

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA FORESTAL TROPICAL**



**“BIOMETRÍA COMPARATIVA DE LAS FIBRAS DE LA MADERA
DE *Eucalyptus tereticornis* Smith, *Eucalyptus urophylla* S.T.
Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var - SATIPO”**

TESIS

Presentada por la Bachiller:

SALCEDO AGUILAR, Tania Luz

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO EN CIENCIAS AGRARIAS**

**ESPECIALIDAD
INGENIERÍA FORESTAL**

SATIPO, PERÚ

2009

A la memoria de mi padre Francisco
por el recuerdo de su amor y ternura que
me brindó.

A mi madre Edilberta por su ayuda y amor
incondicional en cada momento de mi vida para
ser una buena persona y buen profesional.

A mis hermanos Vilma, Inés,
Orlando por las palabras de aliento
ante cualquier adversidad.

Al amor de mi vida Kilderd por su
comprensión en cada momento.

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Hernán Rojas Gutiérrez, por haber conducido la presente tesis con profesionalismo de maestro.

Al Ingeniero Pedro Arizapana Ancasi, por haberme asesorado en el análisis estadístico de la presente tesis con profesionalismo.

A la Bachiller Isodora Gonzales Casimiro, por su valiosa contribución con su experiencia en los trabajos de laboratorio.

Así mismo, un especial reconocimiento a los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú, quienes aportaron con sus conocimientos profesionales y experiencias en bien de mi formación profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
CONTENIDO	
RESUMEN	
	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Aspectos generales de las especies en estudio	2
2.1.1. Descripción botánica y distribución geográfica de la especie	2
2.2. Introducción de la especie en el Perú	4
2.3. Características de las fibras para pasta para papel	4
2.4. Biometría de las fibra	5
2.4.1. Longitud de fibra	5
2.4.2. Espesor de pared y diámetro de fibras	7
2.5. Aptitud papelera del genero Eucalyptus	9
2.6. Analisis de suelo del lugar de procedencia de la muestra	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Lugar de ejecución	11
3.1.1. ubicación política	11

3.1.2.	Ubicación geográfica	11
3.1.3.	Características del área	11
3.2.	Materiales y equipos	12
3.2.1.	De campo	12
3.2.2.	De laboratorio	12
3.3.	Metodología	12
3.3.1	Diseño de investigación	12
3.3.2	Selección de áreas de muestreo	13
3.3.3	Obtención de muestras	13
3.3.4	Preparado de fibras para la evaluación	13
3.3.5	Medición de fibras	14
3.3.6	Análisis estadístico	14
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1.	Características biometricas de las fibras de la madera	15
4.1.1	Estadígrafos de <i>eucalyptus tereticornis</i>	15
4.1.2	Estadígrafos de <i>eucalyptus urophylla</i>	17
4.1.3	Estadígrafos de <i>eucalyptus camadulenses</i>	20
4.1.4	Prueba de normalidad de los datos	22
4.2	Análisis de varianza de las variables respuesta	24
4.3.	Determinación de aptitud papelera de las especies	28
V.	CONCLUSIONES	31
VI.	RECOMENDACIONES	32
VII.	BIBLIOGRAFÍA	33
	ANEXOS	

ÍNDICES DE CUADROS

- Cuadro 1.** Estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus tereticornis* en micras
- Cuadro 2.** Estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en micras
- Cuadro 3.** Resumen de estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var. en micras
- Cuadro 4.** Prueba de normalidad de las variables respuesta
- Cuadro 5.** Resumen de las medias de las variables respuesta en micras de *Eucalyptus tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*.
- Cuadro 6.** Cuadro resumen de análisis de varianza de las variables respuesta de *Eucalyptus tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*
- Cuadro 7.** Comparación de promedios de longitud de fibra (μ)
- Cuadro 8.** Comparación de promedios de Diámetro de fibra (μ)
- Cuadro 9.** Comparación de promedios de Diámetro de lumen (μ)
- Cuadro 10.** Comparación de promedios de Espesor de pared de la fibra (μ)
- Cuadro 11.** Clasificación de la madera de las especies estudiadas según el Factor Runkel.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Histograma de frecuencia de la longitud de fibra de *Eucalyptus tereticornis*
- Figura 2.** Gráfico de normalidad de los datos de longitud de fibra del *Eucalyptus tereticornis*
- Figura 3.** Histograma de frecuencia de la longitud de fibra de *Eucalyptus urophylla*
- Figura 4.** Quantiles reales y teóricos de una distribución normal.
- Figura 5.** Histograma de frecuencia de longitud de fibra de *Eucalyptus camaldulenses* Dehnh. Var.
- Figura 6.** Quantiles reales y teóricos de una distribución normal.
- Figura 7.** Diagrama de caja.
- Figura 8.** Comparación gráfica de las longitudes de fibra de las especies en estudio.
- Figura 9.** Comparación del diámetro de fibra de las especies.
- Figura 10.** Comparación del diámetro de lumen de las fibras.
- Figura 11.** Comparación de espesor de pared de las fibras.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El problema en estudio fue cuál de las especies de *Eucalyptus tereticornis* Smith, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var. presentan mejores características biométricas con aptitud papelera en Satipo, teniendo como posible respuesta que el *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var presenta las mejores características biométricas con aptitud papelera en comparación al *Eucalyptus tereticornis* Smith, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake., para lo cual se planteó el objetivo de determinar las características biométricas de las fibras con fines de producción de pulpa para papel. Las muestras fueron extraídas de la plantación de eucalipto con una edad de 24 años, ubicada en el distrito de Río Negro. Nueve muestras (tarugos) de *Eucalyptus tereticornis* Smith; ocho de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y ocho de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Var, fueron maceradas y estas fibras se observaron en microscopio y se determinó las características biométricas y se clasificó de acuerdo a la aptitud papelera de cada especie según el factor de Runkel. La longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared de la fibra de la población de donde provienen las muestras, se estima como sigue a continuación: *Eucalyptus tereticornis* entre los intervalos 1113,15 – 1155,85; 15,45 – 16,25; 5,00 – 5,60 y 5,14 – 5,49, *Eucalyptus urophylla* 1204,53 – 1243,08; 19,49 – 20,50; 8,23 – 9,16 y 5,43 – 5,86 y *Eucalyptus camaldulensis* 1109,15 – 1145,43; 17,32 – 18,19; 7,48 – 8,29 y 5,07 – 5,08 micras respectivamente. Según el factor Runkel las especies *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus urophylla* fueron clasificadas como fibras cortas, regularmente apta para papel de impresión y el *Eucalyptus tereticornis* clasificada como fibras cortas no apta para papel con características de madera pesada, lumen muy angosto, y fibras de paredes muy gruesas.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Eucalyptus* es cultivado por los países productores de papel como Australia, Brasil, España, Sudáfrica y Portugal, debido a la trascendencia económica que ha logrado para el rubro forestal, especialmente en la industria de celulosa y papel; con propiedades tan llamativas por su rápido crecimiento, buena adaptabilidad a diversas condiciones ambientales y una variada gama de productos de alto valor comercial, hacen que este género sea para los países forestales muy demandada (MARTINEZ, 1981).

El Perú, al igual que otros países en desarrollo, tiene que solucionar problemas que aquejan a la industria forestal, especialmente en lo referente a la producción de pulpa para papel, la misma que en la actualidad es de rangos insignificantes frente a la demanda de este producto. (INFOR ,1985). Por ello las propiedades biométricas de las fibras de la madera son muy importantes, debido a que las dimensiones que éstas tengan, influyen directamente sobre la calidad de la celulosa y el papel fabricado, de modo que dependiendo de las características de las fibras, se puede establecer qué tipo de papel es conveniente fabricar.

En Satipo existen plantaciones de diversas especies del género *Eucalyptus* con edad promedio de 24 años, instaladas por el proyecto Peruano - Alemán GTZ, como el ensayo de especies y procedencias (BOCKOR, 1986), las cuales se desconoce sus características de aptitud papelera.

Por lo que se ha decidido realizar investigación de las características biométricas de tres especies de eucaliptos distribuidas en la plantación del INIEA distrito de Río Negro, teniendo el siguiente objetivo:

1. Determinar las características biométricas de las fibras del *Eucalyptus tereticornis* Smith., *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var. con fines de producción de pulpa para papel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

El género *Eucalyptus* conocido con el nombre común de eucalipto, son árboles que pertenecen a la familia Myrtaceae, conformado por unas 450 especies, originarias de Oeste de Australia, de maderas muy apreciadas por su rápido crecimiento, con árboles bastante altos, conociéndose en Melbourne- Australia un ejemplar de hasta 97 metros de altura. (ENCARTA, 2008).

2.1.1. Descripción botánica y distribución geográfica de las especies

La clasificación sistemática del genero *Eucalyptus* es complicada y difícil pues presenta una diversidad de especies, sobrepasando las 450, distribuidas en el mundo (FAO, 1981).

Según ENGLER la clasificación botánica es la siguiente.

Reino : Vegetal

División : Angiospermae

Clase : Dicotiledónea

Orden : Mirtifloras

Familia : Myrtáceae

Género : *Eucalyptus*

Especies : *Eucalyptus tereticornis* Smith, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var.

a. ***Eucalyptus tereticornis* Smith:**

Es originaria de Australia, de 16° a 19° latitud sur, siendo sus regiones nativas la Meseta de Atherton - Queensland, en el borde del bosque pluvial donde crece sobre suelos franco arenoso y suelos francos más pesados de origen volcánico, siendo exigente en suelos permeables con buen drenaje, ubicados entre los 100 - 800 msnm, con rangos de precipitación de 1000 – 1500 mm/año, temperaturas de 10 – 29°C. El árbol alcanza hasta 30 metros de altura, con buen tronco y copa densa, corteza en placas fibrosas en la base y teselada hasta los 5 m y lisa hacia la parte superior; las hojas juveniles son opuestas al principio, peltadas o con cortos pecíolos; cuando existe el talluelo, éste es diminutivamente veloso; posteriormente las hojas son lanceoladas anchas orbicular , con pedicelos vellosos; las hojas adultas alternas, pecioladas, ovales; la madera : parda, dura, fuerte, durable, tendencia a tener bolsas gomíferas (MAXWELL, 1981).

b. ***Eucalyptus urophylla* S.T. Blake:**

Regiones nativas. Timor y otras islas de la parte oriental del archipiélago de Indonesia. Latitudes. 8–10°S con altitudes hasta 3 000 msnm y con un rango de precipitación anual entre 1000–1500 mm, con temperaturas media máxima del mes más cálido: 29°C y media mínima del mes más frío: 8–12°C. Altura del árbol en Timor alcanza hasta 50 m, de corteza: a veces fibrosa y áspera sobre casi todo el árbol; otras veces, sólo la parte inferior es fibrosa, mientras que la superior es lisa. Hojas juveniles: desconocidas y adultas: lanceoladas y pecioladas, Madera: rojiza, fuerte y durable (FAO, 1981).

c. ***Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var.**

Su área de dispersión comprende todos los estados del continente australiano: ocupa grandes superficies a lo largo de los ríos, formando masas puras. Árbol que alcanza hasta 30 m de altura,

cuyo tronco a menudo se bifurca. Copa generalmente extendida, muy amplia cuando se ramifica a pocos metros del suelo. Corteza lisa, grisácea o blanquecina y, a veces, algo pardusco. Hojas juveniles más anchas que las adultas, opuestas y más generalmente alternas, pecioladas. Las adultas son alternas largamente acuminadas o bien oblongo-lanceoladas, verde, con colores, poco perfumadas, de 10-23 cm de largo (FAO, 1981).

2.2. INTRODUCCIÓN DE LAS ESPECIES EN EL PERÚ

En el Perú, específicamente en selva central (Satipo) se produjo junto a otras especies exóticas para trabajos de investigación en introducción de especies, estableciéndose en marzo de 1985, el “Ensayo de procedencias de siete especies de *Eucalyptus* en Satipo”, trabajo realizado en terreno plano a campo abierto a 620 msnm; sobre suelos bien drenados con potencial de hidrogeno de 5,5 cuyo experimento en sus fase de selección aun podemos observarlo en el ex vivero forestal Satipo (BOCKOR, 1986).

Presenta resultados prometedores a los cuatro años y nueve meses, el *E. torelliana*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, con rendimiento de volumen de 47,1, 41,1 y 26,0 m³/hectárea/año respectivamente; logrando el *E. torelliana* de procedencia Kuranda district, QLD (Queensland, Australia) crecimientos anuales de 3,95 metros de altura y 3,3 centímetros de diámetro (PALOMINO, 1991).

Entre las 19 especies exóticas de valor industrial ensayadas en el ámbito del proyecto Peruano Alemán en Selva Central, los *Eucalyptus*, por su crecimiento rápido forman el grupo principal y ocupa la primera prioridad; mereciendo como ensayo internacional alta apreciación, teniendo una considerable significancia para Satipo y las zonas del país con condiciones ambientales similares (MELCHIOR, 1983).

