

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

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

**2. AUTOR:** Portilla Tarapués Delfina Yolanda

**3. DIRECTORA:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja

**4. COMITÉ LECTOR:** Ing. Segundo Fuentes, MSc.  
Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.  
Ing. Fabián Chicaiza Guanoluisa, Mgs.

**5. AÑO:** 2016

**6. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** Sector Gualchán y Laboratorios de la  
Universidad Técnica del Norte.

**7. BENEFICIARIOS:** La comunidad de Gualchán

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



**APELLIDOS:** PORTILLA TARAPUÈS

**NOMBRES:** DELFINA YOLANDA

**C. CIUDADANIA:** 040161470-6

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 2974355

**TELEFONO CELULAR:** 00939428801

**CORREO ELECTRÓNICO:** [yoli1612@gmail.com](mailto:yoli1612@gmail.com)

**DIRECCIÓN:** Espejo – San Isidro – Barrio Norte – Eloy Alfaro

**AÑO:** 2016

## REGISTRO BIBIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA –UTN

**Fecha:** 14 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, 14 de Junio del 2016. 88 páginas.

**DIRECTORA: Ing. María Vizcaíno**

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:** 14 de Junio del 2016

.....  
Ing. María Vizcaíno Pantoja  
**Directora de trabajo de titulación**

.....  
Portilla Tarapués Delfina Yolanda  
**Autora**

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

Autor: Portilla Tarapués Delfina Yolanda  
Directora de Trabajo de Titulación: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Carrera de Ingeniería Forestal  
Universidad Técnica del Norte  
Ibarra-Ecuador  
[yoli1612@gmail.com](mailto:yoli1612@gmail.com)  
Teléfono: 2974355/0939428801

## 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/cm<sup>3</sup> para *Aegiphila* sp y 0,26 gr/cm<sup>3</sup> para *Saurauia* sp. La longitud de las fibras fue de 1412,46 μm para moquillo y 1469,06 μm uvillo, 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.

#### PALABRAS CLAVES

*Aegiphila sp*, *Saurauia sp*, pulpa y papel, índices de calidad de pulpa, relación Runkel.

### ABSTRACT

This research was general objective: To determine the physical characteristics and pulpwood fibers *Aegiphila sp.* (Uvillo) 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.* (Uvillo) 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/cm<sup>3</sup> to 0.26 gr/cm<sup>3</sup> 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.

#### KEY WORDS:

*Aegiphila sp*, *Saurauia sp*, pulp and paper, pulp index quality , Runkel ratio.

### 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. 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 6'415.000 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 enmarcó 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; cabe destacar, que las especies motivo de investigación poseen escasa información con respecto a la morfología de fibras, se pretende incorporar conocimientos de las características pulpables de *Aegiphila* sp. (Uvillo) y *Saurauia* sp. (Moquillo).

## METODOLOGÍA

### Descripción del sitio de investigación

Ubicación				Datos Climáticos		Clasificación Ecológica	
Política		Geográfica		Temperatura media anual	16,7° C	Holdridge	Cañadas
Provincia	Carchi	Latitud N	00° 21' 53"				
Cantón	Espejo	Longitud W	78° 06' 32"	Humedad relativa en meses secos	78 %		
Parroquia	Goaltal	Altitud:	2 228 msnm	Meses Secos	Junio, Julio, Agosto, Septiembre		
Sitio	Gualchán						

Se seleccionaron seis árboles de cada una de las especies *Aegiphila* sp. (Uvillo) y *Saurauia* sp. (Moquillo), que se encuentren libres de plagas y enfermedades. Una vez seleccionados fueron apeados a una altura de 1,00 m desde la base del árbol sacando rodajas de 50cm de altura.

