



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Caracterización física, química y morfológica
del *Eucalyptus delegatensis* R. T. Baker
cosechado en el fundo Las Palmas (X Región)**

Patrocinante: Sra. Silvana Mariani A.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero en Maderas**.

GONZALO ANDRES THIENEL CARRASCO

VALDIVIA
2005

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sra. Silvana Mariani	<u>6,8</u>
Informante:	Srta. Alicia Fernández	<u>6,0</u>
Informante:	Sr. Juan Eduardo Diaz-vaz	<u>5,8</u>

El patrocinante acredita que la presente Tesis de Grado cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Sra. Silvana Mariani A.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible que este trabajo de titulación pueda ser concluido satisfactoriamente.

En primer lugar a mis profesores de la comisión calificadora, Sra. Silvana Mariani, Srta. Alicia Fernández y Sr. Juan Eduardo Diaz-vaz. A todos ellos muchas gracias por su apoyo y ayuda cuando lo necesité.

Quisiera agradecer también al Sr. Marco Torres quién me ayudó y guió sobre todo en los ensayos y análisis químicos de laboratorio.

También quisiera agradecer a todos mis amigos que de alguna manera me ayudaron a cumplir con este proyecto, ya sea con su compañía, ayudando en la toma de muestras, hacer mediciones o simplemente molestando..... Felipe, Yiyi, Javier y Rudy.

Quisiera agradecer a mi familia, sobre todo a Rodrigo y Kahrin, quienes me ayudaron mucho en todo lo que tenía que ver con “el tarro”....Gracias por su apoyo y paciencia conmigo. A la chica, la katita y por supuesto a Bovina.

A Franz, que a pesar de no estar físicamente con nosotros se que esta orgulloso y contento con la finalización de esta etapa.

A mi polola, amiga y compañera, Emily, muchas gracias por todo tu apoyo, comprensión, ayuda y cariño. Eres alguien más que especial para mí, te amo y estoy feliz de poder compartir esto y todo contigo.

Sin lugar a duda la persona más importante y a quien le agradezco no solo por ayudarme y guiarme en esta última etapa universitaria es mi madre, Mercedes. Es ella quien me fue a dejar el primer día de jardín infantil y ella será con quien deje la universidad el último día de estudio. Te quiero, eres quien me crió y enseñó cosas que no se enseñan en ninguna universidad. Gracias

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Antecedentes generales de <i>E. delegatensis</i> R. T. Baker	3
2.1.1 Clasificación botánica	3
2.1.2 Descripción de la especie	3
2.1.3 Distribución geográfica	3
2.1.4 Daños por agentes físicos, insectos y hongos	3
2.1.5 Usos principales	4
2.1.6 Superficie plantada en Chile	4
2.2 Propiedades Físicas, Químicas y Morfológicas	5
2.2.1 Densidad básica de la madera	5
2.2.2 Holocelulosa	5
2.2.3 Pentosanós	6
2.2.4 Lignina	6
2.2.5 Extraíbles	7
2.2.6 Longitud de fibra	8
2.2.7 Células Parenquimáticas	8
2.2.8 Vasos	8
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	9
3.1 Muestreo de madera	9
3.2 Normas y Métodos	10
3.2.1 Normas	10
3.2.2 Métodos	10
3.3 Análisis de la información	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Densidad básica	12
4.2 Largo de fibras	13
4.3 Diámetro de vasos	14
4.4 Conteo porcentual de estructuras morfológicas	15

ÍNDICE DE MATERIAS (Continuación)

	Página
4.5 Extraíbles totales	16
4.6. Porcentaje de Lignina	17
4.7 Porcentaje de Holocelulosa	18
4.8 Porcentaje de Pentosanos	19
4.9 Resumen análisis de varianza	20
5. CONCLUSIONES	21
6. BIBLIOGRAFIA	23

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Densidad básica	12
Figura 2 Largo de fibras	13
Figura 3 Diámetro de vasos	14
Figura 4 Conteo porcentual de estructuras morfológicas	15
Figura 5 Extraíbles totales	16
Figura 6 Porcentaje de Lignina	17
Figura 7 Porcentaje de Holocelulosa	18
Figura 8 Porcentaje de Pentosanos	19

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis según norma	10
Cuadro 2. Significancia al 95% de confianza	20

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo es realizar un estudio acabado sobre las propiedades cuantitativas y patrones de comportamiento con la altura de las características físicas, químicas y morfológicas del *Eucalyptus delegatensis*, se desarrolló esta investigación tomando como zona de estudio cinco árboles en el fundo Las Palmas (X Región).

Se realizaron ocho ensayos diferentes (longitud de fibras, conteo porcentual de estructuras morfológicas, densidad básica, diámetro de vasos, porcentaje de lignina, holocelulosa, pentosanos y extraíbles totales) en tres diferentes alturas (basal, media y apical), la primera a 10 cm sobre el suelo y las otras dos, cada 2,4 m. Se utilizaron cinco árboles de 13 años de edad.