2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS PARA PASTA PARA PAPEL

Las fibras leñosas contenidas en la madera son la materia básica a partir de la cual se fabrican pasta, papel y cartones en la industria de la celulosa. Las fibras están dispuestas en líneas aproximadamente paralelas donde cumplen la función de resistencia al tallo o tronco (AROSTEGUI, 1982).

En su forma física, las fibras leñosas pueden ser comparadas con tubos ya que son largas y huecas. Las dimensiones de las células y sus relaciones, desempeñan un rol importante en la determinación de la calidad para la fabricación de papel (LIBBY, 1967).

Las especies de crecimiento rápido produce madera de baja densidad, fibras cortas y la cavidad celular se desarrolla más; mientras que en las maderas de crecimiento lento, dan fibras más largas y la cavidad celular es más estrecha (SAINT 1963).

Las dimensiones de las fibras afectan significativamente las propiedades del papel, sobre todo la relación longitud /diámetro, en que un valor alto representa una alta resistencia al rasgado (FAO, 1953)

La variabilidad de la estructura de la madera dentro de una misma especie puede ser ocasionada por factores del medio. Entre ellos se encuentran: clima, altitud, latitud, suelo, además de diferentes tipos de factores bióticos. Todos ellos en conjunto condicionan la nutrición del árbol, afectando el tamaño de las células y la proporción de los respectivos tejidos leñosos (NORMAND, 1972).

Existe una importante influencia de la ubicación geográfica del sitio sobre las características propias de la madera, señalando que las maderas provenientes de distintas regiones tienen diferentes potenciales en la fabricación de pulpa y papel (COWN y Mc CONCHIE, 1980).

2.4. BIOMETRÍA DE LAS FIBRAS

2.4.1. Longitud de fibra

La longitud de fibras es el factor que controla la resistencia al rasgado de un papel, es decir, a mayores longitudes de fibras se producen papeles con mayores resistencias al rasgado. En general se busca una fibra de mayor longitud para producir una pulpa de mayor resistencia físico – mecánica. (GELDRES ,1988), Sin embargo, (GONZALEZ ,1980), señala que al aumentar la proporción de fibra corta en la fabricación de pulpas, el índice de rasgado y el índice de ruptura disminuyen, pero a su vez el volumen específico del papel se ve potenciado.

La longitud ya no es un criterio tan importante que determine la calidad de la madera como lo fue hace algunos años. La necesidad de fibra larga ha disminuido gracias a los avances tecnológicos en la fabricación del papel, sin embargo, sigue siendo importante puesto que confiere resistencia a la madera y le da al papel resistencia al rasgado y al doblado (DANIEL et al., 1982).

Un aspecto anatómico de cierta importancia para la industria papelera es la longitud de la fibra. Sin embargo, las fibras del género *Eucalyptus* no son nunca muy largas su largo varía entre 0,6 y 1,4 mm (FAO,1953).

La inclusión de fibra corta en la fabricación de pulpa provee uniformidad en las propiedades de resistencia de la hoja (PANSWIN ,1970).

Las fibras cortas dan papeles y cartones con buenas propiedades mecánicas o de resistencias, aunque se debe tener en cuenta que no se pueden obtener altos valores en resistencia al rasgado con este tipo de pulpas (MOLINA, 1996).

La longitud de las fibras de especies cultivadas del género *Eucalyptus*, en Australia, varían desde 700 -1,400 micras (GONDELLES, 1954), lo cual favorece la elaboración de ciertos tipos de papeles como son los de impresión y escritura, en los cuales son de gran importancia características como la suavidad, opacidad y lisura de la hoja (CONSUEGRA, 1994).

Se acepta también que la longitud de las fibras es un atributo cuya variación está asociada con la calidad papelera (BONAVIA.1984). Los parámetros dimensionales de las fibras han sido relacionados a través de Índices de calidad papelera, como el coeficiente de afieltramiento [longitud de fibra / diámetro de fibra] cuyos mayores valores se asocian a las mejores resistencias de los papeles (BONAVIA, 1984).

Para el largo de fibras (ESPINOSA, 1997), señala rangos establecidos donde las fibras son clasificadas de la siguiente manera:

- Extremadamente cortas : Menor de 750 micras
- Muy cortas : de 760 a 1000 micras
- Cortas : de 1100 a 1500 micras
- Largas :de 1600 a 2000 micras

- Muy largas : mayores a 2000 micras

(LIBBY, 1967), señala que los rangos promedios de la fibra para coníferas son de 3000 a 5000 micras y para latifoliadas entre 1000 y 2000 micras.

La longitud promedio de fibra del *Eucalyptus torelliana* F. Muell. tiene una longitud de fibra promedio 1264.3320 micras y que de acuerdo al factor de Runkel en 0.7119, le corresponde en el rango de 0.50 a 1.00 del grupo III, de fibras medianas caracterizadas como buenas para papel; con diámetro de fibra promedio de 13.9732 micras, diámetro de lumen 8.1623 micras y espesor de pared 2.9055 micras (ORE, 2006).

El *Eucalyptus glóbulos* tiene una longitud de fibra promedio que fluctúa entre 930 y 1170 micras, siendo la media para los arboles de 1053 micras, el espesor de pared promedio es de 2,38 y 2,94 micras, presentándose un valor promedio de 2,65 micras (SAAVEDRA, 2006).

2.4.2. Espesor de pared y diámetro de fibras

No solo la longitud de la fibra es importante en la determinación de la calidad de la madera como materia prima industrial; el diámetro y principalmente el espesor de la pared de la fibra también afectan la resistencia y trabajabilidad de la madera, influyendo en varias propiedades de la pulpa y el papel (PANSWIN, 1970).

El espesor de las fibras, es una característica que tiene mucha importancia puesto que contribuye a dar mayor solidez a la madera y está en directa relación con el diámetro del lumen y el diámetro total de la fibra (TORTORELLI, 1940).

(METCALFE, 1983), señal que el diámetro de fibras para dicotiledóneas se encuentra entre 10 y 50 μm .

Experimentalmente se ha encontrado que las fibras de pared delgada o de mayores diámetros, sufren presiones durante el proceso de elaboración del papel las que las hace perder su forma de tubos y tomar las de cintas angostas que presentan mayores áreas de contacto, con las que todas las propiedades relacionadas con las uniones entre las fibras tales como resistencia a la tensión y explosión resultan bajas. Por lo tanto tienen bastante resistencia al razgado (ACOSTA, 1964).

La morfología de las fibras reviste singular importancia en la estructura y propiedades del papel, por ejemplo, las fibras de paredes delgadas tienden a colapsar fácilmente formando listones que constituyen a que el papel sea resistente (SÁNCHEZ, 1991).

El espesor de pared varía considerablemente en diferentes especies, donde normalmente se encuentra entre 2 μm y 6 μm , pudiendo a veces salirse de esos límites (METCALFE, 1983). Para el género *Eucalyptus* las paredes celulares varían desde medianas a gruesas (GONDELLES 1954).

(CONSUEGRA, 1994), por su parte, estudiando *Eucalyptus globulus* Labill, encontró variaciones entre 2,51 y 4,86 micrones en el espesor de pared. El espesor de pared va aumentando a medida que se desarrolla la elongación de las fibras, a medida que evolucionan las fibras desde fibro - traqueidas a fibras libriformes y el mismo autor citando estudios anteriores, hace referencia a que el Incremento en la pared celular también está relacionada inversamente con el largo de las fibras.

Por otro lado el Factor Runkel determina la calidad de la fibra para papel, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor Runkel} = \frac{2(\text{grosor de pared})}{\text{Diámetro lumen}}$$

De acuerdo a este factor se clasifica en los siguientes grupos:

<u>Factor</u>	<u>Clasificación</u>
GRUPO I: Menor a 0,25	Excelente para papel, madera liviana, fibras de paredes delgadas y lumen amplio.
GRUPO II: de 0,25 a 0,50	muy buena para papel, madera liviana, fibras de paredes delgadas, lumen relativamente amplio.
GRUPO III: de 0,50 a 1,00	Buena para papel, madera semi pesada, lumen medianamente amplio.
GRUPO IV: de 1,00 a 2,00	Regular para papel, madera pesada, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto.

GRUPO V: mas de 2,00 Mala para papel, madera pesada, lumen muy angosto, fibras de paredes muy gruesas (KATEHERINE, 1959).

2.4.3. Principales indicadores para caracterizar la fibra en la industria pastera papelera

VARIABLES	<i>E. globulos</i> micras	<i>E. camaldulensis</i> micras	<i>E. grandis</i> micras	<i>E. saligna</i> micras
Longitud de fibra	1.05	0.81	1.08	0.83
Diámetro de fibra	19	16	22	17
Diámetro de lumen	10.5	8	17	11
Espeso de pared	4.2	4.3	2.8	3.0
Índice de Runkel	0.80	1.08	0.33	0.50

Fuente de investigación de ENCE (CIE) (FAO 1981)

2.5. APTITUD PAPELERA DEL GENERO EUCALYPTUS

Las dos principales consideraciones en la utilización de madera en la producción de celulosa, es la disponibilidad de madera y el rendimiento de las fibras por unidad de volumen o peso de madera (RAYMOND, 1983). También es necesario considerar su composición química, largo de fibra y ciertas características, como la masa lineal (GONZALEZ, 2000).

En varios países del mundo, el abastecimiento de la industria de celulosa y papel está basado en plantaciones del genero Eucalyptus. Australia, Brasil, España, Sudáfrica y Portugal son los países en donde se hace mayor uso de estas especies en la producción de celulosa y papel (PRADO y BARROS, 1989).

Las fibras con paredes gruesas, que son comunes en los eucaliptos más densos, no dan en general un papel fuerte. Por lo tanto, cuando se decide sobre la conveniencia de una determinada madera de eucalipto para hacer papel, debe tomarse en consideración el espesor de las paredes de las fibras. Las fibras, que tienen un diámetro para hacer papel y paredes delgadas, evidencian por lo general el tener buenas características para la industria papelera, mientras que fibras delgadas con paredes gruesas son inferiores desde el punto de vista de la fabricación de papel (FAO, 1953).

Para *Eucalyptus* los factores relacionados con la madera que más inciden en las propiedades de la pulpa son: densidad, contenido de extraíbles, presencia de vasos, características biométricas de las fibras, contenido de lignina y edad de los árboles (PRADO y BARROS 1989).

Por su condición pulpable, alta rentabilidad asociada y el interés por diversificar las plantaciones, hace que se considere al *Eucalyptus* como el género más viable para su utilización en la industria del papel (MOLINA, 1996), En Chile *Eucalyptus globulus* en comparación con varias especies de *Eucalyptus* es la que presenta mayor aptitud pulpable (MOLINA, 1996).

Eucalyptus posee un alto contenido de lignina en su conformación, en comparación a otras latifoliadas, pero esta lignina es de fácil extracción con un bajo consumo de reactivos químicos lo que trae como consecuencia un fácil pulpaje (FAO, 1981).

Con respecto a la aptitud de las especies de *Eucalyptus* para hacer pasta, debe antes hacerse una diferencia entre los rodales naturales y las plantaciones, y luego entre los diferentes emplazamientos de las plantaciones. Sin embargo, las especies como *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. deglupta*, *E. delegatensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. maidenii*, *E. obliqua*, *E. occidentalis*, *E. regnans*, *E. saligna* y *E. viminalis*, indicadas por orden alfabético, han demostrado interesar a la industria papelera, tanto según los análisis de laboratorio como por la evaluación de la pasta producida en escala comercial. Existe la posibilidad de hacer pasta con la corteza de *E. viminalis* joven, juntamente con su madera (FAO, 1981).

La producción mundial de pasta a partir de especies de *Eucalyptus* es superior a 1 millón de toneladas anuales. Se producen pastas para todos los tipos de papel; química, químico-mecánica, semiquímica y mecánica. De este millón de toneladas, alrededor de tres cuartas partes se producen en Australia y en Portugal (FAO, 1981).

2.6. ANALISIS DE SUELO DEL LUGAR DE PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

De acuerdo al análisis físico químico, el grado de acidez es de 5,26 pH, calificados como muy ácido. El porcentaje de materia orgánica es 5,23 considerado muy alto (ORE, 2006).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

3.1.1 Ubicación Política

Departamento	:	Junín
Provincia	:	Satipo
Distrito	:	Rio negro

3.1.2 Ubicación geográfica

Latitud sur	:	11° 27' 45"
Longitud oeste	:	74° 39' 30"
Altitud	:	630 m.s.n.m.

Localización en el centro poblado de Villa Pacifico distrito Rio negro.

