donde creció la especie son suelos prácticamente neutros (7,35); con un nivel alto de fósforo (41,6 ppm), además, muestra un contenido medio de nitrógeno (44,8 ppm), un contenido alto de potasio (0,41 ppm) y un alto valor de materia orgánica (3,58 %).

Tabla 4. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) y coeficiente de variación (CV) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo (pH , fósforo, nitrógeno, potasio y materia orgánica).

Muestra de suelo		Propiedades químicas del suelo								
		pH	P (ppm)		N (ppm)		K (ppm)		MO (%)	
1	7,31	Prácticamente Neutro	25	Alto	49	Medio	0,22	Medio	4,1	Alto
2	7,63	Ligeramente Alcalino	57	Alto	51	Medio	0,45	Alto	5,7	Alto
3	6,59	Prácticamente Neutro	56	Alto	59	Medio	0,42	Alto	3,4	Alto
4	7,56	Ligeramente Alcalino	43	Alto	31	Medio	0,53	Alto	2,6	Alto
5	7,65	Ligeramente Alcalino	27	Alto	34	Medio	0,41	Alto	2,1	Alto
\bar{X} (%)	7,35	Prácticamente Neutro	41,6	Alto	44,8	Medio	0,41	Alto	3,58	Alto
$\pm DS$	0,44		15,29		11,88		0,11		1,41	
CV (%)	6,05		36,76		26,52		28,12		39,37	

Según la prueba de correlación no paramétrica de Spearman entre las propiedades físico químicas de la madera (contenido de humedad, densidad, contracción volumétrica/ceniza, extractivo, lignina, holocelulosa) y las propiedades químicas del suelo muestran como resultado (Tabla 5) que la densidad básica y en verde están relacionadas directamente con el K del suelo;

mientras que los componentes químicos de la madera no se relacionan con ninguno de los parámetros.

La densidad en verde y el potasio (K) del suelo están correlacionados negativamente con un coeficiente de -1,00 y un nivel de significancia igual a 0,046.

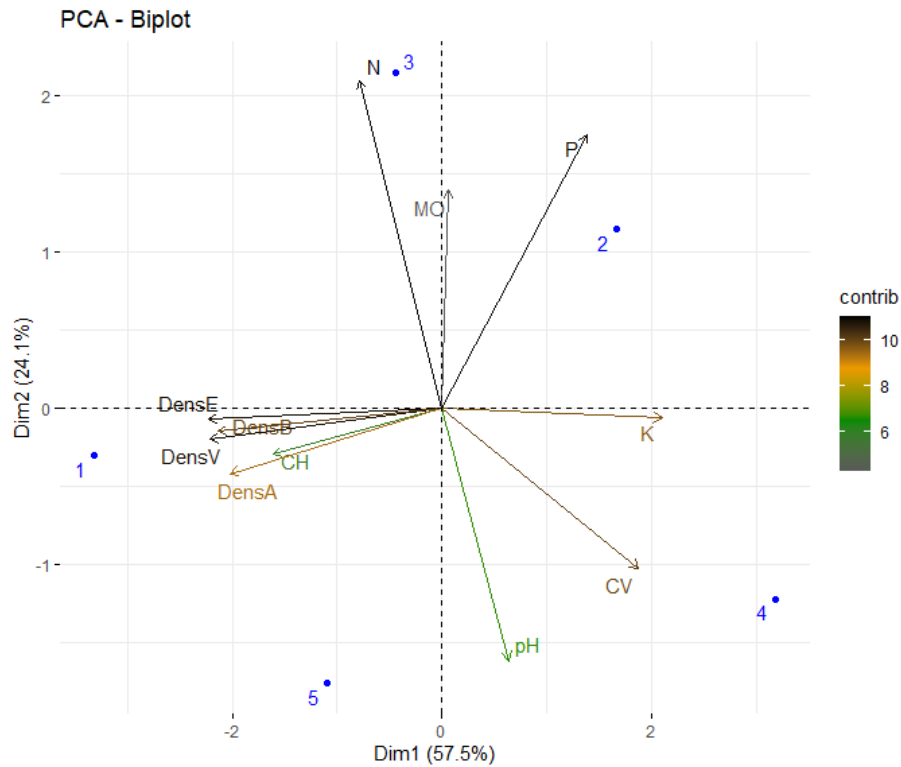
La densidad básica está relacionada negativamente con nivel de potasio (K) presente en el suelo, con un coeficiente de correlación de -0,97 y un valor de significancia de 0,005.

Tabla 5. Relación estadística no paramétrica (Spearman) de las propiedades físico químicas de la madera de *C. pubescens* y químicas del suelo.

		Propiedades físicas y química de la madera						
		D. Verde	D. Básica	Ceniza	Extractivo	Lignina	Holocelulosa	
Coeficiente de correlación	Propiedades químicas del suelo	K	-1,00	-0,97	0,46	-0,30	-0,30	0,70
Significancia			0,046	0,005	0,43	0,55	0,55	0,16