La determinación de los análisis químicos de holocelulosa, pentosanos, lignina y extraíbles totales fueron realizados según normas TAPPI T 249 cm-00, TAPPI T 223 cm-84, TAPPI T 222 om-98 y TAPPI T 204 cm-97 respectivamente. Mientras que para la determinación de densidad básica se utilizó la norma chilena oficial Nch 176/2, para longitud de fibras se realizó una proyección con micro proyectora y medición con curvímetero; para el diámetro de vasos se proyectó el anillo número tres (dirección médula – corteza) midiendo el diámetro en sentido tangencial. Y para el conteo porcentual de estructuras morfológicas se proyectó el anillo número tres en una red de cien puntos.

Se determinó que los valores en los ensayos de longitud de fibras, porcentaje de fibras, porcentaje de holocelulosa y porcentaje de pentosanos, presentaron diferencias significativos con la altura (p valor $< 0,05$)

Todos los ensayos a excepción del porcentaje de extraíbles totales, presentaron un patrón de comportamiento con la altura similar a lo esperado según la literatura consultada en la revisión bibliográfica.

Palabras claves: *Eucalyptus delegatensis*, morfológicas, densidad básica, diámetro de vasos, apical.

1. INTRODUCCIÓN

Chile posee un total de 2,1 millones de hectáreas de plantaciones forestales, de las cuales el 21,3% corresponde al género *Eucalyptus* (CORMA, 2005). Dentro de este género el *Eucalyptus delegatensis* desempeña un papel importante en la industria maderera nacional, sin embargo no alcanza todavía los niveles de producción de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Estas dos especies deben su auge principalmente a su rápido crecimiento, que asociado a tratamientos silviculturales y mejoramiento genético, permiten acortar las rotaciones, aumentar resistencia al frío y mejorar la densidad de la madera.

En el estudio se pretende analizar tanto características físicas, químicas y morfológicas a través de la altura del *E. delegatensis* crecido en el fundo Las Palmas en la provincia de Valdivia. Sin embargo estas características varían según la procedencia, el terreno, la edad, los individuos y dentro de un mismo individuo según la posición en el fuste.

Estas tres características son de suma importancia para la industria de la celulosa y papel. Es precisamente de esta industria donde nace la necesidad de realizar dichos análisis, con el fin de conocer detalladamente la materia prima que se está utilizando y obtener niveles de producciones elevados, así como una alta calidad en el producto final.

Uno de los aspectos más relevantes en esta industria, en lo que dice relación con las propiedades físicas, es el peso específico, ya que se relaciona con los rendimientos esperados por unidad de volumen de materia prima. Por ejemplo: el consumo de *Pinus radiata* para producir un tonelada de pulpa blanqueada es de: 5,12 m³/ ton de celulosa blanqueada producida y en eucalipto este consumo baja a 3,8 m³/ ton

Lo que dice relación con las propiedades químicas, la verdadera importancia radica en los contenidos de holocelulosa, pentosanos, lignina y extraíbles, ya que de estos valores dependerá en gran medida el consumo de reactivos, problemas operacionales y la calidad de la celulosa fabricada.

Por último, las propiedades anatómicas o biométricas de la fibra, influirán de acuerdo a las dimensiones que ésta posea, afectando directamente la calidad en resistencia física y propiedades ópticas de la celulosa y papel fabricado; así es como dependiendo de las características de las fibras, se puede inferir que papel se puede y conviene fabricar.

Para ampliar el conocimiento de *E. delegatensis* se plantean los siguientes objetivos:

El objetivo general de este estudio es realizar un estudio acabado de las características físicas, químicas y morfológicas a través de la altura en el *E. delegatensis* cosechado en el fundo Las Palmas, como posible fuente de materia

prima para la industria de la celulosa y papel. En tanto que los objetivos específicos son determinar y evaluar las diferencias en la altura del fuste en las siguientes propiedades: densidad básica, porcentaje de holocelulosa, porcentaje de pentosanos, porcentaje de lignina, porcentaje de extraíbles totales, solubles en etanol-tolueno, longitud de fibra, diámetro de vasos y conteo porcentual de vasos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes generales de *E. delegatensis* R. T. Baker

2.1.1 Clasificación botánica

La especie *Eucalyptus delegatensis* ocupa la siguiente posición sistemática.

Subfamilia Leptospermoide, tribu leptospermeae, subtribu Eucalyptinae, género *Eucalyptus*, subgénero monocalyptus. Dimitri y Mangieri (1961)

2.1.2 Descripción de la especie

En condiciones naturales *E. delegatensis* es un árbol que logra un gran tamaño, pudiendo alcanzar alturas de entre 40 a 70 m y a veces más, diámetros de hasta 1,5 m, con fuste recto y largo. Su madera es de color pardo pálido o rosada. Es liviana y fácil de trabajar, no es durable, tiene una textura abierta, grano recto y es moderadamente dura. (Hillis y Brown, 1984; FAO, 1981; INFOR – CORFO, 1986; Dimitri y Mangieri, 1961).

