



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de Titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera Forestal**

**“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES
FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL
ECUADOR”**

AUTORA

Portilla Tarapués Delfina Yolanda

DIRECTORA

Ing. María Vizcaíno Pantoja

IBARRA - ECUADOR

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES
FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL
ECUADOR”

Trabajo de Titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA FORESTAL

APROBADO

Ing. María Isabel Vizcaino Pantoja
Directora de trabajo de titulación

Ing. Segundo Fuentes, MSc. -
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Fabián Chicaiza Guanoluisa, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

The image shows four handwritten signatures in blue ink, each placed over a horizontal dotted line. The signatures are written in a cursive style. The first signature is at the top, followed by three more below it, corresponding to the names listed on the left.

Ibarra - Ecuador

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	0401614706
Apellidos y nombres:	Portilla Tarapués Delfina Yolanda
Dirección:	San Isidro
Email:	yoli1612@gmail.com
Teléfono fijo:	2974355
Teléfono móvil:	0982530832

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”
Autora:	Portilla Tarapués Delfina Yolanda
Fecha:	15 de Junio del 2016
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado

Título por el que opta:	Ingeniera Forestal
Directora:	Ing. María Vizcaíno

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Yolanda Portilla, con cédula de ciudadanía Nro. 0401614706; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de titulación descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 15 de junio del 2015.

LA AUTORA:

.....


Portilla Tarapué Delfina Yolanda

C.C.: 0401614706



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE LA AUTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DEL NORTE

Yo, **Portilla Tarapués Delfina Yolanda**, con cédula de ciudadanía Nro. 0401614706; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominada **“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”** que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....


Portilla Tarapués Delfina Yolanda

C.C. 0401614706

Ibarra, a los 15 días del mes de Junio del 2016

REGISTRO BIBIOGRÁFICO

Guía: FICAYA –UTN

Fecha: 15 de Junio del 2016

Portilla Tarapués Delfina Yolanda: “DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR / TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 15 de Junio del 2016. 96 páginas.

DIRECTORA: Ing. María Vizcaíno Pantoja

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar las características físicas y pulpables de las fibras de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) con el fin de determinar el uso potencial. Entre los objetivos específicos se encuentra: Analizar las características físicas y pulpables de las fibras naturales, determinar la calidad y clasificación de las fibras según sus coeficientes físicos de calidad y comparar las características fibrosas de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) a través de análisis estadísticos.

Fecha: 15 de junio del 2016



Ing. María Vizcaíno Pantoja

Directora de trabajo de titulación



Portilla Tarapués Delfina Yolanda

Autora

DEDICATORIA

Para mis padres por su apoyo incondicional, por toda su comprensión, amor, cariño y confianza, para conseguir esta meta tan anhelada, por todos sus sacrificios, les dedico este trabajo porque gracias a él voy afianzar los pilares de mi vida.

A ti madre por ser la mujer que más admiro, por su ejemplo de valentía y carácter fuerte que le distingue, al momento de afrontar sus debilidades en los momentos más difíciles, su ternura, sencillez le hace ser la mamá más especial del mundo, por todos sus sacrificios he llegado a triunfar y lograr este sueño juntas, te amo mamá.

A mis hermanas que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en mi lugar durante este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por brindarme tantas oportunidades en mi vida y hacer de mí una gran persona. Él, quién supo guiarme por los senderos de mi camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades.

A mi madre Fabi; la mujer más tierna, a esa amiga incondicional, que siempre estuvo en las buenas y en las malas para brindarme su consejo y apoyo. Me ha dado todo lo que soy como persona, formándome con valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, y coraje para conseguir mis objetivos.

A mi padre René Enríquez que siempre está presente en mi vida, apoyándome en mi carrera, en mis trabajos, en cada uno de mis logros.

A mis hermanas Nathaly y Janeth Enríquez que están inmersas en este trayecto, dándome ánimos de alcanzar esta meta.

Al Ingeniero Edgar Vásquez por su valioso tiempo, confianza, orientación para la elaboración de este trabajo.

A la Ingeniera María Vizcaino, a los Ingenieros Eduardo Chagna, Segundo Fuentes, Fabián Chicaiza, por toda su colaboración, sugerencias y sus concejos brindados para mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
CAPITULO I.....	9
1.1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo General.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
CAPÍTULO II.....	11
2.1 MARCO TEÓRICO.....	11
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	11
2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.3. 1 Bosque húmedo tropical.....	11
2.3 La madera.....	12
2.3.2 Estructura anatómica de la madera.....	12

2.4	Características de las Especies.....	13
2.4.2	<i>Uvilo (Aegiphila sp.)</i>	13
2.4.3	<i>Moquillo Saurauia sp.</i>	14
2.5	Papel.....	15
2.6	Materia Prima para la Producción de Papel	16
a)	Fibras Vegetales	16
a)	Fibras Maderables	16
2.7	Morfología de las fibras de interés papelerero	17
2.7.2	<i>Longitud de las fibras</i>	18
2.7.3	<i>Ancho o diámetro de la fibra</i>	19
2.8	Índice de Calidad	20
2.8.2	<i>Coefficientes relacionados al índice de calidad</i>	21
2.8.3	<i>Densidad Básica</i>	21
2.8.4	<i>Coefficientes de flexibilidad</i>	22
2.8.5	<i>Coefficiente de Peteri o índice de esbeltez</i>	24
2.8.6	<i>Índice de Runkel</i>	24
2.2.7.6	<i>Coefficiente de Rigidez o índice de rigidez</i>	25
2.9	Normas para los ensayos	26
2.9.1	Norma Panamericana COPANT	26

2.9.2	Normas INEN	27
CAPÍTULO III.....		28
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS		28
3.1.2	Descripción del sitio	28
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.2.1	Talento Humano.....	29
3.3	METODOLOGÍA.....	31
3.3.1	Fase de campo	31
3.3.1.2	<i>Obtención de la materia prima</i>	<i>31</i>
3.	Análisis Estadísticos.....	38
CAPÍTULO IV		39
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN		39
4.2	Características físicas y pulpables de las fibras naturales.	39
4.2.1	Densidad de la madera.....	39
4.1.2.1	<i>Longitud de las fibras de Saurauia sp.</i>	<i>40</i>
4.2.2.2	<i>Longitud de las fibras de Aegiphila sp.</i>	<i>41</i>
4.1.3	Diámetro total.....	42
4.1.3.1	<i>Variación del diámetro de la fibra de Saurauia sp.</i>	<i>42</i>
4.1.3.2	<i>Variación diámetro de las fibras de Aegiphila sp.</i>	<i>43</i>

4.1.4	Diámetro de lumen total	44
<i>4.1.4.1</i>	<i>Diámetro del lumen de las fibras de Saurauia sp.</i>	<i>44</i>
<i>4.1.4.2</i>	<i>Diámetro del lumen de las fibras de Aegiphila sp.</i>	<i>45</i>
4.1.5	Espesor total de la pared de las fibras.....	46
<i>4.1.5.1</i>	<i>Espesor de la pared de las fibras de Saurauia sp.....</i>	<i>46</i>
<i>4.1.5.2</i>	<i>Espesor de pared de las fibras de Aegiphila sp.</i>	<i>47</i>
4.1.6	Índices de calidad de pulpa papel	48
<i>4.1.6.1</i>	<i>Coeficiente de Rigidez</i>	<i>48</i>
<i>4.1.6.2</i>	<i>Coeficiente de Flexibilidad</i>	<i>50</i>
<i>4.1.6.3</i>	<i>Coeficiente de Peteri o de Esbeltez</i>	<i>52</i>
<i>4.1.6.4</i>	<i>Relación Runkel</i>	<i>53</i>
4.1.7	Comparación de las dimensiones e índice de calidad de fibras con otras latifoliadas.....	55
a)	Longitud de fibras de <i>Saurauia sp.</i> y <i>Aegiphila sp.</i>	55
b)	Diámetro de fibras de <i>Saurauia sp.</i> y <i>Aegiphila sp.</i>	56
c)	Diámetro de lumen de las fibras de <i>Saurauia sp.</i> y <i>Aegiphila sp.</i>	56
d)	Diámetro de lumen de las fibras de <i>Saurauia sp.</i> y <i>Aegiphila sp.</i>	57
4.1.8	Índices de calidad de pulpa papel	58
5.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65

5.1.1	CONCLUSIONES.....	65
5.2	RECOMENDACIONES	66
	CAPÍTULO VI.....	67
6.1	ANEXOS DE TESIS.....	67
6.1.1	Anexo de tablas.....	67
	CAPÍTULO VII.....	78
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÌNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfico 1: Diferenciación de los tipos de células iniciales; Imagen Izquierda: células Fusiformes iniciales y células Radiales; Imagen Derecha muestras de madera macerada. Fuente: (Gracia, s.f.).	13
Gráfico 2: Longitud (L), espesor de la pared (E), y ángulo de la fibra (Áng: 9°).....	18
Gráfico 3: Ancho o diámetro de la fibra	19
Gráfico 4: Espesor de la Pared de fibra.....	20
Gráfico 5: Mapa de ubicación del sitio de donde se extraerá la madera.....	29
Gráfico 6: Obtención de las rodajas y cubos de madera	35
Gráfico 7: Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Saurauia sp.</i> , sometidos a evaluación.	41
Gráfico 8: Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Aegiphila sp.</i> , sometidos a evaluación.	42
Gráfico 9: Diámetro de las fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Saurauia sp.</i> , sometidos a evaluación.	43
Gráfico 10: Diámetro de fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Aegiphila sp.</i> , sometidos a evaluación.	44
Gráfico 11: Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Saurauia sp.</i> , sometidos a evaluación.....	45
Gráfico 12: Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Aegiphila sp.</i> , sometidos a evaluación.....	46

Gráfico 13: Espesor de pared de fibras promedio entre los 6 árboles de <i>Saurauia sp.</i> , sometidos a evaluación.	47
Gráfico 14: Espesor de la pared, valores entre los 6 árboles de <i>Aegiphila sp.</i> , sometidos a evaluación.....	48
Gráfico 15: Coeficiente de rigidez de <i>Saurauia sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas	49
Gráfico 16: Coeficiente de rigidez de <i>Aegiphila sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas	50
Gráfico 17: Coeficiente de flexibilidad de <i>Saurauia sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas.....	51
Gráfico 18: Coeficiente de flexibilidad de <i>Aegiphila sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas.....	51
Gráfico 19: Coeficiente de Peteri de <i>Saurauia sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas	52
Gráfico 20: Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez de <i>Aegiphila sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas	53
Gráfico 21: Relación Runkel de <i>Saurauia sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas.....	54
Gráfico 22: Relación Runkel de <i>Aegiphila sp.</i> con respecto al número de fibras muestreadas	54
Gráfico 23: Longitud de fibras de 14 especies; 12 especies de Eucaliptos y 1 de <i>Saurauia sp.</i> , y 1 <i>Aegiphila sp.</i> , correspondiente a este estudio.	55
Gráfico 24: Diámetro de fibras de 12 especies; 10 especies de Latifoliadas y 1 de <i>Saurauia sp.</i> , y 1 <i>Aegiphila sp.</i> , correspondiente a este estudio	56

Gráfico 25: Diámetro de lumen de fibras de 13 especies; 11 especies de Latifoliadas y 1 de <i>Saurauia sp.</i> , y 1 <i>Aegiphila sp.</i> , correspondiente a este estudio.....	57
Gráfico 26: Espesor de pared de fibras de 13 especies; 11 especies de Latifoliadas y 1 de <i>Saurauia sp.</i> , y 1 <i>Aegiphila sp.</i> , correspondiente a este estudio	58
Gráfico 27: Comparación del coeficiente de rigidez de <i>Saurauia sp.</i> , <i>Aegiphila sp.</i> con otras 10 especies de latifoliadas	59
Gráfico 28: Comparación del coeficiente de flexibilidad de <i>Saurauia sp.</i> , <i>Aegiphila sp.</i> con otras 10 especies de latifoliadas.....	60
Gráfico 29: Comparación del coeficiente de Peteri de <i>Saurauia sp.</i> , <i>Aegiphila sp.</i> con otras 11 especies de latifoliadas	62
Gráfico 30: Comparación de la Relación Runkel <i>Saurauia sp.</i> , y <i>Aegiphila sp.</i> con otras 11 especies de latifoliadas	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Características morfológicas de las fibras que influyen en las propiedades del papel	18
Tabla 2. Clasificación del coeficiente de flexibilidad	23
Tabla 3. Clasificación de Runkel	25
Tabla 4. Clasificación del coeficiente de Rigidez	26
Tabla 5. Densidad básica <i>Aegiphila sp.</i> (uvillo).....	39
Tabla 6. Valores de densidad básica de <i>Saurauia sp.</i> (moquillo)	40
Tabla 7. Coeficiente de rigidez de 13 especies de latifoliadas.....	59
Tabla 8. Coeficiente de flexibilidad de 12 especies de latifoliadas	60
Tabla 9. Coeficiente de Peteri de 10 especies de latifoliadas.....	62
Tabla 10. Relacion Runkel de 11 especies de latifoliadas <i>Saurauia sp.</i> , y <i>Aegiphila sp</i>	63
Tabla 7. Variación de la longitud (μ) de <i>Saurauia sp.</i>	67
Tabla 8. Anàlisis de comparacion de modelos de longitud de fibras	67
Tabla 9. Categorización general de las fibras en función a su longitud (IAWA, 1989)	68
Tabla 10. Variación de la longitud (μ) de <i>Aegiphila sp.</i>	68
Tabla 11. Anàlisis de comparaciòn de modelos de longitud de fibras.....	68

Tabla 12. Variación del diámetro (μ) de <i>Saurauia sp</i>	69
Tabla 13. Anàlisis de comparacion de modelos de diámetro de fibra.....	69
Tabla 14. Variación del diámetro (μ) de <i>Aegiphila sp</i>	70
Tabla 15. Anàlisis de comparaciòn de modelos del diametro de fibras.....	70
Tabla 16. Variación del diámetro de lumen (μ) de <i>Saurauia sp</i>	71
Tabla 17. Anàlisis de comparaciòn de modelos del diametro de lumen de fibras ...	71
Tabla 18. Variación del diámetro de lumen (μ) de <i>Aegiphila sp</i>	72
Tabla 19. Anàlisis de comparaciòn de modelos del diametro de lumen de fibras ...	72
Tabla 20. Variación del espesor de pared (μ) de <i>Saurauia sp</i>	73
Tabla 21. Anàlisis de comparaciòn de modelos del espesor de las paredes de fibras	73
Tabla 22. Variación del Espesor de pared (μ) de <i>Aegiphila sp</i>	74
Tabla 23. Anàlisis de comparaciòn de modelos del espesor de pared de fibras	74

TITULO: “DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES PULPABLES DE DOS ESPECIES FORESTALES EN EL SECTOR GUALCHÁN, AL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR”

Autora: Portilla Tarapués Delfina Yolanda

Directora de trabajo de titulación: Ing. María Vizcaíno

Año: 2016

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general: Determinar las características físicas y pulpables de las fibras de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) con el fin de determinar el uso potencial; se planteó los siguientes objetivos específicos: a) Analizar las características físicas y pulpables de las fibras naturales, b) Determinar la calidad y clasificación de las fibras según sus coeficientes físicos de calidad, c) Comparar las características fibrosas de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) a través de análisis estadísticos. Para la ejecución del ensayo la madera se obtuvo del sector Gualchán, perteneciente a la parroquia El Goaltal, cantón Espejo, provincia del Carchi, al noroccidente Ecuador; en donde se seleccionó seis árboles de cada especie, cada individuo fue apeado y cortando una rodaja de 50 cm de longitud; embaladas y transportadas a la Central Maderera de la Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte. Para la determinación de las características de la densidad de las probetas utilizadas (10 x 3 x 3 cm); la densidad se obtuvo a través del método de pesado; contenido de humedad saturada, verde, estado anhidro y su peso equilibrado. Posteriormente se obtuvieron cubos de 2,7 x 1,77 x 5 cm de las cuales fueron maceradas con una mezcla de ácido acético glacial en cantidades iguales. Las dimensiones de las fibras se midieron en el material disociado en un microscopio óptico en el Laboratorio de Investigaciones Ambientales (LABINAM), los datos obtenidos se calcularon los índices de calidad de pulpa para papel, los resultados fueron analizados

mediante una comparación de modelos lineales. Se obtuvo una densidad básica de 0,27 gr/cm³ para *Aegiphila sp* y 0,26 gr/cm³ para *Saurauia sp*. La longitud de las fibras fue de 1412,46 μm para moquillo y 1469,06 μm uவில்lo, la calidad de la madera como materia prima en la fabricación de pulpa papel resulta de calidad “mala con un grado V y muy buena con un grado II por presentar fibras medianas y una densidad media.

TITLE: “DETERMINATION OF PROPERTIES OF TWO FOREST PULPWOOD SPECIES IN THE GUALCHÁN SECTOR, THE NORTHWEST OF ECUADOR”

Author: Portilla Tarapués Delfina Yolanda
Director of work titulation: Ing. María Vizcaíno
Year: 2016

ABSTRACT

This research was general objective: To determine the physical characteristics and pulpwood fibers *Aegiphila sp.* (Uவில்lo) and *Saurauia sp.* (Distemper) in order to determine the potential use; the following specific objectives: a) To analyze the physical characteristics and pulpwood from natural fibers, b) determine the quality and classification of fibers according to their physical quality coefficients, c) Compare the fibrous characteristics of *Aegiphila sp.* (Uவில்lo) and *Saurauia sp.* (Distemper) through statistical analysis. For the test performance wood was obtained from Gualchán sector belonging to the parish The Goaltal, Canton Espejo, Carchi province, northwest Ecuador; where six trees of each species, each individual was felled and cut a slice of 50 cm in length it was selected; packaged and transported to the Wood Central Experimental Farm Yuyucocha Technical University North. To determine the characteristics of the sample density used (10 x 3 x 3 cm); density was obtained through the method of weighing; saturated moisture content, green, anhydrous state and its balanced weight. Subsequently they cube 1.77 2.7 x x 5 cm were obtained which were macerated with a mixture of glacial acetic acid in equal amounts. The dimensions of

the fibers were measured in material dissociated in an optical microscope in Environmental Research Laboratory (LABINAM), the data quality indices of paper pulp were calculated, the results were analyzed by comparing linear models. a basic density of 0.27 gr/cm³ to 0.26 gr/cm³ for Aegiphila sp and sp Saurauia was obtained. The length of the fibers was 1412.46 μm for distemper and 1469,06μm uvillo, the quality of wood as a raw material in paper pulp manufacturing quality is "bad with V degree and very good with a degree II present medium fibers and an average density.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el consumo de papel se incrementa en función del tamaño de la población, es así que su imposición se considera como un producto de consumo creciente, generando un lenguaje engañoso entre la utilización de este material y la educación, esto aumenta el requerimiento del papel, por lo tanto se necesitan más plantaciones que abastezcan las plantas de celulosa con el fin de crear material de lectura y escritura a poblaciones en vías de desarrollo (MONTERREY, 2011) Las exigencias progresivas de la sociedad moderna, ponen en manifiesto la búsqueda de nuevas fuentes de provisión de materia prima para su elaboración, determinando las características Morfométricas, que son indicadores confiables para determinar los índices o coeficientes de calidad, a su vez relacionan las dimensiones que presenta una de las composiciones más importantes de la madera que es la fibra, que influyen en las propiedades de la pulpa celulósica al fabricar papel; cabe recalcar que, el Ecuador adquiere pasta mecánica de madera, con una balanza comercial negativa para el año 2013 en 6 millones de dólares, durante este período se importaron 6415000 toneladas de esta materia prima indispensable para la elaboración de distintos tipos de papel.

