



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 *Salix humboldtiana*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja.

Trabajo de Integración Curricular,
previa a la obtención del título de
Ingeniera forestal.

AUTORA:

Briggette Melania Carpio Vega

DIRECTORA:

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

Loja – Ecuador

2024

Certificación

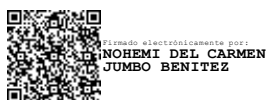
Loja, 24 de marzo de 2023

Ing. Nohemi del Carmen Jumbo Benítez PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Salix humboldtiana* Willd, árbol patrimonial de la ciudad de Loja de autoría de la estudiante **Brigette Melania Carpio Vega**, con cédula de ciudadanía número 1150763546, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Nohemí del Carmen Jumbo Benítez

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Brigette Melania Carpio Vega**, declaro ser 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 de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mí del Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:



Autora: Brigette Melania Carpio Vega

Cédula de Identidad: 1150763546

Fecha: 12 de marzo del 2024

Correo electrónico: brigette.carpio@unl.edu.ec

Celular: 0991872035

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

Yo, **Briggette Melania Carpio Vega**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Salix humboldtiana* Willd, árbol patrimonial de la ciudad de Loja** como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de integración que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de marzo del dos mil veinticuatro

Firma: 

Autor: Briggette Melania Carpio Vega

Cédula: 1150763546

Dirección: Menfis Bajo – Cdla. Los Policías.

Correo electrónico: briggette.carpio@unl.edu.ec

Celular: 091872035

DATOS COPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular

Ing. Nohemi del Carmen Jumbo Benítez Ph.D.

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a mis padres Jorge Carpio y Katy Vega quienes son el pilar fundamental en mi vida, que con su amor incondicional y esfuerzo me han inculcado muchos valores y me han motivado a seguir adelante.

A mis hermanas Anahi y Camila quienes siempre están presentes, que a lo largo de este camino me han brindado mucho amor y risas para seguir adelante.

A mis abuelitos quienes son muy importantes en vida y han estado presentes en todo este trayecto con su apoyo y buenos consejos.

Y finalmente y no menos importante quiero dedicar este trabajo a mis amigas/os, compañeras/os que a lo largo de esta etapa universitaria me han hecho sentir plena y me han dado en ellos una familia más.

Brigette Melania Carpio Vega

Agradecimiento

Gracias a mis padres, hermanas y abuelitos que han estado presentes durante este ciclo académico, brindándome todo su amor y su apoyo para poder seguir adelante con mis estudios.

Muy agradecida con los docentes de la Universidad Nacional de Loja, en especial a los docentes de la carrera de ingeniería forestal quienes me han hecho enamorarme de esta carrera con sus conocimientos, valores y enseñanzas.

Gracias a mi directora la Ing. Nohemí Jumbo Benítez quien durante todo este trabajo me ha brindado su apoyo y sus conocimientos, el cual ha sido mi guía durante todo este proceso de titulación.

Agradecida con mis amigas/os por ser un gran apoyo, en especial a mi mejor amiga Evelyn Ludeña quien ha estado durante todo este proceso. A mis amigos con los cuales compartí una meta: Josué Armijos, Gabriela Coronel, Leo Granda y Viviana Aguirre.

Brigette Melania Carpio Vega

Índice de contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	4
3. Introducción	6
4. Marco teórico	9
4.1 Arbolado urbano	9
4.2 Generalidades de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	9
4.3 Propiedades físicas de la madera	11
4.3.1 Contenido de humedad	11
4.3.2 Densidad	11
4.3.3 Dureza.....	11
4.4 Propiedades químicas de la madera.....	12
4.4.1 Celulosa	12
4.4.2 Hemicelulosas	12
4.4.3 Lignina.....	13
4.4.4 Extractivos.....	13
4.5 Composición química del suelo	14
4.5.1 Potencial hidrogeno.....	14
4.5.2 Materia orgánica	14
4.5.3 NPK.....	15
4.6 Composición física del suelo	16
4.6.1 Textura del suelo	16

4.6.2	Color del suelo	17
4.6.3	Conductividad térmica del suelo.....	17
5.	Metodología	19
5.1	Área de estudio	19
5.2	Edad del árbol de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.....	20
5.3	Metodología para la determinación de las propiedades físico químicas de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	21
5.3.1	Selección de individuos de <i>Salix humboldtiana</i> Willd..... ¡Error! Marcador no definido.	
5.3.2	Metodología utilizada para la determinación de las propiedades físicas.....	21
5.3.3	Determinación de la composición química de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	23
5.4	Metodología para la determinación de las propiedades químicas del suelo	25
5.4.1	Obtención de la muestra de suelo	25
5.4.2	Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio	25
5.4.3	Obtención de materia orgánica.....	25
6.	Resultados	27
6.1	Caracterización de los individuos de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	27
6.2	Propiedades físicas	27
6.2.1	Contenido de humedad	28
6.2.2	Densidad en verde	29
6.2.3	Densidad en equilibrio	29
6.2.4	Densidad anhidra	30
6.2.5	Densidad básica	31
6.2.6	Contracción volumétrica.....	31
6.3	Composición Química	32
6.3.1	Ceniza	33
6.3.2	Extractivos.....	33
6.3.3	Lignina.....	34
6.3.4	Holocelulosa.....	35
6.4	Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd., con las propiedades químicas del suelo.....	35
7.	Discusión	40
7.1.	Propiedades físicas de la madera.	40
7.3	Propiedades químicas del suelo.	45

7.3	Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> , con las propiedades químicas del suelo.....	47
8.	Conclusiones	49
9.	Recomendaciones	50
10.	Bibliografía	51
11.	Anexos	57

Índice de tablas

Tabla 1. Hoja de campo para la recolección de información de árboles de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	21
Tabla 2. Información de los cinco individuos de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.....	27
Tabla 3. Tabla resumen de las propiedades físicas de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd	27
Tabla 4. Composición química de la madera de cinco individuos de la especie de <i>Salix humboldtiana</i> Willd., con tres repeticiones cada individuo.....	32
Tabla 5. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar (\pm DS) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo.	36
Tabla 6. Relación de Spearman entre los componentes químicos del suelo con los componentes químicos de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	38
Tabla 7. Correlación de Spearman entre las propiedades químicas del suelo y las propiedades físicas de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	39

Índice de figuras

Figura 1. <i>Salix humboldtiana</i> Willd.....	10
Figura 2. Triangulo de las clases texturales	17
Figura 3: Mapa de ubicación del área de estudio.....	19
Figura 4. Valores promedios del contenido de humedad en la especie de <i>Salix humboldtiana</i>	28
Figura 5. Valores promedios del contenido de humedad en la especie de <i>Salix humboldtiana</i>	29
Figura 6. Valores promedio de la densidad en equilibrio de cada individuo de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	30
Figura 7. Valores promedio de la densidad anhidra de cada individuo de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	30
Figura 8. Valores promedio de la densidad básica de cada individuo de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	31
Figura 9. Valores promedio de la contracción volumétrica de cada individuo de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	32
Figura 10. Valores promedio del contenido de cenizas obtenidas en cinco individuos de <i>Salix humboldtiana</i>	33
Figura 11. Valores promedios de la obtención de extractivos.....	34
Figura 12. Valores promedios de la obtención de lignina	34
Figura 13. Valores promedios de la obtención de holocelulosa	35
Figura 14. Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> Willd., con las propiedades químicas del suelo	37

Índice de Anexos

Anexo 1. Determinación de las propiedades físicas	57
Anexo 2. Determinación de las propiedades químicas.....	57
Anexo 3. Toma de la muestra de suelo.	58
Anexo 4. Determinación de la edad de los individuos.	58
Anexo 5. Datos de las propiedades físicas de <i>Salix humboldtiana</i>	59
Anexo 6. Datos de las propiedades químicas de <i>Salix humboldtiana</i> Willd.....	60
Anexo 7. Datos de la Correlación Spearman.	60
Anexo 8. Certificado de traducción del resumen.	61

1. Título

Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Salix humboldtiana* Willd, árbol patrimonial de la ciudad de Loja.

2. Resumen

El arbolado urbano es un elemento esencial en el paisaje de una ciudad, ofrece varios beneficios: ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son aprovechados de varias formas por la población. *Salix humboldtiana* Willd., se encuentra presente en el arbolado urbano de la ciudad de Loja y es utilizada principalmente para protección de suelos por su capacidad para ejercer funciones mecánicas para combatir la erosión del suelo por el agua y viento. En esta investigación se analizó las propiedades fisicoquímicas de la madera de *Salix humboldtiana* y su relación con las propiedades químicas del suelo donde se desarrolló cada individuo.

Para determinar las propiedades físicas, una vez extraída la rama de cinco árboles seleccionados de *Salix humboldtiana* se obtuvieron tres probetas por cada individuo de 10 cm x 2,5 cm, se obtuvo el contenido de humedad, densidad verde, densidad equilibrio, densidad anhidra, densidad básica y contracción volumétrica. El análisis químico de la madera se aplicó la metodología de TAPPI; se seleccionaron cinco árboles de *Salix humboldtiana* del arbolado urbano de la ciudad de Loja, a partir de los cuales se obtuvo una rama, y se extrae el aserrín en polvo de cada individuo, y con la misma determinar el porcentaje de extractivos, ceniza, lignina y holocelulosa presentes realizando tres repeticiones de cada individuo. Las propiedades químicas del suelo fueron determinadas por cada árbol, donde se obtuvo una muestra de suelo, las mismas fueron procesadas y se obtuvo el contenido de pH, nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica disponible. En los análisis estadísticos se aplicó pruebas como correlación de Spearman y prueba no paramétrica Kruskal Wallis.

En las propiedades físicas se determinaron que el contenido de humedad tiene un promedio de 42,91% y la contracción volumétrica 12,12%. En la composición química de la madera se analizó ceniza, extractivo, lignina, y holocelulosa teniendo aquí un porcentaje del 100 % al sumar estos cuatro componentes, donde holocelulosa y lignina son los componentes

con mayor porcentaje en la madera de *Salix humboldtiana* Willd. Como resultado de la composición química del suelo donde creció la especie son suelos ligeramente ácidos (6,12); con un nivel alto en fósforo, además, muestra un contenido medio de nitrógeno y un alto valor medio en materia orgánica. Existen dos correlaciones negativas entre las propiedades químicas del suelo y los componentes químicos de la madera, entre valor de pH con el contenido de lignina -0,56 (Sig. = 0,02), y en cuanto al nitrógeno (N) disponible en el suelo y holocelulosa con un coeficiente de -0,71 (Sig. = 0,002), en la correlación entre las propiedades químicas del suelo y las propiedades físicas de la madera, se observó que existe una relación negativa entre nitrógeno y el contenido de humedad -0,62 (Sig. = 0,01).

Palabras clave: Composición química, madera, propiedades físicas, *Salix humboldtiana*, suelo.

Abstract

Urban trees are an essential part of a city's landscape, offering a variety of benefits, including the following: environmental, aesthetic, landscape, recreational, social, and economic, which are used in a variety of capacities by the public. *Salix humboldtiana* Willd. is present in the urban trees of the city of Loja and is mainly used for soil protection due to its ability to exert mechanical functions to combat soil erosion by water and wind. A study of the physicochemical properties of *Salix humboldtiana* wood was conducted in order to determine the correlation between those properties and the chemical characteristics of the soil where the wood was cultivated.

To determine the physical properties, once the branches of five selected *Salix humboldtiana* trees were extracted, three specimens of 10 cm x 2.5 cm were obtained for each individual, and moisture content, green density, equilibrium density, anhydrous density, basic density and volumetric shrinkage were obtained. The chemical analysis of the wood was carried out using the TAPPI methodology; five *Salix humboldtiana* trees were selected from the urban woodland of the city of Loja, from which a branch was obtained, and the sawdust powder was extracted from each individual, and with the same to determine the percentage of extractives, ash, lignin and holocellulose present, making three repetitions of each individual. Each tree's soil properties were determined by collecting a soil sample from the soil, processing the sample and determining the pH, nitrogen, phosphorus, potassium, and available organic matter. The statistical analysis included Spearman correlation tests and Kruskal Wallis nonparametric tests.

Physical properties include an average moisture content of 42.91 percent and a volumetric shrinkage of 12.12 percent. Having examined the chemical composition of the wood, ash, extractive, lignin, and holocellulose were included, resulting in a 100% percentage

when these four components are added together, with holocellulose and lignin being the most abundant components in the *Salix humboldtiana* Willd wood. As a result of the chemical composition of the soil where the species grow are slightly acid soils (6.12); with a high level of phosphorus, it also shows an average nitrogen content and a high average value in organized matter. There are two negative correlations between the chemical properties of the soil and the chemical components of the wood, between pH value and lignin content -0.56 (Sig. = 0.02), and in terms of nitrogen (N) available in the soil and holocellulose with a coefficient of -0.71 (Sig. = 0.002), in the correlation between the chemical properties of the soil and the physical properties of the wood, it was observed that there is a negative relationship between nitrogen and moisture content -0.62 (Sig. = 0.01).

Key words: Chemical composition, wood, physical properties, *Salix humboldtiana*, soil.

3. Introducción

El arbolado urbano es un elemento esencial en el paisaje de una ciudad, ofrece varios beneficios: ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son aprovechados de varias formas por la población, que se constituyen en uno de los indicadores de los aspectos vitales y socioculturales de las ciudades (Tovar, 2007). El arbolado ejerce efectos positivos sobre las condiciones ambientales urbanas: regula las temperaturas extremas, provee sombra y reparo, es refugio de flora y fauna, atenúa y filtra los vientos, reduce la resonancia de los ruidos, infiltra agua y recarga acuíferos, modifica las condiciones de luminosidad y purifica la atmósfera por la captación de partículas de polvo y contaminantes (Ledesma, 2008).