2.1.3 Distribución geográfica

E. delegatensis es una especie nativa de Tasmania, Victoria, Nueva Gales del Sur y Camberra, entre latitudes 35° y 43° S. Se desarrolla principalmente en tierras altas, con una variación altitudinal de 610 a 1.600 m, se distribuye en valles y pendientes montañosas, prefiere las exposiciones frías del sur y el este en el continente australiano, cuando crece en altitudes menores. El clima es templado – frío, húmedo y con nieve; la mínima absoluta es de – 9°C, con lluvias abundantes de 1.000 – 1.600 mm anuales. (Hillis y Brown, 1984; FAO, 1981)

2.1.4 Daños por agentes físicos, insectos y hongos

Fuego. Esta especie no forma lignotubérculos, es bastante sensible al fuego a pesar de la presencia de una corteza fibrosa de 5 a 7 cm de grosor en la parte baja del tronco de los árboles maduros (Hillis y Brown, 1984; FAO, 1956)

Heladas. *E. delegatensis* es una de las especies más tolerantes al frío de todos los eucaliptos, ya que es capaz de tolerar temperaturas muy bajas – 12°C. Es una de las

mejores especies de los grandes *Eucalyptus* en resistencia al daño por la nieve. (Hillis y Brown, 1984; FAO, 1956).

Insectos. Hillis y Brown (1984) señalan el ataque de insectos defoliadores en el norte de Tasmania, principalmente por el coleóptero *Chrysophtharta bimoculata*. A su vez Neumann y Mark (1976) encontraron *Heteronix* spp como principal agente destructivo de brotes y hojas en bosques jóvenes de Victoria.

Boland y Martinez (1981) recolectaron semillas de *E. delegatensis* a lo largo de toda su distribución natural, observando una gran porción de semillas que habían sido atacadas por insectos del género *Megastigmus* (*Hymenoptera: Torymidae*). También detectaron ataques de *P. semipunctata* en más de 50 especies de *Eucalyptus* en el mundo, entre ellas *E. delegatensis*.

Hongos. En el norte de Tasmania, *E. delegatensis* ha sido exterminado en grandes áreas por una enfermedad conocida como “muerte interior de grandes alturas” cuya causa se desconoce, Hillis y Brown (1984). Estudios de Crous *et al* (1989) presentan al *E. delegatensis* como hospedante de 11 hongos diferentes que atacan el follaje distribuidos en nueve países.

2.1.5 Usos principales

La madera de *E. delegatensis* es adecuada para la construcción de naves, postes de transmisión y traviesas de duración indefinida si están bien impregnadas. Es una de las latifoliadas más importante de Australia, tanto para la producción de madera aserrada como para pulpa. Bisso (1982)

En Chile es una especie que se utiliza para la producción de madera aserrada debido a que soporta muy bien las heladas y zonas frías. Se ha adaptado de buena manera a zonas pre cordilleranas frías, con precipitaciones que superan los 1.000 mm, pero que no ha sido una especie producida masivamente en nuestro país. Escobar (2005)

2.1.6 Superficie plantada en Chile

Chile posee un total de 2,1 millones de hectárea, de las cuales 21,3% son del género *Eucalyptus*. Esto corresponde a un total de 447.300 ha de plantaciones de éste género, de las cuales 1.600 ha corresponden a *E. delegatensis*, alcanzando el 38% y 41% en la VIII y X Región respectivamente.*

* Alberto Ávila, 2005, INFOR sede Bío Bío, “Comunicación personal”

Ensayos realizados con *E. delegatensis* demuestran que los mayores desarrollos de producción de madera fueron alcanzados en las regiones octava y novena, tanto en condiciones costeras como interiores, desarrollando un crecimiento medio anual, superior a los 45 m³/há/año resultado obtenido de los ensayos de introducción de *E. delegatensis* realizados por el Instituto Forestal en árboles de 15 años de edad. INFOR – CORFO (1986).

2.2 Propiedades Físicas, Químicas y Morfológicas

2.2.1 Densidad básica de la madera

La densidad básica o peso específico se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales. La densidad de la madera es una propiedad que muestra una amplia variación entre y dentro de especies, asociada principalmente a factores genéticos y medio ambientales.

La densidad básica de *E. delegatensis* debería ir en aumento con la altura, tal como ocurre con otras especies de *Eucalyptus*, aumentando desde la base a la zona apical. Mariani *et al.* (2005), Acercándose a valores de densidad básica promedio de 450 kg./m³ en individuos de 10 años. Escalona *et al.* (2000). Por otra parte también se han encontrado valores promedios de densidad básica para individuos de ocho años crecidos en Valdivia de 415 kg./m³, mientras que individuos de 21 años crecidos en la localidad de Cautín presentaron valores de 471 kg./m³ Melo *et al.* (1981).

2.2.2 Holocelulosa

La holocelulosa es un polisacárido, que está formado por la suma de las cadenas de celulosa y hemicelulosa.