3.1.3 Características del área

Pendiente	:	5%
Textura	:	Franco Arcilloso
Drenaje	:	Moderado
Precipitación	:	2000 mm/año
Temperatura media	:	24 °C
Humedad relativa	:	70 %

Ecológicamente, según ONERN (1976), se encuentra dentro de la zona de vida del bosque húmedo – Premontano Tropical.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1. De campo

- Barreno de Pressler
- Receptor de sistema de posicionamiento global (GPS)
- Cámara digital
- Libreta de campo
- Bolsas hermético para muestras
- Etiquetas autoadhesivas
- Marcador indeleble
- Carta nacional escala 1: 100 000
- Bolsas de polietileno
- Machetes
- Lima
- Pintura esmalte

3.2.2. De laboratorio

- Microscopio compuesto binocular con ocular micrométrico
- Objetivo de 10x, 40x
- Probeta graduada 500 ml
- Pipeta 50 ml.
- Embudo filtrante de porcelana
- Papel filtro
- Frascos de vidrio con tapa hermética
- Varilla de vidrio
- Fichas de evaluación
- Acido acético glacial
- Peróxido de hidrogeno a 30 Vol.
- Safranina
- Bálsamo de Canadá
- Estufa eléctrica

3.3 MÉTODOLOGIA

3.3.1 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es **no experimental**, tipo transversal, ya que la recolección de las muestras y la determinación de las características biométricas del *E. tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis* se dio en un momento dado, un tiempo único, con el propósito de buscar la aptitud papelera las especies mencionadas de acuerdo a un plan establecido donde las variables respuesta son: longitud, diámetro y espesor de pared (HERNANDEZ, 2007)

3.3.2 Selección del área de muestreo

Para la elección de áreas de muestreo, (plantaciones de *E. tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*), se realizó un reconocimiento de plantaciones de árboles en base a criterios de selección como son: características silviculturales, estado fitosanitario, aspecto legal, información básica de establecimiento, topografía del terreno disponibilidad de acceso, eligiendo las plantaciones del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA).

3.3.3 Obtención de las muestras

Las muestras fueron aleatoriamente recolectadas de 25 árboles de una población de 250 establecidos en el INIEA.

Para la extracción de los tarugos con el barreno de Pressler se eligió 09 árboles de *E. tereticornis*, 08 de *E. camaldulensis* y 08 de *E. urophylla*, el tamaño de estos fue de 0,50cm de diámetro y 5,0 cm largo; para llevar al laboratorio se guardó en frascos de vidrio con tapa hermética, diferenciando las especies con etiqueta.

3.3.4 Preparado de la fibras para la evaluación

Las fibras provenientes del material leñoso fueron tratadas en 03 frascos de vidrios de 7.5 ml. con una solución química compuesta por peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial a una proporción de 2 a 1; en cada frasco se introdujo los tarugos del *E. tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*, luego fueron puestas en estufa eléctrica hermética a una temperatura

constante de 180°C por espacio de 24 horas con la finalidad de individualizar las fibras.

Las muestras se lavaron en agua corriente utilizando un tamiz para luego volver en sus respectivos frascos, finalmente se adicionaron a cada frasco tintes como safranina, con la finalidad de facilitar la diferenciación de las partes de las fibras, luego fueron colocadas en un porta objetos para realizar el montaje adecuado dejándole listas para efectuar las mediciones respectivas en el microscopio.

3.3.5 Medición de las fibras

Para realizar las mediciones se montaron las fibras preparadas en porta objetos, con microscopio binocular marca LABSCIENTIFIC, modelo ANTIKMOUND con escala micrométrica de 7X y oculares 10X, (longitud de fibra) y 40X (diámetro de fibra y de lumen), se observó y se determinó las variables respuesta en total de 220 fibras diferentes por especie.

3.3.6 Análisis estadístico

Se realizó mediante el Software SPSS – Statiscal Packaged for social scienc (versión 17) en la que se determinó la media, desviación típica, valor mínimo, valor máximo, varianza, error tipificado y la prueba de comparación de medias, etc. Todos estos valores se determinaron tanto para la longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared de cada especie. Posteriormente se calculó la prueba de normalidad de las variables correspondientes de la fibra; análisis de varianza de longitud de fibra; análisis de varianza de las variables independientes y finalmente el análisis del factor de Runkel y coeficiente de flexibilidad.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LAS FIBRAS DE LA MADERA

En los siguientes cuadros y figuras se muestran los resultados de análisis de las principales características biométricas de las fibras de la madera de las especies *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus camaldulensis*.

4.1.1 Estadígrafos de *Eucalyptus tereticornis* Smith.

Los resultados fueron tomados de 219 muestras de esta especie preparadas en el laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la UNCP.

Cuadro 4.1 Estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus tereticornis* en micras.

Variable de la fibra	Media	Intervalo de confianza		Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Asimetría
		Inferior	Superior				
Longitud de fibra	1134,498	1113,1480	1155,8493	160,31250	672,00	1512,00	-0,134
Diámetro de fibra	15,8492	15,4534	16,2450	2,97208	8,22	22,00	0,134
Diámetro de lumen	5,3017	5,0050	5,5984	2,22757	2,06	12,33	1,026
Espesor de pared	5,3158	5,1379	5,4936	1,33536	2,06	10,28	0,475

En el cuadro 4.1 se muestra la longitud promedio de las fibras de *Eucalyptus tereticornis* correspondiente a la población de donde provienen, está entre los límites de 1113,148 y 1155,8493 micras. Clasificadas como fibras cortas, y de acuerdo al factor de Runkel (2,38) se ubica en el grupo

V, clasificadas como mala para papel, porque la madera es pesada, con lumen muy angosto y fibras de paredes muy gruesas (KATEHERINE1959). Se tiene también que el promedio de diámetro de fibra está entre los límites 15,4534 y 16,2450 micras y el espesor de pared está entre los límites 5,1379 y 5,4936 micras.

Así mismo (ORE, 2006) menciona que las fibras del *Eucalyptus torelliana* F. Muell. tiene una longitud de fibra promedio 1264,3320 micras y calculados en el factor de Runkel en 0.7119, le corresponde en el rango de 0,50 a 1,00 del grupo III, de fibras medianas caracterizadas como buenas para papel; con diámetro de fibra promedio de 13,9732 micras, diámetro de lumen 8,1623 micras y espesor de pared 2,9055 micras.

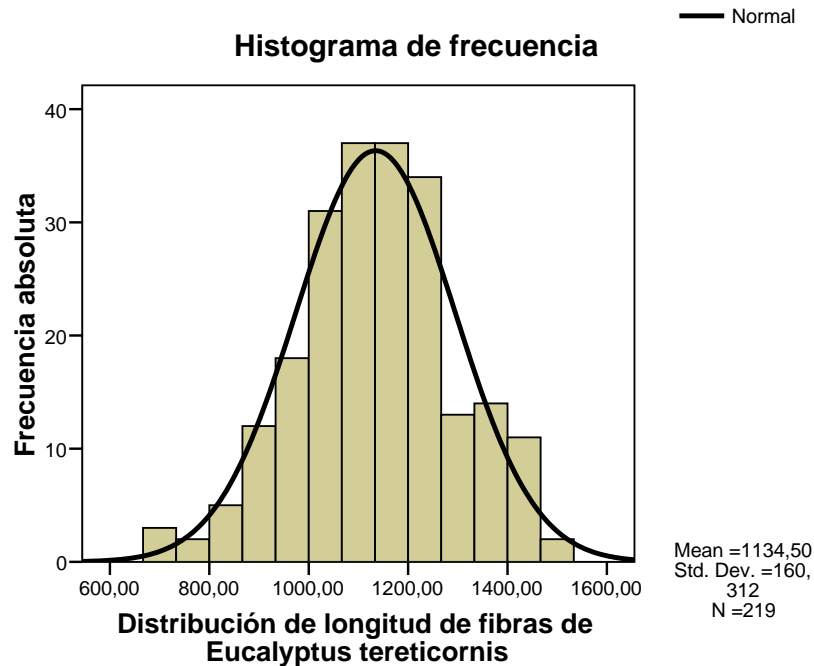


Figura 4.1. Histograma de frecuencia de la longitud de fibra de *Eucalyptus tereticornis* mostrando una leve asimetría negativa.

El histograma 4.1 de longitud de fibra tiende a una distribución normal con media de 1134,5. A pesar de tener una asimetría negativa -0,134 que indica leve manifestación de valores entre los límites de 600 a 800 micras, la distribución tiene una tendencia normal.

Para aclarar mejor esta suposición se graficó los cuantiles reales y teóricos de la variables que muestra la figura 4.2

Como reporta VINACUA 2002, Si los puntos están próximos a la recta quiere decir que el ajuste es aceptable como en este caso de la variable longitud.

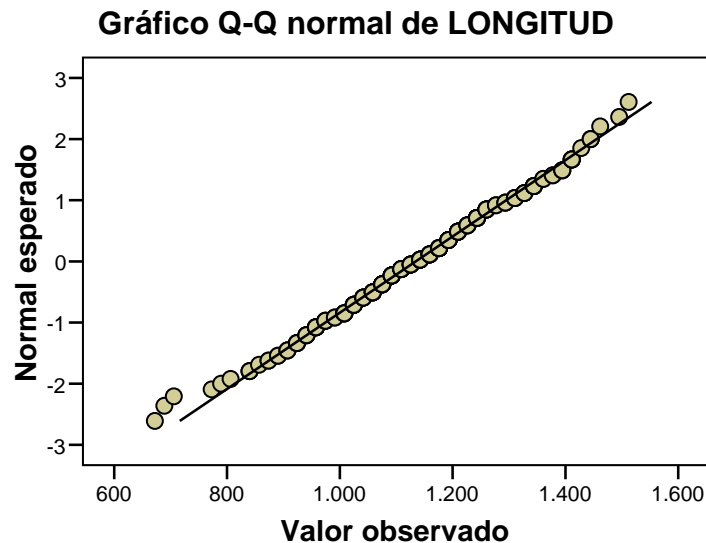


Figura 4.2 Gráfico de normalidad de los datos de longitud de fibra del *Eucalyptus tereticornis*

El gráfico 4.2 representa Q-Q normal de longitud (Cuantiles reales y teóricos de una distribución normal). Los cuantiles dividen la muestra en una serie de grupos de igual tamaño (VISAUTA, 2003).

La figura muestra valores correspondientes a una distribución normal teórica que vienen representados por una recta y los puntos corresponden a las diferentes puntuaciones de los sujetos en la distribución empírica, es decir de los 219 datos con puntuaciones en la variable (longitud).

4.1.2 Estadígrafos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake:

Los resultados fueron obtenidos en 220 muestras de esta especie el siguiente cuadro muestra los estadísticos de las variables en estudio.

Cuadro 4.2 Estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en micras

Variable de la fibra	Media	Intervalo de confianza		Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Asimetría
		Inferior	Superior				
Longitud de fibra	1223,80	1204,53	1243,07	145,04	873,60	1579,20	0,022
Diámetro de fibra	19,9989	19,4932	20,5046	3,81	12,33	28,77	0,003
Diámetro de lumen	8,6964	8,2336	9,1592	3,48	4,11	16,44	0,444
Espesor de pared	5,6513	5,43	5,86	1,61	2,06	10,28	0,565

En el cuadro 4.2 la longitud promedio de las fibras de esta especie correspondiente a la población se estima entre los límites de 1204,53 y 1243,08 micras, con una desviación estándar de 145,04 micras.

Clasificadas como fibras cortas y de acuerdo al factor de Runkel (1,62), se encuentra en el rango de 1,00 a 2,00 del grupo IV caracterizadas como regular para papel, madera pesada, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto (KATEHERINE1959).

(SAAVEDRA 2006) menciona que *el Eucalyptus globulos Labill* tiene una longitud de fibra promedio que fluctúa entre 930 y 1170 micras, siendo la media para los arboles de 1053 micras, el espesor de pared promedio es de 2,38 y 2,94 micras, presentándose un valor promedio de 2,65 micras El factor de Runkel para esta especie es de (0,80) ubicada en el grupo III clasificada como Buena para papel, madera semi pesada, lumen medianamente amplio.

Se tiene también que el promedio de diámetro de fibra está entre los límites 19,4932 y 20,5046 micras y el espesor de pared está entre los límites 5,43 y 5,86 micras. (CONSUEGRA 1994), por su parte, estudiando *Eucalyptus globulus* Labill, encontró variaciones entre 2,51 y 4,86 micrones en el espesor de pared. El espesor de las fibras, es una característica que tiene mucha importancia puesto que contribuye a dar mayor solidez a la madera y está en directa relación con el diámetro del lumen y el diámetro total de la fibra (TORTORELLI, 1940).