Las ciudades albergan una proporción cada vez mayor de la población mundial, y ante el crecimiento de la mancha urbana, el arbolado urbano desempeña un papel fundamental en el mantenimiento del bienestar social, económico y ecológico. Los parques urbanos constituyen áreas verdes manejadas, principalmente, con fines de convivencia y esparcimiento, a diferencia de los bosques o parques protegidos, constituyen los espacios verdes de mayor accesibilidad para los habitantes de las zonas urbanizadas (Elizondo y Rodríguez, 2007).

Salix humboldtiana Willd., es una especie abundante en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, por lo que es importante estudiar su composición física y química de la madera. Esta especie es utilizada principalmente para protección de suelos debido a su capacidad para ejercer funciones mecánicas para combatir la erosión del suelo por el agua y viento, así como para formar estructuras de protección (Pinilla, 2015).

La madera es un biopolímero tridimensional cuya composición química general está formada por compuestos esenciales o primarios (Lima, 2013). El estudio de la composición

química de la madera nos permite conocer la cantidad de minerales, holocelulosa, extractivos y lignina producidos durante el periodo de vida de cada individuo (Aguinsaca et al., 2019).

Es importante realizar un análisis del suelo ya que las características físicas y químicas del suelo también influyen directamente sobre el crecimiento de los árboles y en la calidad de la madera (Roque, 2010). La madera es un material orgánico con diferentes aplicaciones, cada especie presenta diferentes características, razón por la cual se utiliza para distintos fines, según sus propiedades físicas que presente cada especie. Las propiedades físicas ayudan a determinar el comportamiento de las maderas ante los factores que intervienen en el medio ambiente natural, sin que este actúe química ni mecánicamente en su estructura interna (Suirezs y Berger, 2010).

La presente investigación contribuirá al conocimiento sobre los componentes físicos y químicos de la madera de *Salix humboldtiana* Willd., y la relación que tiene con las propiedades químicas del suelo del arbolado urbano de la ciudad de Loja. Esta investigación aportará información al proyecto “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja”. Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

Objetivo general

Generar información sobre las propiedades físicas de *Salix humboldtiana* Willd y su relación con la composición química de la madera del arbolado urbano de las avenidas principales de la ciudad de Loja.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico químicas de *Salix humboldtiana* Willd., 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 *Salix humboldtiana* Willd., con las propiedades químicas del suelo.

4. Marco teórico

4.1 Arbolado urbano

La vegetación arbórea y arbustiva plantada en la ciudad por la mano del hombre o encontrada en estado natural como sobreviviente del proceso urbanístico reviste de gran importancia principalmente porque es la base de la cadena trófica de la urbe, constituye un nicho fundamental para especies que se han adaptado al espacio urbano y son la mayor biomasa como base para las cadenas tróficas remanentes (Aguirre y Eugenio, 2016).

Además, brinda servicios como la captura el carbono que se genera en grandes cantidades por emisiones fijas y móviles, contribuye al equilibrio climático a nivel local y representa la base para la reducción de los efectos del cambio climático en el mundo. El arbolado urbano, además de los beneficios ecológicos, es también un lugar de trascendentales intercambios sociales y espacio para actividades culturales con significativos aportes a la salud y a la calidad de vida de los habitantes (Aguirre y Eugenio, 2016).

4.2 Generalidades de *Salix humboldtiana* Willd.

Salix humboldtiana Willd., es un árbol de gran porte, puede alcanzar una altura de hasta 20 m y 1 m de diámetro del tronco. Las hojas son angostas, verde claro y de borde finamente aserrado (Figura 1). La corteza es rugosa y agrietada de color gris oscura. Es una especie con sexos separados en individuos femeninos y masculinos y la polinización de las flores femeninas es realizada principalmente por insectos. En el hábitat natural se regenera principalmente a través de semillas dispersadas por el viento o el agua, y comúnmente forma rodales de árboles jóvenes en bancos de arena (Amico y García, 2021). Especie originaria de América del Sur y Central, también se le encuentra en México donde alcanza hasta los 1250 msnm (Pinilla, 2015).



Figura 1. *Salix humboldtiana* Willd.

Tolera temperaturas entre los $-3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la mínima y de $16,5$ a $31,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la máxima. Las temperaturas medias en su distribución son de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un amplio rango de precipitaciones. El género *Salix* está representado por una gran cantidad de especies y tiene facilidad para generar híbridos naturales (Pinilla, 2015).

Los usos del sauce van desde el punto de vista ecológico, medicinal, artesanal y otros servicios. A nivel ecológico los efectos restauradores permiten la conservación del suelo y el control de la erosión, se ha utilizado en áreas sujetas a degradación por erosión eólica o hídrica. Modifican el sustrato y ayudan al establecimiento de otras especies arbóreas. Este enriquecimiento forestal natural permite ser nicho ecológico de aves, roedores e insectos. Desde el punto de vista medicinal los sauces tienen valiosas propiedades medicinales. La corteza y hojas de estos árboles han sido empleadas desde hace siglos por pueblos en varias partes del mundo para aliviar la fiebre y dolencias tales como el reumatismo (Álvarez, 2015).

4.3 Propiedades físicas de la madera

4.3.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera se define como el peso del agua en la madera expresada como una fracción, normalmente un porcentaje, del peso de madera secada al horno.

El peso, encogimiento, fuerza, y otras propiedades dependen del contenido de humedad de la madera. En maderas blandas, el contenido de humedad de la albura es normalmente mayor que el del duramen. En maderas duras, la diferencia en el contenido de humedad entre el duramen y la albura depende de las especies (Campos, 2015).

4.3.2 Densidad

La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen (Martínez, 2005). 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; así mismo 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 (Semarnat, 2011). Otro aspecto asociado con la densidad de la madera es su eficiencia como biocombustible (Díaz y Naranjo, 2015).

4.3.3 Dureza

La dureza de la madera es la resistencia que esta ofrece a la penetración de un cuerpo más duro. Una madera dura indica dificultad de trabajabilidad, y generalmente son más pesadas. La dureza no está exactamente considerada como una propiedad mecánica, debido a los diversos métodos para su determinación y el diferente sentido físico de los valores que se obtienen (Suirez y Berger, 2009).

4.4 Propiedades químicas de la madera

La madera es un biopolímero tridimensional cuya composición química general está formada por compuestos esenciales o primarios: holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) y lignina y compuestos extraños o secundarios: extractos (en agua, en solventes, volatilizados en vapor) y no extraíbles (compuestos inorgánicos, proteínas y sustancias pépticas). La celulosa está formada por celobiosa, es blanca, inodora e insípida y es la materia prima principal para la fabricación de pastas de disolución y paneles para construcción. Las hemicelulosas son carbohidratos no celulósicos de bajo peso molecular que ayudan en los procesos de refinación de fibras debido a que son moléculas más reactivas y se hidratan más fácilmente (Rojas, 2013).

4.4.1 Celulosa

La celulosa es un polímero natural, tiene una estructura semicristalina que puede variar dependiendo del tipo de fuente de la cual es aislada. Tradicionalmente la celulosa es aislada empleando diferentes tipos de procesos físicos, mecánicos y químicos que, dependiendo del tipo de nivel de tamaño o pureza deseada, tiene lugar una remoción sucesiva de los compuestos no celulósicos que la acompañan o la reducción progresiva de tamaño, debido a la estructura jerárquica en la que se encuentra (Gañán, 2017).

4.4.2 Hemicelulosas

Las hemicelulosas son un grupo de heteropolisacáridos constituidos por cadenas cortas y ramificadas de azúcares entre los que destacan pentosas (generalmente D-xilosa y L-arabinosa), hexosas (como D-galactosa, D-glucosa y D-manosa), así como ácidos urónicos (ácidos glucurónicos, 4-O-metilgalacturónico y galacturónico) y desoxihexosas. Los grupos hidroxilo de los azúcares constituyentes pueden estar parcialmente sustituidos por grupos acetilo. La naturaleza ramificada de las hemicelulosas determina su carácter amorfo, y la facilidad con que transcurren las reacciones de hidrólisis de los polímeros para dar lugar a sus azúcares

constituyentes. Las hemicelulosas son más fáciles de solubilizar e hidrolizar que la celulosa (Siota, 2013).

4.4.3 Lignina

La lignina se considera como el material orgánico de origen natural más abundante en el planeta. El contenido en masa de la misma depende del origen de la especie vegetal. En la madera, su contenido varía entre 19 y 35%. La lignina es un polímero tridimensional altamente ramificado con una gran variedad de grupos funcionales que proporcionan centros activos para interacciones químicas y biológicas. La lignina disponible en el mercado procede de una serie de procesos, mayoritariamente de la obtención de papel, lo cual provoca que en su caracterización pueden aparecer grupos funcionales distintos a los nativos. Los principales grupos funcionales en la lignina incluyen los hidroxilos fenólicos, hidroxilos alifáticos, metoxilos, carbonilos, carboxilos y sulfonatos (Mansouri, 2006).

4.4.4 Extractivos

Los extractivos son un grupo de compuestos químicos de la madera que se pueden extraer con solventes polares y no polares. Estos componentes, también llamados materiales extraños, se encuentran en los lúmenes de las células, en los intersticios de la pared celular o en las cavidades intercelulares. Constituyen 4 al 10 % del peso anhidro de madera normal de especies que crecen en climas templados y en más del 20 % en madera de especies tropicales (Rowell, 1984). La presencia de extraíbles no modifica la estructura de la madera y contribuye en un bajo porcentaje a su masa, sin embargo, tiene un gran efecto en sus propiedades y en sus procesos de transformación (Poblete et al. 1991). La generalidad de los autores coincide en señalar que la presencia de mayores cantidades de extraíbles depositados tanto en la pared celular como en los lúmenes, ocasionan un incremento en la densidad de la madera (Ávila y Herrera, 2012).

4.5 Composición química del suelo

Las propiedades químicas del suelo dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debe ser abundante y equilibrado. La materia orgánica siempre contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros elementos. Al despedazar y descomponer las plantas y animales muertos, los microorganismos liberan los nutrientes permitiendo que puedan ser utilizados nuevamente. Las propiedades físicas y químicas del suelo, unidas a los factores climáticos, determinan los vegetales y animales que pueden desarrollarse y la forma en que se debe cultivar la tierra.

4.5.1 Potencial hidrógeno

El pH del suelo aporta una información de suma importancia en diversos ámbitos de la edafología. Uno de los más importantes deriva del hecho de que las plantas tan solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementa, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 7,0 son ácidos, valores superiores a 7,0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7,0 son denominados neutrales. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud en la acidez o alcalinidad (Ibáñez, 2007).

4.5.2 Materia orgánica

La materia orgánica en el suelo también facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas. Tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo,

formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere a las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de la absorción a través de la membrana celular de las raicillas (Julca y Meneses, 2006).

4.5.3 Nitrógeno, fosforo y potasio (NPK)

4.5.3.1 Nitrógeno

El nitrógeno es absorbido por las raíces de las plantas, preferentemente, en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Los factores que influyen en la absorción de este elemento por parte de la planta son: la especie y el tipo de planta, la intensidad lumínica, la presencia de nitrógeno en el medio y la cantidad de nitrógeno almacenado en las vacuolas. En plantas de rosa se ha encontrado que a mayor intensidad lumínica hay mayor absorción de nitrógeno, esto mismo sucede en hortalizas. En fertirriego, el nitrógeno se suministra en mayor proporción en forma NO_3^- y en menor proporción en forma NH_4^+ , ya que permite mantener el pH estable en el sistema. En términos generales, se recomienda mantener una proporción de nitrógeno amoniacal entre 15 y 20 % del nitrógeno total (Rodríguez y Flórez, 2004).

4.5.3.2 Fosforo

El fósforo es absorbido predominantemente como anión monovalente fosfato y en menor cantidad como anión divalente. La presencia de una u otra forma iónica depende del pH. En un pH alcalino la disponibilidad del fósforo está limitada por la formación de fosfatos de calcio, no aprovechables por las plantas. Igualmente, en condiciones de pH bajo, la alta solubilidad del aluminio y del hierro precipitan el fósforo, limitando la disponibilidad de este elemento para las plantas. El fósforo juega un papel importante en el metabolismo energético de la planta, porque hace parte de las moléculas AMP, ADP y ATP. Forma parte de los ácidos

nucleicos ADN y ARN y, además, participa en la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de almidón. El fósforo también forma parte de otros compuestos como el ácido fítico, importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz. La deficiencia de fósforo afecta el desarrollo debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen (Rodríguez y Flórez, 2004).

4.5.3.3 Potasio

La mayor parte del potasio absorbido depende de la difusión del elemento y de otros factores, como contenidos muy altos de calcio y magnesio, los cuales disminuyen la absorción del potasio. Este nutriente mineral es el más abundante en el citoplasma, y su importancia fisiológica radica en el papel que juega en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas. Por otra parte, contribuye a la economía del agua porque regula la apertura estomatal, importante para la absorción de CO₂ y el control de la transpiración. Así mismo, aumenta la velocidad de reacción en más de 50 enzimas y, en algunos casos, aumenta la afinidad por el sustrato. Entre las enzimas sobre las cuales actúa el potasio, se encuentra el piruvato quinasa, enzima esencial en la respiración y en el metabolismo de los carbohidratos (Rodríguez y Flórez, 2004).

4.6 Composición física del suelo

4.6.1 Textura del suelo

La textura de un suelo es una propiedad física permanente, que se refiere a la expresión porcentual de las fracciones granulométricas arena, limo y arcilla. La combinación de estas 3 fracciones nos determina la clase textural. Las clases texturales son agrupamientos donde las propiedades dependientes de la textura presentan un comportamiento homogéneo (propiedades agronómicas homogéneas). Normalmente nos indica al grupo de partículas 6 preponderantes. Las clases texturales dentro del sistema United states department of agricultura (USDA) son 12 y se disponen en un triángulo de textura (Pellegrini, 2019).