La celulosa es el componente que se encuentra en mayor proporción dentro de la madera, se caracteriza por ser un polímero lineal, de peso molecular aproximadamente de 50.000 a 2.500.000, integrado por unidades monoméricas de glucosa. Mientras que la hemicelulosa también es un polisacárido constituido por azúcares del tipo hexosa y pentosa, siendo las pentosas las de mayor relevancia por la proporción en que se encuentran en la hemicelulosa. Mariani (2000)

Según L. Bustamante y J. A. de los Santos (1983) el porcentaje promedio de holocelulosa en *E. delegatensis* es de 78,42% bmsle. Valores muy cercanos a los presentados por Melo *et al.* (1991), que corresponden a un porcentaje de 79,8%

bmsle para individuos de 8 años de edad y de 77,9% bmsle para individuos de 21 años de edad

2.2.3 Pentosanos

Son los polisacáridos que se encuentran en mayor proporción dentro de la hemicelulosa en latifoliadas. Su principal efecto es que afecta los rendimientos clasificados y propiedades de resistencia de la pulpa en la industria de la celulosa y papel. Así por ejemplo un mayor contenido de pentosanos con la altura estará indicando que la madera de la zona apical sometida a pulpaje Kraft muy drástico presentará menor rendimiento clasificado y propiedades de resistencia de la pulpa. Mariani *et al.* (2005).

Es importante mencionar que el contenido de celulosa es constante con la altura en la madera, y por lo tanto un incremento en los porcentajes de holocelulosa significa que aumenta el porcentaje de hemicelulosa, que en el caso de latifoliadas incluidas el *E. delegatensis* están representadas en mayor proporción por los pentosanos.

Según L. Bustamante y J. A. de los Santos (1983) el porcentaje promedio de pentosanos en *E. delegatensis* es de 21,42% bmsle.

2.2.4 Lignina

Estructura polimérica extremadamente compleja. Su función es formar parte de la lámina media que delimita y actúa como cementante entre las fibras, es insoluble en la mayoría de los solventes orgánicos. Corresponde a un polímero heterogéneo, con red ramificada tridimensional formada por unidades de fenilpropano. La lignina se divide en varias clases de acuerdo a sus elementos estructurales, encontrando en latifoliadas tanto unidades guayacilo como unidades siringilo, propia solamente de maderas duras. Mariani (2000).

Es importante mencionar que mientras más elevado sea el porcentaje de lignina en la madera, mayor será el costo de obtención de pulpa, debido a un incremento en el consumo de reactivo.

Según L. Bustamante y J. A. de los Santos (1983) el porcentaje promedio de lignina en *E. delegatensis* es de 21,55% bmsle, valor muy cercano a los publicados por Melo *et al.* (1981). de 23,0% bmsle de lignina bmsle para individuos de 8 años y de 23,2% bmsle en individuos de 21 años.

2.2.5 Extraíbles

Generalidades. Los extraíbles son responsables de algunas características de las plantas como resistencia natural a la pudrición, sabor y propiedades abrasivas. Los extractivos del duramen se consideran los responsables de impartir a ciertas especies de maderas olores y sabores muy característicos. Algunas de estas especies a las que los extractivos imparten aroma y sabor intenso, son también, muy resistentes al ataque de hongos e insectos.

La cantidad y composición de los extraíbles dependen de la especie, sección del árbol, época del año, las condiciones de crecimiento y otros factores. Químicamente estas sustancias están compuestas por hidrocarburos, terpenos, fenoles, ácidos grasos y resinosos, resinas, grasas, esterinas, aceites esenciales y otros. Mariani (2000).

Extraíbles solubles en solventes orgánicos. La composición química de las sustancias solubles en disolventes orgánicos son muy variadas. Con este tipo de solventes se extraen fundamentalmente grasas, resinas y ácidos grasos, ésteres de estos ácidos, ceras y fitoesterinas. Mariani (2000)

La cantidad y tipo de extraíble que se desee disolver, dependerá del tipo de disolvente que se vaya a utilizar. En este caso en particular se utilizará el disolvente orgánico Etanol – Tolueno, debido a que las sustancias que aquí se solubilizan son las que ocasionan problemas operacionales en el proceso de obtención de celulosa, generando pitch y dustine en la celulosa y / o papel.

Solubles en Etanol - Tolueno. Según L. Bustamante y J. A. de los Santos (1983) el porcentaje de solubles en alcohol – benceno en *E. delegatensis* de 10 años corresponde a un promedio de 1,45% bms, mientras que Melo *et al.* (1991) determinaron los siguientes valores de extraíbles en etanol - benceno bms para *Eucalyptus* de ocho años de edad: *E. vitiminalis* 2,42%, *E. delegatensis* 1,78%, *E. nitens* 1,27%, *E. globulus* 1,02% y *E. regnans* 0,99%. Lo que ubica a *E. delegatensis* como la segunda especie con mayor porcentaje de extraíbles solubles en etanol – benceno entre estas cinco especies de Eucaliptos.