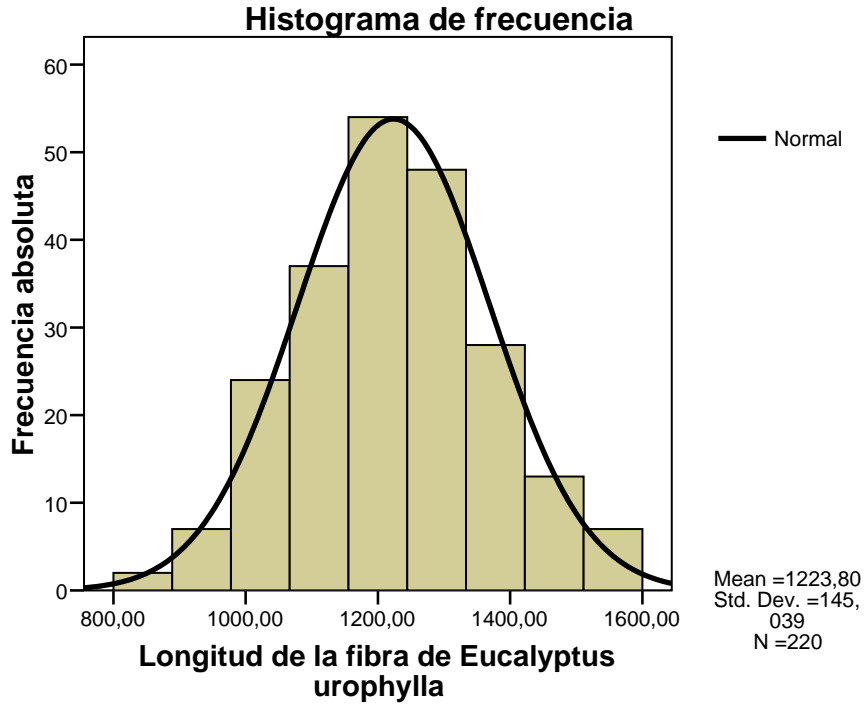


Figura 4.3. Histograma de frecuencia de la longitud de fibra de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake mostrando una leve asimetría negativa

Como en el primer caso se acompaña el gráfico 4.5 correspondiente a los cuantiles reales y teóricos para ilustrar mejor la distribución de la variable longitud de fibra de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

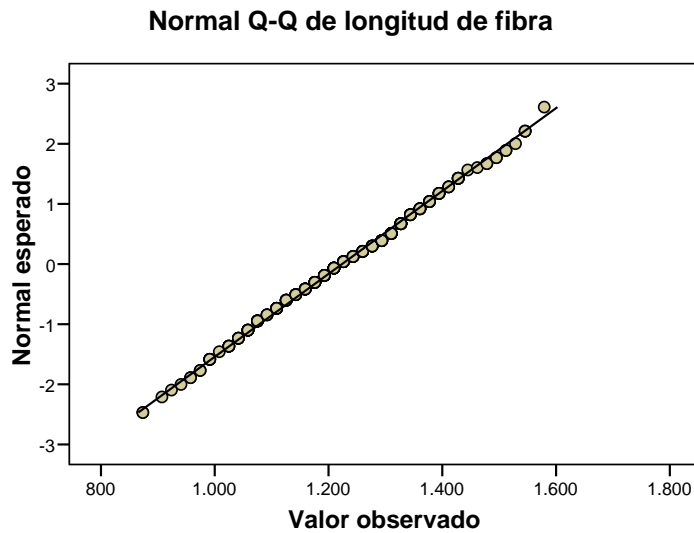


Figura 4.4. Cuantiles reales y teóricos de una distribución normal.

4.1.3 Estadígrafos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var.

Cuadro 4.3. Resumen de estadígrafos de las fibras del *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var. en micras

Variables de la fibra	Media	Intervalo de confianza		Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Asimetría
		Inferior	Superior				
Longitud de fibra	1127,571	1109,7175	1145,4248	134,98	739,20	1495,20	-,137
Diámetro de fibra	17,7563	17,3189	18,1937	3,31	10,28	28,77	0,393
Diámetro de lumen	7,8645	7,4786	8,2949	2,91	2,06	20,55	0,884
Espesor de pared	4,9459	5,0893	5,0772	1,08	2,06	8,22	0,474

En el cuadro 4.3 muestra el resumen la longitud promedio de las fibras de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Var. de la población de donde provienen las muestras se estima entre los límites de 1109,7175 y 1145,4248 micras, clasificadas como fibras cortas y de acuerdo al factor de Runkel (1,46), se encuentra en el rango de 1,00 a 2,00 del grupo IV caracterizadas como regular para papel, madera pesada, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto(KATEHERINE1959).

Según ENCE 2000 menciona que el *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. se caracteriza por tener longitud de fibra promedio de 0.81 micras, diámetro de fibra 16 micras, diámetro de lumen 8 micras y espesor de pared 4,3 micras y un factor de Runkel de (1,08), se encuentra en el grupo IV clasificadas como regular para papel, lo cual coincide con el presente estudio.

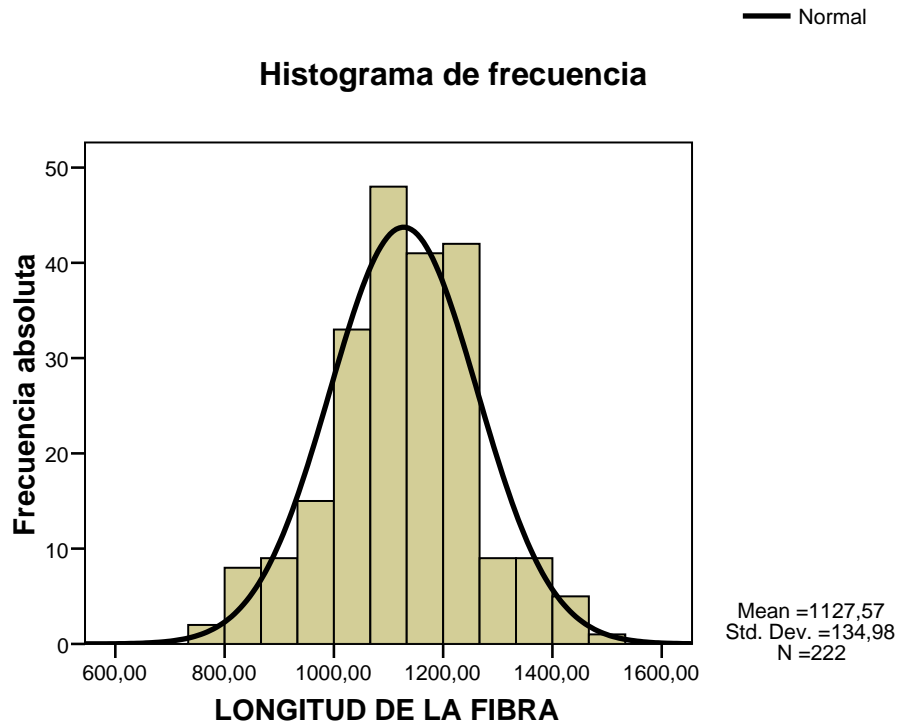


Figura 4.5. Histograma de frecuencia de longitud de fibra de *Eucalyptus camaldulenses* Dehnh. Var. mostrando una leve asimetría negativa

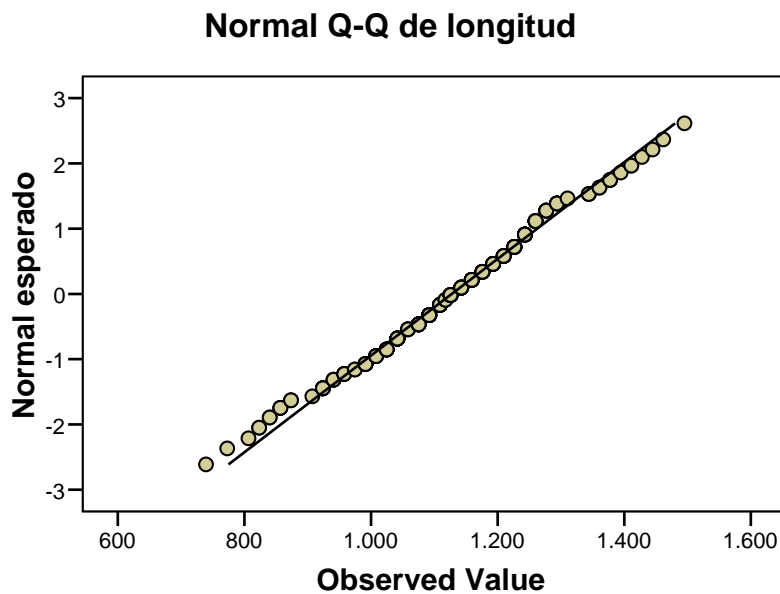


Figura 4.6. Cuantiles reales y teóricos de una distribución normal

Finalizando el estudio biométrico descriptivo de las fibras de las tres especies maderables se acompaña el gráfico del diagrama de caja que

muestra la figura 4.7 haciendo un análisis interpretativo en cada caso se tiene lo siguiente:

- En el primer diagrama de caja el 50% de los datos de longitud de fibra de *Eucalyptus tereticornis* se encuentran dentro del rango intercuartil de 218,40 μ con límites de entre 1033,20 y 1251,60 micras.
- En el segundo diagrama de caja el 50% de los datos de longitud de fibra de *Eucalyptus camaldulensis* se encuentran dentro del rango intercuartil de 184,80 μ con límites entre 1033,20 y 1218 micras
- Finalmente en el tercer diagrama de caja se encuentran 50% de los datos de longitud de *Eucalyptus urophylla* dentro del rango intercuartil de 218,40 μ con límites de 1117,20 y 1335,6.

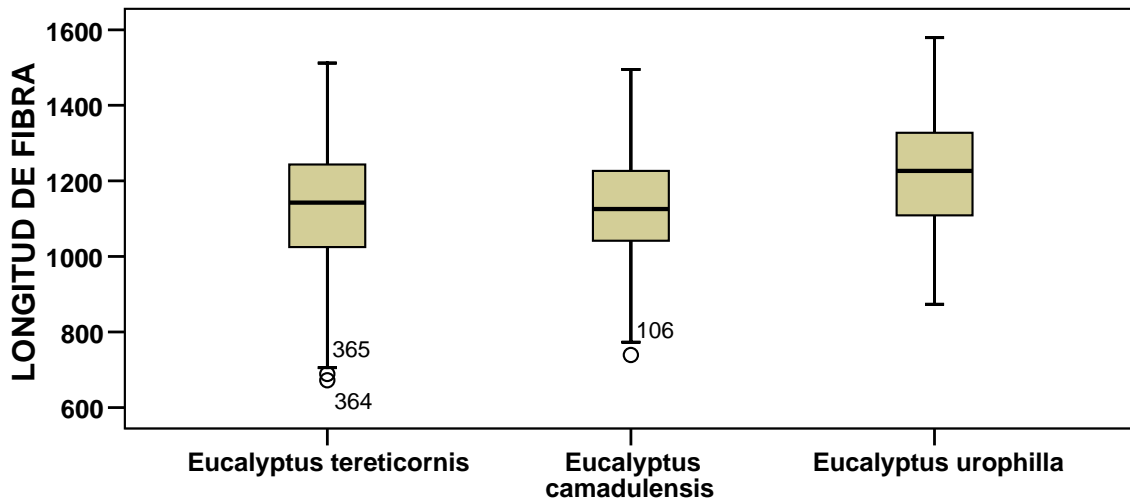


Figura 4.7. Diagrama de caja

En cada caso los 50% de los datos restantes se encuentran distribuidos de la siguiente manera 25% están por debajo y 25% por encima del diagrama de caja.

4.1.4 Prueba de normalidad de los datos

Por tratarse estudio biométrico de las variables de la fibra de la madera de *Eucalyptus* se ha realizado las pruebas de normalidad de los datos, que a continuación muestra el siguiente cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Prueba de normalidad de las variables respuesta

Variables	Especies del género <i>Eucalyptus</i>	Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Statistic	df	Sig.
Longitud de fibra	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	0,040	219	0,200(*)
	<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,058	222	0,065
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,053	220	0,200(*)
Diámetro de fibra	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	0,259	219	0,000
	<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,285	222	0,000
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,248	220	0,000
Diámetro de lumen	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	0,384	219	0,000
	<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,267	222	0,000
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,223	220	0,000
Espesor de pared	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	0,237	219	0,000
	<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,298	222	0,000
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,236	220	0,000

* This is a lower bound of the true significance.

Según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (2003) la única variable que tiene una distribución normal es la longitud de la fibra de las tres especies.

Las otras variables: diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared tienen una distribución distinta a la normal, debido a que las dimensiones de estas variables es muy pequeña y no fue posible observar en forma precisa con los instrumentos de microscopia que se utilizó.

Cuadro 4.5 Resumen de las medias de las variables respuesta en micras de *Eucalyptus tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*.