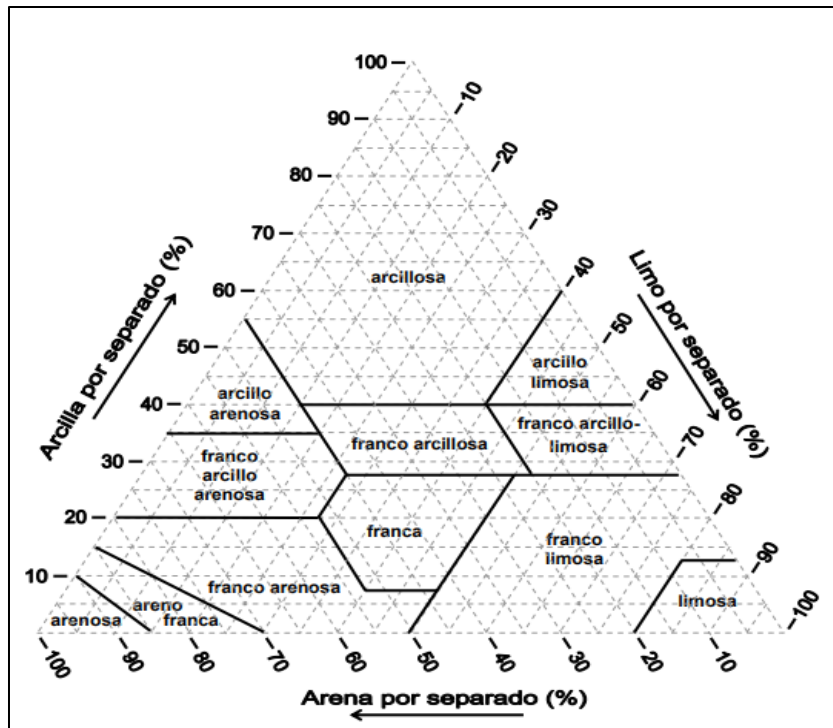


Figura 2. Triángulo de las clases texturales

4.6.2 Color del suelo

El color del suelo es una propiedad que permite identificarlo y evaluarlo y deducir la naturaleza de sus posibles componentes. Es muy importante para su clasificación y, en la actualidad, los sistemas de teledetección para realizar mapas de suelos se basan en la diferente radiación reflejada por la superficie, según sea su color (Pérez, 2021).

Cada horizonte está caracterizado por diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas, fruto de los distintos procesos de formación y manejo, pero lo primero que distingue un horizonte de otro es el color (Pérez, 2021).

4.6.3 Conductividad térmica del suelo

La conductividad térmica es la propiedad de mayor importancia de entre las que caracterizan el comportamiento térmico de un material. Constituye un parámetro fundamental en el diseño de instalaciones de aprovechamiento geotérmico. Aunque en estudios preliminares es posible estimar el valor aproximado de conductividad térmica del terreno a partir de los

diagramas que correlacionan densidad, textura y saturación del terreno, en proyectos de una cierta entidad es indispensable medir con precisión y fiabilidad la conductividad térmica del suelo mediante ensayos in situ o de laboratorio. La conductividad térmica ($W/m \cdot K$) se define como el flujo de calor transmitido por conducción a través de un cuerpo sometido a un gradiente de temperatura de $1K/m$ (Buey, 2014).

5. Metodología

5.1 Área de estudio

El presente estudio fue desarrollado en árboles de *Salix humboldtiana* Willd., localizados en parques y avenidas de la ciudad de Loja, en el Sur de Ecuador. Los sectores específicos que se evaluaron, correspondió a las avenidas Universitaria, Río Marañón, Manuel Agustín Aguirre y en el Parque Jipiro. El clima de la ciudad de Loja es templado ecuatorial, sub húmedo, con una temperatura media de 16 °C y una lluvia anual de 900 ml, y se encuentra a 2100 m.s.n.m. y a 4 grados de latitud sur (Salas et al., 2019).

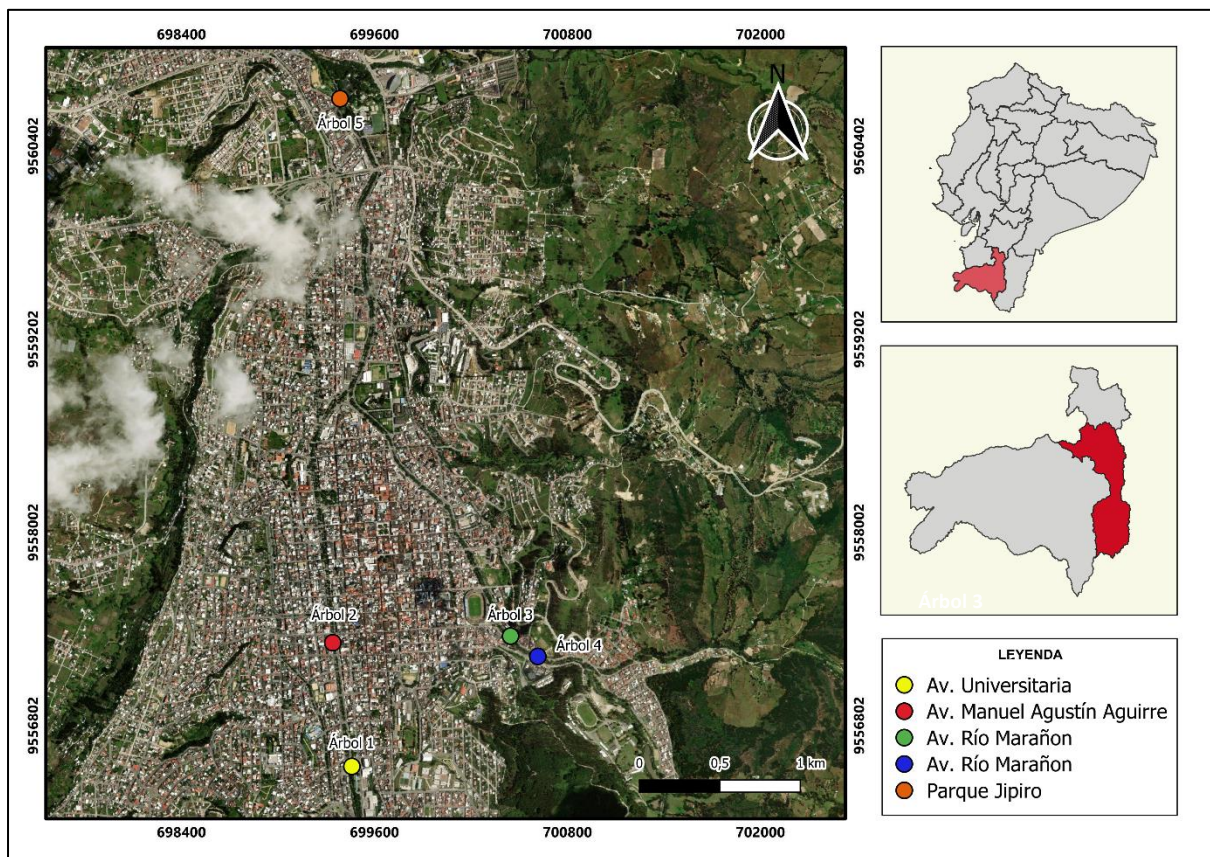


Figura 3: Mapa de ubicación del área de estudio.

5.2 Selección de los individuos de *Salix humboldtiana* Willd.

Para la presente investigación se escogió esta especie por ser abundante en los parques y avenidas de la ciudad de Loja. Se seleccionó cinco individuos en total de *Salix humboldtiana*

considerando los siguientes criterios: estado fitosanitario, aislamiento de otras especies para evitar competencia de nutrientes y características fenotípicas. En cada uno de los individuos se estimó variables dasométricas como: altura, Diámetro a Altura del Pecho (DAP).

5.3 Edad del árbol de *Salix humboldtiana* Willd.

Para determinar la edad de cada uno de los individuos, se procedió a realizar la identificación de árboles de *Salix humboldtiana* Willd., y recolección de núcleos para la identificación de los anillos de crecimiento, en la que se aplicó la siguiente metodología:

En función de los núcleos de madera que se recolectaron con la ayuda del barreno de Pressler, donde se tomó una muestra por cada individuo y los diámetros superiores a 30 cm se tomaron de dos a tres muestras en radios diferentes.

Se localizó un punto donde se introduce el barreno, a una altura 1,30 m del nivel del suelo. Colocar la punta del barreno en la corteza y presionar hacia adentro del árbol, al mismo tiempo se gira en sentido a las agujas del reloj, siendo los movimientos suaves y constantes. Una vez que la varilla entró por completo en el tubo, girar el barreno una vuelta completa en sentido contrario, hasta que quede en posición horizontal. Se extrae cuidadosamente la varilla con la cucharilla, con una mano debajo para sostenerla y evitar que la viruta se rompa o se caiga al suelo. Se toma un soporte e inserto la viruta completa sin romperla, luego se lo asegura con masking-tape y se describe con el código del árbol y la dirección en la que fue tomada la muestra.

Las muestras colectadas fueron montadas en los soportes que se asignó para cada muestra, sujetándolas con cinta adhesiva para el traslado al laboratorio de Dendrocronología de la Universidad Nacional de Loja. Los datos colectados en campo de cada árbol muestreado fueron sistematizados en una hoja de registro (Tabla 1).

Tabla 1. Hoja de campo Hoja de campo para la recolección de información de árboles de *Salix humboldtiana* Willd.

1. Árbol Nro.:	7. Altitud (msnm.):
2. Código árbol:	8. Fecha – Hora
3. Especie:	11. CAP/DAP (cm):
4. Sitio:	12. HT/HC (m):
5. Coordenadas X (long):	6. Coordenadas Y (lat):

5.4 Metodología para la determinación de las propiedades físico químicas de la madera de *Salix humboldtiana* Willd.

5.4.1 Metodología utilizada para la determinación de las propiedades físicas

Las ramas recolectadas se las llevó al centro de la madera de la universidad nacional de Loja y se realizó probetas de 10 cm x 2,5 cm, tres repeticiones de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd; trabajando con un total de 15 probetas

5.4.1.1 Peso

Las muestras se las seco en una estufa a 100°C en el día y 50°C en la noche. Fueron pesadas en gramos (gr), se utilizó la balanza analítica que se encuentra en el Laboratorio de “Suelos” de la facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Para obtener el peso anhidro, se puso las probetas húmedas en la estufa a 100 °C de temperatura durante 24 horas.

5.4.1.2 Densidad de la madera:

De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana (INEN, 2013), la densidad de la madera se determinó por la relación masa-volumen. La masa de la probeta se mide en gramos y el volumen en centímetros cúbicos.

Fórmula:

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

Se obtiene las siguientes densidades mediante las siguientes fórmulas.

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

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

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

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

5.4.1.3 Humedad de la madera:

De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana (INEN, 2013), se calculó el contenido de humedad mediante la relación del peso en verde menos el peso seco o anhidrido dividido para el peso seco o anhidrido:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso en verde} - \text{Peso seco o anhidro}}{\text{Peso seco o anhidro}} \times 100$$

5.4.1.4 Volumen:

El volumen se lo determina mediante la multiplicación de largo por ancho y por altura.

$$V = a \times b \times A$$

5.4.1.5 Contracción volumétrica

Con los resultados obtenidos de los parámetros de volumen, se identificó y tomo el plano tangencial y radial de cada probeta y se midió cada uno de sus lados. Para el cálculo se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Contracción Volumetrica (\%)} = \frac{\text{Volumen en verde} - \text{Volumen en seco}}{\text{Volumen en verde}} \times 100$$

5.4.2 Determinación de la composición química de la madera de *Salix humboldtiana* Willd.

Se seleccionó cinco árboles dominantes, y se tomó una rama principal de cada uno de ellos, cada muestra fue etiquetada con su respectivo número de árbol, lugar de procedencia y coordenadas geográficas. La preparación de las muestras y los análisis de la composición química de la madera se efectuó siguiendo las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1998).

5.4.2.1 Obtención de la muestra en polvo

Para la obtención del aserrín (polvo), se realizó en el Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria, se procedió a sacar la cascara de cada individuo para luego procesar la rodaja de madera en aserrín, se utilizó lija Nro. 60 y una lijadora de banda. Luego las muestras obtenidas fueron llevadas al Laboratorio de Química de la Facultad de Educación, donde se procesó cada muestra.

5.4.2.2 Obtención de extractivos

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

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

5.4.2.3 Obtención ceniza

Para determinar el contenido de cenizas, se pesó el crisol vacío en una balanza analítica, luego se procedió a poner 5 gr de la muestra, estos fueron llevados a una mufla a 500°C, durante 3 horas aproximadamente, se dejó durante 15 min en el refrigerante y luego se pesó el crisol con las cenizas obtenidas. Se calculó el % de cenizas mediante la siguiente fórmula:

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

5.4.2.4 Obtención de lignina

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

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

5.4.2.5 Obtención de la holocelulosa

Se pesó 1g de muestra seca y libre de extractivos, después se colocó la muestra en el matraz de 250 ml y se añadió 150ml de solución de clorito de sodio al 1,5% y 10 gotas de ácido acético concentrado, se lo llevó a baño maría a 70° C durante 40 min. Después se le agregó 5 gotas de ácido acético concentrado y aproximadamente 1g de clorito de sodio y se agitó, para ser llevado a baño maría por 40 min más, se dejó enfriar y filtró en el papel filtro previamente

pesado. El residuo fue lavado con agua destilada. Llevar la holocelulosa obtenida a la estufa a 100°C se enfrió y peso en la balanza analítica. El porcentaje de holocelulosa se calculó con la siguiente formula:

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

5.5 Metodología para la determinación de las propiedades químicas del suelo

5.5.1 Obtención de la muestra de suelo

Para la obtención de las muestras de suelo, fueron tomadas del lugar de procedencia donde se identificó cada individuo, es decir el suelo que esté alrededor de árbol en un radio de 2 m, en el cual se realizó un hoyo de 20 a 30 cm de profundidad, recolectando 1000 g de muestra de suelo por cada individuo. Cada muestra de suelo se identificó con su respectiva etiqueta. Las muestras fueron tamizadas y secadas para ser enviadas a sus respectivos análisis.