Por tal razón, es necesario realizar este tipo de investigaciones, por que actualmente se realizan indagaciones de especies con alto valor comercial, pero existe una abundancia de especies de las cuales no existe mayor información y conocimientos, relacionados con la ecología, silvicultura y las ventajas maderables que pueden ofrecer al sector productivo. El presente estudio se enmarca en el análisis sobre las fibras vegetales, que es considerado uno de los procesos tecnológicos que tiene la madera; a través de los análisis morfométricos, se puede determinar si las especies tienen potencial para la elaboración de papel; se pretende incorporar conocimientos de las características pulpables de *Aegiphila* sp. (Uvillo) y *Saurauia* sp. (Moquillo).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar las características físicas y pulpables de las fibras de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) con el fin de determinar el uso potencial.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características físicas y pulpables de las fibras naturales.
- Determinar la calidad y clasificación de las fibras según sus coeficientes físicos de calidad.
- Comparar las características fibrosas de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) a través de análisis estadísticos.

1.1.3 Preguntas Directrices

- ¿Cuáles las características físicas y pulpables de las fibras naturales?
- ¿Cuál es la calidad y clasificación de las fibras según sus coeficientes físicos de calidad?
- ¿Según los análisis estadísticos las características fibrosas de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo) son similares?

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación está enmarcada en la línea de investigación de la Carrera de Ingeniería Forestal “Producción y Protección Sustentable de los Recursos Forestales” y sustentada en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV 2013-2017) siguientes:

Objetivo N° 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global, en la política y lineamiento estratégico literal e) Investigar los usos potenciales de la biodiversidad para la generación y aplicación de nuevas tecnologías que apoyen los procesos de transformación de la matriz productiva y energética del país, así como para la remediación y restauración ecológica.

Objetivo N° 10: Impulsar la transformación de la matriz productiva, enmarcada en el modelo de gobernanza forestal, en la política y lineamiento **literal g)**: Establecer los mecanismos necesarios para promover la industrialización de la producción forestal en plantaciones y sus encadenamientos productivos, participativa y sustentable, de los recursos.

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.3.1 Bosque húmedo tropical

El Bosque Húmedo Tropical es un ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos (MAE, 2004). Según la Organización para la Educación y la Protección Ambiental (OPEPA) en el 2006 menciona que el bosque húmedo tropical es un ecosistema famoso por su exuberancia y por poseer una de las mayores diversidades de plantas y animales en el

mundo. El bosque húmedo tropical es el bioma más complejo de la tierra en terminos de estructura y diversidad de especies (UNAL, 2014).

2.3 La madera

La madera esta considerada como el fruto de crecimineto secundario de las plantas leñosas, dentro de cada planta las cèlulas o fibras van formando un sistema que cumple funciones que logran soportar los esfuerzos que està sometido el árbol, como por ejemplo el transporte y la reserva de nutrientes (Vignote & Jiménez, 2000 citado por Maldonado, 2011). La madera del tronco, raices y ramas de los árboles esta formadas por un conjunto de células que forman el llamado tejido xilemático o xilema, que se encuentra formado de células morfológicamente muy diferentes que varían de unas especies a otras dando el caso entre las latifoliadas y coníferas (Gracia, s.f). Tambien es considerada como un material orgánico de elementoss lignificados se encuentra presente en los árboles, donde se puede observar células en forma compacta que cumplen funciones como resistencia mecànica que esta conformada por tejido fibroso, conducción de agua que viene a ser el tejido vascular y finalmente la función de almacenamiento y distribución de sustancias de reserva que forma el l tejido parenquimatoso (Puertas, Guevara, & Espinoza, 2013).

2.3.2 Estructura anatómica de la madera

La madera esta formada por dos tipos de tejidos que son muy fundamentales: el tejido parenquimatoso o parénquima y el teido prosenquimatosos o prosénquimas define (Gracia, s.f).

Tejido Parenquimatoso se encuentra formado por células isodiamétricas que presentan membranas sutiles, estas no presentan lignificación, además el protoplasma ocupa una posicion parietal.

Tejido Prosenquimatoso esta compuesto por células alargadas fusiformes que se encuentran unidas en los extremos presentando membranas mas o menos engrosadas y carecen casi por completo del contenido protoplasmático.

Todas la celulas de la madera se originan a partir de dos tipos de células indiferenciadas iniciales como las Células radiales y la Células fusiformes iniciales que generalmente tienen orígenes muy comunes. Las células fusiformes representan mas del 90 % de la madera y del floema, porque son células alargadas verticalmente que se encuentran presentes en las coníferas. En cambio las células radiales o también denominadas como fibras radiales.

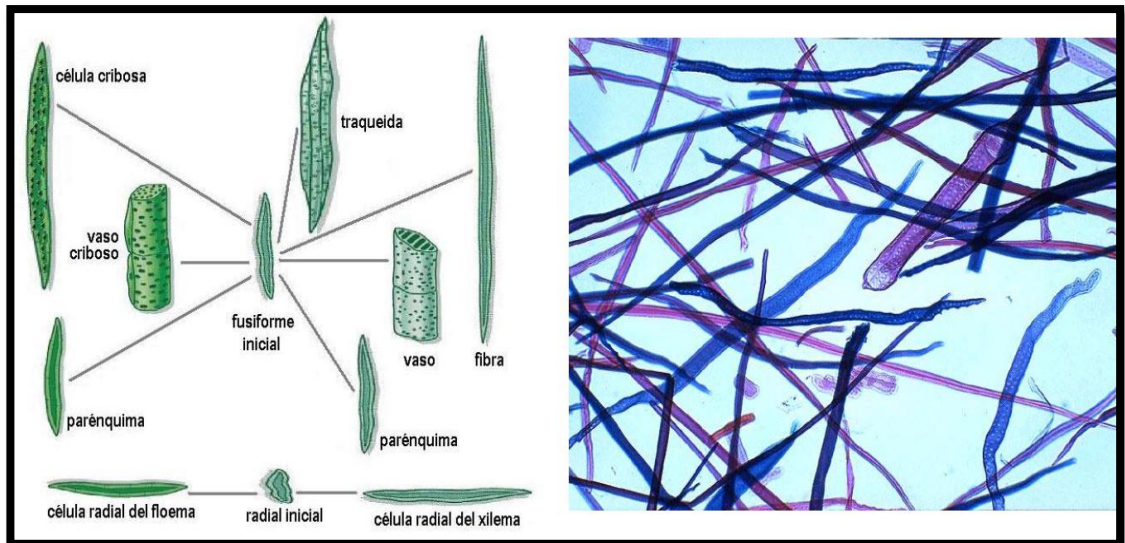


Gráfico 1: Diferenciación de los tipos de células iniciales; Imagen Izquierda: células Fusiformes iniciales y células Radiales; Imagen Derecha muestras de madera macerada. **Fuente:** (Gracia, s.f.).

2.4 Características de las Especies

2.4.2 *Uvilo (Aegiphila sp.)*

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: VERBENACEAE / LAMIACEAE

Género: *Aegiphila*

Nombre común: Uvillo

Descripción de la familia

La familia Verbenaceae o Lamiaceae consta de hierbas, algunos arbustos y árboles, presenta tallos o ramitas terminales, con una característica cuadrangular, además contiene pubescencia con pelos simples o estrellados, sus hojas son simples o digitadas, opuestas, serradas, dentadas o enteras. Inflorescencia una panícula, cima o fascículo, terminal o axilar. Provenientes de bosques húmedos o pluviestacionales (Palacios, 2011).

Descripción botánica

La especie de *Aegiphila* sp se encuentra dentro de la familia LAMIACEAE. (Palacios, 2011) la describe como una especie de árboles con ramitas cuadrangulares, la parte superior el entrenudo más o menos engrosado, hojas opuestas o raramente con 3 verticilos, con inflorescencias en forma de fascículos o una cima pobremente ramificada.

2.4.3 Moquillo *Saurauia* sp.

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Eudicotyledoneae

Clase: Asterides

Orden: Ericales

Familia: ACTINIDIACEAE

Género: *Saurauia sp.*

Nombre común: Moquillo

Descripción botánica

Ulloa & Moller (1994) describe a *Saurauia sp* como una especie de árboles o arbustos con hojas alternas con varios tipos de pelos. La inflorescencia en forma de tirso subterminales o en algunos casos axilares. Sus flores presentan pétalos blancos con estambres poco numerosos.

2.5 Papel

El papel es una estructura que se obtiene a base de fibras vegetales de celulosa los cuales están entrecruzados, que a su vez forman una hoja resistente y flexible (Luraschi, 2007). También el papel es una lámina formada por células vegetales como fibras y otros productos como encolantes, cargas, minerales, colorantes que le dan las propiedades deseadas (Núñez, 2008).

Existe una inmensa variedad de estilos y tipos de papel, según su uso y aplicaciones donde se determina cuatro grados de papel como papel sin acabado, lisos o mecánicamente terminado, papel esmaltado y papel “creced” (Gonzáles, 2005). La clasificación del papel ha variado en diferentes tipos, según sus características existe el papel compuesto (tetrapack o tetrabrik), papel liner (cartón corrugado), papel onda (corrugado médium), papel reciclado que proviene de material fibroso reciclado (Núñez, 2008).

2.6 Materia Prima para la Producción de Papel

a) Fibras Vegetales

La materia prima para la producción de papel con fibras naturales o vegetales son provenientes de diferentes tipos de arbustos y papel reciclado (Meneses & Giraldo, 2004). Esta materia prima proviene de una fibra vegetal, que está caracterizada como un filamento blando que es muy parecido a un cabello, donde su diámetro es muy pequeño en relación a su longitud (Holten citado por Hernández, 2008).

En los países industrializados las fibras no maderables se utilizan para producir papeles especiales por ejemplo en China, utiliza el 60% de las fibras vegetales para la producción de papel (García, 2006).

2.6.2 Clasificación de las fibras vegetales

En la industria papelera cuando se habla de fibras vegetales se refieren a un término genérico que engloba otros tipos de elementos celulares de diferentes orígenes y procedencias (García, 2004). Pero dentro del recurso fibroso, la materia prima proveniente de la madera determina su clasificación; en fibras largas provenientes de coníferas y fibras cortas de latifoliadas (Nuñez, 2008). La clasificación se da de acuerdo a la parte de la planta de la cual es extraída, se basa la relación entre la longitud, la conformación de la fibra y la textura de la misma, y es así como se dividen: fibras duras, fibras suaves, fibras cortas, fibras de palmas y las diversas las cuales provienen de los cereales (Meneses & Giraldo, 2004).

a) Fibras Maderables

Para la industria papelera se puede aprovechar el 100% del árbol a excepción de la corteza y hojas, por lo que brindan alternativas de utilización de un volumen mayor de madera para la fabricación de pasta para papel (Peña & Gonzáles, 2002). La madera está constituida en un 50% por celulosa, que es la materia prima fundamentalmente para la fabricación de papel (Meneses & Giraldo, 2004). Las fibras provenientes de la

madera con paredes delgadas son apreciadas como las mejores dentro de la fabricación de pulpa para papel, porque son consideradas de fácil compactación, a su vez toman una forma de bandas que van ocupando un área mayor de superficie de contacto, paso lo contrario con aquellas fibras que contienen paredes muy gruesas que presentan rigidez y su forma poligonal se mantiene generando dificultad para entrelazarse así mismas (Rosas, 2003).

2.7 Morfología de las fibras de interés paplero

Dentro de las características morfológicas de las fibras se encuentran la longitud de la fibra, diámetro de la fibra, el grosor de la pared y el diámetro de lumen que viene a constituir la cavidad inferior de la fibra (Becerra & Rentería, 2013). Las características del material fibroso que se pretende destinar a la industria papelera deben estar enfocadas a las dimensiones que tengan cada una de las fibras, su relación entre longitud, diámetro, grosor de pared, diámetro del lumen (García, 2004). Dentro de las características morfológicas que presente la fibra vegetal, se determina los parámetros que indicaran las posibles propiedades para la fabricación de pasta para papel (Hernández & Musálem, 2006). Dentro de la morfología de las fibras que son de gran interés en sector paplero se encuentran definidos cuatro parámetros morfológicos que deben poseer para la elaboración de una hoja de papel que son caracterizados como: longitud de la fibra, ancho de la fibra, espesor de la pared, y el ángulo fibrilar (Núñez, 2008).

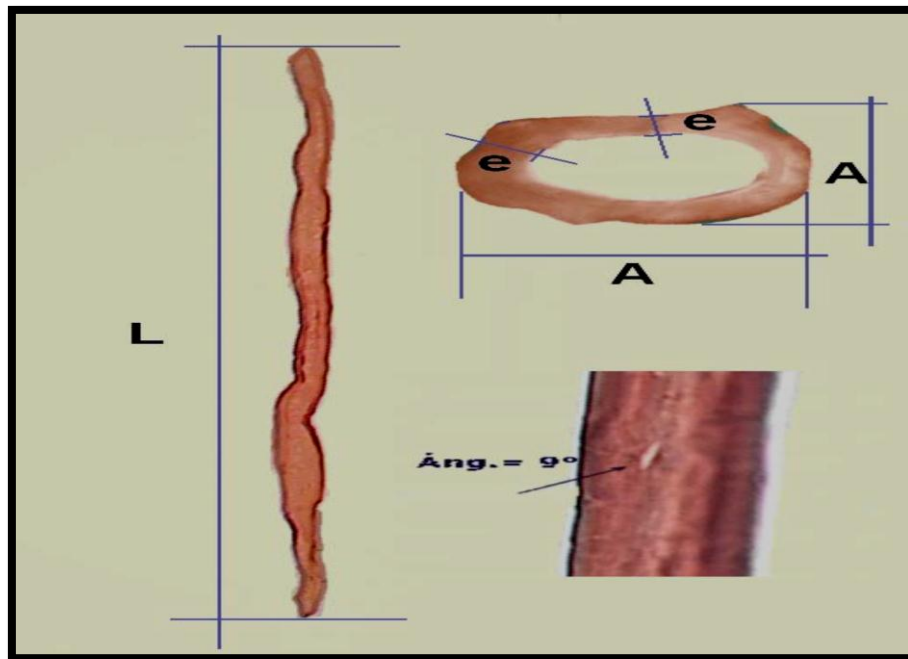


Gráfico 2: Longitud (L), espesor de la pared (E), y ángulo de la fibra (Áng: 9°).
Fuente: (Núñez, 2008).

Tabla 1: Características morfológicas de las fibras que influyen en las propiedades del papel

CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES	Longitud de fibra (L)
	Diámetro de fibra (D)
	Espesor de pared (2W)
	Diámetro de lumen (l)
CARACTERÍSTICAS COMBINADAS	Coefficiente de flexibilidad (l/D)
	Coefficiente de Peteri o Afieltrado (L/D)
	Índice de Runkel (2W/l)
	Coefficiente de Rigidez (2W/D)

Fuente: (Scott, 1989 citado por García, 1988)

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapuès

2.7.2 Longitud de las fibras

Esta característica esta denominada a la distancia medida por el eje longitudinal entre el extremo y otro de la fibra, este parámetro depende de varios factores, el principal es el factor genético, el tronco, y luego va seguido de la historia del árbol, en

este último factor entran características del sitio, del suelo, etc. (Núñez, 2008). La longitud de cada fibra se correlaciona con muchas propiedades en cuestiones de resistencia, las fibras entre mas largas sean seran mas resistentes alcanzando un punto en el cual la uniformidad suele romperse, dentro de la formacion de la hoja. Tambien hay que considerar que las fibras mas largas tienden a producir hojas mas abiertas cuando el grado de permeabilidad es mayor al del aire. Además el tamaño de las fibras implica mucho en la formacion de las hojas ya que estas tienen una mayor tendencia a flocular en la caja de entrada, lo cual perjudica su formación (García, 1988).

2.7.3 Ancho o diámetro de la fibra

El ancho de la fibra es un parámetro variable a lo largo de la misma, en el mismo sitio tampoco es considerado tan uniforme porque no posee una sección circular. Por ello existen dos maneras de determinar su valor: Realizando cortes transversales con micrótopo y a través de la maceración en forma disgregada (Núñez, 2008). La magnitud de los anchos de la fibra se encuentran entre 7 a 20 μ en las latifoliadas, en cambio las traqueidas de las coníferas van desde 20 a 60 μ .

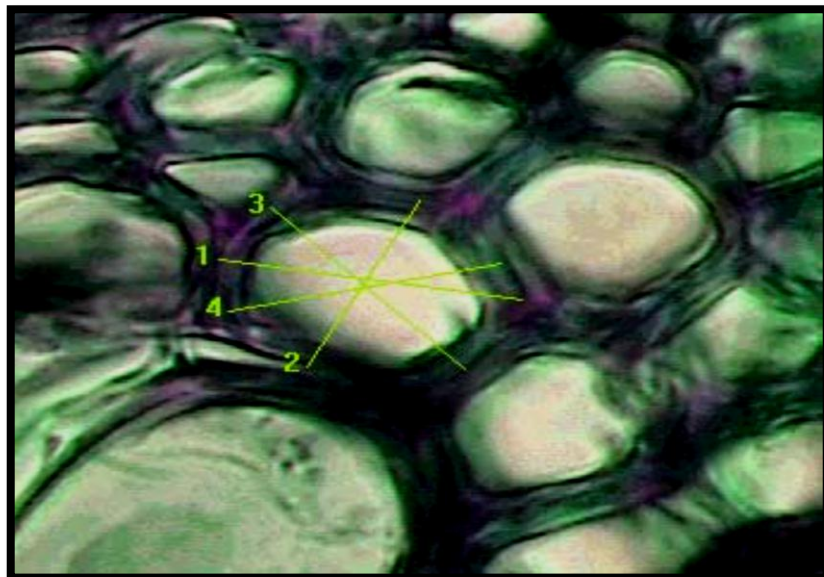


Gráfico 3: Ancho o diámetro de la fibra

Fuente: (Núñez, 2008).