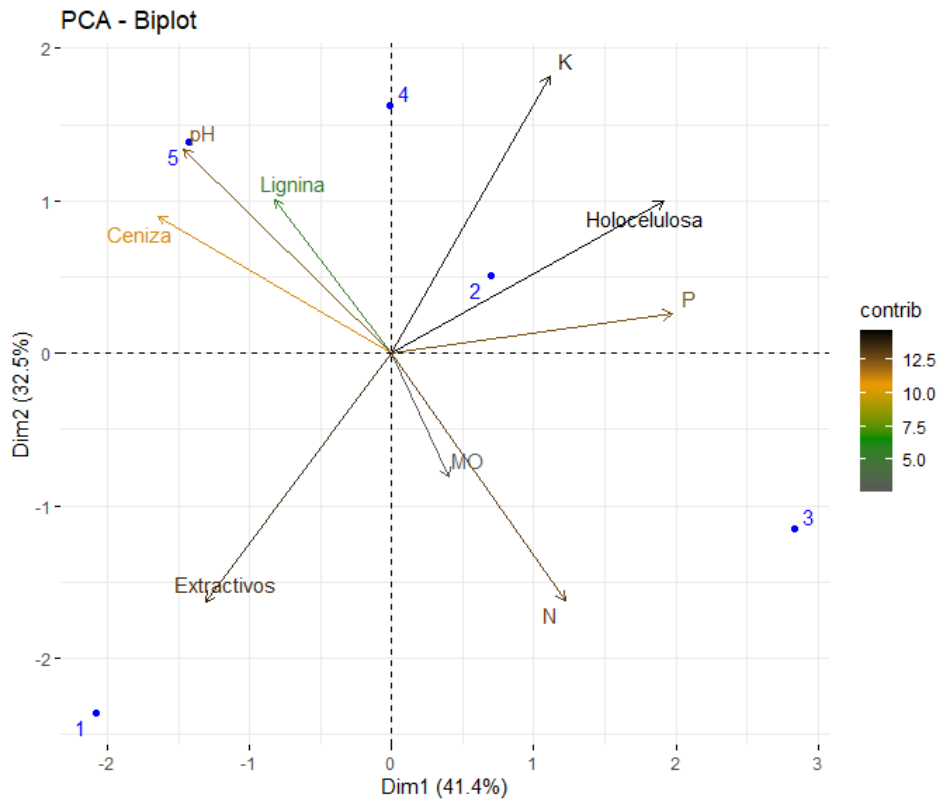
En la Figura 8 se puede observar la relación entre las propiedades físicas de la madera y químicas del suelo, donde el árbol 1 (Ciudadela Universitaria) está caracterizado por el contenido de humedad, densidad en verde, anhidro, equilibrio y básica, mientras que el árbol 2 (Avenida Cuxibamba) está asociada con el fósforo (P); en cambio el árbol 3 (Parque Los Molinos) se relaciona con los siguientes componentes: nitrógeno (N) y materia orgánica. Por otra parte, se tiene al árbol 4 (Avenida Cuxibamba) con potasio, pH, contracción volumétrica y el 5 (Avenida Cuxibamba) que no se relaciona con ninguno.

Figura 8. Biplot de relación entre las propiedades físicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco individuos del cantón Loja.



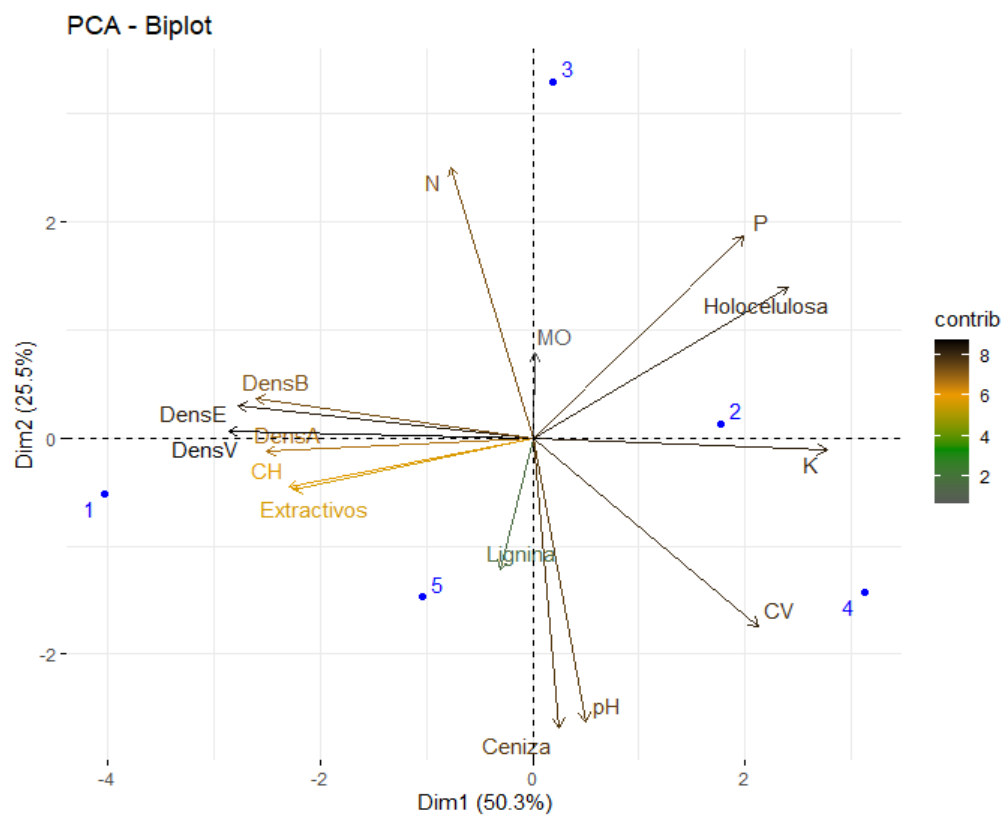
En la Figura 9 se puede visualizar la relación existente entre la composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo, donde el árbol 1 (Ciudadela Universitaria) se ve reflejado que está relacionado con el componente extractivo, el árbol 2 (Avenida Cuxibamba) en cambio con la holocelulosa, potasio y fósforo; mientras que el árbol 3 (Parque Los Molinos) está un poco alejado de los componentes, pero dos son los que tienen similitud (materia orgánica, nitrógeno), con respecto al árbol 4 y 5 (Avenida Cuxibamba) tienen interacción con el pH, ceniza y lignina.

Figura 9. Biplot de relación entre la composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco individuos del cantón Loja.



En la Figura 10 se muestra la relación que existe entre las propiedades físico químicas de la madera y químicas del suelo, en donde el árbol 1 (Ciudadela Universitaria) tiene correlación con las siguientes propiedades: contenido de humedad, densidad en verde, anhidro, equilibrio, básica y extractivos; mientras que los arboles 2, 4 y 5 (Avenida Cuxibamba) forman un conjunto entre sí, es decir que se asocian con la holocelulosa, ceniza, lignina, pH, fósforo, potasio y contracción volumétrica, en cambio el árbol 3 (Parque Los Molinos) tiene un poco de similitud solo con dos de las propiedades químicas del suelo (nitrógeno, materia orgánica).

Figura 10. Biplot de relación entre las propiedades físico químicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras del cantón Loja.



7. Discusión

7.1 Propiedades físicas de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

Los resultados del contenido de humedad 19,99 % de las especies colectadas de *Chionanthus pubescens* pertenecientes a la ciudad de Loja indican que los porcentajes son diferentes a lo señalado por Agila et al., (2018), Arias (2021) en individuos procedentes de la finca Tres Palmas, y por Cartuche (2022) en un estudio realizado al Sur del Ecuador. Estos autores obtuvieron valores mayores a lo presentado en esta investigación, esto puede ser debido a que los árboles de estudio que ellos escogieron eran procedentes de bosques naturales, en cambio en este trabajo los individuos fueron tomados de parques y avenidas de la ciudad de Loja, es decir de un sector urbano donde existe la intervención de las personas y la alteración del ambiente. Además, las maderas más livianas, por ser más porosas, contienen mayor cantidad de agua libre que las maderas pesadas.