Por otra parte Mariani *et al.* (2005) demostró que el porcentaje de solubles en etanol – tolueno en *E. nitens* de nueve años de edad van disminuyendo con la altura.

2.2.6 Longitud de fibra

La madera conformada por fibras es la principal materia prima para la fábrica de diferentes productos comerciales (papel, cartones, tableros MDF, entre otros). Las fibras se pueden liberar de su matriz original a través de diferentes procesos (químicos, mecánicos y térmicos).

Estudios realizados por Escalona *et al.* (2000) determinaron una longitud de fibra promedio en *E. delegatensis* de 10 años de 0,56 mm, mientras que Melo *et al.* (1981) para edades que fluctúan entre los 11 y 15 años, encontró longitudes de fibra promedio de 0,76 mm. Esto clasifica a la especie como fibra corta y su utilización en la industria del papel sería principalmente para la fabricación de papeles de impresión y escritura, ya que la fibra corta otorga mejores propiedades superficiales de lisura y brillo.

2.2.7 Células Parenquimáticas

Se entiende por parénquima leñoso el conjunto de células parenquimatosas que se encuentran presentes en la madera. A diferencia de los tejidos prosenquimatosos, que tienen como función principal la de ser tejidos de resistencia y de conducción, los tejidos parenquimatosos son tejidos de almacenamiento y de conducción. Por lo general, son células relativamente cortas, que conservan su vitalidad durante un tiempo mucho mayor que las de los tejidos prosenquimatosos. García *et al.* (2003)

De acuerdo a ensayos realizados por Mariani *et al.* (2005) en *E. nitens* de nueve años, la proporción de células parenquimáticas en la altura no presenta diferencias significativas. Esto es importante por que una alta presencia de ellas en la pulpa ocasionará problemas de drenado durante el proceso de formación de la pulpa.

2.2.8 Vasos

Los vasos denominados también traqueas, son elementos de paredes delgadas y lúmenes muy amplios, especialmente en la madera temprana. Siempre se encuentran formando largas cadenas. Son de dimensiones longitudinales muy reducidas, menores a 1 mm, las paredes terminales que conectan a dos vasos en dirección longitudinal presentan perforaciones denominadas placa de perforación. Diaz-vaz (1987).

En ensayos realizados por Mariani *et al.* (2005) se aprecia un importante incremento en la proporción de vasos con la altura, en *E. nitens* de nueve años; especialmente cuando se está sobre el 50% de la altura comercial, donde el porcentaje de vasos incrementa en 41 y 69% para madera temprana y tardía respectivamente desde la base a la zona apical. Este aumento es una respuesta natural por las mayores necesidades fisiológicas que posee el árbol en la zona apical para su desarrollo.

Una mayor presencia de vasos en la madera y un mayor diámetro de los mismos, mejora la penetración de reactivo de pulpaje en las astillas, permitiendo reducir tiempos de cocción y a su vez obtención de mayores rendimientos clasificados de pulpa. De ahí la importancia de conocer su distribución y presencia en la madera.

3. DISEÑO DE INVESTIGACION

3.1 Muestreo de madera

La madera que se utilizará corresponde a cinco árboles de la especie *E. delegatensis* de 13 años de edad, provenientes del fundo Las Palmas Décima Región. Los árboles estuvieron plantados en mezcla con las especies *E. globulus* y *E. nitens*. Además es importante señalar que nunca se les realizó algún tratamiento de manejo forestal.

Se cortarán seis rodela de dos pulgadas de espesor a través de la altura del fuste; dos rodela de la zona basal a una altura de 10 cm sobre el suelo, dos rodela a una altura del 50 % de la altura de corte comercial y dos rodela a la altura de corte comercial (altura de corte comercial = 8 cm diámetro).

Se utilizarán estas tres diferentes zonas del fuste, para poder determinar la variación de las propiedades cuantitativas conforme se incremente la altura

Se obtendrán resultados en las tres principales zonas comerciales del árbol: troza basal, media y apical

3.2 Normas y Métodos

3.2.1 Normas

La determinación de los análisis químicos y peso específico de *E. delegatensis*, se realizarán de acuerdo a las siguientes normas presentadas en el cuadro 1.

Análisis	Norma
Holocelulosa	TAPPI T 249 cm.-00
Pentosanos	TAPPI T 223 cm.-84
Lignina	TAPPI T 222 om-98
Extraíbles totales	TAPPI T 204 cm.-97
Peso específico	NCh 176/2

Cuadro 1. Análisis según norma

3.2.2 Métodos

La determinación del peso específico y los análisis morfológicos de *E. delegatensis*, se realizarán de acuerdo a los siguientes métodos.

Longitud de fibra. A cada una de las rodela provenientes de las tres diferentes alturas, (basal, media y apical), se les extraerá una cuña, la cual se utilizará para obtener las muestras que serán maceradas. Estas muestras deben ser cortadas en forma alargada, no demasiado gruesas para facilitar el ataque de la solución maceradora.