2.7.4 Espesor de la pared

La medición del espesor de la pared es muy dificultosa debido a su pequeña magnitud, por tal motivo su medición debe ser llevada al máximo aumento del microscopio óptico. El espesor de la pared se halla en el rango de 2 a 6 μ en las fibras y de 3 a 10 μ en las traqueidas. Pero también se suele calcular restando el ancho del lumen y el ancho total de las fibras y luego dividir por 2.

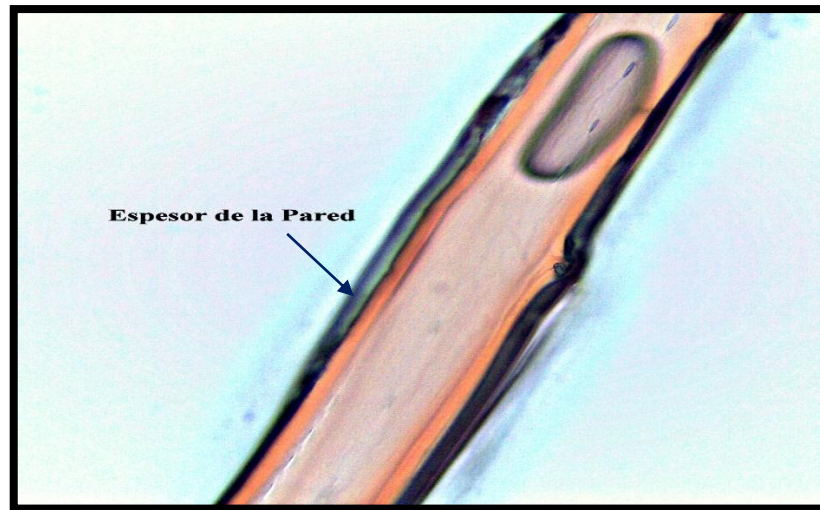


Gráfico 4: Espesor de la Pared de fibra
Fuente: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

2.8 Índice de Calidad

Los índices de calidad son expresados como relaciones que pueden llegar a determinar si una madera que puede o no cumplir con los requerimientos para la elaboración de pulpa para papel, de allí que las dimensiones de las fibras como la longitud, diámetro total, diámetro de lumen y el grosor de la pared son los cuatro índices de calidad considerados para la elaboración de pulpa para papel (Rosas, 2003). Estos índices son considerados de magnífica ayuda, para proporcionar relaciones diferentes entre las dimensiones de las fibras que influyen de manera directa, indirecta o complementaria sobre las características que generalmente tiene la pulpa, como son la densidad, volumen, resistencia al paso del agua y el aire (Puchaicela, 2013).

2.8.2 Coeficientes relacionados al índice de calidad

Los índices de calidad de las pulpas constituyen una asombrosa ayuda que proporcionan relaciones diferentes entre las dimensiones de las fibras, a su vez influyen en las características generales de la pulpa como la densidad, volumen, resistencia al paso de agua y del aire y por último determinan la impresión en el mismo (Tamarit , 1996).

La reseña metodológica para las dimensiones que deben obtener las fibras de la madera y las propiedades del papel están relacionadas con tres índices de calidad como el coeficiente de flexibilidad (francés); relación de Runkel (alemán); y el coeficiente de rigidez (estadounidense) los cuales indican el grosor de la pared celular (Cruz, 2003). El Coeficiente de Peteri también es considerado como la Relación de Esbeltez que debe tener la fibra para determinar su calidad (Hernández, 2008). También se considera que una forma de relacionar los parámetros fibrosos con las hojas, es la creación de una serie de relaciones matemáticas determinando el coeficiente de flexibilidad, el índice de Runkel, el coeficiente de fieltabilidad, y relación individual de fibra (Núñez, 2006).

Este tipo de características en general define los tipos de pulpas según su propiedades morfológicas como la longitud, diámetro y espesor de la pared, que guardan mucha relación dentro del rasgado lineal y la longitud de la fibra, porque a mayor longitud mayor será la resistencia, en cambio para el espesor de las paredes de las fibras determina la resistencia al rasgado entre más delgada se presente la fibra, será más flexible brindando facilidad fibrilar dentro de la refinación (Rosas, 2003).

2.8.3 Densidad Básica

La densidad que presenta la madera esta correlacionada directamente con el grosor de la pared de las fibras; diámetro de lumen y la longitud de la fibra, esto a su vez tiene mucho efecto en la calidad de la pulpa; por ejemplo si la madera es pesada su pared celular será gruesa y sus lúmenes delgados y por lo tanto esta madera contiene menos

espacios vacíos por unidad de volumen, esto llevara a la obtención de pulpa de menor calidad, por lo contrario esto no sucede con las especies de baja densidad que generan pulpas de muy buena calidad (Rosas, 2003).

2.8.4 *Coefficientes de flexibilidad*

Para la realización de un estudio con las mediciones cuantitativas que presentan las fibras se toma en cuenta las dimensiones de las fibras en micras, para el cálculo del coeficiente de flexibilidad se determina con la siguiente fórmula y las siguientes descripciones que plantea (González, 2005):

Fórmula de flexibilidad

$$CF = l/D$$

Fuente: (Gonzales, 2005)

Donde:

Diámetro de la Fibra. “**D**”.

Diámetro del lumen (diferencia entre el diámetro de la fibra y grosor de la pared, multiplicada por dos). “**l**”.

Los cálculos matemáticos que se usan con frecuencia que se describen a continuación (Núñez ,2008):

Coefficientes de flexibilidad: Es la relación entre el ancho del lumen y el ancho total de la fibra:

Fórmula del Coeficiente de Flexibilidad

$$f = \frac{\lambda}{A} = \frac{A - 2e}{A}$$

Fuente: (Núñez, 2008)

Donde:

f = es el coeficiente de flexibilidad

λ = ancho del lumen

A = ancho total de la fibra

e = espesor de la pared de fibra

Tabla 2: Clasificación del coeficiente de flexibilidad

RANGO	GROSOR DE PARED	CARACTERÍSTICAS
Menor de 0.30	Muy gruesa	Las fibras no se colapsan. Muy poca superficie de contacto. Pobre unión fibras – fibras
De 0.30 a 0.50	Gruesa	Las fibras se colapsan muy poco. Poca superficie de contacto. Poca unión fibra- fibra.
De 0.50 a 0.65	Media	Abarca lo anterior.
De 0.65 a 0.80	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, con una sección transversal elíptica. Buena superficie de contacto. Buena unión fibra – fibra.
Mayor de 0.80	Muy delgada	Las fibras se colapsan. Buena superficie de contacto. Buena unión fibra- fibra.

Fuente: (Petroff & Nordmand, 1968) y (Porres & Valladares, 1979) citado por (Villaseñor & Rutiaga, 2000)

2.8.5 *Coficiente de Peteri o índice de esbeltez*

Este coeficiente resulta de la relación entre la longitud de las fibras y el diámetro total, pero siempre tomando en cuenta la longitud de la fibra porque es un indicador determinante que indica si alguna especie es útil para el pulpado, considerando que entre más larga sea la fibra mejores resultados de enlazamiento se obtendrá para formar la hoja de papel (Cruz, 2003).

$$CP=L/D$$

Fuente: (González, 2005)

Donde:

F = Coeficiente de fiabilidad

L= la longitud de la fibra

A= ancho de la fibra

2.8.6 *Índice de Runkel*

La relación Runkel es un indicador muy importante que se utiliza para la determinación de la calidad de pulpa para el papel para el cálculo de este indicador se toma en cuenta el grosor de la pared y el diámetro de la fibra (Cruz, 2003). El coeficiente de Runkel se calcula de esta manera explica (González, 2005).

Fórmula para el Coeficiente de Runkel

$$FR= 2W/l$$

Fuente: (González, 2005)

Donde:

$2w$ = Grosor de la pared de la fibra

l = Diámetro del lumen (diferencia entre el diámetro de la fibra y grosor de la pared, multiplicada por dos).

Tabla 3: Clasificación de Runkel

GRADO	RANGO	CLASIFICACIÓN
I	Menor de 0.25	Excelente
II	De 0.25 a 0.50	Muy buena
III	De 0.50 a 1.00	Buena
IV	De 1.00 a 2.00	Regular
V	Mayor de 2.00	Mala

Fuente: (Petroff & Nordmand, 1968) y (Porres & Valladares, 1979) citado por (Villaseñor & Rutiaga, 2000).

2.2.7.6 Coeficiente de Rigidez o índice de rigidez

$$CR = 2W/D$$

Fuente: (González, 2005)

Donde:

$2w$ = Grosor de la pared de la fibra.

D = Diámetro del lumen

Tabla 4: Clasificación del coeficiente de Rigidez

RANGO	GROSOR DE LA PARED
Mayor de 0.70	Muy gruesa
De 0.70 a 0.50	Gruesa
De 0.50 a 0.35	Media
De 0.35 a 0.20	Delgada
Menor de 0.20	Muy delgada

Fuente: (Petroff & Nordmand, 1968) y (Porres & Valladares, 1979) citado por (Villaseñor & Rutiaga, 2000)

2.9 Normas para los ensayos

2.9.1 Norma Panamericana COPANT

Las propiedades físicas se realizaron según los estándares de las normas COPANT (1972):

COPANT 458 Selección y colección de muestras.

COPANT 459 Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos.

COPANT 460 Métodos de determinación de contenido de humedad (probetas de 10 x 3 x 3 cm).

COPANT 461 Método de determinación de densidad (probetas de 10 x 3 x 3 cm)

2.9.2 Normas INEN

Los usos de la madera se a traves de la densidad utilizando los Sistema de Cllasificaciòn y Calificaciòn de madera aserrada proveniente de bosques humedos tropicales.

- a)** Clase “D” que se trata de maderas livianas o muy blandas, generando usos en cajonería, diafragmas, aislantes térmico acústicos y en general

CAPÍTULO III

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.2 Descripción del sitio

La investigación se realizó en el sector de Gualchán perteneciente a la parroquia El Goaltal, cantón Espejo, provincia del Carchi, al noroccidente Ecuador. Los datos se obtuvieron de la estación meteorológica Mira-FAO Granja La Portada, código M0104, ubicada en el cantón Mira; cuyos valores que a continuación se detallan fueron recopilados desde el año 1979 al 2014.

- Temperatura media anual: 16,7°C (14,5 °C mínima; 18,8 °C máxima)
- Velocidad media del viento: 5,6 m/s (2m/s mínima; 11m/s máxima)
- Humedad relativa: 78%
- Nubosidad: 2/7 octas
- Precipitación media anual: 566,9 mm/año

Zona de vida: La zona de vida de El Goaltal es Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), (Holdridge, 1947). Pero también es un bosque húmedo montano (bh – MT) (Cañadas, 1985)

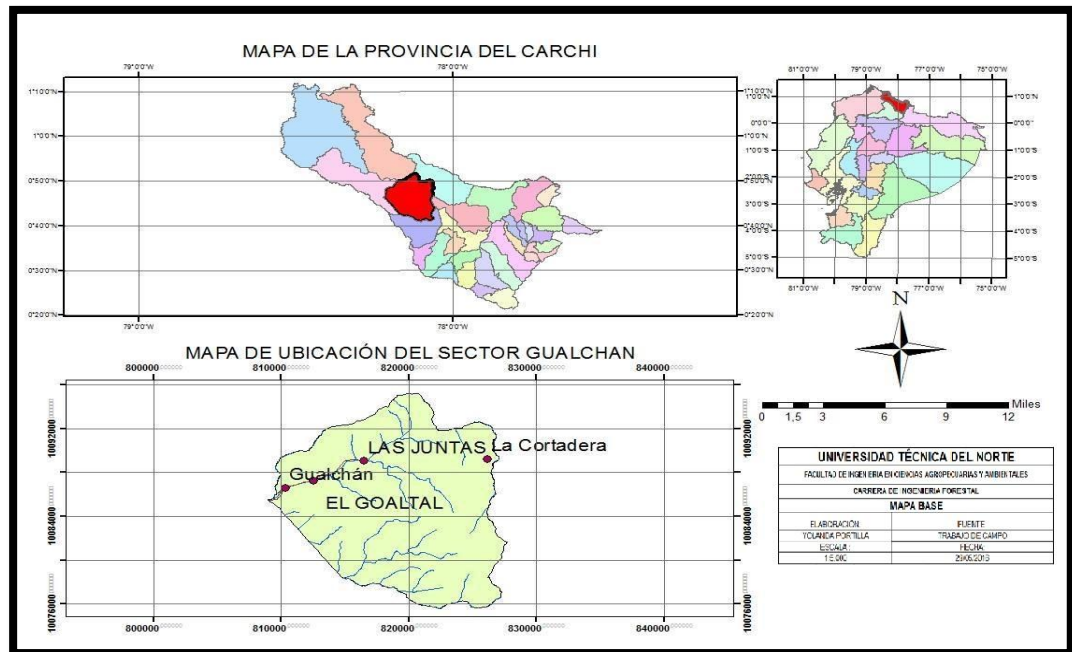


Gráfico 5: Mapa de ubicación del sitio de donde se extraerá la madera.
 Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Talento Humano

- Investigador
- Propietario
- Guía
- Motoserrista

3.2.2 Materiales e Instrumentos

De campo:

- Libreta de campo
- Machete
- Cinta de embalaje
- Motosierra

- Hipsómetro
- GPS
- Cámara fotográfica
- Fundas plásticas

De oficina:

- Equipo informático
- Accesorios de escritorio

De laboratorio

- Balanza eléctrica
- Cubre y porta objetos
- Cajas Petri
- Estufa
- Frascos Bohecos
- Guantes
- Mascarilla
- Microscopio

Sustancias

- Ácido acético glacial
- Agua destilada
- Peróxido de hidrogeno
- Safranina
- Bálsamo de Canadá

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Fase de campo

3.3.1.2 Obtención de la materia prima

Se seleccionaron seis árboles de cada una de las especies objeto de estudio, libres de plagas, enfermedades y daños físicos (COPANT, 1972), con un diámetro representativo de entre 35 y 40 cm, altura de fuste limpio entre 11,5 m 13 m para las dos especies. De los árboles derribados se obtuvieron rodajas de 50 cm a la altura de 1.00 m desde la base del fuste de cada especie

Todas las rodajas se numeraron con un código para su control e identificación, fueron embaladas, y selladas con cinta adhesiva para ser transportadas a la Central Maderera de la Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte y evitar así la pérdida de humedad.

3.3.2 Fase de laboratorio

a) Contenido de humedad en la madera

De las rodajas de 50 cm obtenida de las dos especies, se volvió a realizar nuevos cortes de 40 cm de la cual se elaboró las probetas en las siguientes secciones transversal, radial, y tangencial, cuyas dimensiones fueron: (Probetas: 10 x 3 x 3 cm) las cuales fueron codificadas respectivamente de acuerdo a las normas COPANT 460 y 461, (1972).

El resto de las rodajas de madera se utilizaron para la elaboración de cubos para la maceración de fibras.

b) Procedimiento del ensayo

Las probetas fueron pesadas en condición verde (peso húmedo) en una balanza electrónica. Para determinar el peso anhidro se colocó las probetas en estado verde al

ambiente por el tiempo de 72 horas, posteriormente se colocaron en una estufa eléctrica provista de termo regulador a una temperatura inicial de 40° C durante 48 horas, elevando continuamente la temperatura a 70° C, finalmente tras permanecer a una temperatura de 102 +/- 3° C se obtuvo el peso anhidro.

Para la estimación de la humedad se empleará la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{PV - PSH}{PSH} \times 100$$

Fuente: Norma COPANT 460

Dónde:

CH= contenido de humedad expresada en porcentaje (%).

P.V.= peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

P.S.H.= peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

1) Densidades Específicas

Esta propiedad se determinó según los estándares de la norma COPANT 461, donde se utilizó siete probetas para cada árbol con las siguientes dimensiones: 10 cm de longitud y de 3 cm x 3 cm de sección transversal, orientadas de tal forma que se distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales.

a) Procedimiento del ensayo

Para la determinación de la densidad se tomó en cuenta las tres etapas de acuerdo con el estado de las probetas; madera en condición verde, seca al aire, seca al horno y por su contenido de humedad.

2) Madera en condición verde

Se pesaron en una balanza de presión, y a su vez fueron medidas con el calibrador o pie de Rey en las seis caras, con el fin de determinar el volumen verde, sus resultados fueron analizados con la siguiente fórmula:

$$D.V = \frac{P.V.}{V.V.} \text{ gr/cm}^3$$

Fuente: Norma COPANT 461

Dónde:

D.V.= Densidad de la probeta en condición verde expresada en gramos / cm³

P.V.= Es el peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

V.V.= Volumen de la probeta en estado verde expresado en cm³.

3) **Madera en estado seco al aire**

Las probetas se dejaron al ambiente con una humedad relativa del 65% donde se registraron datos hasta que las probetas hayan llegado a su peso constante (P.S.A). Los datos obtenidos se estimaron con la siguiente fórmula:

$$D.S.A. = \frac{P.S.A.}{V.S.A.} \text{ gr./cm}^3$$

Fuente: Norma COPANT 461

Dónde:

D.S.A.= Densidad de la probeta en condición seca al aire expresada en g / cm³.

P.S.A.= Es el peso de la probeta en estado seco al aire expresado en gramos (gr).

V.S.A.= Volumen de la probeta en estado seco al aire expresado en cm^3 (gr).

4) Madera en estado seco al horno

Las probetas fueron colocadas en la estufa por 48 horas a una temperatura de 40°C ; 7 horas a 60°C y finalmente hasta que se estabilice el peso, luego fueron calculados los datos de la siguiente manera:

$$D.A = \frac{P.S.H.}{V.S.H.} \text{ gr./cm}^3$$

Fuente: Norma COPANT 461

Dónde:

D.A= Densidad de la probeta en estado anhidro expresada en gr/ cm^3

P.S.H.= Es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr)

V.S.H.= Volumen de la probeta en estado seco al horno expresado en cm^3 (gr).

5) Densidad Básica

Con todos los datos obtenidos para el cálculo de las densidades anteriores se utilizó la siguiente fórmula:

$$D.B. = \frac{P.S.H.}{V.V.} \text{ gr/cm}^3$$

Fuente: Norma COPANT 461

Dónde:

D.B.= Densidad básica expresada gr/cm^3

P.S.H.= Es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

V.V.= Volumen de la probeta en estado seco verde expresado en cm^3 .

6) Caracterización de las fibras

De cada especie se tomaron las rodajas sobrantes de 10cm, para el análisis de las características físicas de la fibra, de las cuales se elaboraron rodajas de 5 cm que fueron preparadas en pequeños cubos con las siguientes dimensiones 12.7 mm x 25.4 mm x 50 mm según la metodología de Franklin 1945 (Vahidreza & Devall, 2012).