5.5.2 Obtención de pH, fósforo, nitrógeno y potasio

En laboratorio y previa preparación de muestras de suelo (secado, tamizado, pesado y etiquetado), se realizó los siguientes análisis con sus respectivas metodologías: pH/Potenciómetro Nitrógeno disponible/UV visible Fósforo disponible/UV visible Potasio disponible/UV visible. Para cumplir con este objetivo las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

5.5.3 Obtención de materia orgánica

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

Se secaron tres crisoles, previamente numerados en su base con lápiz de grafito, en un horno de mufla a 400°C durante dos horas. Transcurrido este período de tiempo, se extrajo los crisoles y se depositaron en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. - Seguidamente, se pesaron los crisoles vacíos (m0) en una balanza de precisión. Se pesaron aproximadamente 20 gramos de suelo seco al aire en cada crisol, y se anotaron de nuevo los datos obtenidos (m1).

Se introdujeron los crisoles con las muestras de suelo en el horno mufla y se programó la siguiente curva de temperaturas para alcanzar los 400°C de forma escalonada: 15 minutos 100°C, 15 minutos 200°C, 15 min 300°C y, por último, 16 horas a 400°C. Finalmente se depositaron los crisoles en un desecador hasta alcanzar temperatura 29 ambiente y se realizó un nuevo pesaje (m2) de los crisoles en la balanza de precisión (Andrades, Moliner, y Masaguer, 2015). Para ello se utilizó la siguiente formula:

$$\% M: \frac{m1 - m2}{m1 - m0} * 100$$

Donde:

m0 = peso en gramos del crisol

m1 = peso en gramos del crisol y la muestra seca a 105°C

m2 = peso en gramos del crisol y la muestra tras su incineración

6. Resultados

6.1 Caracterización de los individuos de *Salix humboldtiana* Willd.

En la tabla 2 se presenta las características generales de los cinco arboles seleccionados de *Salix humboldtiana* Willd., fueron tomados de los principales parques y avenidas de la ciudad de Loja, donde tenemos un individuo de 25 años e individuos de 42 a 53 años.

Tabla 2. Información de los cinco individuos de *Salix humboldtiana* Willd.

Nro. de árbol	Sitio	Latitud	Longitud	DAP (cm)	Altura (m)	Edad (Años)
1	Av. Universitaria	699459,7	9556548,4	38,4	10	53
2	Av. Manuel Agustín Aguirre	699341,2	9557316,5	18,2	8	25
3	Av. Río Marañón	700446,4	9557357,8	28,6	7,5	42
4	Av. Río Marañón	700615,8	9557231,6	25,3	8	49
5	Parque Jipiro	699386,9	9560695,8	55,6	12	45

6.2 Propiedades Físicas

En la tabla 3 se presenta el promedio de las propiedades físicas de la madera de cinco individuos de la especie de *Salix humboldtiana* Willd., donde se describe su contenido de humedad, densidad, y contracción volumétrica.

Tabla 3. Tabla resumen de las propiedades físicas de la madera de *Salix humboldtiana* Willd.

Árbol	Contenido de humedad %	Densidad en verde g/cm ³	Densidad en Equilibrio g/cm ³	Densidad en anhidro g/cm ³	Densidad Básica g/cm ³	Contracción Volumétrica %
1	53,99	0,70	0,38	0,37	0,32	13,41
2	35,37	0,61	0,50	0,49	0,40	18,36

3	53,92	0,81	0,44	0,43	0,37	13,67
4	38,65	0,54	0,36	0,35	0,33	6,43
5	32,63	0,61	0,46	0,45	0,41	8,75
Promedio	42,91	0,65	0,43	0,42	0,37	12,12
Max	53,99	0,81	0,50	0,49	0,41	18,36
Min	32,63	0,54	0,36	0,35	0,32	6,43
Error típico	4,61	0,05	0,02	0,02	0,02	2,08
Desviación estándar	10,30	0,11	0,06	0,05	0,04	4,66

6.2.1 Contenido de humedad

Se encontró diferencias significativas entre las muestras analizadas ($p \leq 0,05$) en el contenido de humedad de acuerdo con el lugar de procedencia y se obtuvo un promedio de 42,91%, donde el individuo uno recolectado en la Av. Universitaria presenta el mayor porcentaje con un 53,99 %, teniendo en cuenta que presenta la mayor edad entre todos los individuos, y el que posee menor porcentaje de contenido de humedad es el individuo cinco que fue recolectado en el parque Jipiro con un 32,63%.

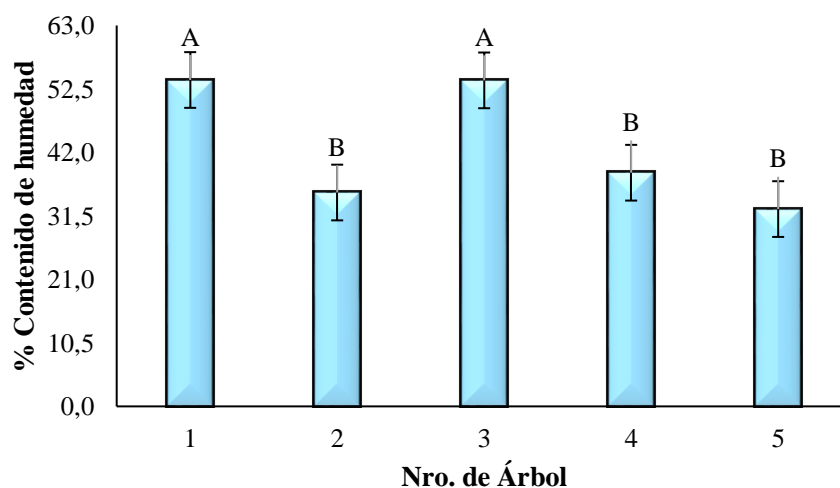


Figura 4. Valores promedios del contenido de humedad en la especie de *Salix humboldtiana* Willd.

6.2.2 Densidad en verde

En lo referente a la densidad en verde se demostró que no existen diferencias significativas en las muestras analizadas, determinando que la edad no influye en este componente, encontrando un promedio de $0,65\text{g/cm}^3$. El individuo tres recolectado en la Av. Rio Maraón obtuvo el mayor valor con un $0,81\text{ g/cm}^3$ mientras que el individuo cuatro obtuvo el valor más bajo con $0,54\text{ g/cm}^3$.

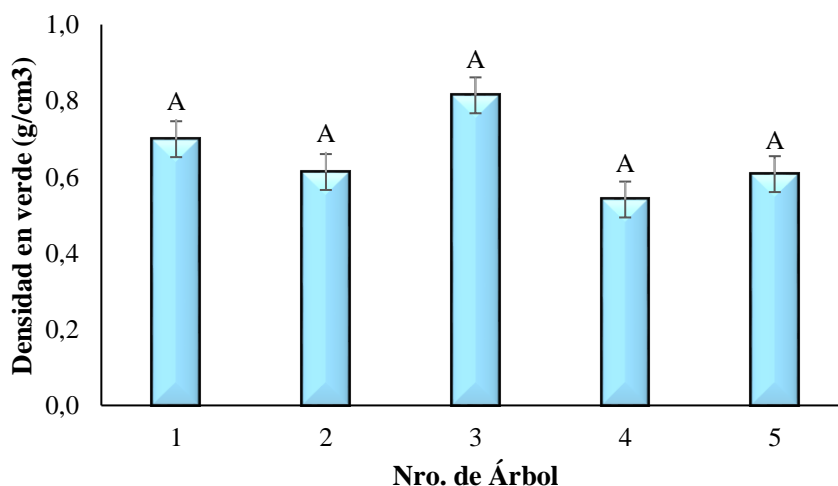


Figura 5. Valores promedios del contenido de humedad en la especie de Salix humboldtiana Willd.

6.2.3 Densidad en equilibrio

En la figura 6 se presentan los valores promedios de la densidad en equilibrio de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd., donde si existe diferencias significativas en el individuo uno y el individuo cuatro que son los que presentan mayor edad, a diferencia de las otras muestras analizadas. El individuo dos recolectado en la Av. Manuel Agustín Aguirre obtuvo el valor más alto con el $0,50\text{ g/cm}^3$ siendo el individuo más joven, el valor más bajo es el individuo cuatro recolectada en la Av. Rio Maraón obtuvo $0,36\text{ g/cm}^3$.

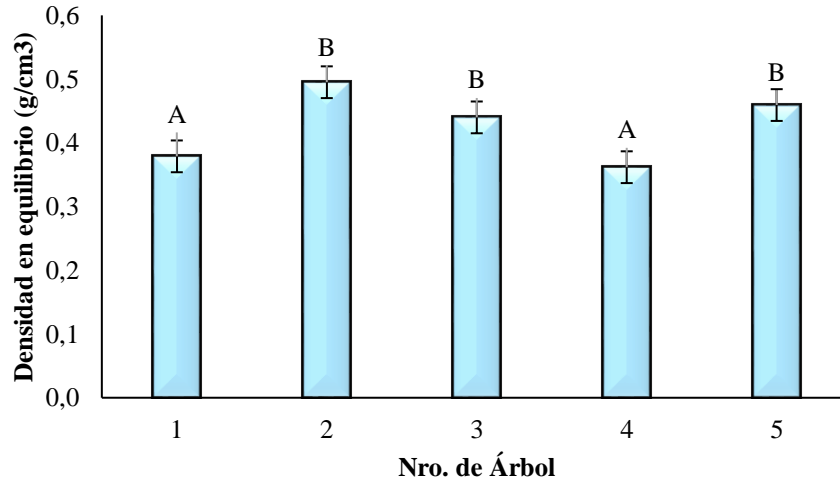


Figura 6. Valores promedio de la densidad en equilibrio de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd.

6.2.4 Densidad anhidra

En la figura 7 se presentan los valores promedios de la densidad anhidra de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo dos obtuvo el valor más alto con el 0,49 g/cm, mientras que el individuo con el valor más bajo es el cuatro con 0,35g/cm. Por lo tanto, de acuerdo al análisis realizado no existe una diferencia significativa.

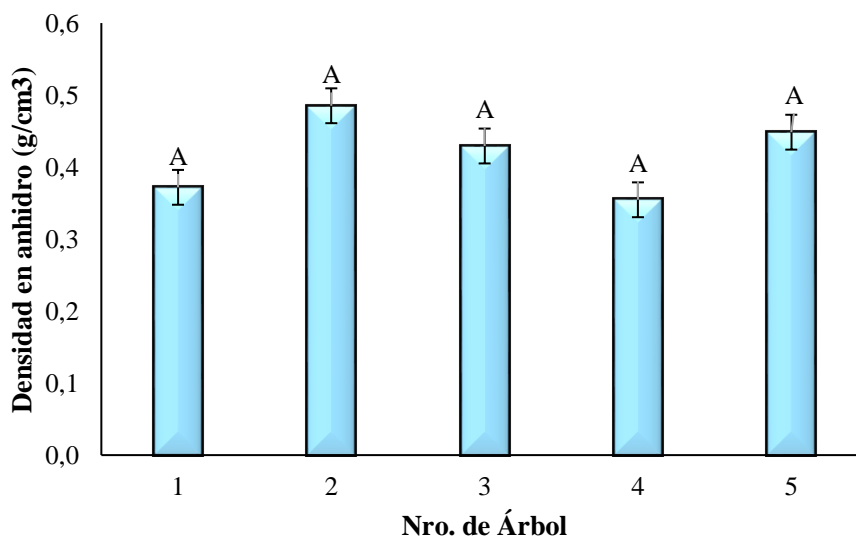


Figura 7. Valores promedio de la densidad anhidra de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd.

6.2.5 Densidad básica

En la figura 8 se presentan los valores promedios de la densidad básica de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo cinco obtuvo el valor más alto con el 0,41 g/cm³, por el contrario, el individuo uno con el valor más bajo con 0,32g/cm. De acuerdo al análisis realizado no existe una diferencia significativa.

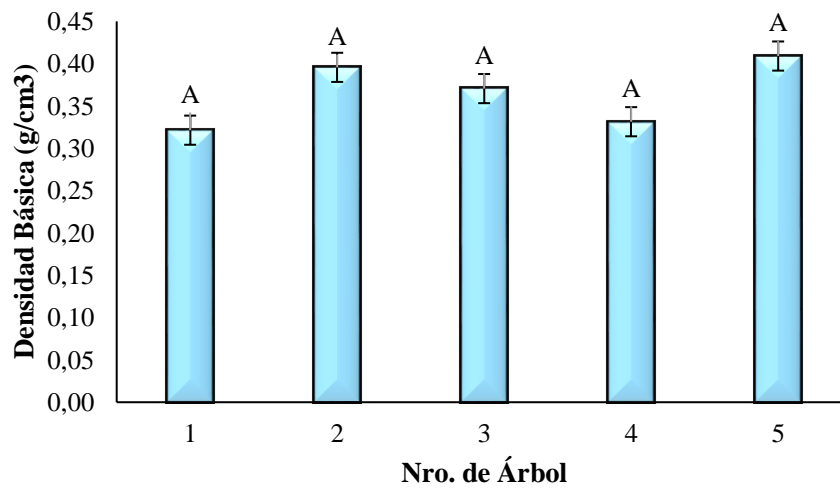


Figura 8. Valores promedio de la densidad básica de cada individuo de *Salix humboldtiana* Willd.