Especies	Longitud de fibra	Diámetro de fibra	Diámetro de lumen	Espesor de pared
<i>E. tereticornis</i>	1134,50	15,85	5,30	5,32
<i>E. urophylla</i>	1223,80	19,49	8,70	13,03
<i>E. camaldulensis</i>	1127,57	17,76	7,90	4,93
PROMEDIO	1161,96	17,70	7,30	7,76

emos observar en el cuadro 4.5, la longitud promedio de las fibras del *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis* es 1161,96 micras, coincidiendo que las fibras del género *eucalyptus* no son nunca muy largas, su largo

varía entre 600 y 1400 micras. (FAO, 1953) y (GONDELLES, 1954), lo cual favorece la elaboración de ciertos tipos de papeles como son los de impresión y escritura, en los cuales son de gran importancia características como la suavidad, opacidad y lisura de la hoja (CONSUEGRA, 1994). Los estudios de (LIBBY1967), señala que los rangos promedios de la fibra para coníferas son de 3000 a 5000 micras y para latifoliadas entre 1000 y 2000 micras. Coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Se tiene también que el de diámetro de fibra promedio de las especies en estudio es 17,70 micras, coincidiendo con (METCALFE 1983), señala que el diámetro de fibras para dicotiledóneas se encuentra entre 10 y 50 micras. Así mismo diámetro de lumen 7,30 micras y el espesor de pared de 7,76 micras. El espesor de pared varía considerablemente en diferentes especies, donde normalmente se encuentra entre 2 μm y 6 μm , pudiendo a veces salirse de esos límites (METCALFE, 1983). Para el género *Eucalyptus* las paredes celulares varían desde medianas a gruesas. (GONDELLES 1954),

Las fibras del *Eucalyptus urophylla* presentan mayor longitud 1223,80 a diferencia de *Eucalyptus tereticornis* y *Eucalyptus camaldulensis* que presentan longitudes de 1134,50 y 1127,57 micras respectivamente. Se atribuye las diferencias a factores del medio entre ellos se encuentran clima, altitud, latitud, suelo, además de diferentes tipos de factores bióticos, ya que todos ellos en conjunto condicionan la nutrición del árbol, afectando el tamaño de las células y la proporción de los respectivos tejidos leñosos (NORMAND 1972).

4.2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES RESPUESTA

Para comparar los promedios de las características cuantitativas de las especies se utilizó el método de comparación múltiple de Tukey a nivel de 0,05. Pero antes se realizó el análisis de varianza de cada uno de las variables.

El cuadro 4,6 muestra un resumen de los resultados obtenidos con el paquete estadístico SPSS versión 17.

Cuadro 4.6. Cuadro resumen de análisis de varianza de las variables respuesta de *Eucalyptus tereticornis*, *E. urophylla* y *E. camaldulensis*

Variabes respuesta	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	F, T
Longitud de fibra	Entre especie	1269106,113	2	634553,057	29,329	4,61
	Error	14236100,882	658	21635,412		
	Total	15505206,995	660			
Diámetro de fibra	Entre especie	1820,836	2	910,418	76,674	4,61
	Error	7813,007	658	11,874		
	Total	9633,844	660			
Diámetro de lumen	Entre especies	1374,191	2	687,096	80,444	4,61
	Error	5620,199	658	8,541		
	Total	6994,390	660			
Espesor de pared	Entre especies	55,029	2	27,514	14,920	4,61
	Error	1213,450	658	1,844		
	Total	1268,479	660			

En la última columna del cuadro 4.6 se muestra el valor de F tabulado al nivel de alfa 0,01 que es 4,61, esta cantidad es menor que los F calculados para cada variable de análisis como: 29,329, 76,674, 80,444 y 14,920. Cuando esto sucede se dice que existe una diferencia estadística altamente significativa entre las variables. Para contrastar las medias se utilizó el modelo estadístico de Tukey al nivel escogido de 0,05 y los resultados muestran los siguientes cuadros y figuras.

Cuadro 4.7 Comparación de promedios de longitud (μ) de fibra
Método Tukey HSD al 0,05 de alfa

Especies	N	Subconjuntos para alfa = .05	
		2	1
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	222	1127,5712	1223,8036
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	219	1134,4986	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	220		

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Se utilizó el tamaño muestral de la media armónica = 220,326.
- Los tamaños de los grupos no son iguales.

Según la prueba de Tukey al nivel de alfa 0,05 la longitud media de la fibra de *Eucalyptus urophylla* es significativamente mayor que el de las otras especies. El gráfico 4,8 aclara la afirmación.

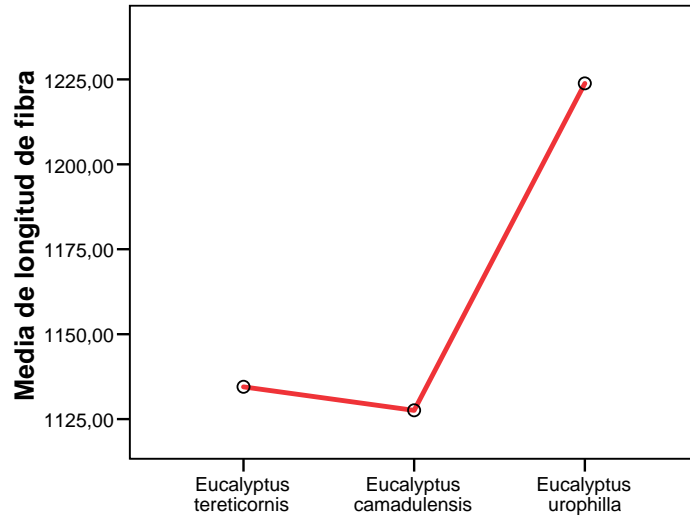


Figura 4.8. Comparación gráfica de las longitudes de fibra de las especies en estudio

Cuadro 4.8 Comparación de promedios de Diámetro de fibra (μ) Método Tukey HSD al 0,05 de alfa.

Especies	N	Subset for alpha = .05		
		2	3	1
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	219	15,9333		
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	222		17,7563	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	220			19,9989

Según la prueba de Tukey al nivel de alfa 0,05 el diámetro media de la fibra tiene diferencia estadística significativa entre las especies estudiadas.

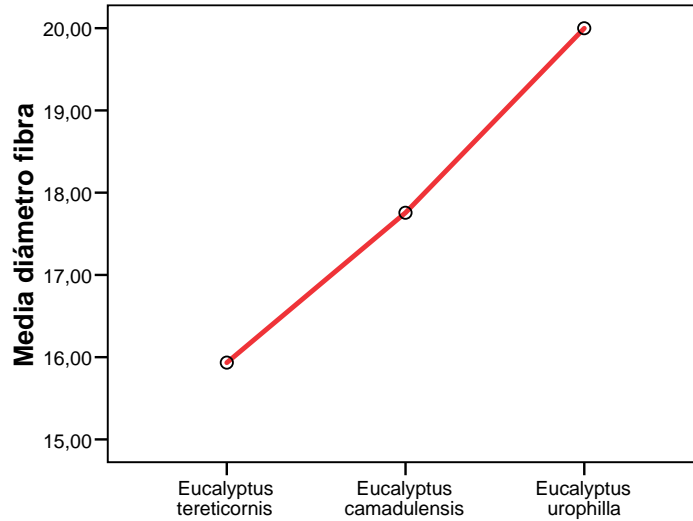


Figura 4.9. Comparación del diámetro de fibra de las especies.

Cuadro 4.9 Comparación de promedios de Diámetro de lumen (μ) Método Tukey HSD al 0,05 de alfa.

Especies	N	Subset for alpha = .05		
		2	3	1
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	219	5,3017		
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	222		7,9016	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	220			8,6964

Según el cuadro 4.9, existe diferencia estadística significativa del diámetro de lumen de las especies estudiadas.

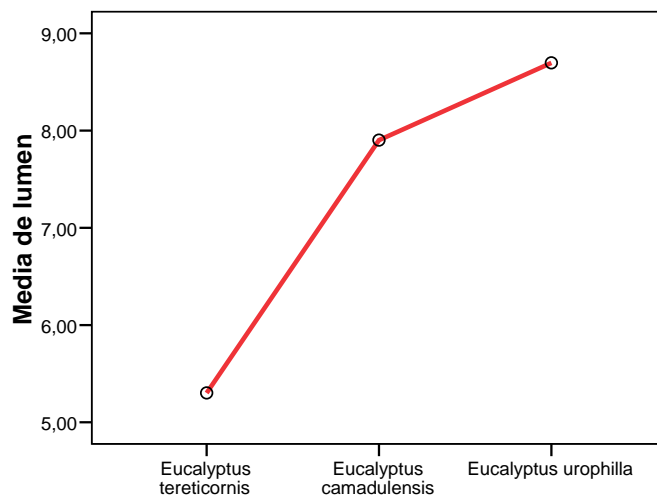


Figura 4.10. Comparación del diámetro de lumen de las fibras.

Cuadro 4.10. Comparación de promedios de Espesor de pared de la fibra según el método Tukey HSD (alfa 0,05)

Especies	N	Subset for alpha = .05	
		2	1
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	222	4,9274	
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	219	5,3158	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	22		13,0256

Según la prueba de Tukey al nivel de alfa 0,05 el espesor de pared media de la fibra de *Eucalyptus urophylla* es significativamente mayor que el de las otras especies. El gráfico 4.10. Aclara la afirmación.

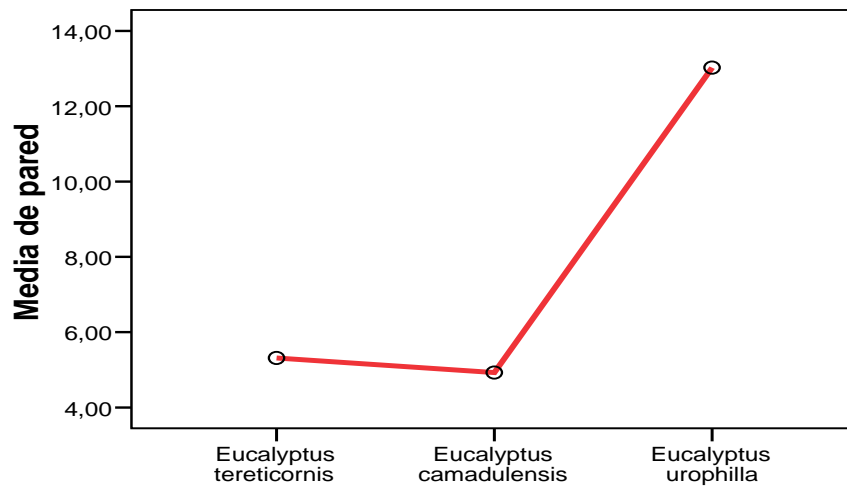


Figura 4.11. Comparación de Espesor de pared de las fibras.

5.3. DETERMINACIÓN DE LA APTITUD PAPELERA DE LAS ESPECIES

La aptitud papelera de las fibras de la maderas del eucalipto de las tres especies se determinó comparando el coeficiente de rigidez denominado factor RUNKEL que viene a ser la relación del grosor de la pared y diámetro de lumen.

Cuadro 4.11. Clasificación de la madera de las especies estudiadas según el Factor Runkel.

ESPECIE	DIAMETRO DE LUMEN	ESPESOR DE PARED	FACTOR DE RUNKEL	CLASIFICACION
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	5,30	5,31	2,38	Mala para papel, madera pesada. Lumen muy angosto, fibras de paredes muy gruesas.
<i>Eucalyptus urophylla</i>	8,69	5,65	1,62	Regular para papel, madera pesada, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7,86	4,94	1,47	Regular para papel, madera pesada, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto.

En el cuadro 4.11, muestra la clasificación según el factor de Runkel para el ***Eucalyptus tereticornis*** es 2,38 clasificándola como mala para papel ya que la madera es pesada, lumen muy angosto, **fibras de paredes muy gruesas.** ***Eucalyptus urophylla*** y ***Eucalyptus camaldulensis*** tienen 1,62 y 1,47 respectivamente, clasificadas como regularmente aptos para papel ya que son **maderas pesadas, fibras de paredes gruesas, lumen muy angosto.**

Las fibras con paredes gruesas, que son comunes en los eucaliptos más densos, no dan en general un papel fuerte. Por lo tanto, cuando se decide sobre la conveniencia de una determinada madera de eucalipto para hacer papel, debe tomarse en consideración el espesor de las paredes de las fibras. Las fibras, que tienen un diámetro para hacer papel y paredes delgadas, evidencian por lo general el tener buenas características para la industria papelera, mientras que fibras delgadas con paredes gruesas son inferiores desde el punto de vista de la fabricación de papel (FAO, 1953).

El espesor de pared las fibras, es una característica que tiene mucha importancia puesto que contribuye a dar mayor solidez a la madera y está en directa relación con el diámetro del lumen y el diámetro total de la fibra (TORTORELLI, 1940).

Con respecto a la aptitud de las especies de *Eucalyptus* para hacer pasta, debe antes hacerse una diferencia entre los rodales naturales y las plantaciones, y luego entre los diferentes emplazamientos de las plantaciones. Sin embargo, las especies como *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. deglupta*, *E. delegatensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. maidenii*, *E. obliqua*, *E. occidentalis*, *E. regnans*, *E. saligna* y *E. viminalis*, indicadas por orden alfabético, han demostrado interesar a la industria papelera, tanto según los análisis de laboratorio como por la evaluación de la pasta producida en escala comercial (FAO, 1981).