Los resultados obtenidos en *Chionanthus pubescens* para la densidad en verde $1,01 \text{ g/cm}^3$ y la densidad en equilibrio $0,89 \text{ g/cm}^3$ son valores diferentes a lo postulado por Guanotuña (2015), pero es cercano a lo citado por Cartuche (2022) ya que los rangos no están muy alejados a lo que presenta esta investigación. Por otro lado, se puede mencionar que la densidad anhidra no concuerda con lo establecido por MAE y FAO (2015), por Murillo (2018) en un estudio dentro del Bosque Seco Tropical de Manabí, la razón puede ser porque las propiedades de la madera cambian según la especie y por las condiciones climáticas que prevalecen en la región donde los individuos se desarrollaron. En la densidad básica se obtuvo $0,81 \text{ g/cm}^3$ cuyo promedio es diferente a lo propuesto por Farinango (2020) y Cartuche (2022). De acuerdo con 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. Además, las diferencias entre la densidad se deben a características del sitio como el contenido de humedad del suelo, productividad, y densidad del arbolado (Parolin, 2002).

En la contracción volumétrica promedio se obtuvo 8,28 % en comparación a lo establecido por Cartuche (2022) este valor es diferente, ya que existe una gran variación entre los rangos obtenidos; sin embargo, existen investigaciones realizadas por López (2021) y Agila et al., (2018) en especies latifoliadas donde dan a conocer otros datos. Estos cambios que se dan en los

individuos analizados puede ser por el aumento o disminución de la temperatura (humedad), los sitios o condiciones ambientales donde se desarrolló cada especie.

7.2 Propiedades químicas de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth

El análisis de la composición química de la madera en cinco árboles de *Chionanthus pubescens* de los parques y avenidas de la ciudad de Loja, mostró que el contenido de extractivo se encuentra en un rango de 6,62 % (individuo 2 (proveniente de la Avenida Cuxibamba)) a 11,34 % (individuo 1 (proveniente de la Ciudadela Universitaria)), y no presenta diferencias significativas ($p = 0,1690$); pero es cercano a los valores publicados por Aguinsaca et al., (2019). Estos valores no concuerdan con los porcentajes de extractivos obtenidos con la misma solución (éter) en maderas latifoliadas establecido por Paz (2008); pero estos datos son mayores en comparación a lo que propone Valverde (2020). La diferenciación que existe entre los porcentajes de cada componente se debe a que las muestras recolectadas fueron tomadas de distintos lugares, en comparación con otras investigaciones la mayoría de los individuos eran originarios de plantaciones o bosques; esto quiere decir que influye el sitio de procedencia de la planta; es por ello que en esta investigación los valores difieren de un individuo a otro. 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); además es pertinente mencionar que la parte donde se encuentra en mayor concentración los extractivos es en la corteza y la raíz de los árboles.

El contenido de ceniza presenta un valor promedio de 2,05 %, en este componente existe diferencias significativas ($p = 0,0004$) en los cinco árboles estudiados; valor diferente a lo que plantea Aguinsaca et al. (2019), pero concuerdan con el porcentaje establecido por Paz (2008) en un estudio de maderas latifoliadas. Lima (2013) argumenta que la cantidad de cenizas puede variar de acuerdo a la especie y dentro de la misma especie, las condiciones del clima, época del año que fue recolectada la muestra, edad del árbol y condiciones edáficas en la que creció el individuo. Además, se evidenció que el contenido de cenizas es el componente con el menor porcentaje, lo que concuerda con Rowell (2007), quien menciona, que el contenido de ceniza es relativamente bajo en comparación al resto de componentes químicos de la madera.

El promedio de lignina en esta investigación fue de 10,54 % con diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,0068$), este porcentaje se encuentra cercano a lo que establece

Paz (2008), y es similar a lo señalado por Santos (2014). Las diferencias se deben principalmente a la edad de los individuos, ya que la madera de árboles jóvenes presentan menores contenidos de lignina que la madera de árboles maduros Zaki et al., (2012). Por ende Moura et al., (2010) manifiesta que existe una relación entre el incremento de lignina con el estrés causado en la planta por daños mecánicos, estrés hídricos o heladas. Además, es un componente que proporciona una superficie hidrofóbica y es un obstáculo para el ataque de patógenos y muchos organismos degradadores de la madera (Honorato, 2020).

El contenido de holocelulosa presenta valores promedios de 76,77 % (individuo 1 (proveniente de ciudadela Universitaria)) a 82,01 % (individuo 3 (proveniente del parque Los Molinos), pero no existe diferencias significativas ($p = 0,4881$); estos datos están dentro de los rangos establecidos por Herrera (2013), además se relacionan con datos propuestos por Aguinsaca et al., (2019) y Honorato et al., (2015) en donde el porcentaje de holocelulosa va desde 77,73 % a 83,52 %. Fonseca (2006) acota que esta fracción es el total hidrocarbonado (celulosa y hemicelulosa) de la madera libre de extractivos o material extraño y generalmente es mucho más elevado en maderas duras que en maderas blandas.

Es importante destacar que la composición química de la madera puede diferir por el tipo de diseño aplicado en la determinación de cada uno de los componentes (ceniza, lignina, extractivo y holocelulosa), pero es importante mencionar que existen otros factores que intervienen como: localización geográfica, condiciones de crecimiento, clima y lugar de crecimiento en donde se desarrolla cada especie.

7.3 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens* Kunth con las propiedades químicas del suelo

El análisis de las propiedades químicas del suelo donde crecieron los árboles objeto de estudio dieron como resultado que la especie se desarrolló en un suelo prácticamente neutro (7,35), con un alto contenido en fósforo (41,6 ppm), medio en nitrógeno (44,8 ppm), alto en potasio (0,41 ppm) y alto en materia orgánica (3,58 %). En comparación con un estudio realizado por Quiñonez (2020) sobre el desarrollo inicial en plantaciones de especies forestales latifoliadas los valores obtenidos son semejantes a los rangos establecidos por este autor; sin embargo, Saavedra et al., (2020) reportó cantidades diferentes con respecto a las propiedades químicas del suelo pH (7,20) considerado ligeramente ácido dentro de un estudio que determinaron la calidad del suelo donde se desarrollan árboles urbanos. Según Montalvo (2013), los indicadores químicos del suelo

presentan condiciones que afectan la relación: suelo-planta, disponibilidad de agua y nutrientes a la planta, entre otros. Los indicadores que reflejan condiciones de fertilidad son: el pH, la materia orgánica, el nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que resultan importantes en términos de producción de plantas.