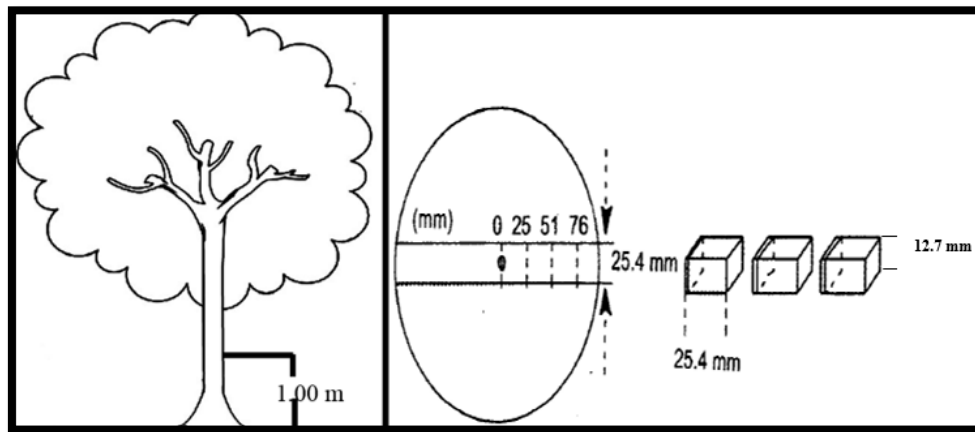


Gráfico 6: Obtención de las rodajas y cubos de madera

Fuente: (Han, Mianowski, & Lin, 1999)

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

3.3.2.1 Estudio de fibras

Una vez elaborado los pequeños cubos fueron llevados a el Laboratorio de Anatomía de la Madera Xiloteca, estos fueron disociados mediante un proceso de maceración, colocando en frascos bohecos de 250 ml con una solución de ácido acético glacial al 100% y peróxido de hidrogeno al 37% en partes iguales (1:1; una parte de ácido acético y una parte de peróxido de hidrogeno) durante 24 horas a una temperatura de 70° grados, dependiendo de la suavidad o dureza de la madera. Al contarse con los cubos macerados, se lavaron con agua destilado para extraer de ellas las soluciones usadas en la maceración. Posteriormente a estén lavado mediante la agitación se logra

el desprendimiento total de las fibras, siendo sometidas a tinción mediante una solución de safranina al 1% y dejándose reposar durante 24 horas y las preparaciones fijas fueron montadas con bálsamo de Canadá.

Luego de que las muestras estuvieron secas se procedió a la medición de la longitud de las fibras, diámetros, lumen y ancho o espesor de paredes.

3.3.2.2 Intensidad de muestreo

Con el material listo se realizó un premuestreo con 20 fibras tomadas al azar de cada uno de los seis árboles las dos especies y apoyados por la fórmula que se muestra más adelante, el tamaño final de la muestra fue de 30 fibras a medir por cada árbol.

$$n = \frac{(t^2 * S^2)}{E^2}$$

Fuente: Aguirre & Vizcaíno 2010

Donde:

n: tamaño de muestra

t: t de Student con $\alpha = 0,05$

S²: varianza

E: tamaño del error aceptable

1. Medición de la longitud de las fibras

Las observaciones microscópicas se realizaron en el equipo de microscopia binocular LEICA Dm 750 ICCS 040. Las mediciones directas se llevaron a cabo en un monitor acoplado a un circuito cerrado de televisión y una cámara digital, los valores de longitud se tomaron con el objetivo de 4X; los diámetros de lumen y diámetro total

con el objetivo 40X. Se hicieron mediciones de longitud, diámetro, lumen y paredes de cada fibra en μ micras.

A los valores de longitud de fibra, se calculó la medida mediante una hoja de cálculo y se procedió al análisis y elaboración de los modelos ajustados. Con el análisis de varianza se procedió a la comparación de los modelos lineales que se ajustaron a las variables estudiadas, para ello se ajustó el modelo lineal.

2. Características de Índices de calidad de fibra

Las características de los índices de calidad se enmarcan dentro determinar la calidad y clasificación de las fibras según sus coeficientes físicos de calidad, una vez obtenido el material montado se llevó al respectivo la Laboratorio de Investigaciones Ambientales (LABINAM) de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, para la obtención de los índices de calidad se tomó los datos analizados dentro de las características físicas de la fibra determinando los siguientes coeficientes:

- **Coeficiente de rigidez**

$$CR = 2w/D$$

- **Coeficiente de esbeltez**

$$CP=L/DI$$

- **Fórmula de flexibilidad**

$$CF= 1/D$$

- **Coeficiente de Runkel**

$$FR= 2W/l$$

3. Análisis Estadísticos

Para las comparaciones de las características fibrosas de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp. (moquillo), se tomó en cuenta estudios realizados con especies conocidas de latifoliadas entre ellas *Eucalyptus*. Una vez obtenidos los resultados del estudio, se realizó el análisis estadístico donde se aplicó técnicas de regresión lineal para determinar en sentido longitudinal de los árboles.

La estadística de prueba está dada por:

$$FC = CM_R / CM_E$$

Fuente: (Aguirre & Vizcaíno, 2010)

Donde:

CM_R= Cuadrado medio de la regresión

CM_E= Cuadrado medio del error

Para este análisis se realizó los gráficos de barras para las comparaciones con estudios anteriores sobre fibras. También se probó las regresiones lineales, las cuales fueron suficientes para estimar el valor de la densidad básica, longitud de fibra, espesor de la pared, diámetro de lumen y diámetro total de la fibra. Para presentar los perfiles de variación de todas las variables de los árboles.

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Características físicas y pulpables de las fibras naturales.

4.2.1 Densidad de la madera

En la **Tabla 5** se observa los valores promedios de la densidad donde se destaca una densidad básica de 0.27 gr/cm^3 , se determinó desviación estándar de entre 0.01 y 0,05 que indican que los porcentajes de las probetas analizadas no son poco dispersos; cabe recalcar que se registraron coeficientes de variación entre 5,13 % y 11,04 % que permite inferir que los datos son homogéneos. Los valores promedios para uவில்lo de 117,37% lo que la significa que la madera tiene alta capacidad higroscópica.

Tabla 5. Densidad básica *Aegiphila sp.* (uவில்lo)

ESTIMADO RES ESTADÍSTICOS	CH			DENSIDAD			
	SA	SH	Total	DV	DSA	DSH	DB
	%	%	%	gr/c m ³	gr/c m ³	gr/c m ³	gr/c m ³
Media	22,9 2	94,4 5	117,37	0,59	0,49	0,36	0,27
Suma	137, 51	566, 73	704,24	3,51	2,96	2,18	1,63
Desviación estándar	6,29	20,4 8	19,49	0,05	0,03	0,04	0,01
Error estándar	2,57	8,36	7,96	0,02	0,01	0,02	0,01
CV	27,4 4	21,6 8	16,60	8,17	6,75	11,0 4	5,13

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

En la **Tabla 6** se observa los valores promedios de la densidad donde se destaca una densidad básica de 0.26 gr/cm^3 , se determinó desviación estándar de entre 0,02y 0,06 que indican que los porcentajes de las probetas analizadas no fueron muy dispersos; cabe recalcar que se registraron coeficientes de variación entre 8,73 % y 5,47 % que permite inferir que los datos son heterogéneos. Registrando un contenido de humedad de 230,84% lo que se refiere a que esta especie de moquillo tiene una alta capacidad higroscópica.

Tabla 6. Valores de densidad básica de *Saurauia* sp. (moquillo)

Estimadores estadísticos	CH			DENSIDAD			
	SA	SH	Total	DV	DSA	DSH	DB
	%	%	%	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
Media	60,11	178,73	238,84	0,86	0,59	0,31	0,26
Suma	360,66	1072,37	1433,03	5,16	3,57	1,83	1,54
Desviación estándar	16,11	29,43	37,27	0,06	0,03	0,02	0,02
Error estándar	6,58	12,01	15,22	0,02	0,01	0,01	0,01
CV	26,80	16,47	15,61	6,87	5,47	7,42	8,73

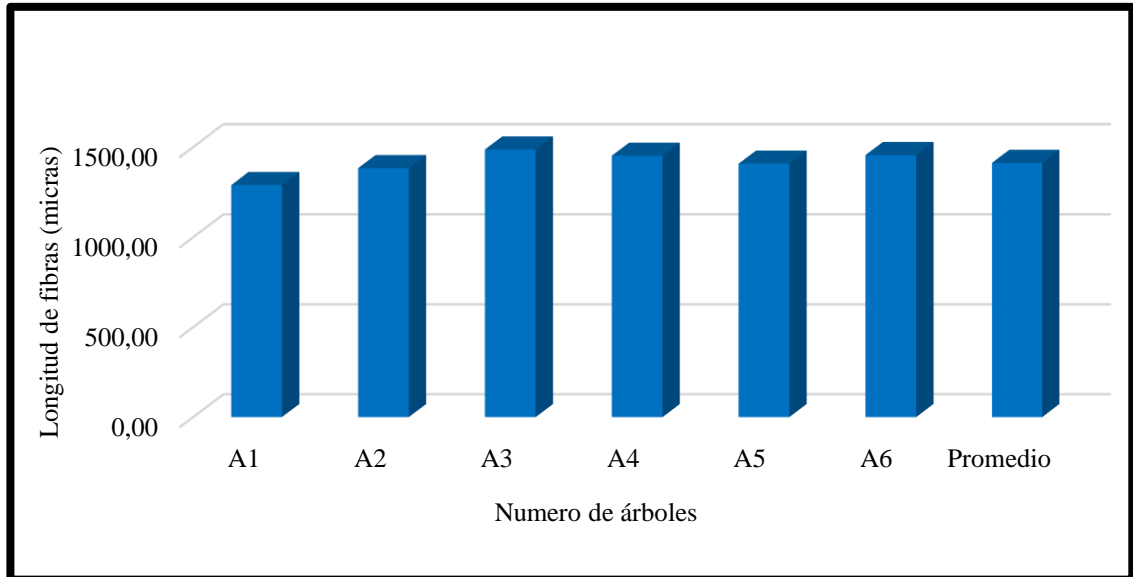
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Se puede observar que el rango de densidad básica esta entre 0,27 gr/cm³ a 0,26g/cm³, para las especies motivo de estudio, de acuerdo a la clasificación de (Fuentes, 1987), la densidad de madera que se reportó se la clasifica con “**densidad media**”. En lo que se refiere a los resultados encontrados en la densidad básica son casi similares a los reportados en *E. grandis* con 0,48 gr/cm³ y 0,52 gr/cm³ para *E. urophylla* (Medina, 2003). A este tipo de densidad se las cataloga de Clase “D” que se trata de maderas livianas o muy blandas, generando usos en cajonería, diafragmas, aislantes térmico acústicos y en general encofrados (Normas NTE INEN , 2011).

4.1.2.1 Longitud de las fibras de *Saurauia* sp.

La longitud de las fibras que presenta *Saurauia* sp., con un coeficiente entre 0,343% y 0,714% que permite inferir su homogeneidad, que se presentó un coeficiente de variación entre los árboles de un 5,00 % (Ver Tabla 5). También muestra la máxima longitud de fibras en el árbol 3 con 1486,58 μm, mientras que en el árbol 1 con 1289,41 μm. Así mismo, en el **Gráfico 7** se muestra el promedio general de la longitud entre los árboles evaluados. El Fisher calculado de 6,59 (Ver Tabla 8), es muy superior a sus correspondientes tabulares, consecuentemente los resultados son altamente significativas, al valor de la longitud de las fibras de la madera. Para la madera de *Saurauia* sp., lo que permite catalogarla como una madera de **fibra mediana** en

función con lo establecido por la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera (LAWA, 1989), tal y como se indica en la (Ver Tabla 9).

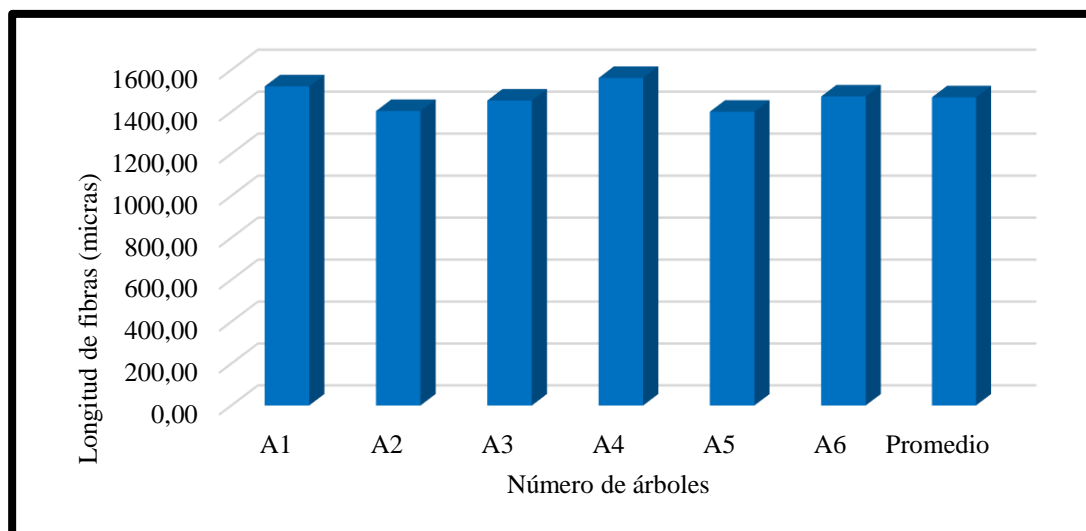


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapuès

Gráfico 7: Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de *Saurauia sp.*, sometidos a evaluación.

4.2.2.2 Longitud de las fibras de *Aegiphila sp.*

La longitud de las fibras que presenta *Aegiphila sp.*, con un coeficiente de variación entre 0,48% y 0,87%. En el **Gráfico 8** se observa el promedio general que presenta la longitud de las fibras entre los distintos árboles estudiados. Además respalda la información que representa la homogeneidad (Ver Tabla 10). Claramente se puede observar que cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 2 con la menor longitud de fibras con 1403,93 μm y el árbol 4 con 1561,28 μm evidenciando el mayor resultado.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 8: Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de *Aegiphila sp.*, sometidos a evaluación.

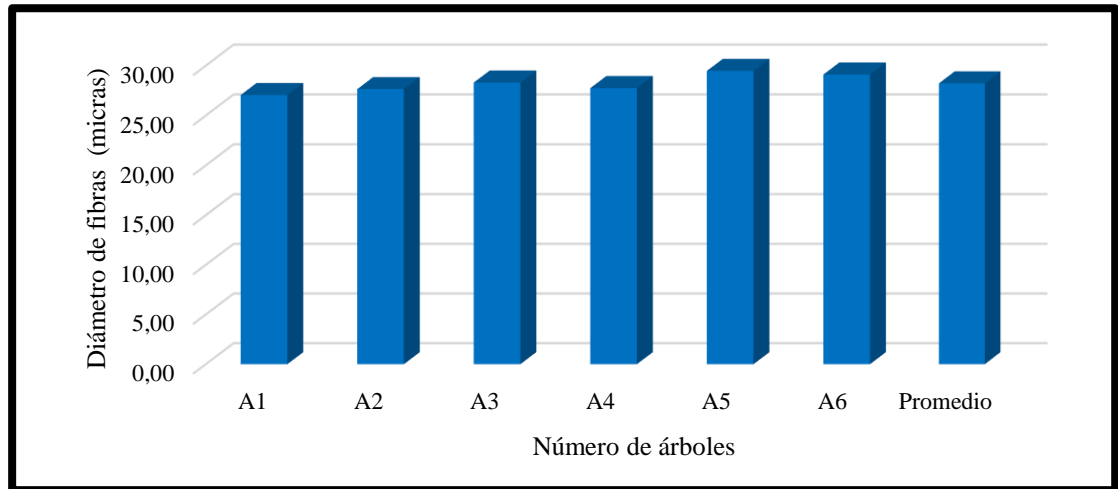
Los resultados estadísticos de *Aegiphila sp.*, por cada árbol muestran un Fisher calculado de 6,24 siendo muy superior a sus correspondientes tabulares, consecuentemente los resultados son altamente significativos, al valor de la longitud de las fibras de la madera (Ver Tabla 11). Para la madera de *Aegiphila sp.*, lo que permite catalogarla como una madera de **fibra mediana** en función con lo establecido (Ver Tabla 9).

4.1.3 Diámetro total

4.1.3.1 Variación del diámetro de la fibra de *Saurauia sp.*

Los resultados del diámetro de las fibras que presenta *Saurauia sp.*, con un coeficiente de variación entre 0,51% a 0,67 %, que permite inferir su homogeneidad. Claramente se puede observar que cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 5 con el mayor diámetro de fibras 29,48 μm y el árbol 1 con el menor promedio 27,06 μm , (Ver Tabla 12). En el **Gráfico 9** se muestra el promedio general de la longitud de las fibras entre los distintos árboles evaluados, determinando un valor promedio aproximadamente 28,23 μm , lo que permite catalogarla como una madera de **fibra mediana** en función a la clasificación de (Tortorelli, 1956). Los

resultados de la estadística de *Saurauia* sp., por cada árbol bajo estudio mostrando un Fisher calculado de 6,37 es muy superior a sus correspondientes tabulares, consecuentemente los resultados son altamente significativos, al valor del diámetro de las fibras de la madera (Ver Tabla 13).

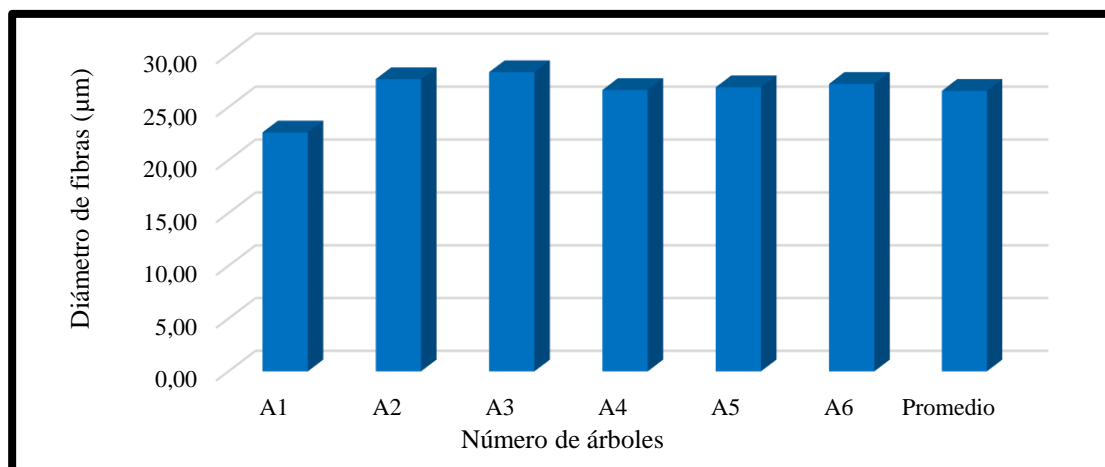


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapué

Gráfico 9: Diámetro de las fibras promedio entre los 6 árboles de *Saurauia* sp., sometidos a evaluación.