Se utilizará la solución maceradora de Jeffrey, que considera 250 g de óxido de cromo, 385 ml de ácido nítrico y 4.365 ml de agua destilada. Para finalmente mediante método de proyección con microproyectora utilizando un aumento de 100 mm y un curvímetro, medir 100 fibras al azar.

Diámetro de vasos. A cada una de las rodela provenientes de las tres diferentes alturas, (basal, media y apical), se les extraerá una cuña de las cuales se tomarán muestras de su plano transversal para realizar cortes microtómicos

Se utilizará una ampliación de 400 veces para proyectar dicho plano; se medirán todos los vasos existentes en el anillo número tres avanzando en dirección radial, limitando la distancia tangencial a 1 mm real. Se medirá el diámetro menor de los vasos, vale decir en sentido tangencial.

Se utilizará el anillo número tres, ya que éste se encuentra presente a lo largo de toda la troza de estudio. Esto permitirá comparar los valores obtenidos en las 3 diferentes alturas del fuste.

La medición del diámetro de vasos será en sentido tangencial, debido a que diferentes autores de la revista IAWA así lo recomiendan. A su vez se podrán comparar los resultados aquí obtenidos, con los propuestos por dichos autores.

Conteo porcentual de vasos. A cada una de las rodels provenientes de las tres diferentes alturas, (basal, media y apical), se les extraerá una cuña de las cuales se tomarán muestras de su plano transversal para realizar cortes microtómicos

Se proyectará dicho plano en una red de 100 puntos. Se realizará una proyección del anillo de crecimiento número tres (dirección medula – corteza) de madera temprana. También se contarán porcentualmente los radios leñosos, parénquima y fibras.

3.3 Análisis de la información.

Los resultados serán sometidos a análisis de varianza con programa estadístico SAS. SAS (1987) empleando diseño completo al azar. Se comprobarán los supuestos de normalidad, con test de Shapiro-wilks y homogeneidad de varianzas con test de Levene, al 95% de confianza.

Las variables en porcentaje serán transformadas a $\arcsen\sqrt{\%}$, pues el análisis estadístico obliga a trabajar con valores numéricos y no en porcentaje. Los datos analizados que presenten diferencias significativas entre los tratamientos serán comparados mediante test rango múltiple de Duncan al 95%. Morales (2005)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Densidad básica

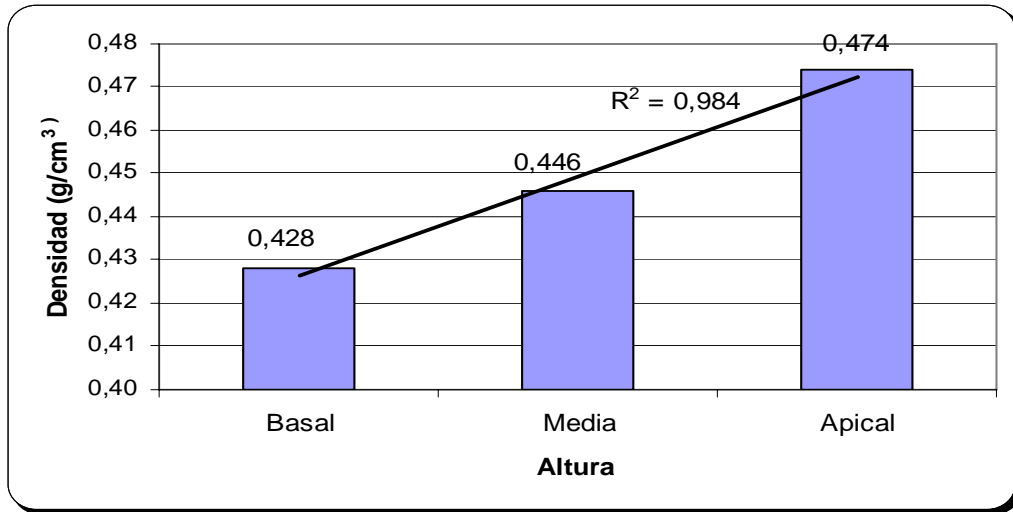


Figura 1. Densidad básica

A pesar que los valores de densidad básica van en constante incremento con la altura, como se aprecia en la figura 1. No presenta diferencias estadísticas significativas con ésta (p valor $> 0,05$).

Los valores obtenidos en este estudio son muy similares a los propuestos por la literatura estudiada, así es como Escalona *et al.* (2000) obtuvieron un valor promedio de $0,450 \text{ g/cm}^3$ de densidad básica en individuos de 10 años, valor muy cercano a los $0,449 \text{ g/cm}^3$ de densidad básica promedio obtenido en este estudio para individuos de 13 años de edad.

En términos generales los resultados obtenidos son similares a los que se esperaba obtener según literatura consultada, apreciándose una clara tendencia al incremento de la densidad básica a medida que se va aumentando en la altura del fuste.