Con respecto a los resultados alcanzados existen ciertas diferencias con las investigaciones realizadas por los autores mencionados anteriormente, esto puede ser debido a que las propiedades químicas del suelo pueden modificarse por las actividades antrópicas, las prácticas de manejo que se aplican y la compactación por el uso inadecuado del suelo, provocando cambios en el desarrollo de la planta.

Acosta (2007) menciona que el valor óptimo de pH para el crecimiento de las plantas es entre 6,0 y 7,5; esto implica que el suelo donde se encuentran los cinco individuos analizados están dentro de los rangos; es decir la especie está en condiciones óptimas para su correcto desarrollo.

El nitrógeno en exceso provoca un crecimiento excesivo del follaje, un escaso desarrollo en el sistema radical y un retardo en la formación de flores y frutos. 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 (Rodríguez y Flórez, 2004), es por ello que el color de las hojas se hacen amarillento en toda la planta y el crecimiento es limitado. Rodríguez y Flórez (2004) manifiestan que el fósforo (P) juega un papel importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz, es por ello que la deficiencia de esta propiedad 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; además se encuentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo.

Desde el punto de vista de Coronel (2003) el potasio (K) fortalece la pared, estructuras, componentes celulares y por ende los tejidos hasta de las raíces (desarrollándolas y multiplicándolas), creando resistencia al ataque de enfermedades y plagas; también interviene en el desarrollo normal de lignina y celulosa en la planta. Según Rodríguez y Flórez (2004) consideran 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.

De las propiedades químicas del suelo el potasio (K) es el que tuvo mayor relación con la contracción volumétrica de la madera, esto se da debido a que es un elemento importante en la planta porque influye en el crecimiento de la misma.

La materia orgánica de suelo presente en la especie *C. pubescens* fue alto (3,58 %); esto quiere decir que es bueno, ya que este componente ayuda en la agregación y mejoramiento de otras características del suelo. Al aumentar la materia orgánica disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, retiene la humedad, mejora el flujo del aire, aumenta la CIC y aporta elementos nutritivos, condiciones necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de las raíces, dando una mejor visibilidad a la planta (Salamanca y Sadeghian 2008).

Para determinar la correlación existente entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *C. pubescens* Kunth con las propiedades químicas del suelo, se aplicó la prueba no paramétrica de Spearman la misma que nos indica que el potasio (K) está relacionada negativamente con la densidad en verde ($1,01 \text{ g/cm}^3$) de la madera con una significancia igual a 0,046. En una investigación realizada por Montaña et al., (2019) y Feijoó et al., (2019) alcanzaron como resultado un valor semejante o cercano en la determinación de una de las propiedades físicas (D. verde) en especies latifoliadas, pero con una variación de tres a ocho décimas aproximadamente. No obstante, se muestra un alto nivel de K (0,41 ppm), este dato está demasiado alejado con lo encontrado por Quito (2019), ya que este autor indica una cantidad mayor a lo alcanzado en el presente trabajo. La variación que se da en el contenido de los componentes de la madera se debe a diversas razones, como es el caso que no todas fueron tomadas del mismo sitio, es decir los cinco individuos eran pertenecientes a diferentes parques y avenidas de la Ciudad de Loja y cada una de estas tienen diferente comportamiento ya que algunas están expuestas a mayor contaminación, intervención antrópica, otro tipo de suelo, etc.

La densidad de la madera presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), además se encuentra relacionada negativamente con el potasio (K) con un coeficiente de correlación de -0,97 (Tabla 5), es decir estas dos propiedades se ven influenciadas directamente entre sí, esta información difiere a lo señalado por Nájera et al., (2005) y Mendoza (2015), ya que estos autores mostraron valores menores en comparación con la presente investigación. Se añade que la densidad de la madera se ve influenciada por factores genéticos entre los cuales se encuentra la procedencia y fuente de semillas, además de factores del sitio en los cuales se destacan los componentes edáficos, climáticos y bióticos. También intervienen los tratamientos silviculturales o esquemas de manejo,

como el establecimiento de plantaciones, densidad de plantación, fertilización, raleos y podas (Campos, 2006).

De acuerdo con Moya (2010), el crecimiento del árbol y la densidad de la madera están fuertemente relacionados con las propiedades químicas del suelo, pues estos factores afectan la densidad vía los efectos en el ancho de anillo, al estar asociadas a la división y diferenciación de las células cambiales; por ejemplo, en algunas especies de hoja ancha se puede obtener una madera de baja densidad sobre sitios con propiedades edáficas favorables para el crecimiento del rodal (particularmente diámetro del fuste), con una consecuente baja calidad para usos estructurales (Cutter et al., 2004).

Por otro lado, se hace mención al único elemento del suelo que tuvo relación con las propiedades físicas de la madera (densidad); esto ya sea debido a la compleja relación de la nutrición del K con las funciones metabólicas y el crecimiento, así como su interrelación con otros nutrimentos dentro de la planta y el suelo, permiten al K modificar la resistencia o susceptibilidad a las enfermedades. Además, el K probablemente ejerza un gran efecto sobre la enfermedad, a través de una función metabólica específica que altera la compatibilidad de la relación ambiental parásito-huésped (Velasco, 1999). La deficiencia de este, implica la amarillez de las hojas interiores, que aparecen manchas de tejido muerto en el ápice y bordes en general, acamado del tallo.

8. Conclusiones

- El contenido de humedad y la contracción volumétrica son las propiedades que se encuentran en mayor cantidad en la madera, mientras que la densidad básica es la que en menor cantidad se presenta, sin embargo se llegó a la conclusión que la densidad es considerada importante porque es un indicador que nos muestra la calidad de la madera.
- La holocelulosa y la lignina son los componentes más abundantes y el contenido de ceniza es el componente menos abundante en la madera de *Chionanthus pubescens* de la ciudad de Loja. Además, se puede concluir que la composición química depende de factores fisiológicos, morfológicos, anatómicos, ambientales, edáficos, entre otros que determinan la concentración de los componentes presentes en la madera en mayor o menor porcentaje.
- El pH del suelo donde crecieron los cinco individuos de *Chionanthus pubescens* es prácticamente neutro, con niveles medios en nitrógeno y altos en fósforo, además se llegó a la conclusión que estos elementos influyen muy poco en las propiedades físicas de la madera ya que solo se dieron dos relaciones: Densidad en verde y Potasio – Densidad básica y Potasio; pero no ocurrió lo mismo en la composición química de la madera ya que no hubo compatibilidad con ningún elemento del suelo.