#### Contenido de humedad en la madera

Una vez transportado el material vegetativo, hasta los diferentes laboratorios de la Universidad Técnica del Norte, se elaboró las probetas de (10 x 3 x 3 cm) orientadas transversal, radial, y tangencial de acuerdo a las normas COPANT 460 y 461, (1972). Se elaboró 7 probetas por árbol de cada una de las especies. El contenido de humedad de las probetas se

determinó a través del peso en condición verde (peso húmedo) y el peso seco al horno (peso anhidro), para ello se colocaron las probetas en estado verde al ambiente por el tiempo de 72 horas, posteriormente se colocaron a la estufa con una temperatura inicial de 40° C durante 48 horas, elevando la temperatura hasta obtener el punto de equilibrio.

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

**Fuente:** Norma COPANT 460

### Densidad específica

Se tomaron en cuenta las tres etapas de acuerdo con el estado de las probetas: madera en condición verde, seca al aire, seca al horno.

### Densidad básica

La densidad básica se analizó bajo la siguiente fórmula basada en las Normas COPANT 461.

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

Fuente: Norma COPANT 461

### Análisis Morfológico

Del resto de las rodajas se dimensionaron cubos los cuales se sometieron al proceso de maceración según la metodología de Franklin 1945. Recopilando los valores promedios de longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y grosor de pared de las fibras de la madera de *Aegiphila* sp. (uvillo) y *Saurauia* sp., se realizó la determinación de los siguientes índices de calidad de la pulpa para papel:

1. Coeficiente o índice de Rigidez:

$$CR = 2w/D$$

2. Coeficiente de flexibilidad:

$$CF = l/D$$

3. Coeficiente de Peteri o Índice de esbeltez:

$$CP = L/DI$$

4. Relación Runkel:

$$RR = 2W/l$$

Donde:

CR = índices o coeficiente de rigidez

W = grosor de la pared de la fibra

D = diámetro de la fibra

CF = coeficiente de flexibilidad

l = diámetro de lumen

CP = coeficiente de Peteri

L = longitud de fibra

RR= Relación Runkel

La calidad de la pulpa de la madera de cada especie se determinó con base a la clasificación de los índices de calidad de la pulpa para papel presentada por Petroff & Nordmand, 1968) y (Porres & Valladares, 1979) citado por (Villaseñor & Rutiaga, 2000). (Tablas 1, 2,3, y 4).

Tabla 1. 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

Tabla 2. Clasificación de Runkel

GRADO	RANGO	CLASIFICACION
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

Tabla 3. Clasificación del coeficiente de flexibilidad

RANGO	GROSOR DE PARED	CARACTERISTICAS
menor de 0.30	Muy gruesa	Las fibras no se colapsan. Muy poca superficie de contacto. Pobre unión fibra-fibra.
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.

**Tabla 4:** Categorización general de las fibras en función a su longitud (IAWA, 1989)

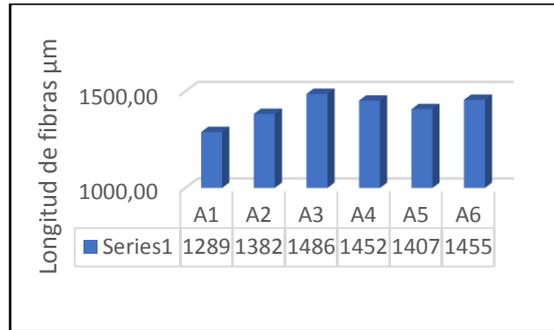
Cortas	Medianas	Largas
( < 900 $\mu\text{m}$ )	(900 – 1600 $\mu\text{m}$ )	( > 1600 $\mu\text{m}$ )

## RESULTADOS

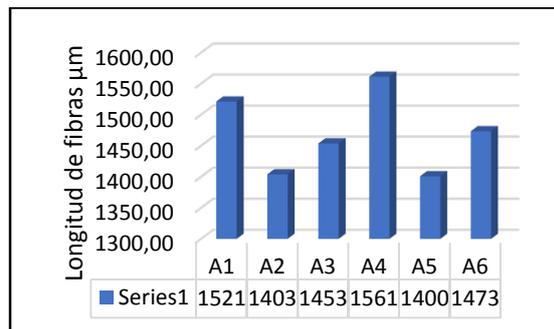
**Dimensión de las fibras e índices de calidad de pulpa.**