4.1.3.2 Variación diámetro de las fibras de *Aegiphila* sp.

Para el diámetro de las fibras que presenta *Aegiphila* sp., con un coeficiente de variación entre 0,51 % a 1,02 % que permite inferir su homogeneidad, el diámetro promedio de las fibras varía entre 28,31 μm y 22,62 μm , con un valor promedio aproximadamente 26,55 μm , (Ver Tabla 14), lo que permite clasificarla como una madera de **fibra mediana** en función a la clasificación de (Tortorelli, 1956). Así mismo, en el **Gráfico 10** se verifica el promedio general que presenta el diámetro de las fibras entre los distintos árboles estudiados. Los resultados estadísticos de *Aegiphila* sp., según los seis árboles evaluados presentan un Fisher calculado de 6,19 es muy superior a sus correspondientes tabulares, consecuentemente los resultados son altamente significativos, al valor del diámetro de las fibras de la madera (Ver Tabla 15).

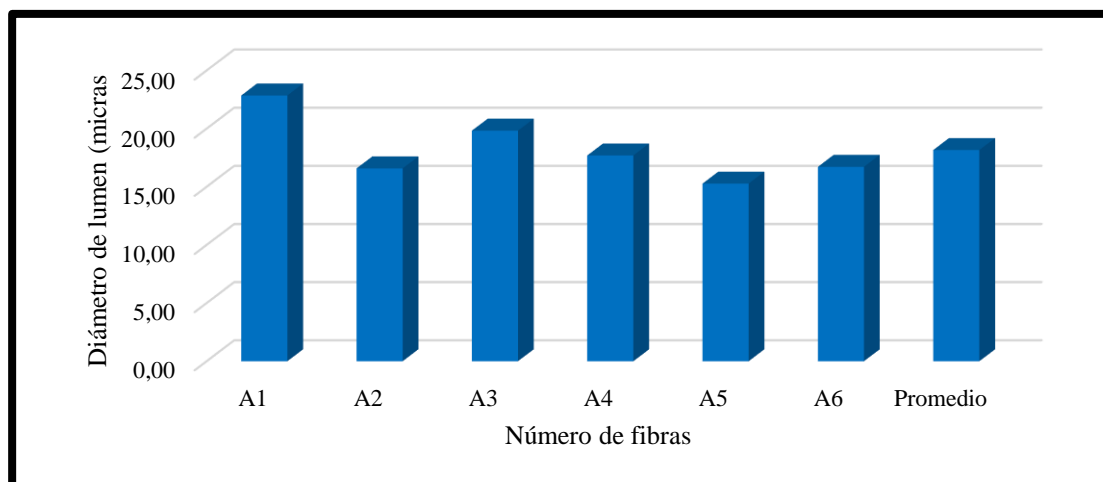


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués
Gráfico 10: *Diámetro de fibras promedio entre los 6 árboles de Aegiphila sp.*

4.1.4 Diámetro de lumen total

4.1.4.1 Diámetro del lumen de las fibras de *Saurauia sp.*

El diámetro de lumen de las fibras de *Saurauia sp.*, presentan un coeficiente de variación que varía entre 0,75 % a 1,11 % cabe recalcar que los datos muestran su heterogeneidad con un coeficiente de variación del 15 % probablemente se dio por la baja resolución de la cámara que no permitió recolectar datos exactos, se puede observar que cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 5 con el menor diámetro de fibras 15,27 µm y el árbol 1 con 22,85 µm evidenciando el mayor resultado (Ver Tabla 16). En el **Gráfico 11** se muestra el promedio general del diámetro entre los árboles evaluados con un valor promedio aproximadamente 18,16 µm. Los resultados estadísticos que muestra *Saurauia sp.*, por cada árbol determina un Fisher calculado de 0,57 es un valor inferior a sus correspondientes tabulares, es decir que son muestras no significativas para dichas fuentes, para el valor del diámetro de lumen en las fibras de la madera (Ver Tabla 17).

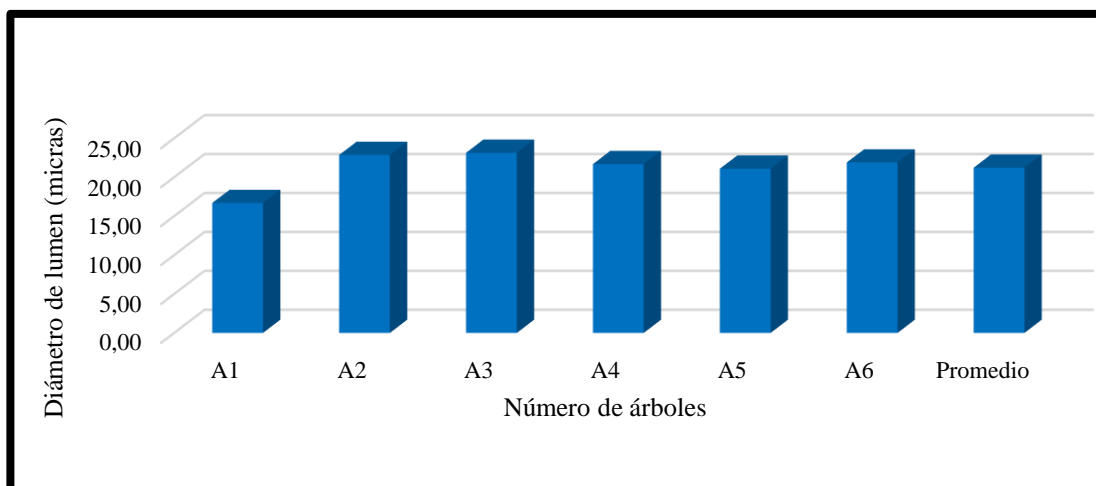


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 11: Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de *Saurauia sp.*

4.1.4.2 Diámetro del lumen de las fibras de *Aegiphila sp.*

El diámetro de lumen de las fibras que presenta *Aegiphila sp.*, determinan un coeficiente de variación entre 0,68% a 1,44 % que permite inferir su homogeneidad, mostrando claramente que cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 1 con el menor diámetro de fibras 16,69 μm y el árbol 3 con 23,14 μm evidenciando el mayor resultado con un valor promedio aproximadamente 21,23 μm , lo que permite catalogarla como una madera con un diámetro de lumen **extremadamente ancho** en función a la clasificación de (Terrazas, 1984). (Ver Tabla 18). Así mismo, en el **Gráfico 12** se muestra el promedio general del diámetro entre los árboles evaluados. Para los valores estadísticos de *Aegiphila sp.*, por cada árbol bajo estudio el Fisher calculado es de 5,06 es muy superior a sus correspondientes tabulares, consecuentemente los resultados son altamente significativos, al valor del diámetro de lumen de cada una de las fibras de la madera (Ver Tabla 19).



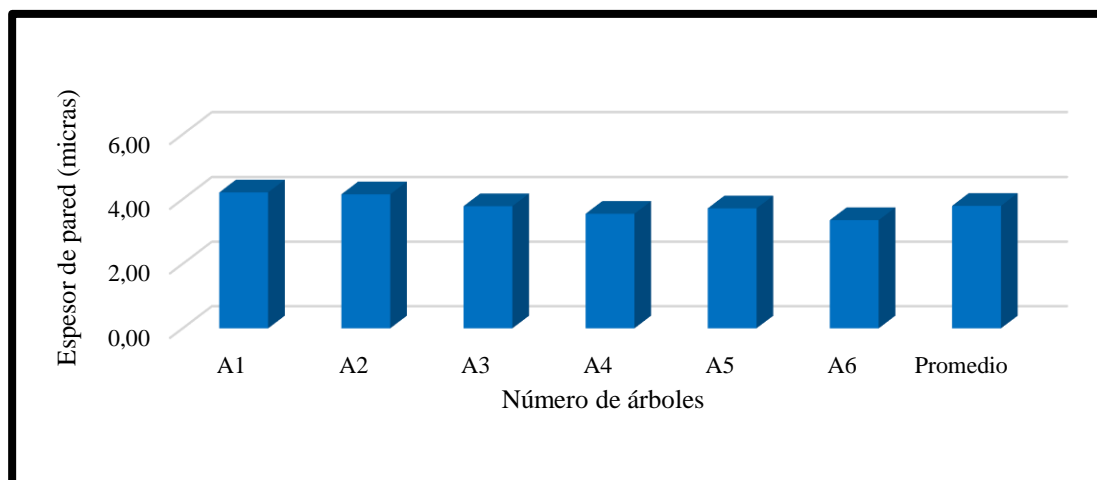
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 12: *Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de Aegiphila sp., sometidos a evaluación.*

4.1.5 Espesor total de la pared de las fibras

4.1.5.1 Espesor de la pared de las fibras de *Saurauia sp.*

El espesor de paredes de las fibras de *Saurauia sp.*, presentan un coeficiente de variación entre 1,25 % a 0,74 % lo que significa que es relativamente homogéneo, claramente se puede observar que cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 6 con el menor espesor de pared de fibras 3,35 μm y el árbol 1 con 4,21 μm evidenciando el mayor resultado, con un valor promedio aproximadamente 3,79 μm . (Ver Tabla 20). Los resultados estadísticos de *Saurauia sp.*, se muestran con un Fisher calculado de 0,61 es un valor inferior a sus correspondientes tabulares, es decir que no existe mucha diferencia estadística entre dichas fuentes, al valor del espesor de pared de las fibras de la madera (Ver Tabla 21). En el **Gráfico 13** se observa el promedio que presenta el espesor de pared de las fibras entre los distintos árboles estudiados.

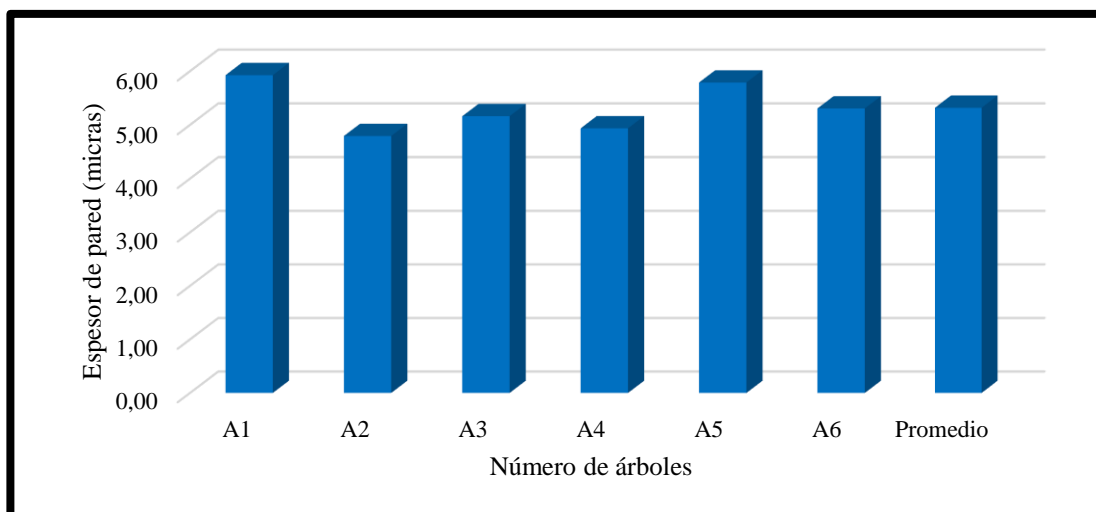


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 13: *Espesor de pared de fibras promedio entre los 6 árboles de Saurauia sp.*

4.1.5.2 Espesor de pared de las fibras de Aegiphila sp.

El coeficiente de variación varía entre 0,86% a 1,36% para los resultados del espesor de pared de las fibras lo que permite observar su homogeneidad en el espesor de las fibras de *Aegiphila sp.*, cada árbol muestra un comportamiento particular, evidenciado en el árbol 2 con el menor diámetro de fibras 4,79 μm y el árbol 1 con 5,93 μm evidenciando el mayor resultado (*Ver Tabla 22*), con un espesor de **pared delgada** en función a la clasificación de (Tortorelli, 1956). En el **Gráfico 14** se observa los valores que presenta el espesor de la pared de las fibras entre los distintos árboles estudiados. El Fisher calculado de 0,63 es un valor inferior a sus correspondientes tabulares, es decir que no existe diferencias estadísticas entre dichas fuentes, al valor del espesor de la pared de las fibras de la madera (*Ver Tabla 23*).



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 14: *Esesor de la pared, valores entre los 6 árboles de Aegiphila sp.*

4.1.6 Índices de calidad de pulpa papel

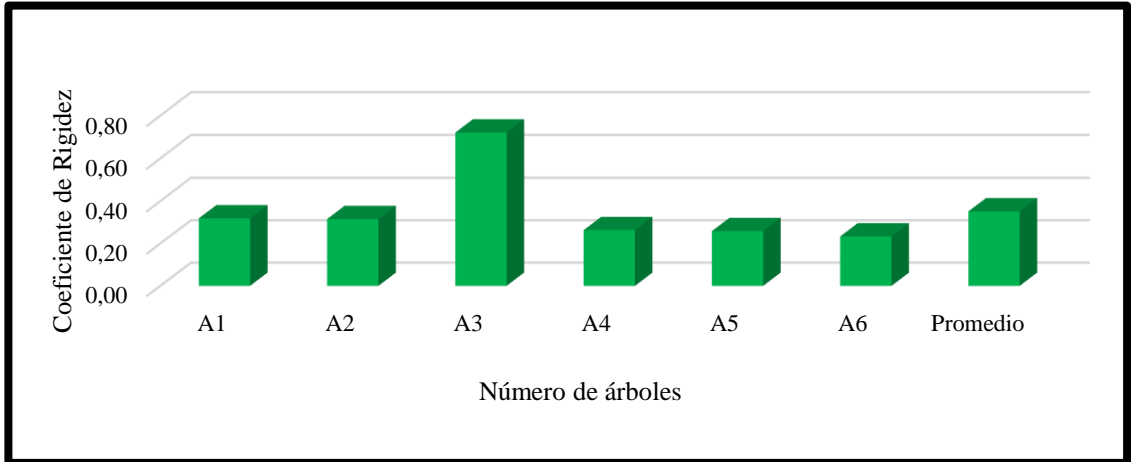
Como todo producto elaborado, las características y propiedades de la materia prima tendrán una significativa influencia en las características y propiedades del producto resultante, en caso del papel. Con las dimensiones de las fibras: longitud, diámetro de lumen y el grosor de la pared, se determinaron los índices de calidad de pulpa para papel. Estos son relaciones que se utilizan para inferir si una especie maderable puede ser o no adecuada para la elaboración de pulpa para papel.

4.1.6.1 Coeficiente de Rigidez

a) Coeficiente de rigidez *Saurauia sp*

El coeficiente de rigidez involucra al esesor de las paredes de la fibra y el diámetro total de las mismas, este índice de calidad sirve para ver qué tan gruesa es la pared celular de las fibras, la tendencia en los árboles de *Saurauia sp.* muestreados, se presenta en el **Gráfico 15** en la cual se puede observar que hay un valor máximo de **2,58** para el árbol 5 y un decremento en el árbol 4 con **0,26** y estadísticamente éste coeficiente no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **1,06**. Según la clasificación de Fuentes (1987), se clasifica dentro del rango de “**pared muy gruesa**”. Cabe indicar que las fibras con paredes delgadas son mejores en la

fabricación de papel ya que se aplastan, tomando la forma de bandas y ocupando una mayor área superficial de contacto, sucediendo lo contrario con las fibras de paredes gruesas, son más rígidas y mantienen su forma poligonal, dificultando el enlazamiento entre fibras, sin embargo son resistentes al rasgado y la degradación por el batido, Larios citado por (Rosas, 2003).

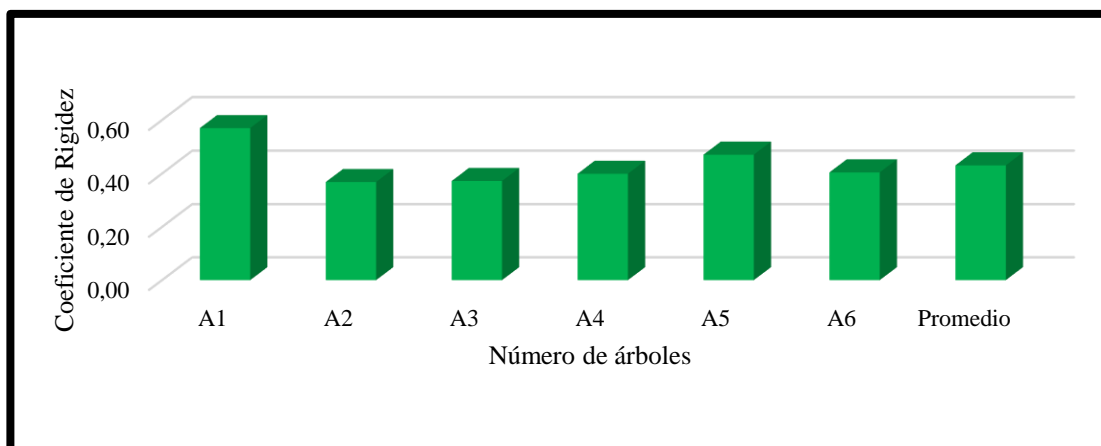


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapué

Gráfico 15: Coeficiente de rigidez de *Saurauia sp.* con respecto al número de fibras

b) Coeficiente de rigidez *Aegiphila sp*

El coeficiente de rigidez hace referencia al espesor de la pared entre los árboles de *Aegiphila sp.* muestreados, se presenta en el **Gráfico 16** en la cual se puede observar que hay un valor máximo de **0,57** para el árbol 1 y un decremento en el árbol 2 y 3 con **0,37** y estadísticamente éste coeficiente no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **0,43**. Según la clasificación de Fuentes (1987), se clasifica dentro del rango de “pared media”.