V. CONCLUSIONES

Se rechaza la hipótesis planteada en el presente estudio debido a que el *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, presenta mejores características papeleras a comparación del *Eucalyptus tereticornis*.

En el estudio biométrico de las fibras de las maderas del género *Eucalyptus* procedentes de las plantaciones del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria con una edad de 24 años, situado dentro de la zona de vida bosque húmedo Pre Montano Tropical se determinó las características biométricas de las fibras para las siguientes especies:

- a) *Eucalyptus tereticornis*, la longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared se encuentran entre los intervalos o límites 1113,15 – 155,85; 15,45 – 16,25; 5,00 – 5,60 y 5,14 – 5,49 micras respectivamente.
- b) *Eucalyptus urophylla*, la longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared para esta especie se estima entre los límites: 1204,53 – 1243,08; 19,49 – 20,50; 8,23 – 9,16 y 5,43 – 5,86 micras respectivamente.
- c) *Eucalyptus camaldulensis*, con los datos promedios de la muestra de longitud de fibra, diámetro de fibra, diámetro de lumen y espesor de pared se estima que la población de estas variable se encuentran entre los límites: 1109,15 – 1145,43; 17,32 – 18,19; 7,48 – 8,29 y 5,07 – 5,08 micras respectivamente.

La aptitud papeleras de acuerdo a los cálculos del factor de Runkel, las especies *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus urophylla* se clasificaron como regularmente aptas para papel.

Eucalyptus tereticornis con características de madera pesada, lumen muy angosto, y fibras de paredes muy gruesas, no es apta para papel.

VI. RECOMENDACIONES

- a) En cualquier trabajo similar se debe utilizar en las mediciones microscópicas una escala micrométrica de menor escala.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C.M. 1964. Análisis químicos de algunas de características anatómicas de 33 especies de madera tesis México.
- BOCKOR I. 1986. Resultados preliminares de los ensayos de especies y procedencias en campo abierto. Proyecto Peruano Alemán GTZ – INFOR. San Ramón. 90 p.
- BONAVIA DE GUTH, E. 1984."Evaluación en laboratorio de la calidad papelera de seis especies de Eucalyptus". ATIPCA vol. 23núm.1 pp.55-59.
- BONAVIA DE GUTH, E. Y L. MENDONZA. 1981. "Estudio de la calidad del leño en cuatro especies de Eucalyptus en relación a su calidad papelera." ATIPCA vol.20 núm.3, pp. 5-9.
- CONSUEGRA, R. 1994. Caracterización del *Eucalyptus globulus* (Labill) Como materia prima pulpable. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- COWN, D. and Mc CONCHIE, D. 1980. Wood Properties in an old crop stand of Radiata pine. New Zeland Journal of Forestry Science. 10 (3) : 509 – 520.
- DANIEL, P. HELMS, U. y BAKER, F. 1982. Principios de Silvicultura. Traducido de la Segunda Edición Inglesa por Ramón Elizondo Mata. Mc Graw – Hill. México, D.F.
- ESPINOSA, M. 1997 .Estudio de algunas propiedades básicas de la madera de *Acacia melanoxylon* R. BR. Creciendo en la IX Región de Chile. Tesis Ingeniero Forestal.Universidad de Chile. Santiago, Chile.

FAO. 1981. Repoblación Forestal: disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S00.HTM>

GELDRES, E. 1988. Pulpas Kraft de Larix decidua Creciendo en Valdivia. Tesis

Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

GONDELLES, R. 1954. El Género Eucalyptus en Australia. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección Forestal. Caracas. Venezuela.

GONZÁLEZ, J. 2000 "Celulosa y Papel". Apuntes de clases. Ingeniería de la Madera.

INFOR – CORFO. Santiago, Chile. 200 p.

INFOR. 1985. "Ensayos de especies forestales exóticas y guía para su zonificación en la sierra peruana". Lima: Instituto Nacional Forestal y de Fauna/MINAG/FAO Holanda/ INFOR.

KATHERINE ESAU. 1959. Anatomía Vegetal. Barcelona: Ed. Omega.

LIBBY, C. 1967. Ciencia y Tecnología Sobre Pulpa y Papel. 1a Edición Vol. 1. 519 p.

NORMAND, D. 1972. Manuel de identification des Bois Commerciaux. Tome 1 Generalites. Centre technique forestier tropical. France.

MARTINEZ, A. 1981 Índices de Sitio para *Eucalyptus globulus* (LAB.) de la Zona de Concepción y Arauco. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72 p.

MAXWELL R. Jacobs. El eucalipto en la repoblación forestal. Italia. Colección FAO Montes; 1981.

METCALFE, C. and CHALK, L. 1983. Anatomy of the Dicotyledons. Vol 2. Wood Structure and Conclusion of the General Introduction. Clarendon Press. Oxford.

Melchior G.H. Suministro de Material Reproductivo Forestal en la Selva Central del Peru PN 78.2002.0 San Ramon Peru: Sociedad Alemana para la Coperacion Tecnica – GTZ; 1983

MICROSOFT ENCARTA 2009. Biblioteca de consulta .Microsoft Corporation.

MOLINA, S. 1996. Aptitud pulpable de madera de *Eucalyptus globulus* ssp. (maidenii) y *Eucalyptus nitens* a diferentes alturas mediante pulpaje Kraft. Tesis Ingeniero Forestal, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

- ORE C. 2006. Luis. Estudio biométrico de las fibras de la madera de *Eucalyptus tolleriana* en la zona de Satipo. FCAS.
- PANSHIN, A. and De ZEEUW, C. 1970. Textbook of Wood Technology. Vol. 1. Structure, Identification, Uses and Properties of the Commercial Woods of the United States and Canada. Mc Graw - Hill Series in Forest Resources. United States.
- PALOMINO Y. JOSE, BARRAC. MARCIANO; BOHORQUES H. MARIO; SOSA P. GUILLERMO; HURTADO L. WILFREDO. Ensayos silviculturales con especies de *pinus*, *eucalyptus* y *cupresus* en la selva central del Perú. San Ramon . Perú: publifor INIAA/GTZ; 1991.
- PRADO, A. 1989. Y BARROS, S. Eucaliptos: Principios de Silvicultura y Manejo.
- SAINT J. GERMAIN. 1963. Le papetiere: hachete Paris.
- SAAVEDRA FUENZALIDA, C. 2004. Determinación de peso específico y de algunas propiedades biométricas en *Eucalyptus globulus (labill)* como materia prima pulperable (tesis título profesional). Santiago: Departamento de manejo de recursos forestales, Universidad de Santiago,.
- TORTORELLI, L. 1940. Maderas Argentinas. Estudio Xilológico y Tecnológico de las Principales Especies Arbóreas del País. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina. 205 p.
- VISAUTA, B.ç. 2002. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Ed. McGraw Hill México 332 pág.

Anexos

1. FOTOGRAFIAS



F.1.Marcado de arboles de *Eucalytus urophylla*



F.2.Extraccion de tarugos con el barreno de Pressler



F.3.Muestras de tarugos del *Eucalyptus*



F.4.Cerrado de agujeros



F.5.Las muestras de tarugos en frasco de vidrio



F.6. muestras de tarugos puestas en la estufa hermética



F.7.Muestras después de haber permanecido 24 horas en la estufa hermética



F.9.Elaboracion de montajes después de la coloración de las muestras con Safranina.



F.10.Observacion de muestras de fibras

2. Microfotografías de las fibras del Eucalyptus



F.11.Fibras *E. urophylla* observadas al microscopio



F.12.Fibras *E. tereticornis* observadas al microscopio



F.13. Fibras *E. urophylla* observadas al microscopio

Datos de las mediciones de fibras de la madera del *E. urophylla*

Nº Muestras	Longitud (μ)	Diámetro (μ)	Lumen (μ)	Pared Celular (μ)
1	1108.80	12.33	8.22	2.06
2	1327.20	16.44	12.33	2.06
3	1125.60	14.39	8.22	3.08
4	1159.20	24.66	16.44	4.11
5	1327.20	20.55	12.33	4.11
6	1226.40	16.44	8.22	4.11
7	1360.80	20.55	12.33	4.11
8	1293.60	16.44	8.22	4.11
9	1327.20	16.44	8.22	4.11
10	1495.20	16.44	8.22	4.11
11	1276.80	16.44	8.22	4.11
12	1545.60	12.33	4.11	4.11
13	1394.40	12.33	4.11	4.11
14	1125.60	16.44	8.22	4.11
15	1260.00	12.33	4.11	4.11
16	1344.00	24.66	16.44	4.11
17	1209.60	12.33	4.11	4.11
18	1394.40	24.66	16.44	4.11
19	940.80	12.33	4.11	4.11
20	1478.40	16.44	8.22	4.11
21	1041.60	20.55	12.33	4.11
22	1512.00	16.44	8.22	4.11
23	1226.40	16.44	8.22	4.11
24	1092.00	16.44	8.22	4.11
25	1142.40	20.55	12.33	4.11
26	1293.60	16.44	8.22	4.11
27	1108.80	20.55	12.33	4.11
28	1310.40	16.44	8.22	4.11
29	1293.60	20.55	12.33	4.11
30	1377.60	24.66	16.44	4.11
31	1192.80	24.66	16.44	4.11
32	1226.40	20.55	12.33	4.11
33	1293.60	16.44	8.22	4.11
34	1192.80	12.33	4.11	4.11
35	1495.20	20.55	12.33	4.11
36	1461.60	24.66	16.44	4.11
37	1428.00	12.33	4.11	4.11
38	1310.40	20.55	12.33	4.11
39	1008.00	20.55	12.33	4.11

40	873.60	20.55	12.33	4.11
41	1108.80	20.55	12.33	4.11
42	1260.00	20.55	12.33	4.11
43	1125.60	16.44	8.22	4.11
44	1024.80	20.55	12.33	4.11
45	1142.40	16.44	8.22	4.11
46	1108.80	20.55	12.33	4.11
47	1411.20	16.44	8.22	4.11
48	1192.80	20.55	12.33	4.11
49	1226.40	20.55	12.33	4.11
50	1310.40	20.55	12.33	4.11
51	1075.20	16.44	8.22	4.11
52	1192.80	12.33	4.11	4.11
53	1377.60	24.66	16.44	4.11
54	1260.00	16.44	8.22	4.11
55	1192.80	20.55	12.33	4.11
56	1260.00	12.33	4.11	4.11
57	974.40	12.33	4.11	4.11
58	1327.20	16.44	8.22	4.11
59	1209.60	12.33	4.11	4.11
60	1058.40	12.33	4.11	4.11
61	1125.60	12.33	4.11	4.11
62	1058.40	24.66	16.44	4.11
63	1058.40	16.44	8.22	4.11
64	1108.80	20.55	12.33	4.11
65	907.20	20.55	12.33	4.11
66	991.20	20.55	12.33	4.11
67	1108.80	20.55	12.33	4.11
68	1108.80	16.44	8.22	4.11
69	1226.40	16.44	8.22	4.11
70	1092.00	20.55	12.33	4.11
71	1344.00	24.66	16.44	4.11
72	1108.80	20.55	12.33	4.11
73	1192.80	16.44	8.22	4.11
74	1293.60	20.55	12.33	4.11
75	1176.00	16.44	8.22	4.11
76	1310.40	14.39	6.17	4.11
77	1360.80	20.55	12.33	4.11
78	1192.80	16.44	8.22	4.11
79	1276.80	16.44	8.22	4.11
80	1344.00	20.55	12.33	4.11
81	1176.00	20.55	12.33	4.11

82	1209.60	20.55	12.33	4.11
83	1360.80	12.33	4.11	4.11
84	1176.00	12.33	4.11	4.11
85	1209.60	20.55	12.33	4.11
86	1075.20	20.55	12.33	4.11
87	1226.40	16.44	8.22	4.11
88	1276.80	16.44	8.22	4.11
89	1142.40	16.44	8.22	4.11
90	1310.40	16.44	6.17	5.14
91	1344.00	22.61	12.33	5.14
92	1360.80	16.44	6.17	5.14
93	1260.00	16.44	6.17	5.14
94	1159.20	20.55	10.28	5.14
95	991.20	20.55	10.28	5.14
96	1108.80	20.55	10.28	5.14
97	1276.80	20.55	10.28	5.14
98	957.60	16.44	6.17	5.14
99	1428.00	16.44	6.17	5.14
100	1310.40	20.55	10.28	5.14
101	1125.60	16.44	6.17	5.14
102	991.20	16.44	6.17	5.14
103	1176.00	16.44	6.17	5.14
104	1176.00	20.55	8.22	6.17
105	1428.00	24.66	12.33	6.17
106	1125.60	20.55	8.22	6.17
107	1075.20	28.77	16.44	6.17
108	1075.20	20.55	8.22	6.17
109	1327.20	28.77	16.44	6.17
110	1058.40	20.55	8.22	6.17
111	1276.80	24.66	12.33	6.17
112	1058.40	28.77	16.44	6.17
113	1209.60	20.55	8.22	6.17
114	1444.80	20.55	8.22	6.17
115	1428.00	20.55	8.22	6.17
116	1327.20	20.55	8.22	6.17
117	1243.20	24.66	12.33	6.17
118	1394.40	16.44	4.11	6.17
119	1075.20	20.55	8.22	6.17
120	1327.20	20.55	8.22	6.17
121	1327.20	20.55	8.22	6.17
122	1192.80	16.44	4.11	6.17
123	991.20	16.44	4.11	6.17