9. Recomendaciones

- Realizar más estudios sobre la composición química de la madera de *C. pubescens* y su relación con las propiedades químicas del suelo; en diferentes parques y avenidas dentro y fuera de la ciudad de Loja, tomando muestras de distintos árboles para determinar la variabilidad que presentan los componentes de la madera, esto con la finalidad de establecer las condiciones óptimas para su crecimiento.
- Investigar nuevas técnicas para aplicar en la determinación de la composición química de la madera, esto con el fin de reducir costos, tiempo y mejorar los resultados que se vayan a realizar en estudios futuros.
- Durante el análisis físico y químico de la madera se debe cumplir con todas las normas de bioseguridad en los laboratorios, con la finalidad de evitar accidentes inesperados en la realización de los mismos.

10. Bibliografía

- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola. *Inventio, La Génesis de La Cultura Universitaria En Morelos*, 0(5), 55–60. Recuperado de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/El suelo vivo.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/El_suelo_vivo.pdf)
- Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., y Pucha-Cofrep, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), julio-diciembre.
- Aguilar, J. (2011). Materiales y materias primas. Madera. *Empaques, Envases y Embalajes: El Producto y Su Recipiente*, 13–14. Recuperado de <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. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 110–118. Recuperado de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/591>
- Aguirre Mendoza, Z. (2018). Donde plantar? Para que plantar? Qué especies plantar? Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Zhofre-Aguirre/publication/323317857_Especies_forestales_para_plantaciones_forestales_y_agroforestales_en_Ecuador/links/5a8d8c8eaca272c56bc3102a/Especies-forestales-para-plantaciones-forestales-y-agroforestales-en-Ecu
- Andrades, M., Moliner, A., y Masaguer, A. (2015). Prácticas de edafología : métodos didácticos para análisis de suelos. *Material Didáctico. Agricultura y Alimentación*, 15(7), 82.
- Arias, K. (2021). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO PALMAS , PARROQUIA RÍO VERDE , CANTÓN SANTO.
- Bhat, K. M., y 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>
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Callo, J. C. (2014). Determinación de las propiedades físicas y características anatómicas de la especie *Aspidosperma subincanum* Mart. & Zucc. (Quillobordon) y *Beilschmiedia towarensis*

- (Meisn.) Sa. Nishida (Palta Moena) provenientes del Distrito Las Piedras - Provincia de Tam, 1–139. Recuperado de <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/98/004-2-3-023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos, E. (2006). Variación de la densidad básica de la madera, en siete familias de Larix decidua Miller., 54. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifc186v/doc/fifc186v.pdf>
- Cartuche, K. (2022). “ Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas ,” 270. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/358046315_Caracterizacion_de_la_madera_de_95_especies_forestales_del_sur_de_Ecuador_con_base_a_sus_propiedades_fisicas_organolepticas_y_anatomicas/links/61ee49dcdafcdb25fd48bb6e/Caracter
- Cedeño, A. (2013). La madera. ¿Una alternativa para proteger el medioambiente? *Revista de Arquitectura*, 15(1), 111–119. <https://doi.org/10.14718/revarq.2013.15.1.12>
- Chye, B., y Han, Z. (2018). Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante en plantas de Chionanthus pubescens, 75383. Recuperado de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8732/1/33T0183.pdf>
- Córdoba, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal, Costa Rica*, 2(5), 1–5.
- Coronel, N. L. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas, 1–2.
- Cruz, J. (2011). Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera. 2011, 68–70. Recuperado de <https://silviacaneloscarrillo.files.wordpress.com/2009/02/manual-aud-gestion-1.pdf>
- Cutter, B. E., Coggeshall, M. V., Phelps, J. E., y Stokke, D. D. (2004). Impacts of forest management activities on selected hardwood wood quality attributes: A review. *Wood and Fiber Science*, 36(1), 84–97. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/212810734.pdf>
- Díaz, J. A. B. O., Naranjo, A. G., Mancera, N. J. V., Tejeda, T. H., de Jesús Ordóñez Díaz, M., y Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de j. rzedowski: Compilación. *Madera Bosques*, 21, 77–126. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210428>

- FAO. (2015). d11490eae0f7f7aa77e7bd43c5c6e19f31d3aebf @ www.fao.org. Recuperado de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2018). *Forests and Sustainable Cities. Unasylva* (Vol. 69). Recuperado de <https://www.fao.org/3/i8838en/i8838en.pdf>
- Farinango, J. (2020). Universidad técnica del norte. Recuperado de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10395/2/03 FOR 307 TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10395/2/03_FOR_307_TESIS.pdf)
- Feijó, C., Francis, E., Milena, C., Fanny, H., Danny, R., Jorge, J., ... Darwin, P. (2019). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de *Cinchona officinalis* (L.) Ruiz y *Cinchona macrocalyx* Pav. ex DC en relictos boscosos al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 94–109.
- Fonseca, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz., 154. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0992_Q.pdf
- González de Canales, C. P. (2002). Beneficios del Arbolado Urbano [Benefits of Urban Trees]. *Universidad de Concepción En Chile*, 3–20. Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios del arbolado urbano.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf)
- Guanotuña, E. (2015). Caracterización de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, Cantón Alausí, provincia de Chimborazo.
- Herrera, A. (2013). Determinación de la densidad en madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de latifoliadas. Recuperado de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/189/FIT ECMA-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/189/FIT_ECMA-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Honorato, A. (2020). Composición química de la madera de cuatro especies del género *Quercus*, (August).
- Honorato, A., Colotl, G., Apolinar, F., y Aburto, J. (2015). *pentandra*, *Hevea brasiliensis* y *Ochroma pyramidale*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/617/61740807010.pdf>
- Ibujés, J. A. Q. (2009). Evaluación de *Chionanthus pubescens* Kn de seis tratamientos pre germinativos y cuatro tipos de sustratos para la propagación de arupo (*Chionanthus pubescens* Kunt.). *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo-Facultad de Recursos Naturales*, 01–147.