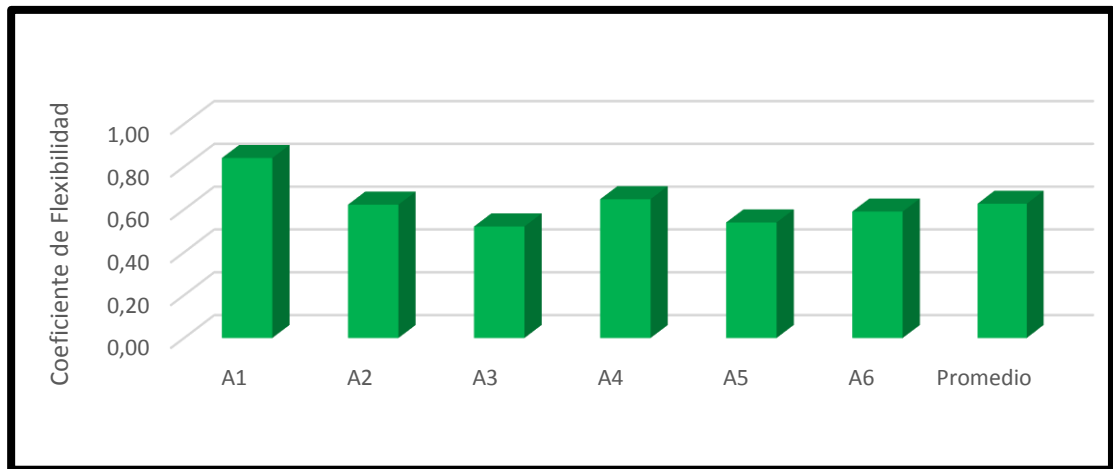
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 16: Coeficiente de rigidez de *Aegiphila sp.* con respecto al número de fibras

4.1.6.2 Coeficiente de Flexibilidad

a) Coeficiente de flexibilidad *Saurauia sp*

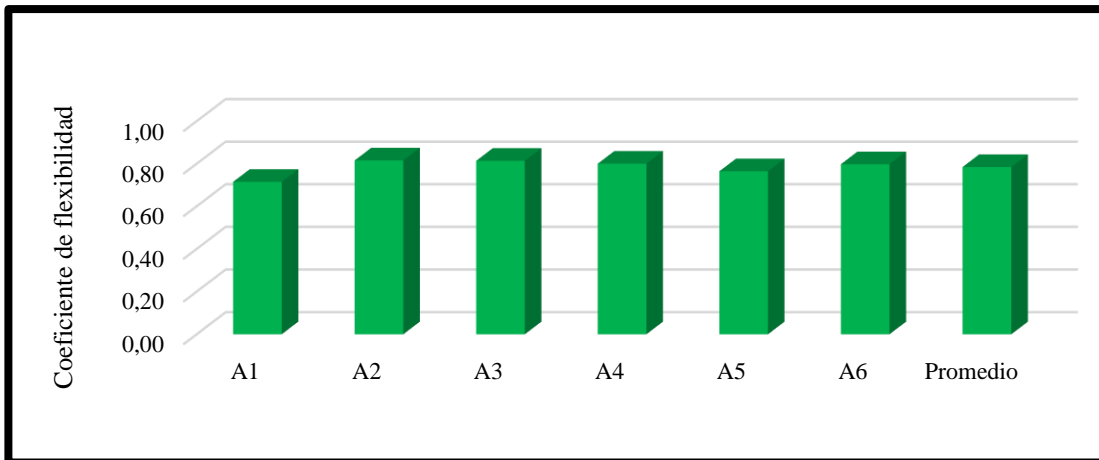
Entre los árboles de *Saurauia sp.* muestreados, se presenta en el **Gráfico 17** en el cual se puede observar que hay un valor máximo dentro del coeficiente de Flexibilidad de **0,84** para el árbol 1 y un valor mínimo en el árbol 3 con **0,52** y estadísticamente éste coeficiente no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **0,63**. Según la clasificación de Fuentes (1987), se clasifica dentro del rango de “**pared media**”. Cabe indicar que a medida que este coeficiente es más alto, la resistencia a las tensiones es mucho mayor al igual que la resistencia al dobléz y rasgado en las pulpas que no son batidas, Fuentes citado por (Rosas, 2003).



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués
Gráfico 17: Coeficiente de flexibilidad de *Saurauia sp.* con respecto al número de fibras

b) Coeficiente de Flexibilidad *Aegiphila sp*

En el **Gráfico 18** se representa los máximo dentro del coeficiente de Flexibilidad con un valor de **0,82** para el árbol 2 y un valor mínimo en el árbol 1 con **0,72** y estadísticamente éste coeficiente no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **0,78**. Según la clasificación de Fuentes (1987), se clasifica dentro del rango de “pared delgada”.

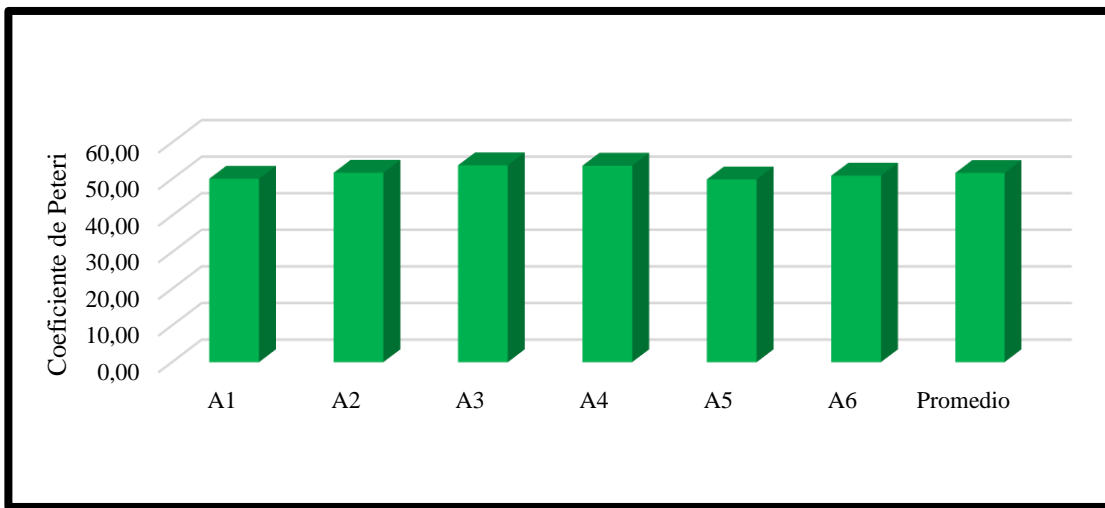


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués
Gráfico 18: Coeficiente de flexibilidad de *Aegiphila sp.* con respecto al número de fibras muestreadas

4.1.6.3 Coeficiente de Peteri o de Esbeltez

a) Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez *Saurauia sp*

En los árboles de *Saurauia sp.* muestreados, se presenta en el **Grafico 19** en la cual se puede observar que hay un valor máximo dentro del coeficiente de Peteri con **53,78** para el árbol 3 y un valor menor en el árbol 5 con **49,90** Mostrando estadísticamente éste coeficiente no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **51,69**.

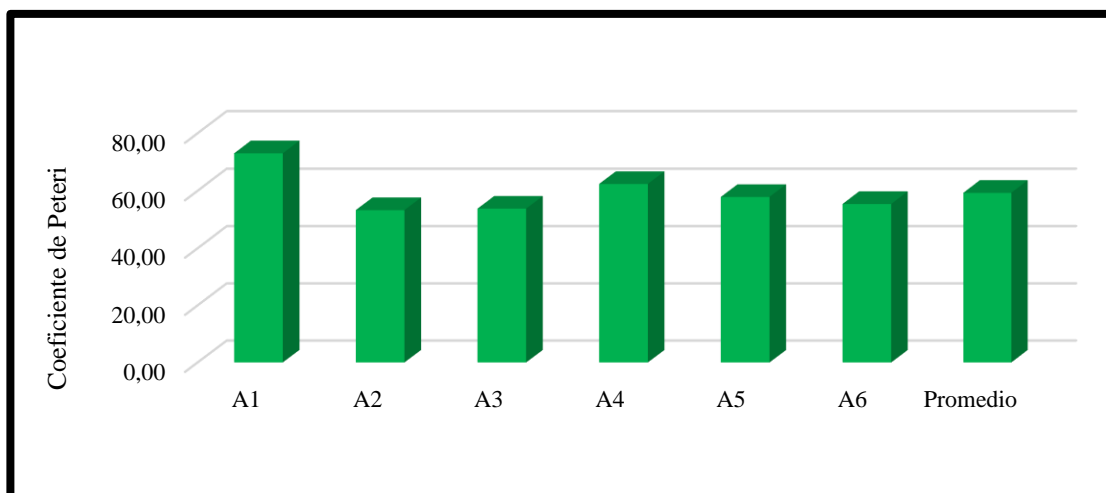


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 19: Coeficiente de Peteri de *Saurauia sp.* con respecto al número de fibras muestreadas

b) Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez *Aegiphila sp*

En el **Grafico 20** se puede observar que hay un valor máximo para este coeficiente con un valor de **73,02** para el árbol 1 y un valor mínimo en el árbol 2 y 3 que presentan valores de 53,26 y 53,78 respectivamente. Mostrando estadísticamente éste coeficiente de Peteri no es significativo ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **59,27**.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

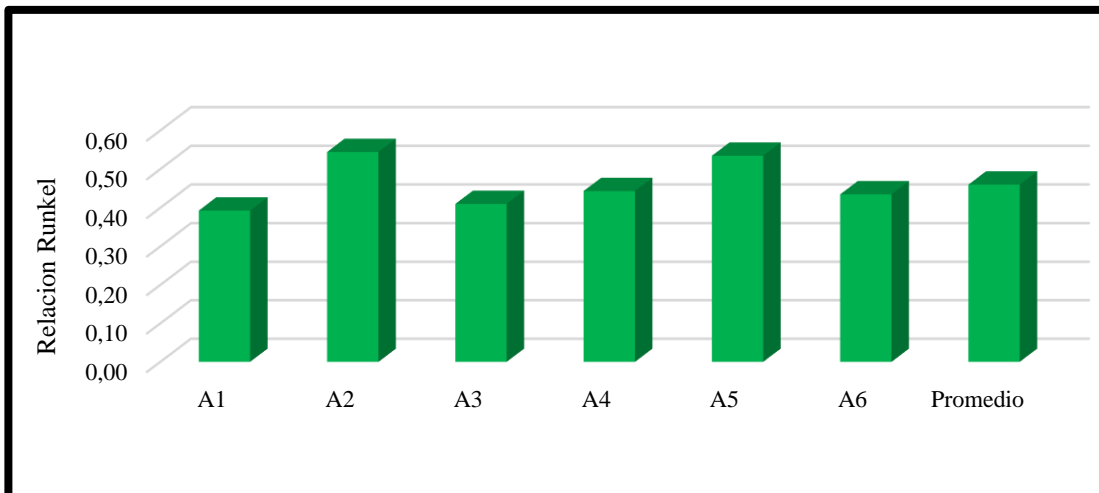
Gráfico 20: Coeficiente de Peteri o Índice de Esbeltez de *Aegiphila sp.* con respecto al número de fibras muestreadas

Cabe mencionar que este índice es uno de los de mayor importancia, ya que si existe la presencia de un valor alto dentro del coeficiente significa que las fibras presenta una alta resistencia al rasgado del papel elaborado con pulpa sin refino (Fuentes, 1987).

4.1.6.4 Relación Runkel

a) Relación Runkel *Saurauia sp*

Se presenta en el **Gráfico 21** en la cual se puede observar que hay un valor máximo en la Relación Runkel con un valor de **4,10** para el árbol 3 y un valor menor en el árbol 1 con **0,39** y un valor promedio de **2,45**. Mostrando estadísticamente que esta Relación es significativa ($\alpha = 0.05$).

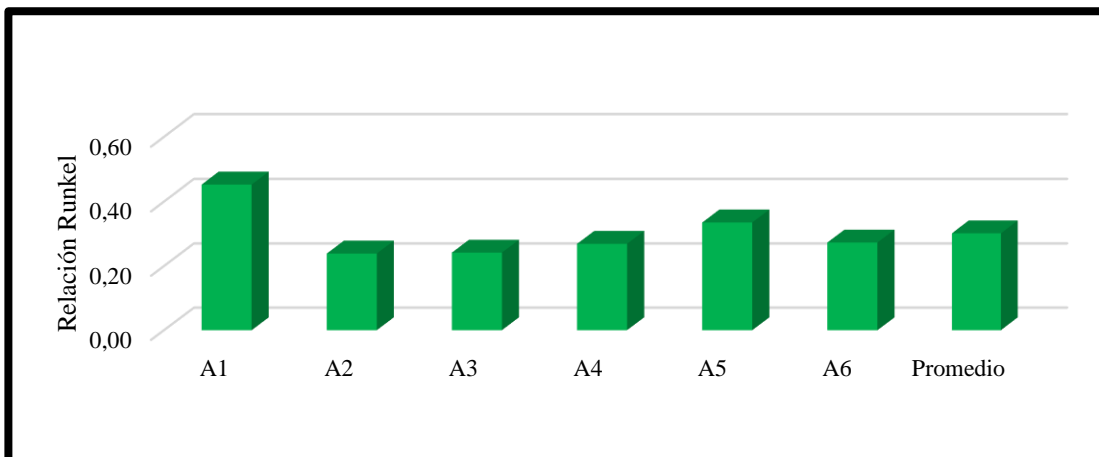


Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Gráfico 21: Relación Runkel de *Saurauia sp.* con respecto al número de fibras muestreadas

b) Relación Runkel de *Aegiphila sp*

De los árboles de *Saurauia sp.* muestreados, se presenta en el **Gráfico 22** en la cual se puede observar que hay un valor máximo para este coeficiente con un valor de **0,45** para el árbol 1 y un valor mínimo en el árbol 2 y 3 que presentan valores de **0,24** respectivamente. Mostrando estadísticamente ésta Relación es significativa ($\alpha = 0.05$). El valor medio para los seis árboles es de **0,30**.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

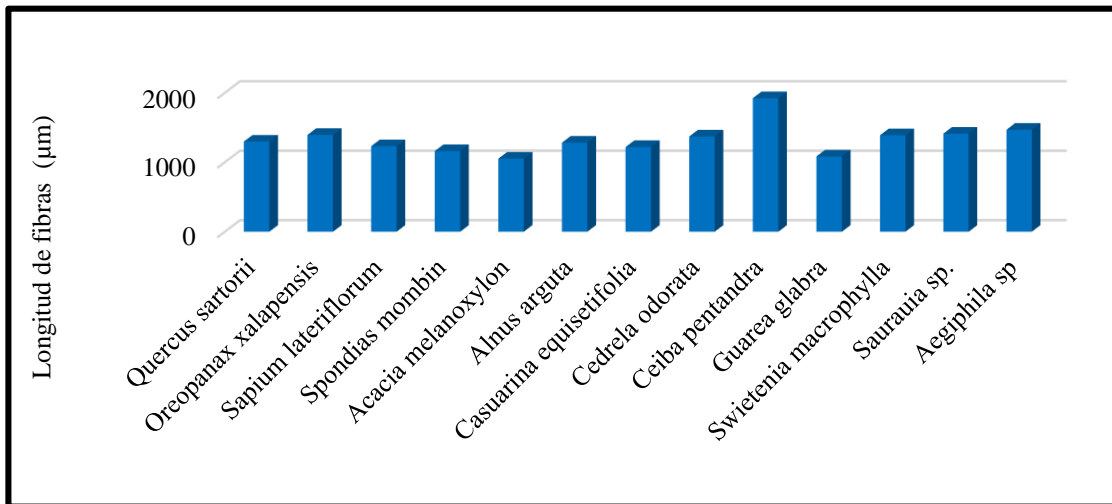
Gráfico 22: Relación Runkel de *Aegiphila sp.* con respecto al número de fibras muestreadas

Con estos valores obtenidos para los dos árboles la relación de Runkel y tomando en cuenta la clasificación (Porres y Valladares citado por Rosas, 2003), la especie de *Saurauia sp.* es clasificada como calidad mala para la producción de papel, en cambio *Aegiphila sp.* tiene una calidad Muy buena para la elaboración de papel.

4.1.7 Comparación de las dimensiones e índice de calidad de fibras con otras latifoliadas

a) Longitud de fibras de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.*

En el **Gráfico 23**, se hace una comparación de la longitud de fibras, encontradas en el presente estudio con otras 11 especies de latifoliadas (Tamarit, 1996), donde se puede apreciar que *Aegiphila sp.* y *Saurauia sp.*, se encuentra entre los valores intermedios con valores entre 1469,06 μm y 1412,46 μm también se puede evidenciar que *Ceiba pentandra* reporta valores de 1923 μm considerando las fibras más largas, pero en las especies motivo de estudio se verifica las fibras se clasifican en fibras de **Longitud media**.