En los gráficos 1, 2 se muestra la longitud de las fibras de cada una de las especies y en el gráfico 4 la comparación entre doce especies de latifoliadas. 5 6, 7, 8, 9, 10, y 11 se presentan los resultados de las dimensiones de las fibras de cada una de las especies. En las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 se dan los promedios (prom), desviación estándar (s) y los coeficientes de variación (cv) para las dimensiones de las fibras de cada una de las rodajas de estudio. Los índices de calidad de pulpa para papel calculados con las dimensiones por cada zona de muestreo se presentan en las Tablas 4 y 5.

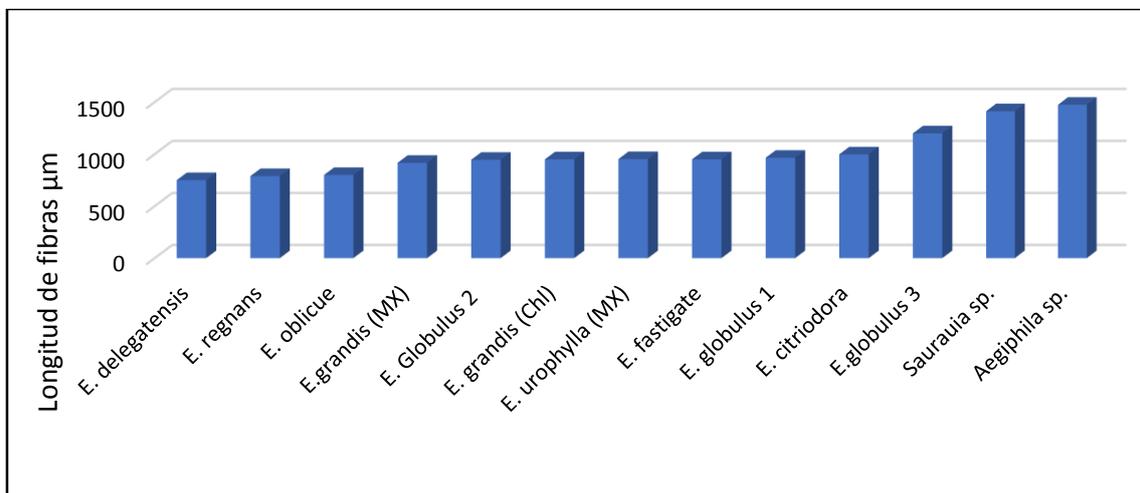
### Longitud de fibras



**Gráfico 1:** Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de *Saurauia sp.*

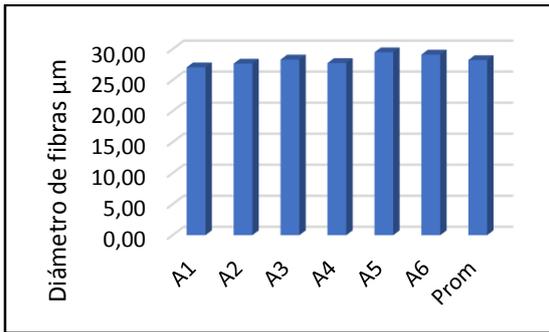