124	1226.40	20.55	8.22	6.17
125	1428.00	20.55	8.22	6.17
126	1377.60	20.55	8.22	6.17
127	1260.00	20.55	8.22	6.17
128	1360.80	20.55	8.22	6.17
129	1394.40	20.55	8.22	6.17
130	1159.20	20.55	8.22	6.17
131	1428.00	20.55	8.22	6.17
132	1092.00	28.77	16.44	6.17
133	957.60	20.55	8.22	6.17
134	1260.00	20.55	8.22	6.17
135	1276.80	20.55	8.22	6.17
136	1411.20	24.66	12.33	6.17
137	1226.40	24.66	12.33	6.17
138	1310.40	24.66	12.33	6.17
139	1075.20	20.55	8.22	6.17
140	1293.60	16.44	4.11	6.17
141	1243.20	24.66	12.33	6.17
142	991.20	20.55	8.22	6.17
143	1327.20	24.66	12.33	6.17
144	1243.20	16.44	4.11	6.17
145	1125.60	20.55	8.22	6.17
146	1192.80	20.55	8.22	6.17
147	1159.20	16.44	4.11	6.17
148	1142.40	16.44	4.11	6.17
149	1176.00	20.55	8.22	6.17
150	1209.60	24.66	12.33	6.17
151	1293.60	28.77	16.44	6.17
152	873.60	20.55	8.22	6.17
153	1058.40	24.66	12.33	6.17
154	1075.20	20.55	8.22	6.17
155	1243.20	24.66	12.33	6.17
156	1024.80	24.66	12.33	6.17
157	1209.60	20.55	8.22	6.17
158	1159.20	20.55	8.22	6.17
159	1024.80	20.55	8.22	6.17
160	1209.60	16.44	4.11	6.17
161	1260.00	20.55	8.22	6.17
162	1159.20	24.66	12.33	6.17
163	1310.40	20.55	8.22	6.17
164	1327.20	20.55	8.22	6.17
165	1243.20	20.55	8.22	6.17

166	1226.40	16.44	4.11	6.17
167	1327.20	20.55	8.22	6.17
168	1108.80	20.55	8.22	6.17
169	1075.20	20.55	8.22	6.17
170	991.20	16.44	4.11	6.17
171	1394.40	20.55	8.22	6.17
172	1243.20	16.44	4.11	6.17
173	924.00	16.44	4.11	6.17
174	1528.80	20.55	6.17	7.19
175	1360.80	20.55	6.17	7.19
176	1545.60	20.55	6.17	7.19
177	1176.00	20.55	6.17	7.19
178	1344.00	20.55	6.17	7.19
179	1293.60	20.55	6.17	7.19
180	1041.60	24.66	10.28	7.19
181	1041.60	24.66	10.28	7.19
182	1377.60	20.55	6.17	7.19
183	1159.20	20.55	6.17	7.19
184	1041.60	24.66	10.28	7.19
185	1394.40	20.55	6.17	7.19
186	1209.60	20.55	6.17	7.19
187	1260.00	20.55	6.17	7.19
188	1377.60	24.66	10.28	7.19
189	1176.00	24.66	8.22	8.22
190	1327.20	20.55	4.11	8.22
191	1579.20	20.55	4.11	8.22
192	1327.20	20.55	4.11	8.22
193	1411.20	28.77	12.33	8.22
194	1327.20	20.55	4.11	8.22
195	1310.40	20.55	4.11	8.22
196	1209.60	24.66	8.22	8.22
197	1478.40	20.55	4.11	8.22
198	1377.60	20.55	4.11	8.22
199	1125.60	20.55	4.11	8.22
200	1377.60	20.55	4.11	8.22
201	1108.80	24.66	8.22	8.22
202	1428.00	24.66	8.22	8.22
203	1041.60	28.77	12.33	8.22
204	1058.40	24.66	8.22	8.22
205	1512.00	20.55	4.11	8.22
206	1310.40	20.55	4.11	8.22
207	1293.60	20.55	4.11	8.22

208	1024.80	28.77	12.33	8.22
209	1142.40	20.55	4.11	8.22
210	1192.80	24.66	8.22	8.22
211	1545.60	20.55	4.11	8.22
212	1142.40	20.55	4.11	8.22
213	1192.80	24.66	8.22	8.22
214	1024.80	20.55	4.11	8.22
215	1159.20	20.55	4.11	8.22
216	974.40	24.66	8.22	8.22
217	1344.00	28.77	8.22	10.28
218	1176.00	24.66	4.11	10.28
219	1075.20	24.66	4.11	10.28
220	1159.20	24.66	4.11	10.28

Datos de las mediciones de fibras de la madera del *E. tereticornis*

Nº Muestras	Longitud (μ)	Diámetro (μ)	Lumen (μ)	Pared Celular (μ)
1	924.00	8.22	2.06	3.08
2	1125.60	8.22	2.06	3.08
3	1159.20	12.33	8.22	2.06
4	1176.00	12.33	8.22	2.06
5	1209.60	12.33	8.22	2.06
6	1444.80	12.33	6.17	3.08
7	772.80	12.33	4.11	4.11
8	806.40	12.33	4.11	4.11
9	856.80	12.33	4.11	4.11
10	873.60	12.33	4.11	4.11
11	957.60	12.33	4.11	4.11
12	991.20	12.33	4.11	4.11
13	991.20	12.33	4.11	4.11
14	1008.00	12.33	4.11	4.11
15	1008.00	12.33	4.11	4.11
16	1024.80	12.33	4.11	4.11
17	1024.80	12.33	4.11	4.11
18	1041.60	12.33	4.11	4.11
19	1041.60	12.33	4.11	4.11
20	1058.40	12.33	4.11	4.11
21	1058.40	12.33	4.11	4.11
22	1075.20	12.33	4.11	4.11
23	1092.00	12.33	4.11	4.11
24	1092.00	12.33	4.11	4.11

25	1092.00	12.33	4.11	4.11
26	1092.00	12.33	4.11	4.11
27	1092.00	12.33	4.11	4.11
28	1092.00	12.33	4.11	4.11
29	1092.00	12.33	4.11	4.11
30	1092.00	12.33	4.11	4.11
31	1108.80	12.33	4.11	4.11
32	1108.80	12.33	4.11	4.11
33	1125.60	12.33	4.11	4.11
34	1142.40	12.33	4.11	4.11
35	1142.40	12.33	4.11	4.11
36	1142.40	12.33	4.11	4.11
37	1176.00	12.33	4.11	4.11
38	1176.00	12.33	4.11	4.11
39	1176.00	12.33	4.11	4.11
40	1176.00	12.33	4.11	4.11
41	1192.80	12.33	4.11	4.11
42	1192.80	12.33	4.11	4.11
43	1192.80	12.33	4.11	4.11
44	1209.60	12.33	4.11	4.11
45	1209.60	12.33	4.11	4.11
46	1226.40	12.33	4.11	4.11
47	1243.20	12.33	4.11	4.11
48	1243.20	12.33	4.11	4.11
49	1260.00	12.33	4.11	4.11
50	1276.80	12.33	4.11	4.11
51	1293.60	12.33	4.11	4.11
52	1310.40	12.33	4.11	4.11
53	1327.20	12.33	4.11	4.11
54	1344.00	12.33	4.11	4.11
55	1360.80	12.33	4.11	4.11
56	1411.20	12.33	4.11	4.11
57	1495.20	12.33	4.11	4.11
58	1512.00	12.33	4.11	4.11
59	789.60	12.33	3.29	4.52
60	957.60	12.33	3.29	4.52
61	1024.80	12.33	3.29	4.52
62	1092.00	12.33	3.29	4.52
63	1176.00	12.33	3.29	4.52
64	940.80	12.33	2.06	5.14

65	1041.60	12.33	2.06	5.14
66	1058.40	12.33	2.06	5.14
67	1142.40	12.33	2.06	5.14
68	1192.80	12.33	2.06	5.14
69	1209.60	12.33	2.06	5.14
70	1360.80	12.33	2.06	5.14
71	890.40	16.44	8.22	4.11
72	890.40	16.44	8.22	4.11
73	907.20	16.44	8.22	4.11
74	924.00	16.44	8.22	4.11
75	924.00	16.44	8.22	4.11
76	957.60	16.44	8.22	4.11
77	1075.20	16.44	8.22	4.11
78	1075.20	16.44	8.22	4.11
79	1075.20	16.44	8.22	4.11
80	1075.20	16.44	8.22	4.11
81	1142.40	16.44	8.22	4.11
82	1142.40	16.44	8.22	4.11
83	1176.00	16.44	8.22	4.11
84	1176.00	16.44	8.22	4.11
85	1192.80	16.44	8.22	4.11
86	1192.80	16.44	8.22	4.11
87	1209.60	16.44	8.22	4.11
88	1243.20	16.44	8.22	4.11
89	1243.20	16.44	8.22	4.11
90	1243.20	16.44	8.22	4.11
91	1243.20	16.44	8.22	4.11
92	1243.20	16.44	8.22	4.11
93	1293.60	16.44	8.22	4.11
94	1310.40	16.44	8.22	4.11
95	1310.40	16.44	8.22	4.11
96	1344.00	16.44	8.22	4.11
97	1344.00	16.44	8.22	4.11
98	1344.00	16.44	8.22	4.11
99	1377.60	16.44	8.22	4.11
100	1394.40	16.44	8.22	4.11
101	1444.80	16.44	8.22	4.11
102	940.80	16.44	6.17	5.14
103	1024.80	16.44	6.17	5.14
104	1075.20	16.44	6.17	5.14

105	1260.00	16.44	6.17	5.14
106	1293.60	16.44	6.17	5.14
107	1411.20	16.44	6.17	5.14
108	688.80	16.44	4.11	6.17
109	705.60	16.44	4.11	6.17
110	840.00	16.44	4.11	6.17
111	840.00	16.44	4.11	6.17
112	840.00	16.44	4.11	6.17
113	873.60	16.44	4.11	6.17
114	907.20	16.44	4.11	6.17
115	924.00	16.44	4.11	6.17
116	924.00	16.44	4.11	6.17
117	940.80	16.44	4.11	6.17
118	940.80	16.44	4.11	6.17
119	940.80	16.44	4.11	6.17
120	957.60	16.44	4.11	6.17
121	957.60	16.44	4.11	6.17
122	974.40	16.44	4.11	6.17
123	1008.00	16.44	4.11	6.17
124	1008.00	16.44	4.11	6.17
125	1024.80	16.44	4.11	6.17
126	1024.80	16.44	4.11	6.17
127	1024.80	16.44	4.11	6.17
128	1024.80	16.44	4.11	6.17
129	1024.80	16.44	4.11	6.17
130	1041.60	16.44	4.11	6.17
131	1058.40	16.44	4.11	6.17
132	1058.40	16.44	4.11	6.17
133	1075.20	16.44	4.11	6.17
134	1075.20	16.44	4.11	6.17
135	1075.20	16.44	4.11	6.17
136	1075.20	16.44	4.11	6.17
137	1092.00	16.44	4.11	6.17
138	1108.80	16.44	4.11	6.17
139	1108.80	16.44	4.11	6.17
140	1108.80	16.44	4.11	6.17
141	1108.80	16.44	4.11	6.17
142	1125.60	16.44	4.11	6.17
143	1125.60	16.44	4.11	6.17
144	1125.60	16.44	4.11	6.17

145	1159.20	16.44	4.11	6.17
146	1159.20	16.44	4.11	6.17
147	1159.20	16.44	4.11	6.17
148	1159.20	16.44	4.11	6.17
149	1176.00	16.44	4.11	6.17
150	1176.00	16.44	4.11	6.17
151	1192.80	16.44	4.11	6.17
152	1192.80	16.44	4.11	6.17
153	1192.80	16.44	4.11	6.17
154	1192.80	16.44	4.11	6.17
155	1209.60	16.44	4.11	6.17
156	1209.60	16.44	4.11	6.17
157	1209.60	16.44	4.11	6.17
158	1226.40	16.44	4.11	6.17
159	1226.40	16.44	4.11	6.17
160	1226.40	16.44	4.11	6.17
161	1243.20	16.44	4.11	6.17
162	1243.20	16.44	4.11	6.17
163	1243.20	16.44	4.11	6.17
164	1243.20	16.44	4.11	6.17
165	1260.00	16.44	4.11	6.17
166	1260.00	16.44	4.11	6.17
167	1310.40	16.44	4.11	6.17
168	1327.20	16.44	4.11	6.17
169	1327.20	16.44	4.11	6.17
170	1344.00	16.44	4.11	6.17
171	1344.00	16.44	4.11	6.17
172	1394.40	16.44	4.11	6.17
173	1411.20	16.44	4.11	6.17
174	1411.20	16.44	4.11	6.17
175	1411.20	16.44	4.11	6.17
176	1444.80	16.44	4.11	6.17
177	1461.60	16.44	4.11	6.17
178	1209.60	16.44	2.06	7.19
179	1260.00	16.44	2.06	7.19
180	1276.80	16.44	2.06	7.19
181	1024.80	20.55	12.33	4.11
182	1176.00	20.55	12.33	4.11
183	1394.40	20.55	12.33	4.11
184	672.00	20.55	8.22	6.17