- Recuperado de [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/708/1/33T0062 QUISHPE JANNETH.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/708/1/33T0062%20QUISHPE%20JANNETH.pdf)
- Kokutse, A., Baillères, H., Stokes, A., y Kokou, K. (2004). Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f). Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00711940/document>
- Lima, L. (2013). Evaluación de la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/3530/1/1080256594.pdf>
- Lojan, L. (2003). *El verdor de los Andes Ecuatorianos* (2a ed.). Quito-Ecuador. Recuperado de https://openlibrary.org/books/OL3373858M/El_verdor_de_los_Andes_Ecuatorianos
- López, B. (2021). Propiedades físicas y mecánicas de la madera “Quinilla” *Manilkara bidentata* como material de construcción en estado verde. Recuperado de [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1269/BRUCE JERSON LÓPEZ VARAS - TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1269/BRUCE%20JERSON%20LÓPEZ%20VARAS%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MAE, y FAO. (2015). Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de 93 Especies Forestales. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), 1689–1699. Recuperado de <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>
- Mendoza, R. (2015). Anatomía y propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus urograndis* H.B.K. Oxapamba - Pasco, 1–77. Recuperado de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3510/Mendoza Solano.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3510/Mendoza%20Solano.pdf?sequence=1)
- Montalvo, C. (2013). Efectos de la contaminación del suelo en la productividad de cinco sectores agrícolas de la parroquia Tumbaco. *Occupational Medicine*, 53(4), 130. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1351/1/T-UCE-0012-247.pdf>
- Montaño, J., Rosillo, E., Zhiñin, H., y Pucha-Cofrep, D. (2019). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Ilex guayusa* Loes. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 31–45.
- Moura, J. C. M. S., Bonine, C. A. V., de Oliveira Fernandes Viana, J., Dornelas, M. C., y Mazzafera, P. (2010). Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and

- composition in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 52(4), 360–376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00892.x>
- Moya, R., Arce, V., Gonzalez, E., Olivares, C., y Rios, V. (2010). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48818716017>. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/488/48818716017.pdf>
- Muñoz, G. R., Encinas, J. I., y de Paula, J. E. (2019). Wood density of 59 tree species in the order sapindales from natural forests in Brazil. *Madera y Bosques*, 25(2), 1–12. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521817>
- Murillo, V. (2018). Determinación de las propiedades físicas de tres especies forestales del Bosque Seco Tropical de Manabí. *World Development*, 1(1), 1–15. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8739EN/i8739en.pdf> <http://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.01.003> <http://dx.doi.org/10.1016/j.childyouth.2011.10.007> <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23288604.2016.1224023> <http://pdx.sagepub.com/lookup/doi/10.1080/23288604.2016.1224023>
- Nájera Luna, J. A., Vargas, Z., Méndez González, A. J., y Graciano Luna, J. de J. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 1, 559–576. <https://doi.org/10.35197/rx.01.03.2005.07.jn>
- Paguay, I. (2015). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2788/1/33T0109.pdf>
- 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. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf
- Peralta, E. (2017). INIAP -Estación Experimental Santa Catalina. Recuperado de <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Quiñonez, K. (2020). DESARROLLO INICIAL EN PLANTACIONES DE *Ziziphus thyriflora* Benth, *Geoffroea spinosa* Jacq Y *Handroanthus chrysanthus* Jacq. EN JIPIJAPA, MANABÍ, ECUADOR. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 3(1), 73–84. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v3.n1.2019.129>
- Quito, J. (2019). La composición química de la madera de *Schizolobium parahyba* y su relación con las propiedades químicas del suelo, en la Quinta Experimental “ El Padmi ”, provincia

- Zamora Chinchipe ., 9(2), 47–60.
- Reales, Garcilaso, I., Sebasti, S., Moscoso, G., y Cant, E. (2010). Cantón Loja, 1, 6. Recuperado de [http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/savia/PDF/Cantón Loja.pdf](http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/savia/PDF/Cantón%20Loja.pdf)
- Rodríguez, M., y Flórez, V. J. (2004). Factores ambientales que afectan a la nutrición vegetal. *Cyted*, 4(3), 1–15.
- Rowell, R. M. (2007). Composite materials from forest biomass: A review of current practices, science, and technology. *ACS Symposium Series*, 954, 76–92. <https://doi.org/10.1021/bk-2007-0954.ch005>
- Rubio, J. (2012). Propiedades químicas del suelo. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jhonjairorubio/las-propiedades-quimicas-del-suelo>
- Saavedra, L. de L., Alvarado, D., Martínez, T., y Hernández de la Rosa, P. (2020). Propiedades físicas y químicas del suelo urbano del Bosque San Juan Aragón, Ciudad de México. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/573/57364776010/html/>
- Salamanca, A., y Sadeghian, S. (2008). Almácigos De Café Con Distintas Proporciones De Lombrinaza En Suelos Con Diferente Contenido De Materia Orgánica. *Cenicafé*, 59(2), 91–102. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059%2802%2991-102.pdf>
- Saldaña, M., y Vera, K. (2019). *Diagnóstico de plagas y enfermedades presentes en las plantas de la zona urbana de la ciudad de Cuenca*. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18164>
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición mineral en plantas -Conceptos Básicos. *Fertitec S.A.* , 19. Retrieved from [http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION.pdf](http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf)
- Santos. (2014). Evaluación química de subproductos de cedrela odorata L. (cedro rojo) y propuesta de gestión para su aprovechamiento., 97. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2909/1/T2.111.pdf>
- Santos, F. (2017). Celulosa @ www.academia.edu. Recuperado de <https://www.academia.edu/19654550/Celulosa>
- Suirezs, T. M., y Belger, G. (2009). *Descripción de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. *Journal of Human Development* (Vol. 6). Recuperado de <http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/development/the-world->