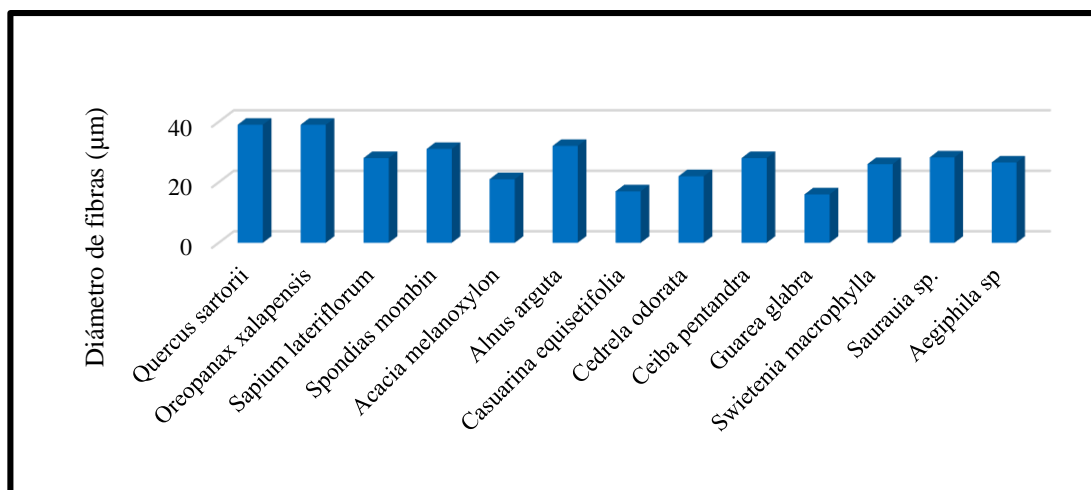
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapué

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 23: Longitud de fibras de 13 especies; 11 especies de Eucaliptos y 1 de *Saurauia sp.*, y 1 *Aegiphila sp.*, correspondiente a este estudio.

b) Diámetro de fibras de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.*

En el **Gráfico 24**, se muestra promedios de los diámetros de fibras de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.* con otras 11 especies de latifoliadas observando que las fibras se encuentran en rangos intermedios con valores entre 28,23 μm y 26,55 μm . Dentro de las especies de latifoliadas se encuentra *Quercus sartorii* y *Oreopanax xalapensis* que reporta 39 μm , considerando que el diámetro de fibras es bastante mínimo, lo cual es consecuente que las fibras motivo de estudio se encuentran en el rango de valores de investigaciones anteriores, considerandose **fibras medianas**.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

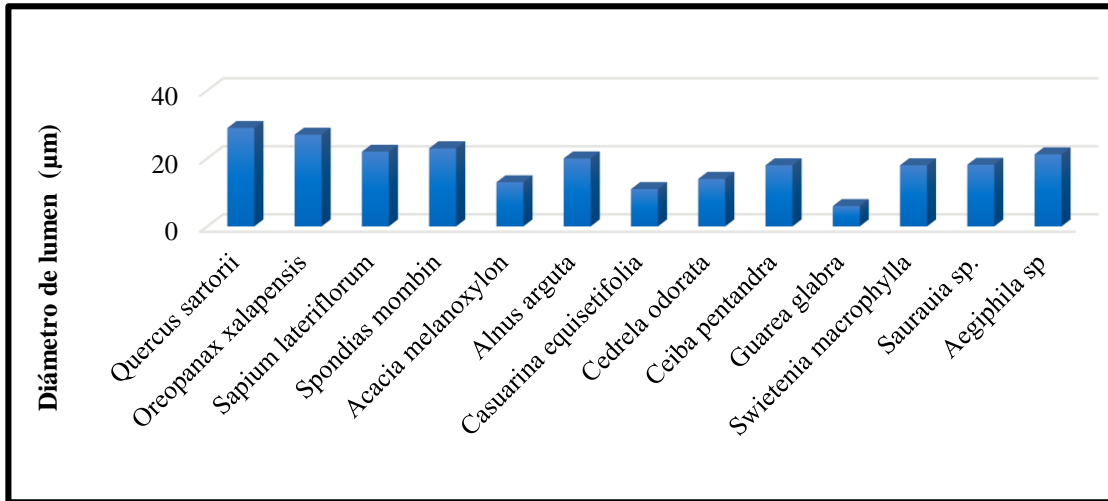
Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 24: Diámetro de fibras de 13 especies; 11 especies de Latifoliadas y 1 de *Saurauia sp.*, y 1 *Aegiphila sp.*, correspondiente a este estudio

c) Diámetro de lumen de las fibras de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.*

El diámetro de lumen de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.* se muestran en el **Gráfico 25**, que se hace una comparación con estudios anteriores de 11 especies de latifoliadas estudiadas (Tamarit, 1996). También se puede apreciar que las fibras se encuentra entre los valores de 18,16 μm y 21,23 μm colocandose en un rango inetermedio con un promedio de 19,69 μm que hace relación con *Swietenia macrophylla* con 18 μm y *Sapium lateriflorum* 22 μm que se ubica en el rango similar a las especies de la

investigación. Los datos encontrados dentro del diámetro de lumen son considerados como fibras **extremadamente anchas** (Terrazas, 1984).



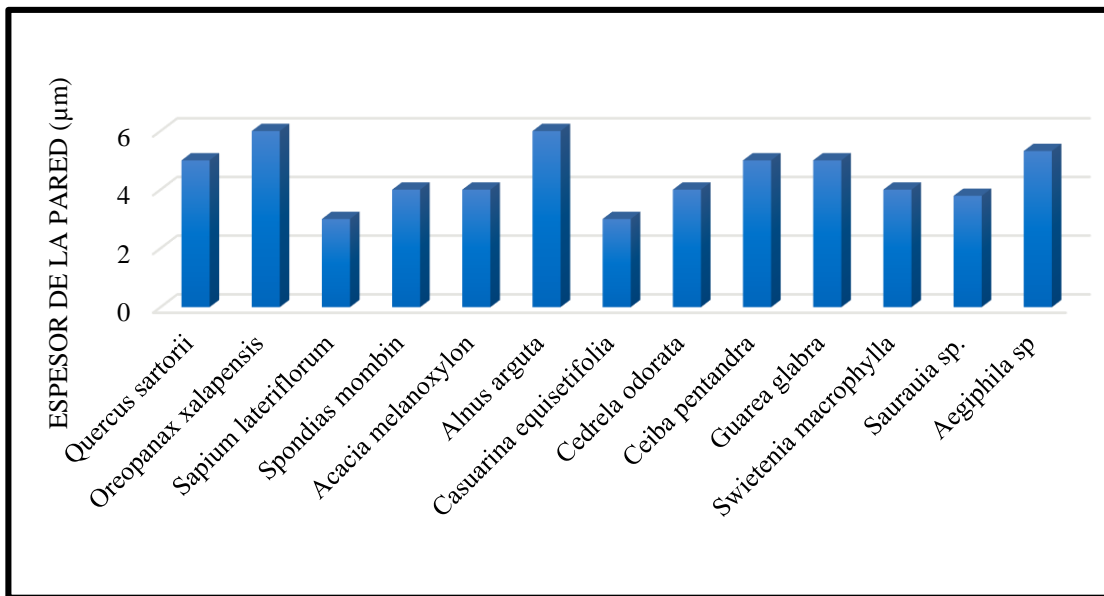
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 25: Diámetro de lumen de fibras de 13 especies; 11 especies de Latifoliadas y 1 de *Saurauia sp.*, y 1 *Aegiphila sp.*, correspondiente a este estudio

d) Diámetro de lumen de las fibras de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.*

La comparación del espesor de pared de las fibras se muestra **Gráfico 26**, encontradas dentro del estudio con otras 11 especies de latifoliadas reportadas por (Tamarit, 1996). Se puede apreciar que *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.* con 3,79 µm y 5,32 µm se encuentra entre los valores intermedios dentro de las otras especies, pero también se observa los valores de *Oreopanax xalapensis* y *Alnus arguta* que se ubica en el rango máximo a diferencia de las especies de la investigación. Dentro de las especies de latifoliadas se encuentra el *Sapium lateriflorum* que reporta 3 µm, considerando que el espesor de pared de las fibras es bastante mínimo, lo cual es consecuente que las fibras motivo de estudio se encuentran en el rango de valores de investigaciones anteriores, considerandose **fibras delgadas** (Tortorelli, 1956).



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapué

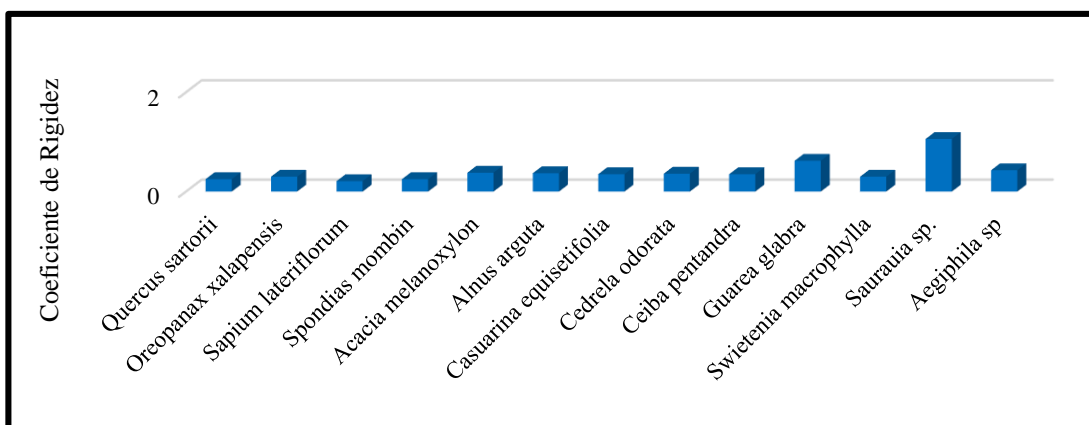
Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 26: *Espeor de pared de fibras de 13 especies; 11 especies de Latifoliadas y 1 de Saurauia sp., y 1 Aegiphila sp., correspondiente a este estudio*

4.1.8 Índices de calidad de pulpa papel

a) Coeficiente de Rigidez

Para mostrar los resultados se hace la comparación con otras especies de latifoliadas en el **Gráfico 27**. Con los coeficientes de rigidez las fibras de *Saurauia sp.* se clasifican como **paredes muy gruesas** con un valor de 1,06. mientras *Aegiphila sp.* con 0,43 clasificándola con **paredes medias**, generando un valor promedio entre las especies de 39, lo que permite observar existe poca diferencia entre las especies de latifoliadas. En la Tabla 24, se muestra las especies de estudio más 11 especies de latifoliadas según su clasificación de calidad para la elaboración de pulpa para papel.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 27: Comparación del coeficiente de rigidez de *Saurauia sp.*, *Aegiphila sp.* con otras 11 especies de latifoliadas

Tabla 7: Coeficiente de rigidez de 13 especies de latifoliadas

Especies	Coeficiente de Rigidez	Clasificación para papel
<i>Saurauia sp.</i>	1,06	Muy Gruesa
<i>Guarea glabra</i>	0,62	Muy Gruesa
<i>Aegiphila sp.</i>	0,43	Media
<i>Acacia melanoxylon</i>	0,38	Media
<i>Alnus arguta</i>	0,37	Media
<i>Cedrela odorata</i>	0,36	Media
<i>Ceiba pentandra</i>	0,35	Media
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0,35	Media
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0,30	Delgada
<i>Swietenia macrophylla</i>	0,30	Delgada
<i>Quercus sartorii</i>	0,25	Delgada
<i>Spondias mombin</i>	0,25	Delgada
<i>Sapium lateriflorum</i>	0,21	Delgada

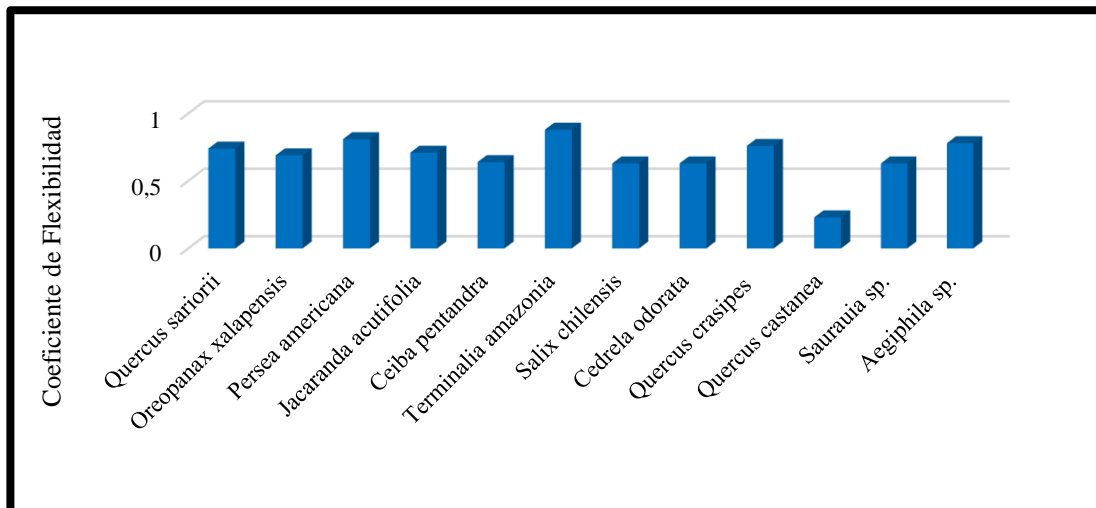
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

b) Coeficiente de Flexibilidad

En el **Gráfico 28** y la **Tabla 25** se muestra los resultados haciendo la comparación con otras especies de latifoliadas. Las fibras de *Saurauia sp.* se clasifican como **media**, lo que permite que las fibras se colapsen muy poco, teniendo poca superficie de contacto

y a su vez poca unión fibras contra fibra. *Aegiphila sp.* se encontró clasificada como **delgada**, generando características como fibras parcialmente colapsadas, con una sección transversal elíptica y además con buena superficie de contacto y a su vez buena unión fibra contra fibra.



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 28: Comparación del coeficiente de flexibilidad de *Saurauia sp.*, *Aegiphila sp.* con otras 10 especies de latifoliadas

Tabla 8: Coeficiente de flexibilidad de 12 especies de latifoliadas

Especies	Coeficiente de Flexibilidad	Grosor de Pared	Clasificación para papel
<i>Terminalia amazonia</i>	0,88	Muy delgada	Fibras sin colapso, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra.
<i>Persea americana</i>	0,81	Muy delgada	Fibras sin colapso, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra.
<i>Aegiphila sp.</i>	0,78	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra.
<i>Quercus crasipes</i>	0,76	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra.
<i>Quercus sariorii</i>	0,74	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra.

continúa...

...continuación

<i>Jacaranda acutifolia</i>	0,71	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra.
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0,69	Delgada	Fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra con fibra.
<i>Ceiba pentandra</i>	0,64	Media	Las fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra
<i>Salix chilensis</i>	0,63	Media	Las fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra
<i>Cedrela odorata</i>	0,63	Media	Las fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra
<i>Saurauia sp.</i>	0,63	Media	Las fibras parcialmente colapsadas, buena superficie de contacto, buena unión fibra contra fibra
<i>Quercus castanea</i>	0,23	Muy gruesa	Las fibras no se colapsan, muy poca superficie de contacto, pobre unión fibra contra fibra.

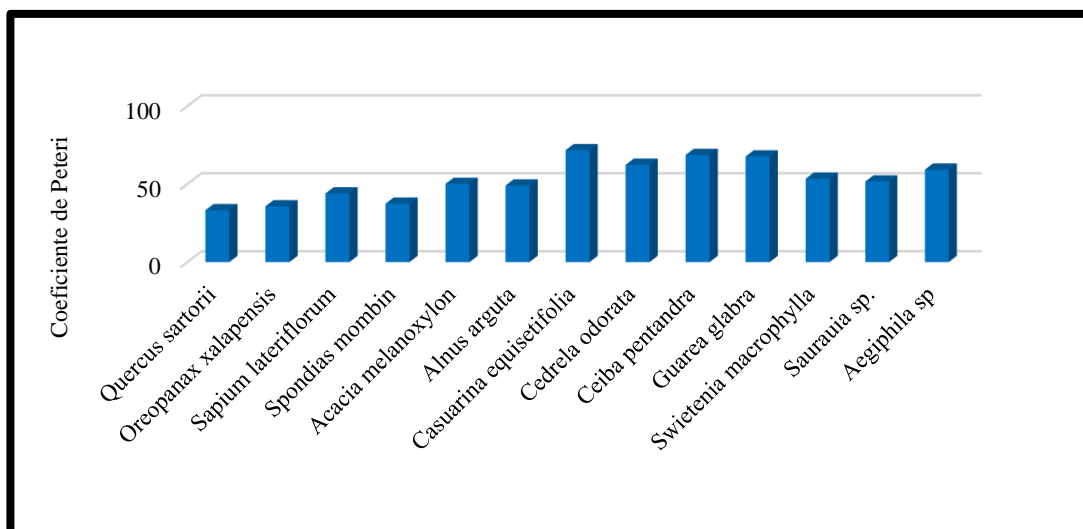
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

c) Coeficiente de Peteri

Para mostrar los resultados se hace una comparación del coeficiente de Peteri de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.* con otras especies de latifoliadas en el **Grafico 29** y **Tabla 26**. Con el índice de esbeltez o Peteri aquí encontrado más los otros índices de calidad se espera tener una pulpa de buena calidad ya que se mencionó que *Saurauia sp.* se clasifican como muy gruesa – media lo que genera una unión pobre fibra contra fibra y *Aegiphila sp.* se clasifica como media – delgada lo que permite mencionar que este tipo de madera tiene buena superficie de contacto y es sumamente resistente a la unión.

Es importante mencionar que el proceso de Pulpeo y de Blanqueo, influyen dentro de la calidad de pulpa a más de todos los índices estudiados (Robinson, 1991 citado por Villaseñor & Rutiaga, 2000).



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 29: Comparación del coeficiente de Peteri de *Saurauia sp.*, *Aegiphila sp.* con otras 11 especies de latifoliadas

Tabla 9: Coeficiente de Peteri de 10 especies de latifoliadas

Especie	Coeficiente de Peteri
<i>Casuarina equisetifolia</i>	71,73
<i>Ceiba pentandra</i>	68,67
<i>Guarea glabra</i>	67,75
<i>Cedrela odorata</i>	62,36
<i>Aegiphila sp</i>	59,27
<i>Swietenia macrophylla</i>	53,42
<i>Saurauia sp.</i>	51,69
<i>Acacia melanoxylon</i>	50,14
<i>Alnus arguta</i>	49,09
<i>Sapium lateriflorum</i>	44
<i>Spondias mombin</i>	37,45
<i>Oreopanax xalapensis</i>	35,74
<i>Quercus sartorii</i>	33,28

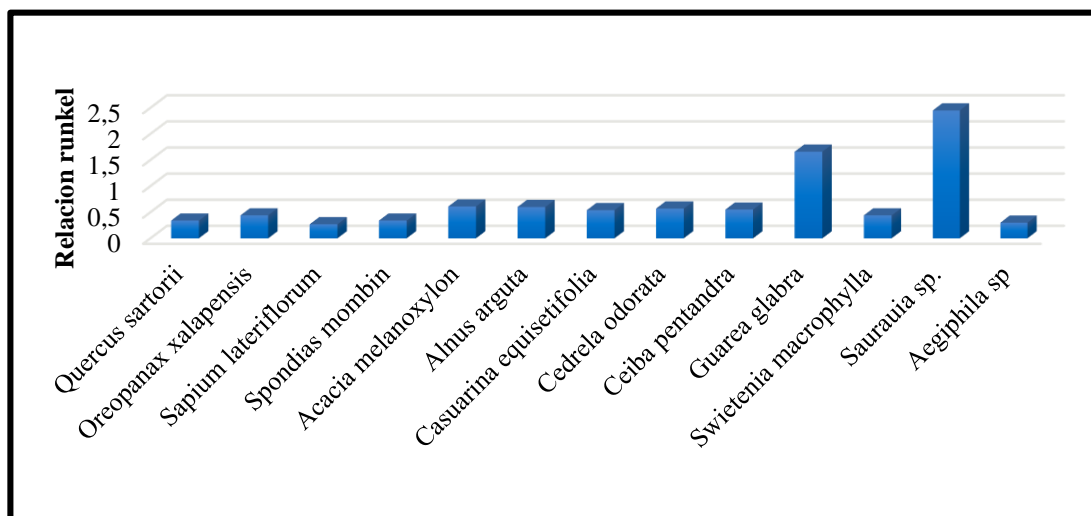
Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

d) Coeficiente de Peteri

Con los resultados presentados en el **Gráfico 30** y su respaldo en la **Tabla 27**, las fibras de la madera de *Saurauia sp.* es considerada como **Mala** para hacer papel con

un grado de **V**. Mientras que *Aegiphila sp.* es **Muy Buena** para la elaboración de papel con un grado de **III**. Es muy importante señalar que dentro de la calidad de pulpa influye el porcentaje de madera temprana o tardía pero también las propiedades del papel se ven influenciadas en las relaciones dimensionales de la fibra más el proceso de separación de las fibras ya sea químico, semiquímico o mecánico (Luna, 1983) citado por (Tamarit, 1996).



Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

Gráfico 30: Comparación de la Relación Runkel *Saurauia sp.*, y *Aegiphila sp.* con otras 11 especies de latifoliadas

Tabla 10: Relación Runkel de 11 especies de latifoliadas *Saurauia sp.*, y *Aegiphila sp.*

Especie	Relación Runkel	Grado	Calidad
<i>Saurauia sp.</i>	2,45	V	Mala para papel
<i>Guarea glabra</i>	1,66	IV	Regular para papel
<i>Acacia melanoxylon</i>	0,61	III	Buena para papel
<i>Alnus arguta</i>	0,6	III	Buena para papel
<i>Cedrela odorata</i>	0,57	III	Buena para papel
<i>Ceiba pentandra</i>	0,55	III	Buena para papel
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0,54	III	Buena para papel
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0,44	II	Muy buena para papel

continúa...

...continuación

<i>Swietenia macrophylla</i>	0,44	II	Muy buena para papel
<i>Quercus sartorii</i>	0,34	II	Muy buena para papel
<i>Spondias mombin</i>	0,34	II	Muy buena para papel
<i>Aegiphila sp</i>	0,3	II	Muy buena para papel
<i>Sapium lateriflorum</i>	0,27	II	Muy buena para papel

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Fuente: (Tamarit, 1996)

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo analizado y observado, en las características físicas y pulpables de las fibras de *Aegiphilia sp* y *Saurauia sp.*, presentaron fibras medianas, diámetros extremadamente anchos, diámetros de lumen medianos, y el espesor de las paredes delgado, tomando en cuenta que la densidad de cada especies es media, al mostrar este tipo de características en la madera permiten relacionar con los índices de calidad.

En las características se determinó de manera práctica el nivel de variación que experimentan las fibras en la madera de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.* Que son maderas que presentan fibras medianas, con valores promedio de 1412,46 μm y 1469,06 μm correspondientemente.

De acuerdo con la calidad y clasificación de las fibras se determinó que según el coeficiente de flexibilidad las cataloga como fibras parcialmente colapsadas, con buena superficie de contacto y buena unión fibra contra fibras.

En el análisis de la Relación Runkel se observó que las fibras de *Aegiphila sp.* se clasificó en grado II con un valor de 0,3 catalogándola como muy buena para la elaboración de papel. Mientras que las fibras correspondientes a *Saurauia sp.* se ubicaron en grado V definiendo su calidad para elaborar pulpa papel como mala con un valor de 2,45.

Los resultados dentro de las comparaciones estadísticas con 11 especies de latifoliadas ayudó a determinar con más profundidad la calidad y clasificación de la pulpa papel, además se pudo tomar como referencias para determinar el grado de calidad según los índices, manteniendo un coeficiente de variación de 0,77% para *Saurauia sp.* y 0,87 para *Aegiphila sp.*

5.2 RECOMENDACIONES

Estas especies de madera con características pulpables pueden ser utilizadas con otro tipo de latifoliadas o tal vez coníferas que contengan similares índices de calidad pulpables, las cuales podrían reunir las características más deseadas para la elaboración de papel resistente a sus diferentes usos.

De acuerdo con los resultados obtenidos sería conveniente que la autoridades pertinentes desarrollen nuevas investigaciones para conocer la propagación y desarrollar nuevas plantaciones comerciales para obtener materia prima para elaboración de pulpa papel, especialmente de *Aegiphila sp* que presento características de muy buena calidad para elaborar papel.

Se sugiere estudiar las demás características tecnológicas de la madera, con la finalidad de determinar sus usos probables sin embargo se puede recomendar en base a la densidad y según las normas INEN para cajonería, diafragmas, aislantes térmico acústicos y en general encofrados.

CAPITULO VI

6.1 ANEXOS DE TESIS

6.1.1 Anexo de tablas

Tabla 11: Variación de la longitud (μ) de *Saurauia sp.*

ÁRBOLES						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Estimadores estadísticos	Longitud μ (micras)	Longitud μ (micras)	Longitud μ (micras)	Longitud μ (micras)	Longitud μ (micras)	Longitud μ (micras)
Suma	38682,38	41488,64	44597,62	43562,66	42238,57	43672,44
Media	1289,41	1382,95	1486,58	1452,08	1407,95	1455,74
Desviación estándar	276,40	229,70	215,11	216,44	222,28	150,15
Error estándar	50,46	41,93	39,27	39,51	40,58	27,41
CV	0,71	0,55	0,48	0,49	0,52	0,34

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 12: Análisis de comparacion de modelos de longitud de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	F α 0.05	F α 0.01	SIG.
Nº Fibras	9259482,1	29	319292,48	6,59	1,56	1,87	**
Error	7271694,47	150	48477,96				
TOTAL	16531176,6	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 13: Categorización general de las fibras en función a su longitud (IAWA, 1989)

Cortas	Medianas	Largas
(< 900 μm)	(900 – 1600 μm)	(> 1600 μm)

Fuente: (IAWA, 1989)

Tabla 14: Variación de la longitud (μ) de *Aegiphila sp.*

ÀRBOLES						
Estimadores estadísticos	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	Longitud μ(micras)	Longitud μ(micras)	Longitud μ(micras)	Longitud μ(micras)	Longitud μ(micras)	Longitud μ(micras)
Suma	45637,18	42117,95	43610,55	46838,68	42024,19	44201,46
Media	1521,23	1403,93	1453,68	1561,28	1400,80	1473,38
Desviación estándar	276,54	218,75	211,52	410,47309	330,42	353,00
Error estándar	50,49	39,93	38,61	74,94	60,32	64,44
CV	0,60	0,51	0,48	0,87	0,78	0,79

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapuès

Tabla 15: Anàlisis de comparaciòn de modelos de longitud de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	17157296,83	29	591630,93	6,24	1,56	1,87	**
Error	14221110,63	150	94807,40				
TOTAL	31378407,46	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapuès

Tabla 16: Variación del diámetro (μ) de *Saurauia sp*

ÀRBOLES						
Estimadores estadísticos	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Suma	811,77	829,50	849,17	832,58	884,36	873,39
Media	27,06	27,65	28,31	27,75	29,48	29,11
Desviación estándar	5,47	5,52	4,29	4,74	5,67	4,52
Error estándar	1,00	1,01	0,78	0,87	1,03	0,82
CV	0,67	0,67	0,51	0,57	0,64	0,52

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 17: Anàlisis de comparacion de modelos de diámetro de fibra

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	4587,72	29	158,20	6,37	1,56	1,87	**
Error	3725,57	150	24,84				
TOTAL	8313,29	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 18: Variación del diámetro (μ) de *Aegiphila sp*

ÀRBOLES						
Estimadores estadísticos	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)	Diámetro μ(micras)
Suma	678,48	829,50	849,17	798,74	806,53	816,05
Media	22,62	27,65	28,31	26,62	26,88	27,20
Desviación estándar	6,95	5,52	4,29	5,94	7,68	4,30
Error estándar	1,27	1,01	0,78	1,08	1,40	0,79
CV	1,02	0,67	0,51	0,74	0,95	0,53

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 19: Anàlisis de comparaciòn de modelos del diametro de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	6695,32	29	230,87	6,19	1,56	1,87	**
Error	5596,56	150	37,31				
TOTAL	12291,88	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 20: Variación del diámetro de lumen (μ) de *Saurauia sp*

ÀRBOLES						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Estimadores estadísticos	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)
Suma	685,46	497,42	594,81	530,78	458,16	501,40
Media	22,85	16,58	19,83	17,69	15,27	16,71
Desviación estándar	5,15	5,50	5,68	4,86	4,97	4,89
Error estándar	0,94	1,00	1,04	0,89	0,91	0,89
CV	0,75	1,11	0,95	0,91	1,08	0,98

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 21: Anàlisis de comparaciòn de modelos del diámetro de lumen de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	5813,22	29	200,45	0,57	1,56	1,87	NS
Error	53134,33	150	354,22				
TOTAL	58947,55	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 22: Variación del diámetro de lumen (μ) de *Aegiphila sp.*

ÀRBOLES						
Estimadores estadísticos	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)	D lumen μ(micras)
Suma	500,71	685,71	694,28	650,66	632,87	656,84
Media	16,69	22,86	23,14	21,69	21,10	21,89
Desviación estándar	7,22	6,03	4,75	6,57	7,99	4,91
Error estándar	1,32	1,10	0,87	1,20	1,46	0,90
CV	1,44	0,88	0,68	1,01	1,26	0,75

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 23: Anàlisis de comparaciòn de modelos del diámetro de lumen de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	86565,03	29	2985,00	5,06	1,56	1,87	**
Error	88459,30	150	589,73				
TOTAL	175024,33	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 24: Variación del espesor de pared (μ) de *Saurauia sp*

ÀRBOLES						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Estimadores estadísticos	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)
Suma	126,31	124,55	113,51	106,53	111,55	100,62
Media	4,21	4,15	3,78	3,55	3,72	3,35
Desviación estándar	1,58	1,50	0,83	0,82	1,23	1,12
Error estándar	0,29	0,27	0,15	0,15	0,23	0,20
CV	1,25	1,21	0,74	0,77	1,11	1,11

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 25: Anàlisis de comparaci3n de modelos del espesor de las paredes de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	274,69	29	9,47	0,61	1,56	1,87	NS
Error	2338,50	150	15,59				
TOTAL	2613,20	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 26: Variación del Espesor de pared (μ) de *Aegiphila sp.*

ÀRBOLES						
Estimadores estadísticos	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)	Espesor μ(micras)
Suma	177,77	143,79	154,87	148,09	173,66	159,20
Media	5,93	4,79	5,16	4,94	5,79	5,31
Desviación estándar	1,48	1,38	2,10	1,63	1,89	1,89
Error estándar	0,27	0,25	0,38	0,30	0,34	0,35
CV	0,83	0,96	1,36	1,10	1,09	1,19

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

Tabla 27: Anàlisis de comparaciòn de modelos del espesor de pared de fibras

FV	SC	GL	CM	Fc	Fα 0.05	Fα 0.01	SIG.
Nº Fibras	562,04	29	19,38	0,63	1,56	1,87	NS
Error	4620,84	150	30,80				
TOTAL	5182,88	179					

Elaborado por: Delfina Yolanda Portilla Tarapués

6.2 Fotografías



Fotografía 1: Medición de Contenido de humedad CH



Fotografía 2: Troceado de los árboles



Fotografía 3: Etiquetado de cada muestra



Fotografía 4: Preparado de muestras



Fotografía 5: Peso de las densidad verde



Fotografía 6: Preparación de muestras para la maceración



Fotografía 7: Fibras maceradas



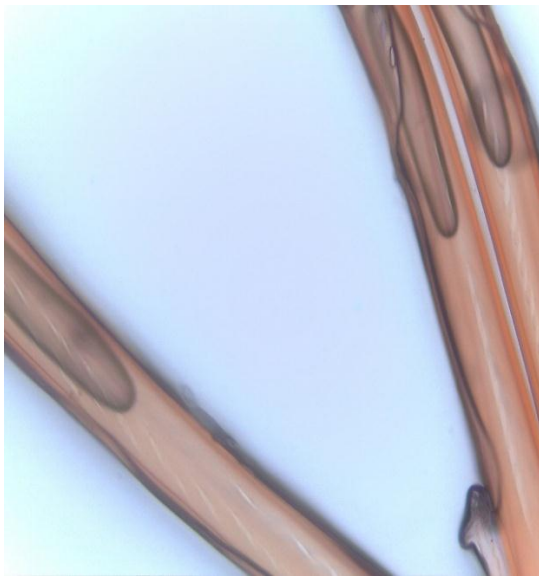
Fotografía 8: Coloración de fibras con safranina



Fotografía 9: Separación de fibras



Fotografía 10: Fibras de *Aegiphila* sp.



Fotografía 11: Fibras lista para la medición de diámetros y paredes



Fotografía 12: Medición de fibras

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, C. & VIZCAÍNO, M. (2010) *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Ibarra, Editorial Universitaria
- Becerra, B., & Rentería, M. (2013). *El árbol de Majagua, Heliocarpus Donnell Smothii, como planta útil para la obtención de fibras celulósicas para papel de restauracion y cnservación*. Iberoamericana de Políeros Aguilar *et al*, 14(4).
- Camacho, P., & Canessa, E. (Febrero de 1981). Determinación de las características macroscópicas y microscópicas, los patrones de variación de fibras de especies tropicales y su efecto en la elaboración de pulpa para papel. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Enrique, S., & Apolinar, J. (Enero de 2004). "Varabilidad de las fibras y de la densidad bàsica de la madera de eucalyptus grandis hill ex maiden y eucalyptus urophylla s.t. blake". Texcoco , Edo. de Mèxico, Mèxico.
- Fuentes S., M. 1987. Efecto de la digestión en los índices de calidad de pulpa para papel, de la madera de *Pinus montezumae*, Lamb. Tesis profesional.Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 73 p.
- Fuentes, G. (2010). Celulosa Y Papel .
- García Hortal, J. A. (1988). Constituyentes fibrosos de pastas y papeles . *Morfología Analisis Microscopico*, 198. Cataalunya: Departamento Ingenieria Textil y Papelera Especialidad Papelera y Gráfica. Recuperado el Miercoles 27 de Enero de 2016

- Gracia, C. (s.f.). Estructura, Funcionamiento y Producción de las masas forestales. *Ecología Forestal*, 39.
- García, D. (2004). *Situación de la Industria de la Celulosa y el Papel en México CNICP. Celulosa Y Papel*. (pp141). México
- García, I. M. (2006). *Caracterización Química de fibras de plantas herbáceas utilizadas para la fabricación de pastas de papel de alta calidad*. Sevilla.
- González, A. (2005). *Factibilidad de uso de fibra de raquis de palma aceitera para elaborar papel*.(pp 52-53) *EARTH*, Guácimo, Costa Rica.
- Han, J. S., Mianowski, T., & Lin, Y.-y. (1999). Validity of plant fiber length measurement-a review of fiber length measurement based on kenaf as a model. *Kenaf properties, processing and products*, 149-167.
- Hernández L., A. y. (1993). Influencia de aclareos sobre la relación madera temprana-madera tardía y la densidad de la madera del fuste en *Pinus patula* Schl. Et Cham. . Texcoco, Mexico.
- Hernández, M. (2008). *Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña Ananas comosus (L.) Merr*. Chapingo.
- Hernández, M., & Musálem, S. M. (2006). *Características anatómicas y propiedades físico-macánicas de la madera de Swietenia macrophylla King. proveniente de plantaciones del estado de campeche*. Estado México.
- Larios S., P. 1979. Índice de calidad de las pulpas de dos coníferas. Tesis Profesional. Departamento de Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Texcoco, México. 68 p.

- Luraschi, M. (2007). *Análisis de la cadena productiva de la celulosa y el papel a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible: estudio del caso de Chile*. Santiago de Chile: Copyright Naciones Unidas.
- MAE. Ministerio Ambiente Ecuatoriano (2004). *Normas para el Manejo Forestal de Madera de Bosque Humedo*. Recuperado de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/NORMAS-PARA-EL-MANEJO-FORESTAL-DE-MADERA-DE-BOSQUE-HUMEDO.pdf>
- Maldonado, J. (2011). Variación natural de largo de traqueidas de *Pinus greggii* Engelm del Norte de Mexico. Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Martínez T., Ávalos T. & Rodríguez M. (2001). Características tecnológicas de la madera de *sac-chacah* Campeche en diferentes zonas del árbol. Campeche.
- Meneses, J. C., & Giraldo Mejía, D. E. (2004). Empaques Biodegradables a partir de fibra de plátano para los productos agrícolas del departamento de Caldas. Manisales.
- Medina, H. (2003). Estudio de maquinado de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden y *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de una plantación forestal comercial de 7 años. . *División de Ciencias Forestales* . Texcoco, Mexico. Maldonado, J. (2011). Variación natural de largo de traqueidas de *Pinus greggii engelm* del Norte de Mexico. Saltillo, Coahuila, Mexico
- Normas INEN Sistema de Clasificación y Calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales. (2011) .
- COPANT. (1972). *Normas para ensayos en madera*. Argentina.
- Núñez, C. (2006). *Pulpa y papel I*. Anatomía de la Madera, 6 pp(1-2).
- Núñez, C. E. (2008). *Pulpa y papel I*. Anatomía de la Madera.pp(40-41)

- OPEPA. (2006). *Organización para la educación y la Protección Ambiental*. Recuperado de http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=53
- Peredo, L. (1999). Características y propiedades de la madera de Eucalyptus. *Seminario internacional " El eucalipto: impacto ambiental, tecnologías y beneficios"*. . Mexico, México: FAO-UACH.
- Puchaicela, C. (Enero de 2013). "Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico - mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del cantón zamora". *Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas*. Loja, Zamora Chinchipe, Ecuador.
- Puertas Santiago, P., Guevara Salnicov, C., & Espinoza Linares, M. (Mayo de 2013). "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales". *Manual de transformación de la madera*. Lima, Pucallpa, Perú: AIDER.
- Rosas, A. (2003). Variabilidad en el árbol de las dimensiones de las fibras y de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Chapingo, Texcoco.
- Tamarit Urias , J. C. (1996). Determinación de los Índices de Calidad de Pulpa para Papel de 132 Maderas Latifoliadas. *Madera y Bosques*, 13.
- Tecnologico de Monterrey , J. C. (2011). Estudio Sectorial Forestal, Celulosa y papel.
- Tortorelli L., A. 1956. Maderas y bosques argentinos, ACME, Buenos Aires, 910p.
- Ulloa C.& Moller P. (1994). *Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador*. Recuperado de http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=129331

UNAL Universidad Nacional de Colombia (2014) . Biogeografía. Recuperado de <http://www.radford.edu/~swoodwar/CLASSES/GEOG235/biomes/rainforest/rainfrst.html>

Vahidreza, S. & Devall, M. (2012). Identification of important iranian hardwoods by vessel - ray pits and vessel element shapes (maceration process). *LIGNOCELLULOSE*, 55-70.

Villaseñor Araiza, J. C., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2000). La madera de Casuarina equisetifolia., química e índices de calidad de pulpa. *Madera y Bosques*, Vol. 6, 29-40.