4.2 Longitud de Fibras

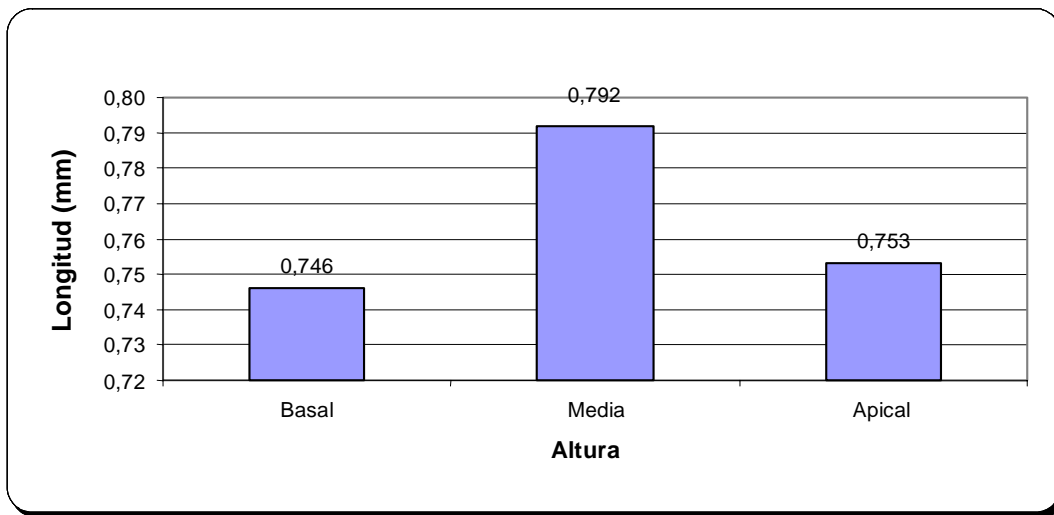


Figura 2. Longitud de Fibras

A medida que aumenta la altura, se puede inferir que a pesar de no existir una gran variabilidad en el rango de la longitud de las fibras, sí existe una diferencia significativa con la altura del fuste (p valor $< 0,05$) como se aprecia en la figura 2. Sin presentar una tendencia lineal. Lo que concuerda con lo encontrado para otras especies de árboles.

Es aceptable considerar que la fibra más larga se encuentra a la altura de 30 a 40 % de la altura total. Diaz-vaz (2003)

Al comparar los valores obtenidos en este estudio, con los propuestos en la literatura, se aprecia una gran similitud. Así es como por ejemplo el promedio de 0,76 mm en individuos de entre 11 y 15 años de edad, propuesto por Melo *et.al.* (1981) es similar al promedio obtenido en esta investigación, en individuos de 13 años de edad.

4.3 Diámetro de Vasos

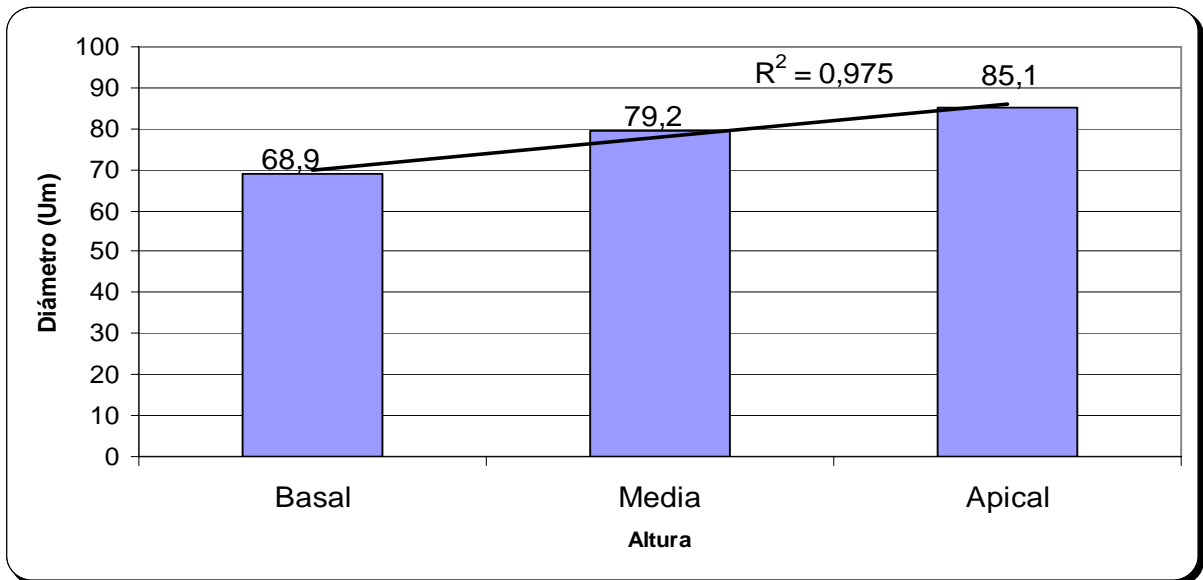


Figura 3. Diámetro de Vasos

A medida que se aumenta la altura, se incrementa el diámetro de vasos en forma altamente significativa como se muestra en la figura 3. (p valor $< 0,04$) Este comportamiento es esperable ya que representa una respuesta natural del árbol por las mayores necesidades fisiológicas que posee en la zona apical.