6.2.6 Contracción volumétrica

En la figura 9 se indica el porcentaje de contracción volumétrica de la especie *Salix humboldtiana* Willd., se encontró que si existen diferencias significativas entre las muestras analizadas ($p \leq 0.05$), donde el individuo dos con 25 años de edad presenta el mayor porcentaje con un 18,36 %, el individuo con menor porcentaje es el individuo cuatro con un 6,43%.

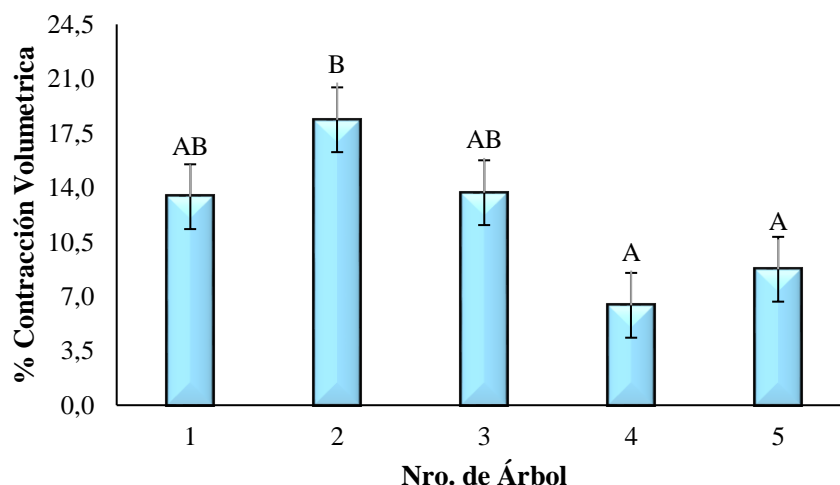


Figura 9. Valores promedio de la contracción volumétrica de cada individuo de Salix humboldtiana Willd.

6.3 Composición química

En la tabla 4 se muestran los promedios de los análisis químicos de la especie de *Salix humboldtiana* Willd., se obtuvo el promedio de cada uno, donde los componentes con menor porcentaje fueron ceniza con un 4,37 % y extractivo con un 5,87 %, mientras que los componentes con mayor porcentaje son holocelulosa con el 62,43 % y lignina con un promedio de 27,33 %.

Tabla 4. Composición química de la madera de cinco individuos de la especie de Salix humboldtiana Willd., con tres repeticiones cada individuo.

	Ceniza	Extractivo	Lignina	Holocelulosa
Árbol 1	4,27	8,58	23,00	64,15
Árbol 2	4,60	5,92	27,67	61,81
Árbol 3	3,73	5,33	29,00	61,93
Árbol 4	4,67	4,08	28,67	62,58
Árbol 5	4,60	5,42	28,33	61,65
Media	4,37	5,87	27,33	62,43
Error típico	0,17	0,74	1,11	0,46
Desviación estándar	0,39	1,66	2,47	1,03

Mínimo	3,73	4,08	23,00	61,65
Máximo	4,67	8,58	29,00	64,15

6.3.1 Ceniza

En la figura 10 se presenta el porcentaje de cenizas obtenidas en la especie de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo cuatro tiene mayor porcentaje de ceniza con 4,67 %, mientras que los individuos tres un menor porcentaje de ceniza con un 3,73 %. De acuerdo con el análisis realizado no existe una diferencia significativa, por lo tanto, la edad no tiene un efecto significativo.

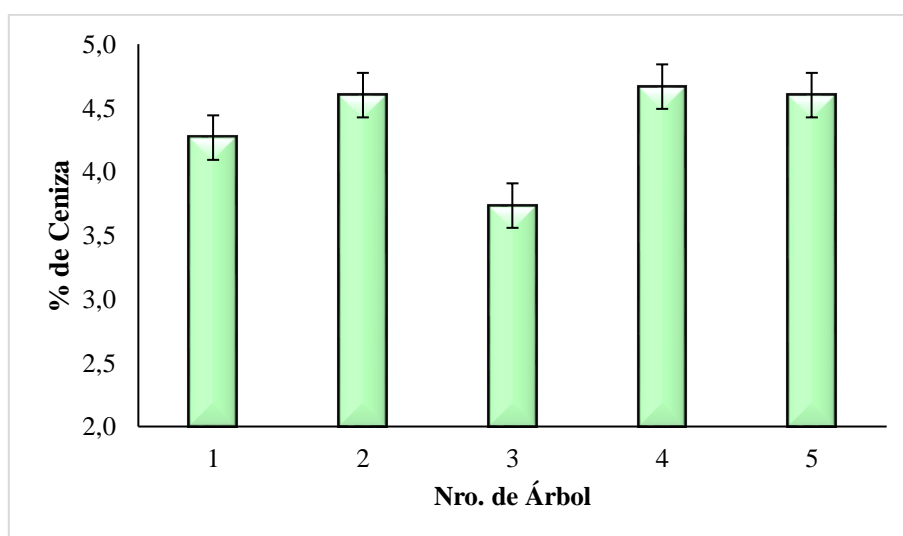


Figura 10. Valores promedio del contenido de Cenizas obtenidas en cinco individuos de *Salix humboldtiana*.

6.3.2 Extractivos

En la figura 11 se muestra el porcentaje de extractivos que presenta la especie de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo uno con 53 años de edad obtiene el mayor porcentaje con 8,58 %, el individuo cuatro con un 4,08%. En el árbol 1 si existe una diferencia significativa, a diferencia de las demás muestras.

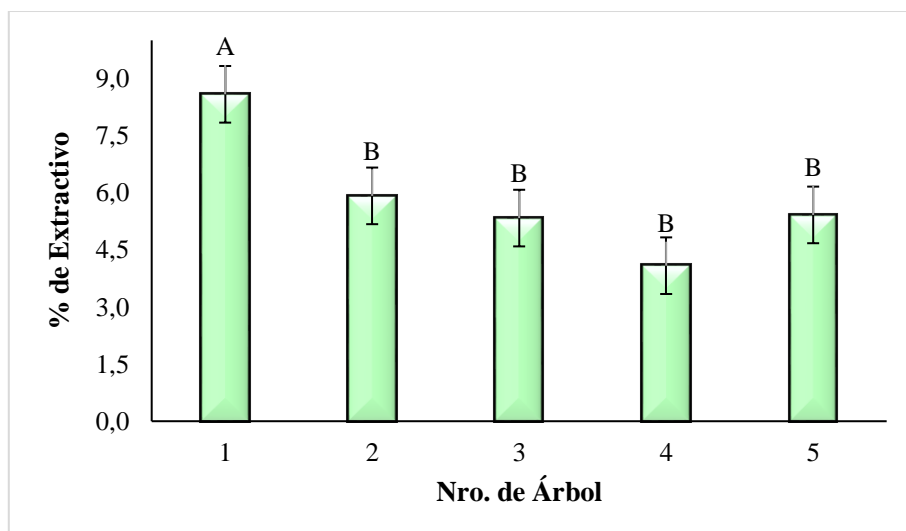


Figura 11. Valores promedios de la obtención de extractivos.

6.3.3 Lignina

En la figura 12 se muestra el porcentaje de lignina que presenta la especie de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo tres presenta el mayor porcentaje de lignina con un 29,00%, el individuo uno con 53 años presentó el menor porcentaje de lignina con un 23,00%. En el árbol 1 si existe una diferencia significativa, a diferencia de las demás muestras.

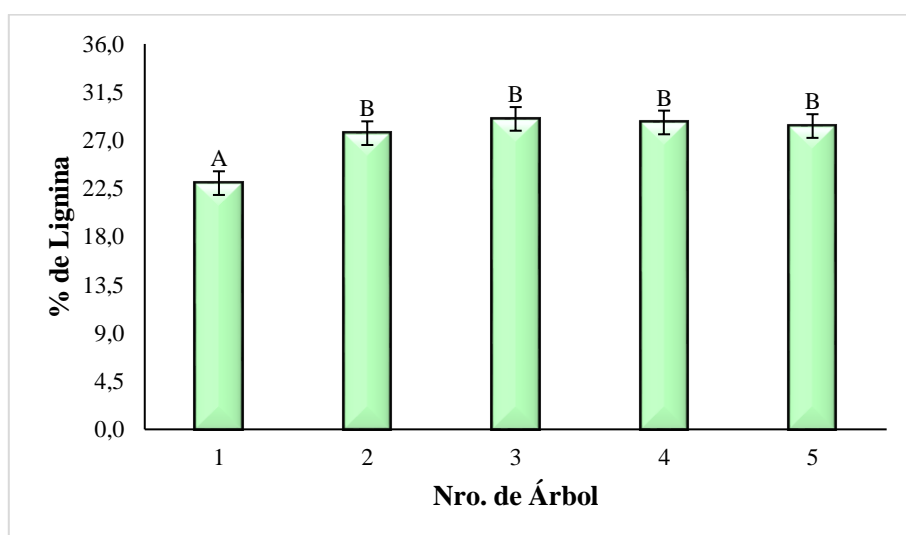


Figura 12. Valores promedios de la obtención de lignina

6.3.4 Holocelulosa

El porcentaje de holocelulosa de *Salix humboldtiana* Willd., el individuo uno presenta mayor porcentaje con un 64,15%, el individuo cinco presenta menor porcentaje de holocelulosa con un 61,65%. En el árbol 1 si existe una diferencia significativa, a diferencia de las demás muestras analizadas, determinando que es el árbol con mayor edad de los individuos recolectados.

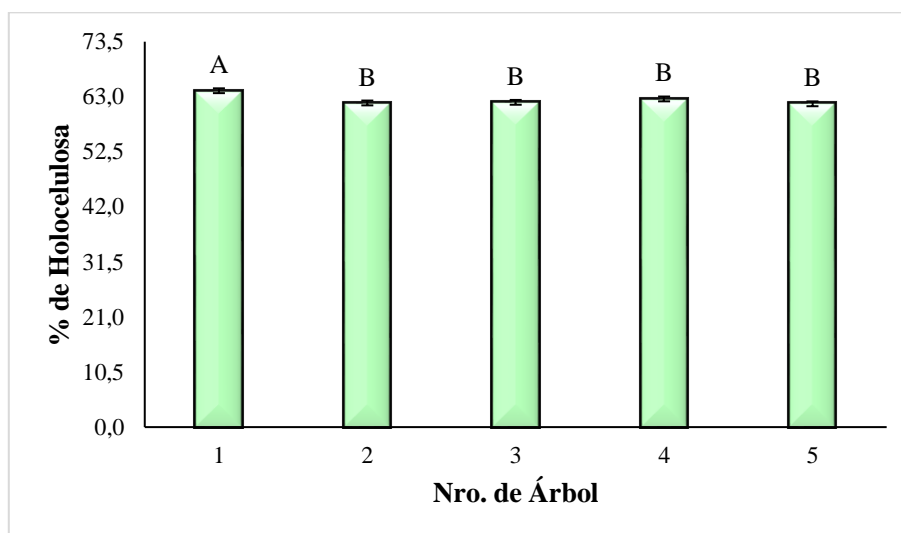


Figura 13. Valores promedios de la obtención de holocelulosa

6.4 Relación entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Salix humboldtiana* Willd., con las propiedades químicas del suelo.

En la Tabla 5 se presenta el análisis de las propiedades químicas del suelo provenientes de los cinco individuos, los suelos donde creció la especie *Salix humboldtiana* Willd son suelos ligeramente ácidos (6,12); con un nivel alto en fósforo (47,17 ppm), además, muestra un contenido medio de nitrógeno (39,11 ppm) y un alto valor medio en materia orgánica (2,60 %).

Tabla 5. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo.

Muestra suelo	Ph	Nitrógeno (N)		Fósforo (P)		Potasio (K)		MO		
		Ppm		ppm		meq/100g		%		
1	7,95	Liger. Alcalino	32,64	Medio	50,24	Alto	1	Alto	1,88	Medio
2	5,53	Medio Acido	42,11	Medio	30,95	Alto	0,39	Alto	1,44	Medio
3	4,00	Medio Acido	39,19	Medio	23,32	Alto	0,08	Bajo	1,05	Medio
4	6,03	Liger. Acido	28,18	Bajo	12,19	Medio	0,32	Medio	1,18	Medio
5	7,09	Practic. Neutro	53,43	Medio	119,17	Alto	1,23	Alto	7,44	Alto
\bar{X}	6,12		39,11		47,17		0,60		2,60	
Error típico	0,35		4,33	Medio	19,04	Alto	0,22	Alto	1,22	Medio
$\pm DS$	0,78		9,69		42,57		0,49		2,73	

Mediante un gráfico Biplot, la figura 14 se presenta la relación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Salix humboldtiana* Willd., con las propiedades químicas del suelo, donde el árbol dos tiene una correlación alta con lignina, densidad anhidro, densidad en equilibrio y nitrógeno, mientras que el árbol cinco esta correlacionado con materia orgánica, fosforo y ceniza, el árbol uno se asocia con extractivos y holocelulosa, en cambio el árbol tres y cuatro se agrupan por su cercanía en el plano cartesiano tiene una correlación con contracción volumétrica, densidad verde y contenido de humedad y finalmente el árbol uno tiene una correlación entre extractivos, holocelulosa y pH.

En cuanto a la asociación entre las variables estudiadas existe una mayor relación entre materia orgánica, fosforo y ceniza al contrario de esta con contracción volumétrica, en cambio el pH es opuesto a la contracción volumétrica.