- economy_9789264022621-
en#.WQjA_1Xyu70%23page3%0Ahttp://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.119
1273%0Ahttps://greatergood.berkeley.edu/images/application_uploads/Diener-Subje
- Suñer, L. (2015). Formas de fósforo edáfico como indicadores del efecto de las prácticas de manejo en la región Pampeana Argentina, 150. Recuperado de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/15593/Suner_LilianaGraciela_TD_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras*. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0188461117300481?token=DFAF8CF6F2F3BB297F616A6180FA404057812F1AD922AD584AB56EC26FFBBF9C06002BA981A288F411E5CF1EF749CF62>
- Toro, L. (2010). Estructura de la madera. Recuperado de <https://www.slideshare.net/luciatoro/estructura-de-la-madera-4425852/5>
- Valverde, J. (2020). Composición química de la madera de Juglans NeotropicaDiels., y su relación con las propiedades químicas del suelo en la parroquia Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Investigación Agraria.*, 2(3), 68–82. <https://doi.org/10.47840/reina202120>
- Velasco, V. (1999). Role of Mineral Nutrition on Plant Disease Tolerance. *Terra*, 17, 193–200. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317303.pdf>
- Zaki, J. A., Muhammed, S., Shafie, A., y Daud, W. R. W. (2012). Chemical properties of juvenile latex timber clone rubberwood trees. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 16(3), 228–234. Recuperado de http://www.ukm.my/mjas/v16_n3/Junaiza.pdf

11. Anexos

Anexo 1. Datos de la composición química de la madera de cinco individuos de *Chionanthus pubescens*

Muestra de árbol		Ceniza %	Extractivo %	Lignina %	Holocelulosa %
Árbol 1	1.1	2,04	10,29	10,30	77,48
	1.2	2,31	7,45	9,43	81,32
	1.3	2,06	16,28	10,37	71,51
Promedio		2,14	11,34	10,03	76,77
±DS		0,15	4,51	0,52	4,94
Árbol 2	2.1	2,21	7,05	12,09	79,18
	2.2	2,12	6,01	10,25	81,96
	2.3	2,09	6,82	11,00	80,38
Promedio		2,14	6,62	11,11	80,50
±DS		0,06	0,55	0,93	1,39
Árbol 3	3.1	1,63	6,82	9,69	82,13
	3.2	1,71	7,15	9,86	81,70
	3.3	1,68	6,87	9,62	82,20
Promedio		1,68	6,94	9,73	82,01
±DS		0,04	0,18	0,12	0,27
Árbol 4	4.1	2,28	7,01	9,62	81,54
	4.2	2,20	7,49	9,21	81,61
	4.3	2,17	7,27	10,38	80,52
Promedio		2,22	7,26	9,74	81,22
±DS		0,06	0,24	0,59	0,61
Árbol 5	5.1	2,10	6,70	11,97	79,42
	5.2	2,14	6,89	12,91	78,35
	5.3	2,05	6,90	11,36	79,79
Promedio		2,10	6,83	12,08	79,19
±DS		0,05	0,11	0,78	0,75

Anexo 2. Datos sobre las propiedades físicas de la madera de cinco individuos de *Chionanthus pubescens*

Muestra de árbol		Contenido de humedad %	Densidad verde g/cm ³	Densidad equilibrio g/cm ³	Densidad anhidra g/cm ³	Densidad básica g/cm ³	Contracción volumétrica %
Árbol 1	1.1	23,78	1,11	0,94	0,95	0,84	8,94
	1.2	27,06	1,18	0,94	0,94	0,86	7,07
	1.3	26,43	1,17	0,93	0,93	0,86	5,96
Promedio		25,76	1,15	0,94	0,94	0,85	7,32
±DS		1,74	0,04	0,01	0,01	0,01	1,51
Árbol 2	2.1	17,93	0,91	0,80	0,77	0,75	5,16
	2.2	18,51	0,97	0,93	0,93	0,79	12,53
	2.3	18,22	0,94	0,87	0,85	0,77	8,85
Promedio		18,22	0,94	0,87	0,85	0,77	8,85
±DS		0,29	0,03	0,07	0,08	0,02	3,69
Árbol 3	3.1	18,99	1,13	0,99	0,99	0,92	4,87
	3.2	18,21	0,88	0,81	0,78	0,72	8,66
	3.3	18,60	1,01	0,90	0,88	0,82	6,77
Promedio		18,60	1,01	0,90	0,88	0,82	6,77
±DS		0,39	0,13	0,09	0,11	0,10	1,90
Árbol 4	4.1	18,07	1,03	0,96	0,93	0,84	11,20
	4.2	19,71	0,79	0,72	0,65	0,63	9,96
	4.3	18,89	0,91	0,84	0,79	0,74	10,58
Promedio		18,89	0,91	0,84	0,79	0,74	10,58
±DS		0,82	0,12	0,12	0,14	0,11	0,62
Árbol 5	5.1	17,74	1,25	1,08	1,14	1,03	3,32
	5.2	19,20	0,83	0,77	0,77	0,67	12,49
	5.3	18,47	1,04	0,92	0,96	0,85	7,90
Promedio		18,47	1,04	0,92	0,96	0,85	7,90
±DS		0,73	0,21	0,16	0,19	0,18	4,59

Anexo 3. Valores de cada sub-muestra de suelo, promedio y nivel de interpretación de las de las propiedades del suelo analizadas.

Muestra de suelo		pH		N (ppm)		P (ppm)		K (ppm)		MO (%)	
1	1.1	7,31		49		25		0,22		4,1	
	1.2	7,31		49		25		0,22		4,1	
	1.3	7,31		49		25		0,22		4,1	
Promedio		7,31	P. Neutro	49	Medio	25	Alto	0,22	Medio	4,1	Alto
2	2.1	7,63		51		57		0,45		5,7	
	2.2	7,63		51		57		0,45		5,7	
	2.3	7,63		51		57		0,45		5,7	
Promedio		7,63	L. Alcalino	51	Medio	57	Alto	0,45	Alto	5,7	Alto
3	3.1	6,59		59		56		0,42		3,4	
	3.2	6,59		59		56		0,42		3,4	
	3.3	6,59		59		56		0,42		3,4	
Promedio		6,59	P. Neutro	59	Medio	56	Alto	0,42	Alto	3,4	Alto
4	4.1	7,56		31		43		0,53		2,6	
	4.2	7,56		31		43		0,53		2,6	
	4.3	7,56		31		43		0,53		2,6	
Promedio		7,56	L. Alcalino	31	Medio	43	Alto	0,53	Alto	2,6	Alto
5	5.1	7,65		34		27		0,41		2,1	
	5.2	7,65		34		27		0,41		2,1	
	5.3	7,65		34		27		0,41		2,1	
Promedio		7,65	L. Alcalino	34	Medio	27	Alto	0,41	Alto	2,1	Alto

Anexo 4. Coeficientes de correlación de Spearman, entre las propiedades físico químicas de la madera y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras de *Chionanthus pubescens* de la ciudad de Loja.