**Gráfico 2:** Longitud de las fibras promedio entre los 6 árboles de *Aegiphila sp.*

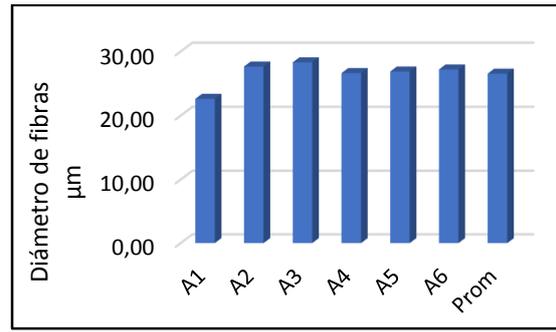


**Gráfico 3:** Longitud de fibras de 14 especies incluyendo las especies de estudio.

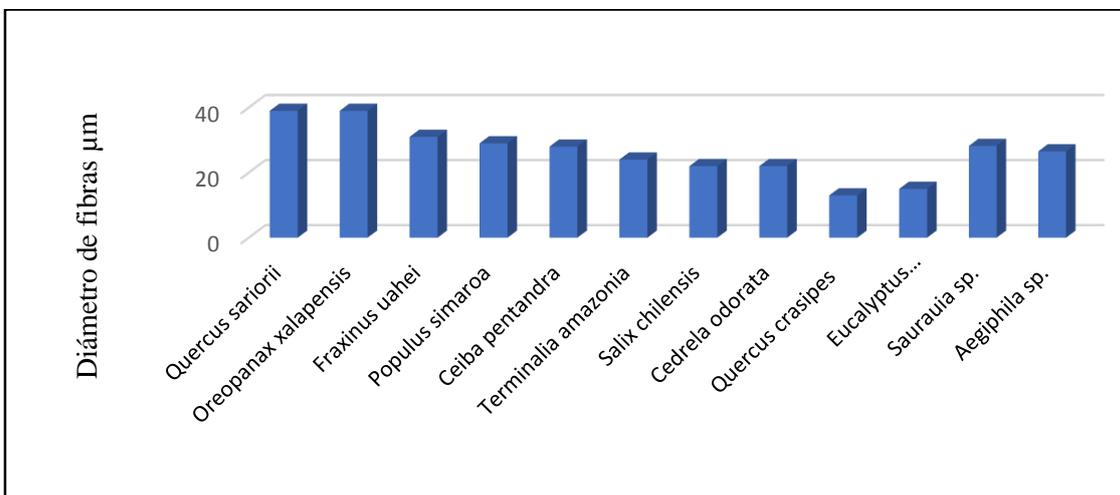
## Diámetro de fibras



**Gráfico 4:** *Diámetro de las fibras promedio entre los 6 árboles de Saurauia sp.*

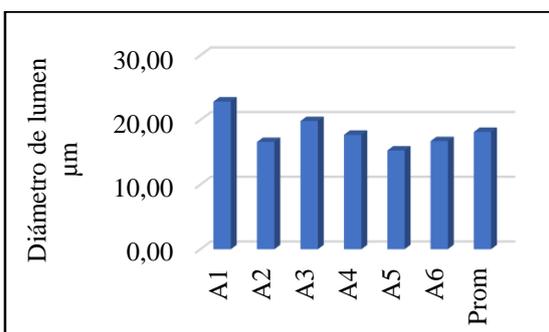


**Gráfico 5:** *Diámetro de fibras promedio entre los 6 árboles de Aegiphila sp.*

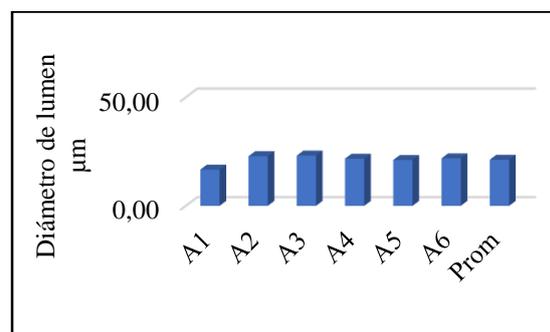


**Gráfico 6:** *Diámetro de fibras de 12 especies; 10 especies de incluyendo las especies de estudio.*

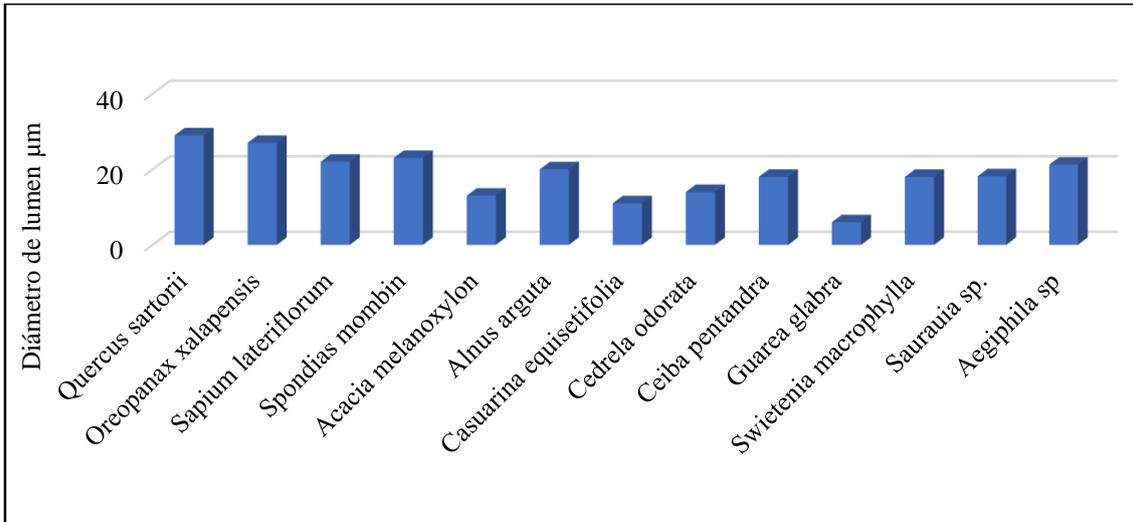
## Diámetro de lumen de fibras μm



**Gráfico 7:** *Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de Saurauia sp.*

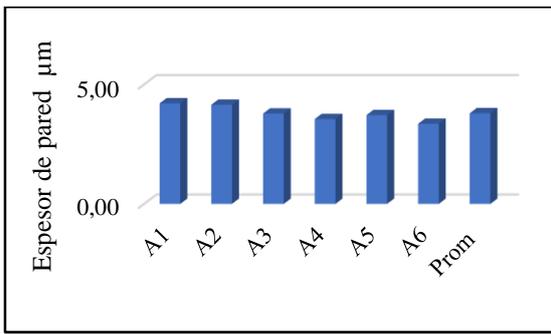