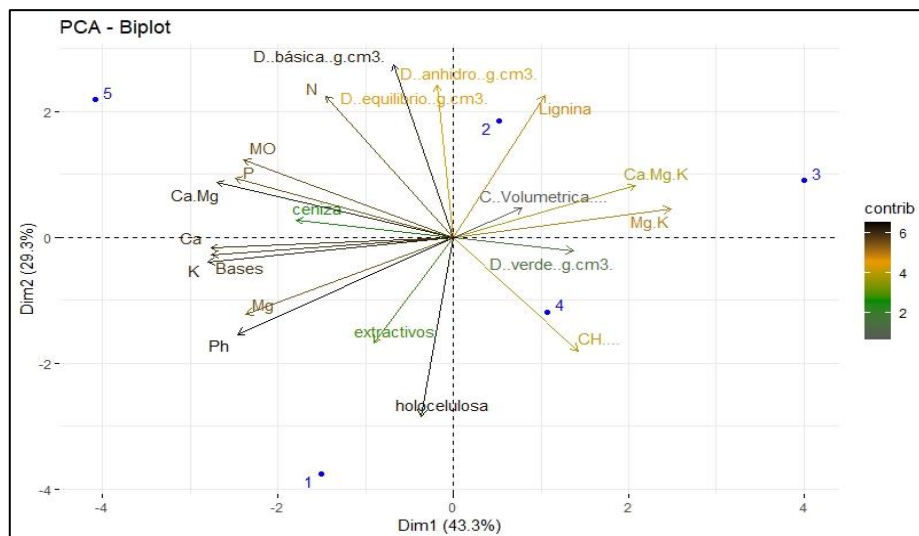


Figura 14. Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Salix humboldtiana* Willd., con las propiedades químicas del suelo

A través de la prueba de Spearman se realizó una correlación entre las propiedades químicas del suelo y los componentes químicos de la madera (tabla 6), se observó que existe una relación negativa entre valor de pH con el contenido de lignina -0,56 (Sig. = 0,02) eso quiere decir que el contenido de lignina disminuye cuando la disponibilidad de fosforo del suelo aumenta.

En cuanto al nitrógeno (N) disponible en el suelo, este presentó relación negativa con holocelulosa con un coeficiente de -0,71 (Sig. = 0,002). Por lo tanto, cuando mayor es la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, el porcentaje de holocelulosa presente en la madera disminuirá.

En cuanto al fosforo (P), materia orgánica (MO) y potasio (K) se observó que no existe relación entre con los componentes químicos de la madera, ya que, los coeficientes de correlación no son cercanos a 1 positivo o a 1 negativo, y los grados de significancia son mayores que 0,05.

Tabla 6. Relación de Spearman entre los componentes químicos del suelo con los componentes químicos de la madera de *Salix humboldtiana* Willd.

		Componentes químicos de la madera				
		Ceniza	Extractivo	Lignina	Holocelulosa	
Coefficiente de correlación	Propiedades químicas del suelo	pH	0,32	0,34	-0,56	0,35
Significancia			0,2449	0,2125	0,0293	0,1952
Coefficiente de correlación		Nitrógeno	0,07	0,16	0,03	-0,71
Significancia			0,8017	0,5754	0,9107	0,0028
Coefficiente de correlación		Fosforo	0,15	0,51	-0,42	-0,25
Significancia			0,5896	0,0524	0,1197	0,3604
Coefficiente de correlación		Potasio	0,35	0,33	-0,44	-0,11
Significancia			0,1943	0,2319	0,103	0,6984
Coefficiente de correlación		Materia Orgánica	0,43	0,33	-0,51	-0,04
Significancia			0,1142	0,2341	0,5	0,8744

Nota: La correlación es significativa con un valor de probabilidad menor a 0,05

En la tabla 7 se presenta la correlación de Spearman entre las propiedades químicas del suelo y las propiedades físicas de la madera, se observó que existe una relación negativa entre nitrógeno y el contenido de humedad -0,62 (Sig. = 0,01) eso quiere decir que el contenido de humedad disminuye cuando la disponibilidad de nitrógeno del suelo aumenta.

En cuanto al pH, fosforo (P), materia orgánica (MO) y potasio (K) se observó que no existe relación entre con los componentes físicos de la madera de *Salix*, ya que, los coeficientes de correlación no son cercanos a 1 positivo o a 1 negativo, y los grados de significancia son mayores que 0,05.

Tabla 7. Correlación de Spearman entre las propiedades químicas del suelo y las propiedades físicas de la madera de *Salix humboldtiana*.

		Propiedades físicas de la madera						
		CH	D. en verde	D. en Equilibrio	D. en anhidro	D. Básica	CV	
Coeficiente de correlación	Propiedades químicas del suelo	pH	-0,09	-0,09	-0,39	-0,37	-0,28	-0,26
Significancia			0,75	0,74	0,15	0,18	0,31	0,35
Coeficiente de correlación		Nitrógeno	-0,62	0,09	0,78	0,75	0,77	0,19
Significancia			0,01	0,76	0,00	0,00	0,00	0,49
Coeficiente de correlación		Fosforo	-0,38	0,19	0,30	0,32	0,32	0,06
Significancia			0,17	0,49	0,28	0,25	0,24	0,83
Coeficiente de correlación		Potasio	-0,50	-0,13	0,08	0,11	0,17	-0,13
Significancia			0,06	0,64	0,77	0,70	0,55	0,66
Coeficiente de correlación		Materia Orgánica	-0,48	-0,13	0,09	0,12	0,18	-0,09
Significancia			0,07	0,64	0,75	0,66	0,52	0,75

7. Discusión

7.1. Propiedades físicas de la madera.

El resultado obtenido en el contenido de humedad de la especie de *Salix humboldtiana* fue de 42,91%, resultados similares fueron encontrados por Agila et al., (2018) en el sur del Ecuador en la especie *Virola reidii* Little con 45.69 %. Mientras que Cartuche (2022) reporto para *Salix humboldtiana* 92,13 % de contenido de humedad; considerando que las muestras analizadas son en bosques de la región Sur; Chamba (2023) estudió especies latifoliada *Chionanthus pubescens* (Arupo) del arbolado urbano de parques y avenidas de la ciudad de Loja y obtuvo un promedio de 19,99 % el cual varía dependiendo las condiciones en las que se encuentra cada una de ellas. Según Simpson & TenWolde, (1992) en árboles vivos el contenido de humedad puede variar entre 30 y 200 %, esta variación depende la función de la especie, condiciones de crecimiento y densidad básica. Así mismo Hoheisel (1968) menciona que el contenido de humedad depende tanto del crecimiento, edad, posición del tronco y de la ubicación del terreno.

Esta diferencia de datos se debe a una variedad de factores que actúan de forma directa o indirecta en el desarrollo de los árboles siendo uno de ellos el lugar de procedencia en este caso, *Salix humboldtiana* especies analizada del arbolado urbano de la ciudad de Loja, todas las muestras que fueron recolectadas se encontraban a la orilla de los ríos. Por lo que Pinilla (2015) menciona que la especie de *Salix* se ubica preferentemente en lugares húmedos y a veces arenosos, a lo largo de riberas de ríos, esteros y lagos, como también en zonas bajas y sectores inundados, y por lo que se la utilizada tradicionalmente para protección de suelos debido a su capacidad para ejercer funciones mecánicas para combatir la erosión del suelo por el agua y viento. Liotta, (2001) nos menciona en su estudio que los sauces pueden hallarse en un amplio rango de valores de nivel topográfico: desde los 2,5m hasta los 4,5m con respecto al cero del

hidrómetro, lo que implica que pueden soportar una amplia gama de condiciones de inundabilidad (<4% a >60% del tiempo con el suelo inundado).

La densidad básica obtenida en la especie de *Salix humboldtiana* es de 0,37 g/cm³, mientras que Cartuche (2022) obtiene un resultado de 0,42 g/cm³ en la misma especie resultados que son casi cercanos. Meza y Falconi (2019) en su estudio realizado en parques urbanos en Huancayo – Perú reportaron valores de 0,27 g/cm³ mientras que Gutiérrez et al., (2012) el valor promedio de la densidad básica de la madera en otra especie latifoliada fue de 0.34 g/cm³.

La densidad anhidrida de *Salix humboldtiana* es de 0,42 g/cm³ especie tomada del arbolado urbano de la ciudad de Loja, mientras que *Jacaranda mimosifolia* obtenida por Aguirre (2023) fue de 0,44 g/cm³ valor cercano a la densidad anhidrida de *Salix humboldtiana*, ambas especies recolectas en parques y avenidas del arbolado urbano de la ciudad de Loja. Chamba (2023) en su estudio presenta una densidad anhidrida de 0,88 g/cm³ un valor lejano a los valores ya mencionados.

Estas diferencias en los contenidos de densidad se deben varios factores como: las condiciones del clima, época del año que fue recolectada la muestra, tratamientos silviculturales, edad del árbol y condiciones edáficas en la que creció el individuo, la toma de muestra del árbol para ser analizada; siendo esto corroborado por Silva y Návar (2012) quienes mencionan que la densidad de la madera varía dentro de una misma planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie. Además, las ramas y las partes exteriores del tronco tienden a presentar densidades de madera más bajas que la médula del tronco.

En la contracción volumétrica se obtuvo un valor promedio de 12,12%, mientras que Cartuche (2022) en la misma especie presenta un promedio de 1,39% un valor super bajo a lo estudiado, donde se tiene en cuenta que es colectada en bosques naturales, a diferencia del

estudio que realizamos que son colectadas en el arbolado urbano de la ciudad de Loja donde existe una intervención por la población. Puchaicela (2013) en su estudio realizado a cinco especies de bosques secundarios obtuvo una contracción volumétrica de 8,71%. Chamba (2023) que estudio una especie del arbolado urbano de la ciudad de Loja obtiene en la contracción volumétrica promedio se obtuvo 8,28 %.

En relación a las propiedades físicas, se ha determinado que el árbol más joven, con una edad de 25 años e identificado como individuo dos, presenta la mayor contracción volumétrica con un 18,36%. Este valor supera a los otros individuos, cuyas edades fluctúan entre los 42 y 53 años. En cuanto al contenido de humedad se puede determinar que el individuo uno con 53 años de edad es el mayor con un 53,99%, seguido del individuo tres con una edad de 42 años que presenta un porcentaje del 53,92% donde se determina que no existe efecto significativo con respecto a la edad, ya que los otros individuos analizados que obtienen menor contenido de humedad están en edades de 25, 45 y 49 años.

7.2.Composición química de la madera

En el análisis de la composición química de la madera de cinco individuos de *Salix humboldtiana*; especie que se encuentra en el arbolado urbano de la ciudad de Loja; el componente de ceniza se obtuvo rangos de 3,73% a 4,67%, resultados que concuerdan con el porcentaje de cenizas en madera de latifoliadas que establece Paz, (2008), mientras que Abad (2021) en su estudio a una especie latifoliada obtiene un valor de 1,24% de ceniza y Valverde (2020) encuentra un valor de 1,94%. La diferencia de estos resultados se debe a que estas investigaciones 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 estas investigaciones los valores difieren de un individuo a otro. 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. Los resultados obtenidos en *Salix humboldtiana* se pudo evidenciar que el contenido de cenizas es el componente con menor porcentaje, lo que concuerda con Rowell, (2007) donde nos menciona, que el contenido de ceniza es relativamente bajo en comparación con el resto de componentes químicos de la madera. Gonzales (2013) menciona que la cantidad de cenizas pueden alcanzar hasta un 5%, y esto pueden variar de acuerdo con la especie y dentro de la misma especie condiciones del clima, y época del año que fue recolectada la muestra, edad del árbol y condiciones edáficas en la que creó el individuo

El contenido de extractivos tuvo rangos 4.08% a 8,58%; Herrera (2013) en un estudio que realizó a seis especies latifoliadas obtuvo resultado de 5,92 % a 8,45 %, mientras que Valverde (2020) reporto valores entre 4,53 % a 7,16 %, los valores promedio de los cinco árboles analizados presentan diferencias significativas ($p = 0,0248$). El contenido de extractivos en la especie de *Salix humboldtiana* es de 5,87% que se encuentra dentro del rango que nos establece Paz (2008), considerando que las investigaciones anteriores presentan una diferencia significativa. Según Fonseca (2006), nos dice que 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 lignina que presentó la especie de *Salix humboldtiana* fue de 27,33%; valores que se encuentran dentro de los rangos de 14 a 34.6% reportados por Paz (2008); mientras que Aguirre (2023) obtiene un valor de 10,14% y Chamba (2023) un valor de 10,54 especies que fueron colectadas en el arbolado urbano de la ciudad de Loja donde se puede evidenciar una gran diferencia. 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 Bauer et al. (2012) corrobora que este tipo de resultados puede variar dependiendo del método que se utilice ya que en los diferentes procesos mecánicos y/o químicos de su obtención se puede ir perdiendo debido a la naturaleza heterogénea de las materias primas (madera y pulpa), no hay ningún método disponible actualmente para el aislamiento cuantitativo de lignina natural o residual, sin el riesgo de modificar estructuralmente durante el proceso.

La holocelulosa es el componente con mayor porcentaje presente en la composición química donde *Salix humboldtiana* obtuvo un valor promedio de 62,43%; resultados que se encuentran dentro de lo reportado para *Schizolobium parahyba* (El Padmi) 66.52% por Torres (2019) y *Cedrela odorata* L. (Zumba) 62.67 por Abad et al (2021). Los datos propuestos por Herrera, (2013) van desde 78,14% hasta 82% son valores más altos como podemos evidenciar. Según Núñez (2008) el contenido de holocelulosa presenta valores bajos porque han perdido hemicelulosas o han perdido reactivos. Fonseca (2006) enfatiza que esta fracción es el total hidrocarbonado (celulosa y hemicelulosa) de la madera libre de extractivos o material extraño.

Es conveniente resaltar lo que señala Chamba (2023) donde destaca 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.