			Propiedades físicas de la madera			Composición química de la madera			Propiedades químicas del suelo		
			Contenido humedad	Densidad verde	Densidad básica	Ceniza	Extractivo	Lignina	pH	N	K
Coeficiente de correlación	Propiedades físicas de la madera	Contenido humedad	1	0,55	0,80	0,31	1,00	-0,50	-0,60	-0,30	-0,30
Significancia		Contenido humedad		0,30	0,15	0,61	0,05	0,32	0,23	0,55	0,55
Coeficiente de correlación		Densidad verde		1	0,97	-0,46	0,30	0,30	-0,10	0,69	-1,00
Significancia		Densidad verde			0,00	0,43	0,55	0,55	0,84	0,20	0,046
Coeficiente de correlación		Densidad básica			1	-0,55	0,15	0,49	0,05	0,15	-0,97
Significancia		Densidad básica				0,33	0,80	0,41	0,93	0,80	0,005
Coeficiente de correlación	Propiedades químicas de la madera	Ceniza				1	0,31	0,05	0,21	-0,67	0,46
Significancia		Ceniza					0,61	0,93	0,74	0,22	0,43
Coeficiente de correlación		Extractivo						1	-0,5	-0,60	-0,30
Significancia		Extractivo							0,32	0,23	0,55
Coeficiente de correlación		Lignina							1	0,90	-0,30
Significancia		Lignina								0,07	0,55
Coeficiente de correlación	Propiedades químicas del suelo	pH							1	-0,50	0,10
Significancia		pH								0,32	0,84
Coeficiente de correlación		N								1	-0,20
Significancia		N									0,69
Coeficiente de correlación		K									1
Significancia		K									

Anexo 5. Individuos de *Chionanthus pubescens* del Parque Los Molinos, Avenida Cuxibamba y Ciudadela Universitaria



5.1 Árbol 1 y 2 de la especie *Chionanthus pubescens*



5.2 Árbol 3 y 4 de la especie *Chionanthus pubescens*



5.3 Árbol 5 de la especie *Chionanthus pubescens*

Anexo 6. Análisis de las propiedades físicas de la madera de cinco muestras de *Chionanthus pubescens* provenientes de la ciudad de Loja



6.1 Preparación de las probetas en agua y alcohol por 24 horas



6.2 Secado y toma de pesos de cada una de las probetas obtenidas



6.3 Ubicación de las probetas dentro de una estufa a 100°C para su respectivo secado

Anexo 7. Fotografías del análisis de la composición química de la madera de *Chionanthus pubescens* y las propiedades químicas del suelo de cinco muestras obtenidas en la ciudad de Loja



7.1. Selección de árboles y obtención de muestras



7.2. Recolección de muestras de suelo



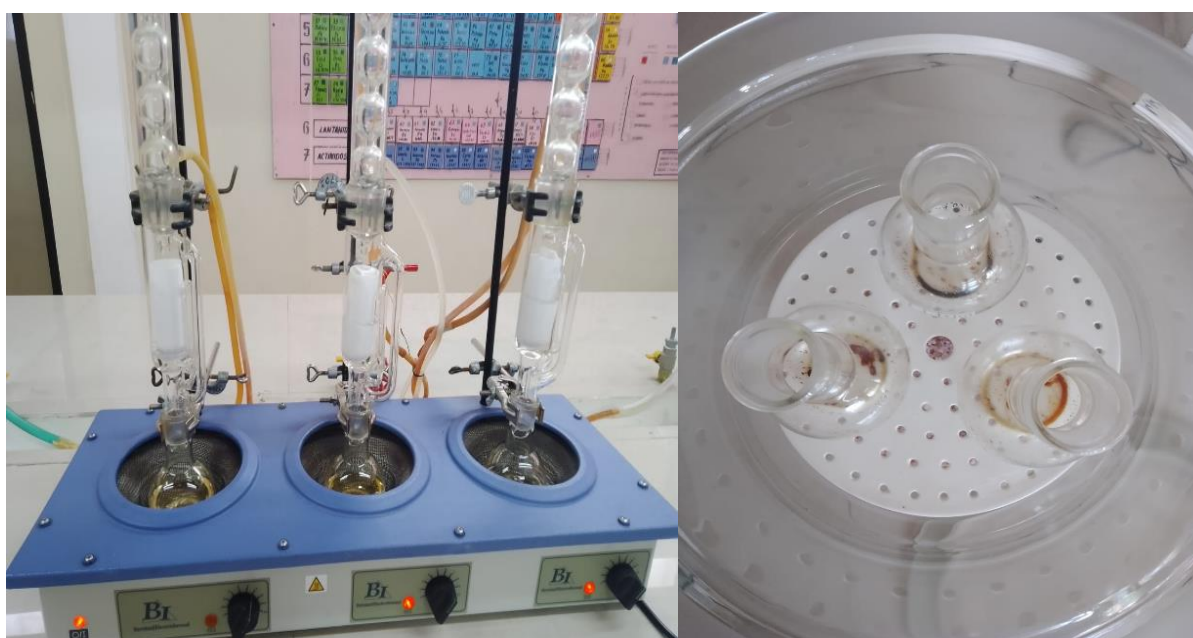
7.3 Obtención de contenido de humedad



7.4 Obtención de ceniza



7.5 Obtención de sílice



7.6 Obtención de extractivos



7.7 Obtención de holocelulosa



7.8 Obtención de lignina

Anexo 8. Certificado de traducción

Loja, 24 de noviembre del 2022

Yo, Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval, con cédula de identidad 1104226913, como traductora certificada por el Ministerio de trabajo del Ecuador con licencia número MDT-3104-CCL-252643, certifico que la traducción del resumen del trabajo de integración curricular titulado **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Chionanthus pubescens*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, es precisa en mis capacidades como traductora certificada.

El trabajo en mención es de autoría de la señorita **Patricia Enith Chamba Shonda**, con cédula de identidad **1950124386**, estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja.

I, Xilena Aldeán Sandoval, certify that I am fluent in the English and Spanish language and that the abstract of the thesis belonging to Patricia Enith Chamba Shonda is an accurate translation of its original Spanish version.



Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval, Mg.
Traductora/Translator

Traductor/Translator: Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval
Número de licencia/Acreditation number: MDT-3104-CCL-252643
Correo electrónico/E-mail: xaldeans@gmail.com
Teléfono/Phone number: +593 989491170