**Gráfico 8:** *Diámetro de lumen de fibras promedio entre los 6 árboles de Aegiphila sp.*

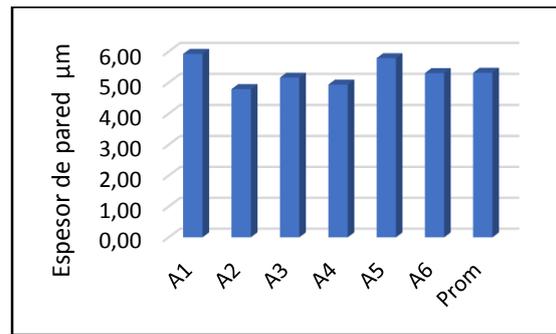


**Gráfico 9:** Diámetro de lumen de fibras de 13 especies; incluyendo las dos especies de estudio.

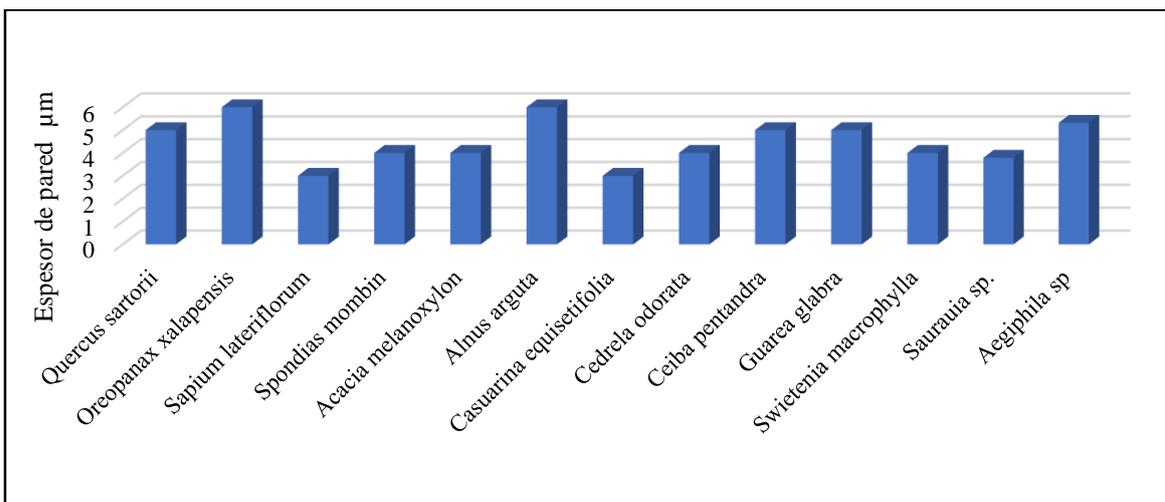
**Espesor de la pared de las fibras**



**Gráfico 10:** Espesor de pared de fibras promedio entre los 6 árboles de Saurauia sp.



**Gráfico 11:** Espesor de la pared, valores entre los 6 árboles de Aegiphila sp.



**Gráfico 12:** Comparación del espesor de pared fibras 11 especies con Saurauia sp., y Aegiphila sp.

## Dimensiones de fibras

**Tabla 1:** Dimensiones de fibras de *Saurauia sp*

CARACTERISTAS DE FIBRAS	VALOR PROMEDIO
Longitud	1412,46
Diámetro	28,23
Lumen	18,16
Espesor de pared	3,79