Lachowicz et al. (2019) en su estudio en *Betula pendula* Roth determino que la edad de los árboles tiene un efecto significativo sobre el contenido de celulosa, pentosanos, cenizas y sustancias solubles en NaOH al 1 %. En el caso de las demás características, se encontró que la edad no tenía ningún efecto significativo. El contenido de celulosa fue más bajo en rodales

de 30 años y aumentó con la edad del árbol. En cuanto a nuestras muestras analizadas en cinco individuos de *Salix humboldtiana* las propiedades químicas, se determinó que la edad tiene influencia en el componente químico de holocelulosa, el individuo uno obtiene el mayor porcentaje con un 64,15% sabiendo que es el individuo con mayor edad demostrando que la holocelulosa aumenta con la edad del árbol. Según Zaki et al., (2012) las diferencias se deben principalmente a la edad de los individuos, ya que la madera de árboles jóvenes presenta menores contenidos de lignina que la madera de árboles maduros. En cuanto a nuestros análisis se puede determinar que no se cumple esto, ya que nuestro individuo uno con mayor edad presenta el menor porcentaje de lignina a diferencia de los otros cuatro individuos.

7.3 Propiedades químicas del suelo.

En el análisis de la composición química del suelo donde fue recolectado cada individuo de *Salix humboldtiana*, se tomó en cuenta pH, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y materia orgánica. El pH promedio fue de 6,12 considerándolo ligeramente ácido, Aguirre, (2023) análisis que se realizó en los suelos del arbolado urbano de la ciudad de Loja en la especie de *Jacaranda mimosifolia* obtuvo un pH promedio de 6,94 considerándolo prácticamente neutro. Mientras que Arévalo et al, (2014) el pH promedio en el análisis del suelo a través de cinco estadios sucesionales fue de 5.72, que lo considera como ácido, Combatt et al, (2005) en un estudio en suelos agroforestales presenta un pH promedio de 4.47 presentando una reacción en promedio muy ácido. Esta variación de datos se puede diferenciar dependiendo el ecosistema en el que se encuentren, ya que los análisis se los tomo en el arbolado urbano teniendo en cuenta que existen intervención de la población y por ello existe una alteración en el ambiente.

El nitrógeno (N) obtuvo un valor promedio de 39,11 ppm considerado como un nivel medio, Chamba, (2023) en su estudio reporta un valor de 44,8 ppm considerándolo en un nivel medio en nitrógeno, teniendo en cuenta que el lugar de estudio de este análisis es en el arbolado

urbano de la ciudad de Loja. Mientras que Quito, (2019) en su investigación realizada en la Quinta Experimental “El Padmi” presenta un valor promedio de 43,68 ppm con un nivel medio en nitrógeno. Valverde, (2020) tiene un promedio de 159,35 ppm, considerando un nivel Alto en nitrógeno, estudio analizado en la parroquia de Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe. Según Rodríguez y Flórez, (2004) nos dice que la deficiencia de nitrógeno provoca una clorosis, estas caen prematuramente y la clorosis se generaliza en toda la planta, es por ello que el color amarillento en toda la planta y su crecimiento es limitado. También Combatt et al., (2005) nos menciona que cuando el contenido de nitrógeno disponible que se puede producir es deficiente, es debido al bajo contenido de materia orgánica.

En cuanto al componente de fósforo (P), el valor promedio obtenido es de 47,17 ppm el cual es considerado un nivel alto, mientras que Abad, (2021) reporto en su estudio en un ecosistema forestal de la parroquia de Zumba, con un nivel medio de fósforo con 33,74 ppm. Quito (2019) en su investigación presenta un valor bajo en fósforo con un 12,56 ppm. Teniendo en cuenta lo que menciona Rodríguez y Flórez, (2004) que la carencia de fósforo si afecta en el desarrollo de las especies ya que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, sacarosa y celulosa se reducen por lo que existe una reducción en la expansión celular.

En potasio (K) se obtuvo un valor promedio de 0,60 el cual es alto en la especie de *Salix humboldtiana*, Aguirre, (2023) presenta un promedio alto en K con un 0,74 en *Jacaranda mimosifolia*, mientras que Chamba, (2023) en un estudio realizado a *Chionanthus pubescens* presenta un valor de 0,41 que se encuentra en un nivel alto, teniendo en cuenta que estos estudios se realizaron en el arbolado urbano de la ciudad de Loja y todos estos valores se encuentran en un nivel alto de potasio. Según Larriva, (2003) el potasio fortalece la pared, estructuras, componentes celulares y por ende los tejidos hasta de las raíces, también ayuda en el desarrollo normal de lignina y celulosa en la planta, Rodríguez y Flórez, (2004) nos

menciona que la deficiencia de este nutriente produce un estancamiento en el desarrollo de la planta.

En cuanto al valor promedio de materia orgánica (MO) que presenta nuestro estudio es un valor promedio de 2,60 % que está en un nivel medio, en el estudio realizado por Arévalo et al., (2014) presenta valores por arriba del medio óptimo (5%), mientras que Chamba, (2023) presenta un valor promedio de 3,58% considerándolo como alto. , Julca et al., (2006) indican que el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1.65% en suelos pesados y llegar a un 2.5% en los arenosos, teniendo en cuenta que las muestras de suelo tomadas en cada una de los individuos de *Salix* eran arenosos ya que se encontraban a las orillas de los ríos, por lo que se puede ver que el contenido de MO se encuentra casi en ese nivel de porcentaje para suelos arenosos. Según Mao et al., (2014) nos dice que la materia orgánica (MO), es un factor clave en la capacidad de los suelos para mantener la productividad biológica, la calidad ambiental y la salud de las plantas.

7.3 Correlación que existe entre las propiedades físicas y la composición química de la madera de *Salix humboldtiana*, con las propiedades químicas del suelo.

Los resultados obtenidos en la correlación entre los componentes químicos del suelo y los componentes químicos de la madera de *Salix humboldtiana* se determinó que existe una relación negativa entre valor de pH con el contenido de lignina -0,56 (Sig. = 0,02) eso quiere decir que el contenido de lignina disminuye cuando la disponibilidad de fósforo del suelo aumenta, En cuanto al nitrógeno (N) disponible en el suelo, este presentó relación negativa con holocelulosa con un coeficiente de -0,71 (Sig. = 0,002). Por lo tanto, cuando mayor es la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, el porcentaje de holocelulosa presente en la madera disminuirá. En cuanto al P, MO y K se observó que no existe relación entre con los componentes químicos de la madera. Mientras que los datos propuestos por Quito, (2019) en

su investigación realizada en "El Padmi" con la especie *Schizolobium parahyba*, encontró que la lignina y el pH están correlacionados positivamente con un coeficiente de 0,475 (Sig. = 0,046); es decir, que si el pH tiende a un nivel medianamente ácido el contenido de lignina sube. En cuanto a la holocelulosa es influenciada directamente por el pH de una forma negativa, con un coeficiente de correlación de -0,506 (Sig. = 0,032). Por lo que Valverde, (2020) encontró en su estudio que no existe relación entre valor de pH de las muestras de suelo y los componentes químicos de la madera de *Junglas neotropica* provenientes de la parroquia Valladolid, en cuanto al nitrógeno disponible en el suelo, este presentó relación directamente proporcional con la lignina con un coeficiente de 0,73 (Sig. = 0,02), e inversamente proporcional con la holocelulosa ya que se observa un coeficiente de correlación de -0.73 44 (Sig. = 0,002). Teniendo en cuenta que no existe una correlación cuando los coeficientes de correlación no son cercanos a 1 positivo o a 1 negativo, y los grados de significancia son mayores que 0,05.

En lo que corresponde a la correlación de Spearman entre las propiedades químicas del suelo y las propiedades físicas de la madera de *Salix humboldtiana*, se determinó que existe una relación negativa entre nitrógeno y el contenido de humedad -0,62 (Sig. = 0,01) eso quiere decir que el contenido de humedad disminuye cuando la disponibilidad de nitrógeno del suelo aumenta, en cuanto al pH, fosforo (P), materia orgánica (MO) y potasio (K) se observó que no existe relación entre con los componentes físicos de la madera de *Salix*. Sin embargo, Salamanca y Sadeghian, (2008) indican que al aumentar la materia orgánica disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, retiene la humedad, mejora el flujo del aire y aporta elementos nutritivos, condiciones necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de las raíces, dando una mejor visibilidad a la planta.

8. Conclusiones

- Las propiedades físicas de la madera de *Salix humboldtiana* dentro de sus características muestran mayor porcentaje en su contenido de humedad (42,91 %), seguido por la contracción volumétrica con un (12,12 %); y siendo la densidad básica $0,37 \text{ g/cm}^3$ el componente con menor cantidad se encuentra en esta especie.
- La composición química de la madera de *Salix humboldtiana* Willd., del arbolado urbano de las avenidas de la ciudad de Loja nos indica que la holocelulosa y la lignina son los componentes más abundantes dentro de la especie y el contenido de ceniza es el componente que lo encontramos en menos cantidad.
- Los individuos de *Salix humboldtiana* Willd., crecieron en suelos ligeramente ácidos, con un nivel medio en nitrógeno y materia orgánica, y con niveles altos en fósforo y potasio.
- Existe dos correlaciones negativas entre los componentes químicos del suelo y los componentes químicos de la madera, entre valor de pH con el contenido de lignina y nitrógeno con holocelulosa

9. Recomendaciones

- Cumplir con las normas de bioseguridad y los protocolos de medición de las variables, durante el laboratorio para así evitar accidentes.
- Realizar estudios de la caracterización física y química de la madera de otras especies forestales procedentes del arbolado urbano de la ciudad de Loja para comparar cantidades porcentuales de los distintos componentes químicos y su relación con las propiedades químicas del suelo.

10. Bibliografía

- Abad, Yadira Mercedes. *Composición química de la madera de Cedrela odorata L. y su relación con las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la parroquia Zumba provincia de Zamora Chinchip*. Loja: Universidad Nacional de Loja, 2021.
<<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23832/1/Yadira%20Mercedes%20Abad%20Cordero.pdf>>.
- Aguinsaca, Fanny, y otros. «Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador.» *latindex* (2019): 110 - 118.
<<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/591/529>>.
- Aguirre, Tello y Joaquín Eugenio. *Inventario y evaluación de la vegetación en las riberas del río Zamora de la ciudad de Loja*. Universidad Técnica Particular de Loja . Loja , 2016.
- Álvarez, Esteban, y otros. «Densidad Básica del fuste de árboles del bosque seco en la Costa Caribe de Colombia.» *Intropica* 8 (2013): 17 - 28.
- Álvarez, Yudy Andrea. «Protocolo de Uso y Aprovechamiento del Sauce en la Actividad Artesanal.» Fundación cultural del Putumayo, 2015.
<<https://core.ac.uk/download/pdf/52156344.pdf>>.
- Amico, Gallo y M. García. «Sauce Nativo Salix humboldtiana Willd.» 2021.
<https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_eeafesquel_diptico_sauce_nativo.pdf>.
- Ávila, Luz Elena y Marco Antonio Herrera. «Efecto de los extraíbles en tres propiedades físicas de la madera de Enterolobium cyclocarpum procedente de Michoacán, México.» *SciELO* (2012). <<https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v33n2/art13.pdf>>.
- Bauer, S., y otros. «Caracterización de lignina de Miscanthus giganteus aislada mediante proceso Organosolv con etanol en condiciones de reflujo.» *Química agrícola y alimentaria* 60 (2012): 8203-8212.
- Buey, Cristina de Santiago. «Medida de la Conductividad Térmica del suelo en laboratorio. Fundamentos físicos, aplicaciones geotérmicas y relaciones con otros parámetros del suelo.» Servicio Geológico y Minero de España, 2014.
<https://www.researchgate.net/publication/330224313_Medida_de_la_Conductividad_Termica_del_suelo_en_laboratorio_Fundamentos_fisicos_aplicaciones_geotermicas>

_y_relaciones_con_otros_parametros_del_suelo_INGENIERIA_CIVIL_175_0213-8468>.

Campos, Christian Alberto. «Determinación de Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera de *Pinus maximinoi* H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz.» Universidad Rafael Landívar, 2015. <<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/22/Campos-Christian.pdf>>.

Coronel, Narcisa Larriva. «Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas.» *Ciencias de la Vida* 2 (2013). <<https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/2.2003.09>>.

Corzo, Germán Tovar. *Manejo del arbolado urbano en Bogotá*. Universidad del Rosario. Bogotá: Territorios, 2007. <<https://www.redalyc.org/pdf/357/35701709.pdf>>.

Díaz, José Antonio Benjamín Ordóñez y Adolfo Galicia Naranjo. «Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación.» *Scielo* (2015): 77-126. <<https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21nspe/v21nspea6.pdf>>.

Elizondo, Carlos Eduardo Leal y Eduardo Alanís Rodríguez. «Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León.» 2007. <<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n48/2007-1132-remcf-9-48-252.pdf>>.

Fonseca, M. *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*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.

Gañán, Piedad. «Celulosa: Un Polímero de siempre con mucho futuro.» *Colombiana de Materiales* (2017): 01- 04.

Gutiérrez, Benito, y otros. «Variación y predicción de la densidad básica de la madera de *Cedrela odorata* L.» *Fitotec* 35 (2012): 87 - 90. <<https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35nspe5/v35nspe5a17.pdf>>.