185	957.60	20.55	8.22	6.17
186	974.40	20.55	8.22	6.17
187	1008.00	20.55	8.22	6.17
188	1024.80	20.55	8.22	6.17
189	1075.20	20.55	8.22	6.17
190	1075.20	20.55	8.22	6.17
191	1075.20	20.55	8.22	6.17
192	1092.00	20.55	8.22	6.17
193	1108.80	20.55	8.22	6.17
194	1142.40	20.55	8.22	6.17
195	1142.40	20.55	8.22	6.17
196	1159.20	20.55	8.22	6.17
197	1159.20	20.55	8.22	6.17
198	1192.80	20.55	8.22	6.17
199	1209.60	20.55	8.22	6.17
200	1260.00	20.55	8.22	6.17
201	1344.00	20.55	8.22	6.17
202	1377.60	20.55	8.22	6.17
203	1411.20	20.55	8.22	6.17
204	957.60	20.55	6.17	7.19
205	907.20	20.55	4.11	8.22
206	974.40	20.55	4.11	8.22
207	1008.00	20.55	4.11	8.22
208	1041.60	20.55	4.11	8.22
209	1058.40	20.55	4.11	8.22
210	1125.60	20.55	4.11	8.22
211	1209.60	20.55	4.11	8.22
212	1310.40	20.55	4.11	8.22
213	1428.00	20.55	4.11	8.22
214	1226.40	20.55	2.06	9.25
215	1024.80	21.50	12.33	6.17
216	1058.40	21.50	12.33	6.17
217	974.40	22.00	8.22	8.22
218	1058.40	22.00	8.22	8.22
219	1243.20	22.00	8.22	10.28

Datos de las mediciones de fibras de la madera del *E. camadulensis*

Nº Muestras	Nº Muestras	Longitud (μ)	Diámetro (μ)	Lumen (μ)
1	1209.60	16.44	8.22	0.00
2	957.60	12.33	8.22	2.06

3	1092.00	12.33	6.17	3.08
4	1108.80	12.33	6.17	3.08
5	1108.80	16.44	10.28	3.08
6	1192.80	16.44	10.28	3.08
7	1192.80	18.50	12.33	3.08
8	1243.20	16.44	10.28	3.08
9	1377.60	10.28	4.11	3.08
10	1117.60	20.55	12.33	4.11
11	739.20	16.44	8.22	4.11
12	806.40	16.44	8.22	4.11
13	823.20	20.55	12.33	4.11
14	823.20	16.44	8.22	4.11
15	840.00	16.44	8.22	4.11
16	856.80	16.44	8.22	4.11
17	856.80	16.44	8.22	4.11
18	873.60	16.44	8.22	4.11
19	907.20	12.33	4.11	4.11
20	924.00	12.33	4.11	4.11
21	924.00	20.55	12.33	4.11
22	924.00	20.55	12.33	4.11
23	924.00	16.44	8.22	4.11
24	924.00	12.33	4.11	4.11
25	924.00	16.44	8.22	4.11
26	974.40	16.44	8.22	4.11
27	991.20	16.44	8.22	4.11
28	991.20	28.77	20.55	4.11
29	991.20	16.44	8.22	4.11
30	1008.00	16.44	8.22	4.11
31	1008.00	16.44	8.22	4.11
32	1008.00	16.44	8.22	4.11
33	1008.00	16.44	8.22	4.11
34	1024.80	16.44	8.22	4.11
35	1024.80	12.33	4.11	4.11
36	1024.80	16.44	8.22	4.11
37	1041.60	12.33	4.11	4.11
38	1041.60	16.44	8.22	4.11
39	1041.60	20.55	12.33	4.11
40	1041.60	16.44	8.22	4.11
41	1041.60	20.55	12.33	4.11
42	1041.60	16.44	8.22	4.11
43	1041.60	16.44	8.22	4.11
44	1041.60	16.44	8.22	4.11
45	1041.60	12.33	4.11	4.11
46	1041.60	16.44	8.22	4.11
47	1041.60	16.44	8.22	4.11
48	1058.40	20.55	12.33	4.11
49	1058.40	12.33	4.11	4.11
50	1075.20	20.55	12.33	4.11
51	1075.20	16.44	8.22	4.11
52	1092.00	12.33	4.11	4.11
53	1092.00	16.44	8.22	4.11

54	1092.00	12.33	4.11	4.11
55	1108.80	12.33	4.11	4.11
56	1108.80	16.44	8.22	4.11
57	1108.80	24.66	16.44	4.11
58	1108.80	16.44	8.22	4.11
59	1108.80	16.44	8.22	4.11
60	1125.60	16.44	8.22	4.11
61	1125.60	20.55	12.33	4.11
62	1125.60	16.44	8.22	4.11
63	1125.60	12.33	4.11	4.11
64	1125.60	16.44	8.22	4.11
65	1125.60	20.55	12.33	4.11
66	1125.60	12.33	4.11	4.11
67	1142.40	20.55	12.33	4.11
68	1142.40	12.33	4.11	4.11
69	1142.40	16.44	8.22	4.11
70	1142.40	20.55	12.33	4.11
71	1142.40	20.55	12.33	4.11
72	1142.40	16.44	8.22	4.11
73	1142.40	16.44	8.22	4.11
74	1159.20	16.44	8.22	4.11
75	1159.20	12.33	4.11	4.11
76	1159.20	24.66	16.44	4.11
77	1159.20	16.44	8.22	4.11
78	1159.20	16.44	8.22	4.11
79	1159.20	16.44	8.22	4.11
80	1176.00	16.44	8.22	4.11
81	1176.00	16.44	8.22	4.11
82	1176.00	16.44	8.22	4.11
83	1176.00	16.44	8.22	4.11
84	1192.80	16.44	8.22	4.11
85	1192.80	12.33	4.11	4.11
86	1192.80	20.55	12.33	4.11
87	1192.80	12.33	4.11	4.11
88	1192.80	16.44	8.22	4.11
89	1209.60	16.44	8.22	4.11
90	1209.60	16.44	8.22	4.11
91	1209.60	20.55	12.33	4.11
92	1209.60	16.44	8.22	4.11
93	1226.40	24.66	16.44	4.11
94	1226.40	16.44	8.22	4.11
95	1226.40	16.44	8.22	4.11
96	1226.40	16.44	8.22	4.11
97	1226.40	12.33	4.11	4.11
98	1226.40	16.44	8.22	4.11
99	1243.20	12.33	4.11	4.11
100	1243.20	20.55	12.33	4.11
101	1243.20	12.33	4.11	4.11
102	1243.20	24.66	16.44	4.11
103	1243.20	16.44	8.22	4.11
104	1243.20	16.44	8.22	4.11

105	1243.20	16.44	8.22	4.11
106	1260.00	20.55	12.33	4.11
107	1260.00	16.44	8.22	4.11
108	1260.00	20.55	12.33	4.11
109	1260.00	12.33	4.11	4.11
110	1276.80	12.33	4.11	4.11
111	1293.60	16.44	8.22	4.11
112	1293.60	16.44	8.22	4.11
113	1411.20	12.33	4.11	4.11
114	1444.80	16.44	8.22	4.11
115	1495.20	16.44	8.22	4.11
116	1176.00	16.44	7.40	4.52
117	1344.00	15.62	6.17	4.73
118	1117.60	20.55	10.28	5.14
119	840.00	16.44	6.17	5.14
120	991.20	16.44	6.17	5.14
121	1041.60	24.66	14.39	5.14
122	1041.60	20.55	10.28	5.14
123	1075.20	16.44	6.17	5.14
124	1075.20	16.44	6.17	5.14
125	1092.00	20.55	10.28	5.14
126	1092.00	16.44	6.17	5.14
127	1125.60	16.44	6.17	5.14
128	1125.60	16.44	6.17	5.14
129	1125.60	16.44	6.17	5.14
130	1142.40	16.44	6.17	5.14
131	1159.20	16.44	6.17	5.14
132	1176.00	16.44	6.17	5.14
133	1176.00	16.44	6.17	5.14
134	1192.80	16.44	6.17	5.14
135	1226.40	16.44	6.17	5.14
136	1226.40	16.44	6.17	5.14
137	1226.40	16.44	6.17	5.14
138	1243.20	16.44	6.17	5.14
139	1260.00	16.44	6.17	5.14
140	1260.00	16.44	6.17	5.14
141	1260.00	16.44	6.17	5.14
142	1260.00	16.44	6.17	5.14
143	1276.80	16.44	6.17	5.14
144	1293.60	16.44	6.17	5.14
145	1344.00	16.44	6.17	5.14
146	1360.80	14.39	4.11	5.14
147	1377.60	16.44	6.17	5.14
148	1411.20	16.44	6.17	5.14
149	1428.00	12.33	2.06	5.14
150	1075.20	15.62	4.11	5.75
151	772.80	20.55	8.22	6.17
152	856.80	24.66	12.33	6.17
153	873.60	20.55	8.22	6.17
154	940.80	20.55	8.22	6.17
155	940.80	20.55	8.22	6.17

156	957.60	20.55	8.22	6.17
157	957.60	24.66	12.33	6.17
158	957.60	20.55	8.22	6.17
159	974.40	20.55	8.22	6.17
160	991.20	20.55	8.22	6.17
161	1008.00	20.55	8.22	6.17
162	1008.00	16.44	4.11	6.17
163	1008.00	20.55	8.22	6.17
164	1041.60	16.44	4.11	6.17
165	1041.60	16.44	4.11	6.17
166	1041.60	20.55	8.22	6.17
167	1041.60	20.55	8.22	6.17
168	1058.40	20.55	8.22	6.17
169	1058.40	24.66	12.33	6.17
170	1075.20	20.55	8.22	6.17
171	1075.20	16.44	4.11	6.17
172	1092.00	16.44	4.11	6.17
173	1092.00	24.66	12.33	6.17
174	1092.00	20.55	8.22	6.17
175	1092.00	16.44	4.11	6.17
176	1092.00	24.66	12.33	6.17
177	1092.00	20.55	8.22	6.17
178	1092.00	16.44	4.11	6.17
179	1092.00	20.55	8.22	6.17
180	1108.80	16.44	4.11	6.17
181	1108.80	16.44	4.11	6.17
182	1108.80	20.55	8.22	6.17
183	1108.80	20.55	8.22	6.17
184	1108.80	20.55	8.22	6.17
185	1125.60	24.66	12.33	6.17
186	1142.40	16.44	4.11	6.17
187	1159.20	20.55	8.22	6.17
188	1159.20	20.55	8.22	6.17
189	1159.20	24.66	12.33	6.17
190	1159.20	16.44	4.11	6.17
191	1159.20	16.44	4.11	6.17
192	1176.00	16.44	4.11	6.17
193	1176.00	20.55	8.22	6.17
194	1192.80	16.44	4.11	6.17
195	1192.80	16.44	4.11	6.17
196	1192.80	24.66	12.33	6.17
197	1209.60	16.44	4.11	6.17
198	1209.60	20.55	8.22	6.17
199	1209.60	24.66	12.33	6.17
200	1226.40	20.55	8.22	6.17
201	1226.40	20.55	8.22	6.17
202	1226.40	20.55	8.22	6.17
203	1243.20	20.55	8.22	6.17
204	1243.20	20.55	8.22	6.17
205	1260.00	20.55	8.22	6.17
206	1260.00	20.55	8.22	6.17

207	1276.80	16.44	4.11	6.17
208	1310.40	20.55	8.22	6.17
209	1344.00	16.44	4.11	6.17
210	1360.80	20.55	8.22	6.17
211	1377.60	20.55	8.22	6.17
212	1394.40	24.66	12.33	6.17
213	1461.60	20.55	8.22	6.17
214	940.80	20.55	6.17	7.19
215	991.20	20.55	6.17	7.19
216	1024.80	20.55	6.17	7.19
217	1075.20	20.55	6.17	7.19
218	1092.00	20.55	6.17	7.19
219	1276.80	20.55	6.17	7.19
220	1293.60	20.55	6.17	7.19
221	1024.80	20.55	4.11	8.22
222	1243.20	24.66	8.22	8.22