**Tabla 2:** Dimensiones de fibras *Aegiphila sp.*

CARACTERISTAS DE FIBRAS	VALOR PROMEDIO
Longitud	1469,06
Diámetro	26,55
Lumen	21,23
Espesor de pared	5,32

**Tabla 3:** Parámetros de muestreo *Saurauia sp* y *Aegiphila sp.*

ÁRBOLES	PARÁMETROS	LONGITUD DE FIBRAS (µm)	DIÁMETRO DE FIBRAS (µm)	DIÁMETRO DE LUMEN (µm)	ESPEJOR DE PARED (µm)
<i>Saurauia sp.</i>	Promedio	1412,46	28,23	18,16	3,79
	S	218,35	5,03	5,17	1,18
	Cv	0,52	0,6	0,96	1,03
<i>Aegiphila sp.</i>	Promedio	1469,06	26,55	21,23	5,32
	S	300,121	5,78	6,24	1,73
	Cv	0,67	0,74	1	1,09

**Tabla 4:** Índices de calidad de pulpa de las fibras de madera de *Saurauia sp.* y *Aegiphila sp.*

ÍNDICES	ESPECIES	
	<i>Saurauia sp.</i>	<i>Aegiphila sp.</i>
Rigidez	1,06	0,43
Flexibilidad	0,63	0,78
Peteri	51,69	59,27
Runkel	2,45	0,3
Calidad	Mala para papel	Muy buena para hacer papel