Herrera, A. «. Determinación de la densidad en madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de latifoliadas.» 2013. <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/189/FITECMA-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Hoheisel, Hannes. «Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera.» (1968). <<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/2462>>.
- Ibáñez, Juan José. «pH del Suelo.» 2007. <<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>>.
- Julca, Alberto y Liliana Meneses. «La Materia Orgánica, Impotancia y experiencias de su uso en la agricultura.» 2006. <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>>.
- Lachowicz, Hubert, Hanna Wróblewska y Magdalena Sajdak. «The effect of tree age on the chemical composition of the wood of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland.» *Wood Science and Technology* 53 (2019): 1135–1155. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00226-019-01121-z.pdf>>.
- Ledesma, Marcela. *Arbolado público. Conceptos. Manejo*. Córdoba: INTA - EEA Manfredi, 2008. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_libro_arbolado_publico_ledesma.pdf>.
- Lima, Lizzete. «Evaluación de la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía.» Universidad Autónoma de Nuevo León , 2013. <<http://eprints.uanl.mx/3530/1/1080256594.pdf>>.
- Liotta, Jorge. «Rasgos biológicos de *Salix humboldtiana* Willd., y regimen de pulsos de inundación.» *Scielo* 26 (2001): 397-403. <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001000900006&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.
- Mansouri, Nour-Eddine El. «Despolimerización de lignina para su aprovechamiento en adhesivos para producir tableros de partículas.» 2006. <<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8538/TesisNourEddineElMansouriTDX1.pdf;jsessionid=61897CF79023659D8CC6A920118E4808?sequence=1>>.
- Mao, Yingming, y otros. «Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on site-specific land uses in Xuzhou, China.» 2014. <[https://pdf.sciencedirectassets.com/272265/1-s2.0-S1631069114X00053/1-s2.0-S1631069114000493/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjENb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaC](https://pdf.sciencedirectassets.com/272265/1-s2.0-S1631069114X00053/1-s2.0-S1631069114000493/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjENb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaC)>.

XVzLWVhc3QtMSJGMEQCIA3VJ0HrXF2c%2Fpnfi3MeD5ZWqPRTffTlXp55VQ
k8pmlTAiBmruZM8Dhmvm>.

Martínez, J. «Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México.» *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* (2005): 78-82.

Mascaré, Juan Luis y Lucia Mascaré. «Arbolado Urbano: Aspectos Ambientales.» Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Arquitetura, s.f. <<https://host170.sedici.unlp.edu.ar/server/api/core/bitstreams/47682100-473a-48bd-b0f9-1ae557354635/content>>.

Meza, Chamorro y Angela Falconi. «Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los Distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca.» (2019). <<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5140>>.

Ñúñez, E. «Química de la madera.» (2008). <<http://www.cenunez.com.ar/archivos/69-Paz>>.

Pellegrini, Andrea. «Textura y color del suelo.» Facultad de Ciencias Agraria y Forestales - UNLP, 2019. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42831/mod_resource/content/1/TEMA%203%20-%20TEXTURA%20Y%20COLOR.pdf>.

Pérez, Caridad. «¿Qué nos dice el color del suelo?» Universidad de Castilla - La Mancha, 2021. <<https://theconversation.com/que-nos-dice-el-color-del-suelo-158575>>.

Pinilla, Juan Carlos. «El Sauce Chileno (*Salix humboldtiana* Willd). En la Región del Biobío y su uso potencial en bosques plantados.» 2015. <<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/20998/31531.pdf?sequence=1>>.

Puchaicela, César Andrés. *Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico - mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del cantón Zamora*. Loja: Universidad Nacional de Loja, 2013. <<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5218/1/ESTUDIO%20DE%20LA%20ESTRUCTURA%20ANAT%20c3%93MICA%20Y%20PROPIEDADES%20F%20c3%8dSICO-MEC%20c3%81NICAS.pdf>>.

- Quito, Jhulissa Gabriela. «Composición química de la madera de Schizolobium Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake (Pachaco) de una plantación de la Quinta Experimental “El Padmi”, Provincia de Zamora Chinchipe.» Universidad Nacional de Loja, 2019. <<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22291/1/JHULISSA%20GABRIELA%20QUITO%20TORRES.pdf>>.
- Rodríguez, Mariela y Victor Flórez. «Elementos esenciales y beneficiosos.» *Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*, 2004. <<https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>>.
- Rodríguez, Mariela y Víctor J. Flórez. *Elementos esenciales y beneficiosos*. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Nociones Básicas del Fertilizante, 2004. <<https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>>.
- Rojas, Lizzete Lima. *Evaluación de la Composición Química y Propiedades Físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de Bioenergía*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2013. <<http://eprints.uanl.mx/3530/1/1080256594.pdf>>.
- Roque, Roger Moya. «Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo en algunas propiedades de la madera de teca (*Tectona grandis*).» *Árvore* (2010).
- Salamanca, Alveiro y Siavosh Sadeghian. «Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica.» *Cenicafé* 59(2) (2008): 91 - 102. <<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059%2802%2991-102.pdf>>.
- Salas, M. L., Quezada, P. A., Crespo, I., & Velez, V. J. (2019). Morfología urbana y acceso solar: Estudio para la densificación en el centro histórico de la ciudad de Loja (Ecuador). *Revista ESPACIOS*, 40(04). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400413.html>
- Semarnat, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). «Anuario Estadístico de la Producción Forestal.» (2011): 224.

- Silva, Flor y Jose Návar. «Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México.» *Madera y Bosque* 18 (1) (2012): 77 - 88. <<https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v18n1/v18n1a6.pdf>>.
- Siota, Sandra Rivas. *Valorización de Hemicelulosas de Biomasa Vegetal*. Universidad de Vigo. Ourense, 2013. <<http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/141/Valorizaci%C3%B3n%20de%20hemicelulosas%20de%20biomasa%20vegetal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
- Suirezs, Teresa María y Gilson Berger. «Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.» Universidad Nacional de Misiones, 2010. <https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf>.
- . «Descripciones de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera.» 2009. <https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf>.
- Tovar Corzo, Germán. *Manejo del arbolado urbano en Bogotá*. Universidad del Rosario Colombia. Bogotá: Territorios, 2007. <<https://www.redalyc.org/pdf/357/35701709.pdf>>.
- Valverde, Jhuliana Xiomara. *Composición química de la madera de Juglans neotropica Diels y su relación con las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la parroquia Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe*. Loja: Universidad Nacional de Loja, 2020. <<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23729/1/Jhuliana%20Xiomara%20Valverde%20Rodr%c3%adguez.pdf>>.

11. Anexos

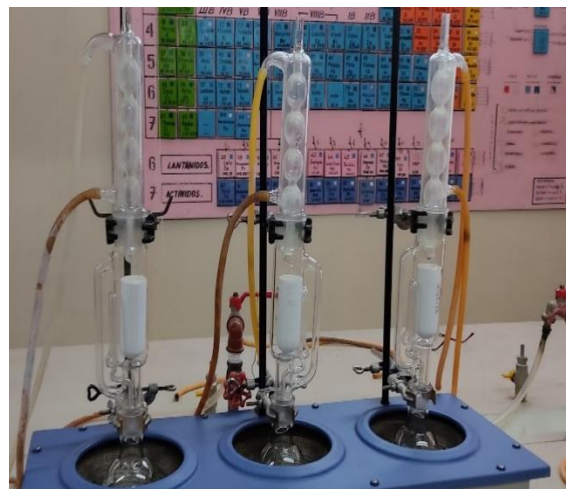
Anexo 1. Determinación de las propiedades físicas



Anexo 2. Determinación de las propiedades químicas.



2.1. Descortezamiento de las ramas



2.2. Extractivos



2.3. Ceniza



2.4. Holocelulosa



2.5. Lignina.

Anexo 3. Toma de la muestra de suelo.



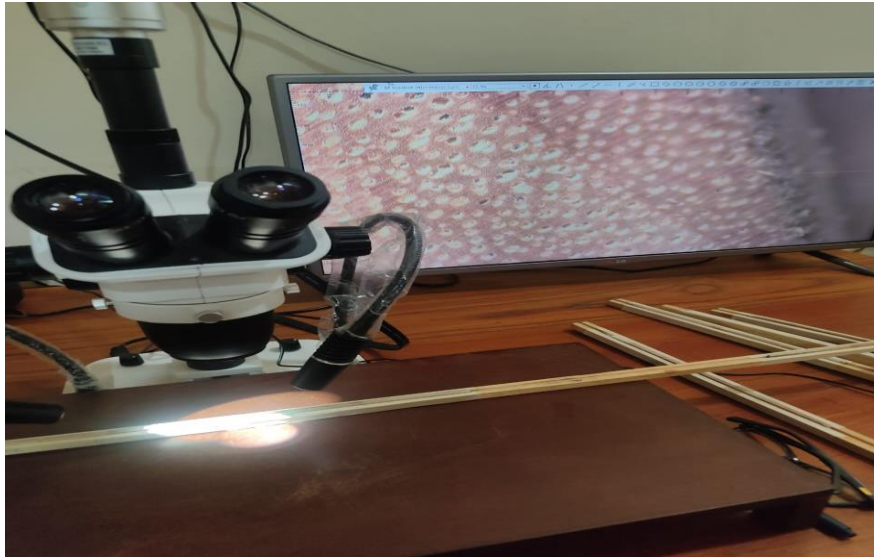
Anexo 4. Determinación de la edad de los individuos.



4.1. Toma de muestra



4.2. Montura de la muestra



4.3. Análisis de muestras

Anexo 5. Datos de las propiedades físicas de Salix humboldtiana.

		Contenido de humedad	Densidad en verde	Densidad en Equilibrio	Densidad en anhidro	Densidad Básica	Contracción Volumetrica
Árbol 1	Muestra 1	50,52	0,69	0,40	0,40	0,34	14,07
	Muestra 2	56,15	0,73	0,39	0,38	0,32	16,50
	Muestra 3	55,29	0,68	0,34	0,34	0,31	9,66
Árbol 2	Muestra 1	32,37	0,60	0,50	0,49	0,40	16,84
	Muestra 2	36,07	0,59	0,46	0,46	0,38	17,02
	Muestra 3	37,69	0,65	0,52	0,51	0,40	21,23
Árbol 3	Muestra 1	47,67	0,66	0,41	0,40	0,34	13,58
	Muestra 2	53,37	0,90	0,50	0,49	0,42	13,71
	Muestra 3	60,73	0,88	0,41	0,40	0,35	13,73
Árbol 4	Muestra 1	40,00	0,58	0,39	0,38	0,35	9,07
	Muestra 2	38,00	0,52	0,34	0,34	0,32	5,11
	Muestra 3	37,94	0,52	0,35	0,34	0,33	5,11
Árbol 5	Muestra 1	33,85	0,63	0,45	0,44	0,41	4,94
	Muestra 2	32,21	0,58	0,46	0,45	0,40	12,55
	Muestra 3	31,84	0,61	0,47	0,46	0,42	8,75

Anexo 6. Datos de las propiedades químicas de *Salix humboldtiana* Willd

		Ceniza	Extractivo	Lignina	Holocelulosa	
Individuo 1	M1.1	5,60	7,75	21,00	65,65	100,00
	M1.2	4,00	11,25	22,00	62,75	100,00
	M1.3	3,20	6,75	26,00	64,05	100,00
Individuo 2	M2.1	4,60	6	28,00	61,40	100,00
	M2.2	4,40	5,75	28,00	61,85	100,00
	M2.3	4,80	6	27,00	62,20	100,00
Individuo 3	M3.1	3,20	5,5	30,00	61,30	100,00
	M3.2	4,00	6	28,00	62,00	100,00
	M3.3	4,00	4,5	29,00	62,50	100,00
Individuo 4	M4.1	4,60	4	29,00	62,40	100,00
	M4.2	4,80	4,25	28,00	62,95	100,00
	M4.3	4,60	4	29,00	62,40	100,00
Individuo 5	M5.1	4,00	5,25	29,00	61,75	100,00
	M5.2	5,00	5,75	28,00	61,25	100,00
	M5.3	4,80	5,25	28,00	61,95	100,00

Anexo 7. Datos de la Correlación Spearman.

Correlacion Spearman: Coeficientes-Probabilidad	holocelulosa	CH (%)	D. verde (g/cm3)	D. Equi (g/cm3)	D. anhidro (g/cm3..)	D. Básica (g/cm3)	CV (%)	Ph	N	P	K	MO
CH (%)	0,66	1,00	0,01	0,06	0,08	0,02	0,54	0,75	0,01	0,17	0,06	0,07
D. verde (g/cm3)	0,25	0,66	1,00	0,49	0,46	0,83	0,12	0,74	0,76	0,49	0,64	0,64
D. Equi (g/cm3)	-0,65	-0,49	0,19	1,00	0,00	0,00	0,06	0,15	0,00	0,28	0,77	0,75
D. anhidro (g/cm3..)	-0,60	-0,47	0,21	0,99	1,00	0,00	0,04	0,18	0,00	0,25	0,70	0,66
D. Básica (g/cm3)	-0,65	-0,58	0,06	0,88	0,86	1,00	0,78	0,31	0,00	0,24	0,55	0,52
CV (%)	-0,04	0,17	0,42	0,49	0,54	0,08	1,00	0,35	0,49	0,83	0,66	0,75
Ph	0,35	-0,09	-0,09	-0,39	-0,37	-0,28	-0,26	1,00	0,72	0,02	0,00	0,00
N	-0,71	-0,62	0,09	0,78	0,75	0,77	0,19	-0,10	1,00	0,01	0,08	0,07
P	-0,25	-0,38	0,19	0,30	0,32	0,32	0,06	0,59	0,68	1,00	0,00	0,00
K	-0,11	-0,50	-0,13	0,08	0,11	0,17	-0,13	0,77	0,47	0,88	1,00	0,00
MO	-0,04	-0,48	-0,13	0,09	0,12	0,18	-0,09	0,77	0,48	0,88	0,96	1,00

Anexo 8. Certificado de traducción del resumen.



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

Celular: 0989805087
Email: yaniques@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 5 de marzo de 2024

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

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Integración Curricular titulado **Evaluación de la relación entre las propiedades físicas y químicas de la madera en *Salix humboldtiana*, árbol patrimonial de la ciudad de Loja**, cuya autoría de la estudiante Briggette Melania Carpio Vega, con cédula 1150763546 es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
A

Firmado digitalmente por YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA Fecha: 2024.03.05 09:47:18 -05'00'

Mg. Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora freelance

Full text translator: servicios de traducción