**Tabla 5:** Relacion Runkel de 11 especies de latifoliadas *Saurauia sp.*, y *Aegiphila sp.*

Especie	C. R.	C. F.	C. P.	R. R	Grado	Calidad
<i>Saurauia sp.</i>	<b>1,06</b>	<b>0,63</b>	<b>51,69</b>	<b>2,45</b>	<b>V</b>	<b>Mala para papel</b>
<i>Guarea glabra</i>	0,62	0,37	67,75	1,66	IV	Regular para papel
<i>Acacia melanoxylon</i>	0,38	0,61	50,14	0,61	III	Buena para papel
<i>Alnus arguta</i>	0,37	0,62	40,09	0,60	III	Buena para papel
<i>Cedrela odorata</i>	0,36	0,63	62,38	0,57	III	Buena para papel
<i>Ceiba pentandra</i>	0,35	0,64	68,67	0,55	III	Buena para papel
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0,35	0,64	71,76	0,54	III	Buena para papel
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0,30	0,69	35,74	0,44	II	Muy buena para papel
<i>Swietenia macrophylla</i>	0,30	0,69	53,42	0,44	II	Muy buena para papel
<i>Quercus sartorii</i>	0,25	0,74	33,28	0,34	II	Muy buena para papel
<i>Spondias mombin</i>	0,25	0,74	37,45	0,34	II	Muy buena para papel
<i>Aegiphila sp</i>	<b>0,43</b>	<b>0,78</b>	<b>59,27</b>	<b>0,3</b>	<b>II</b>	<b>Muy buena para papel</b>
<i>Sapium lateriflorum</i>	0,21	0,78	44,00	0,27	II	Muy buena para papel

## DISCUSIÓN

Dentro de la densidad básica se observó un promedio de  $0,27 \text{ gr/cm}^3$ , para *Saurauia sp.* y  $0,26 \text{ gr/cm}^3$ , *Aegiphila sp.* clasificándolas con “densidad media”(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).

**Longitud de las fibras:** La longitud de las fibras de *Saurauia sp.* presentó mayor valor en el árbol 3 con  $1486,58 \mu\text{m}$ , que permite observar su homogeneidad con una variación de un 5 %. Mientras que *Aegiphila sp.* se encuentra entre un rango de  $1403,93 \mu\text{m}$  y  $1561,28 \mu\text{m}$  con una variación de 4 % lo que permite observar su homogeneidad entre los árboles muestreados, las comparaciones con otras especies latifoliadas como *Ceiba pentandra* con  $1923 \mu\text{m}$  ayuda a catalogarlas como madera con **fibras medianas** en función con lo establecido por la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera (IAWA, 1989). Sin embargo al nivel de significancia estadística con que se analizaron los datos no hay diferencia estadística siendo altamente significativa a sus correspondientes tabulares. Las características físicas, las características propias de las especies, y los procesos de pulpeo y blanqueo de la pulpa influyen en la unión fibra contra fibra.

### **Diámetro de lumen y diámetro de fibra**

Toda clase de comportamiento que vaya presentando las fibras dentro del proceso de pulpeo depende mucho de las características propias de las especies. (Luna, 1983 citado por Tamarit, 1996), de tal manera que las fibras que presenten **diámetro medianos** de fibras y diámetros de lumen como de la fibras, producen pulpas de buena calidad.

El diámetro de las fibras son estadísticamente iguales en los seis árboles, de manera que la media aritmética

de diámetro de las fibras fue  $28,22 \mu\text{m}$ , de la misma manera para *Aegiphila sp.* los datos son estadísticamente similares con una media de  $26,54 \mu\text{m}$ . Los resultados para el diámetro de lumen son muy similares al caso del diámetro de fibras en los que la variabilidad es casi semejante en los seis árboles de las dos especies, también guardan similitud con *Quercus sartorii* y *Oreopanax xalapensis* que presentaron un valor de  $39 \mu\text{m}$ . Para este caso tampoco se encontró diferencias estadísticas de manera que la media aritmética para el diámetro de lumen fue de  $19,69$  para las dos especies.

### **Espesor de pared**

En la Gráfico 10, 11 y 12 presentan los resultados del espesor de la pared celular de las muestras tomadas de los seis árboles de las especies estudiadas más la comparación con otras especies de latifoliadas. *Saurauia sp.* y se observó que la mayor variabilidad correspondió al árbol 1 y la menor en el árbol 6 mostrando un coeficiente de variación  $0,74\%$  y  $1,25\%$ . De acuerdo con la confianza estadística con que se realizaron los datos no significativos en la diferencia estadística dentro del espesor de la pared celular. Mientras que *Aegiphila sp.* presenta comportamiento particular, evidenciado en el árbol 2 con el menor diámetro de fibras  $4,79 \mu\text{m}$  y el árbol 1 con  $5,93 \mu\text{m}$  evidenciando el mayor resultado. El espesor de la pared es una característica muy importante que señala que las fibras que contengan paredes delgadas tienden a colapsarse tomando forma de listones estructurales durante el pulpeo y la formación de la hoja de papel, generando mayor adherencia, uniones compactas mayor resistencia a la tensión, explosión y rasgado (Tamarit, 1996). Así, las fibras que tienen paredes gruesas no se colapsan con facilidad provocando poca superficie de contacto, promoviendo una formación débil de las hojas, formando papel voluminoso, con baja resistencia a la tensión, explosión y rasgado (Berwyn, 1970, citado por Villaseñor & Rutiaga, 2000).

### Índices de calidad

Las relaciones de las dimensiones de las fibras contribuyen positiva o negativamente en el tipo y dentro de la calidad del papel elaborado (Luna, 1983) citado por (Tamarit, 1996). Una pulpa aceptable dependiendo del tipo de papel a elaborar tiene una elevada densidad, y las características propias de las especies.

**Coefficiente de rigidez (2w/D).** Con los coeficientes de rigidez presentados en la Tabla 4 y tomando en consideración la clasificación de la Tabla 1, las fibras de *Saurauia sp.* se clasifican como **muy gruesas** con un valor promedio de 1,06. Mientras que *Aegiphila sp.* se clasifica como **media** con un valor promedio de 0,43.

**Coefficiente de flexibilidad (l/D).** Con los valores calculados del coeficiente de flexibilidad Tabla 4 y de acuerdo con la clasificación de la Tabla 3, 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.

**Coefficiente de Peteri (L/D).** Los coeficientes presentados en la Tabla 4 son valores con mayor significancia esto generaría efectos sobre las propiedades de resistencia de la pulpa.

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).

**Relación de Runkel (2W/l).** Con estas relaciones, presentadas en la Tabla 4, y de acuerdo con la clasificación de la Tabla 2, 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**, correspondientemente con las comparaciones entre otras latifoliadas. 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).

### CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo analizado y observado, en las características físicas y pulpables de las fibras de *Aegiphila 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 especie es media, al mostrar este tipo de características en la madera permiten relacionar con los índices de calidad.
2. 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  $\mu\text{m}$  y 1469,06  $\mu\text{m}$  correspondientemente.
3. 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.

4. 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.*

## RECOMENDACIONES

1. 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.

2. De acuerdo con los resultados obtenidos sería conveniente que la autoridades pertinentes desarrollen nuevas investigaciones para conocer su 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.

## BIBLIOGRAFÍA

Enrique, S., & Apolinar, J. (Enero de 2004). "Varabilidad de las fibras y de la densidad básica de la madera de eucalyptus grandis hill ex maiden y eucalyptus urophylla s.t.

blake". Texcoco , Edo. de México, México.

Fuentes S., M. 1987. Efecto de la digestión

Fuentes, G. (2010). Celulosa Y Papel .

Gracia, C. (s.f.). Estructura, Funcionamiento y Produccion de las masas forestales. *Ecologia Forestal*, 39.

García, D. (2004). *Situación de la Industria de la Celulosa y el Papel en México CNICP. Celulosa Y Papel.* (pp141). México

Gonzàles, A. (2005). *Factibilidad de uso de fibra de raquis de palma aceitera para elaborar papel.*(pp 52-53) *EARTH*, Guàcimo, Costa Rica.

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.

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.

- 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. 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)
- 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.
- 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.