Al comparar los resultados de esta investigación, con los resultados propuestos en la literatura, se podría afirmar que los valores aquí obtenidos son inferiores a los determinados por otros autores, sin embargo hay que recordar que esta investigación, fue realizada en el anillo número tres (dirección médula – corteza) y no un promedio en toda la distancia radial como proponen otros autores. Así es como por ejemplo Kennet (1985) obtuvo valores promedios de diámetros de vasos medidos en sentido tangencial en diferentes especies de *Eucalyptus* que varían entre 54 µm y 189 µm. y un valor promedio para *E. delegatensis* de 152 µm, comparado con un valor medio en este estudio de 77 µm

Una investigación realizada en *Eucalyptus regnans* por Dadswell (1958), demostró fehacientemente que el diámetro de los vasos va en constante aumento a medida que se avanza en sentido médula – corteza; así es como obtuvo valores aproximados a los 50 µm en los anillos más cercanos a la médula y valores aproximados a los 110 µm en los anillos más cercanos a la corteza.

Por lo tanto, para poder realizar una determinación más exacta del valor del diámetro promedio de vasos en *E.delegatensis*, sería necesario realizar mediciones a lo largo

de toda la distancia radial del fuste en diferentes anillos, considerando tanto madera temprana como tardía.

4.4 Conteo porcentual de estructuras morfológicas

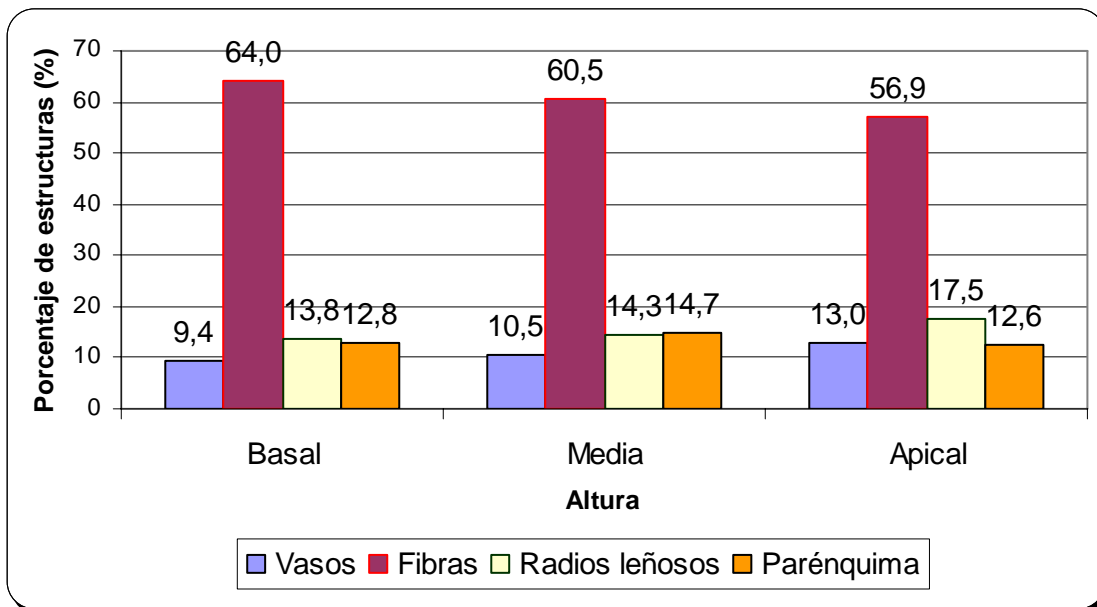


Figura 4. Conteo porcentual de estructuras morfológicas

Al comparar los valores mostrados en la figura 4 con los propuestos en la literatura, se puede decir que el porcentaje promedio de vasos obtenido en este estudio que corresponde a un 11 % es un poco menor al determinado por Kenneth (1985) que encontró un 15% para *E. delegatensis*.

Por otra parte, el porcentaje promedio de fibras aquí obtenido que fue de un 59%, es bastante menor al 71% promedio, determinado por Kenneth (1985).

El porcentaje promedio de radios leñosos en este estudio corresponde a un 15%, valor un tanto superior al determinado por Kenneth (1985), que corresponde a un 12%

En último caso tenemos el porcentaje de parénquima, que corresponde al valor más cercano al propuesto por la literatura. Así es como en este estudio se obtuvo un valor promedio para la especie de 13%, comparado con un 14% determinado por Kenneth (1985).

Estadísticamente, la única estructura morfológica que presenta cambios significativos con la altura corresponde al porcentaje de fibras (p valor $< 0,05$), en tanto que el

porcentaje de vasos, radios leñosos y parénquimas, no presentan una variación significativa con la altura (p valor $> 0,05$)

Es interesante observar que a medida que se incrementa en la altura, la presencia de fibra decrece en el fuste.

4.5 Porcentaje de Extraíbles totales

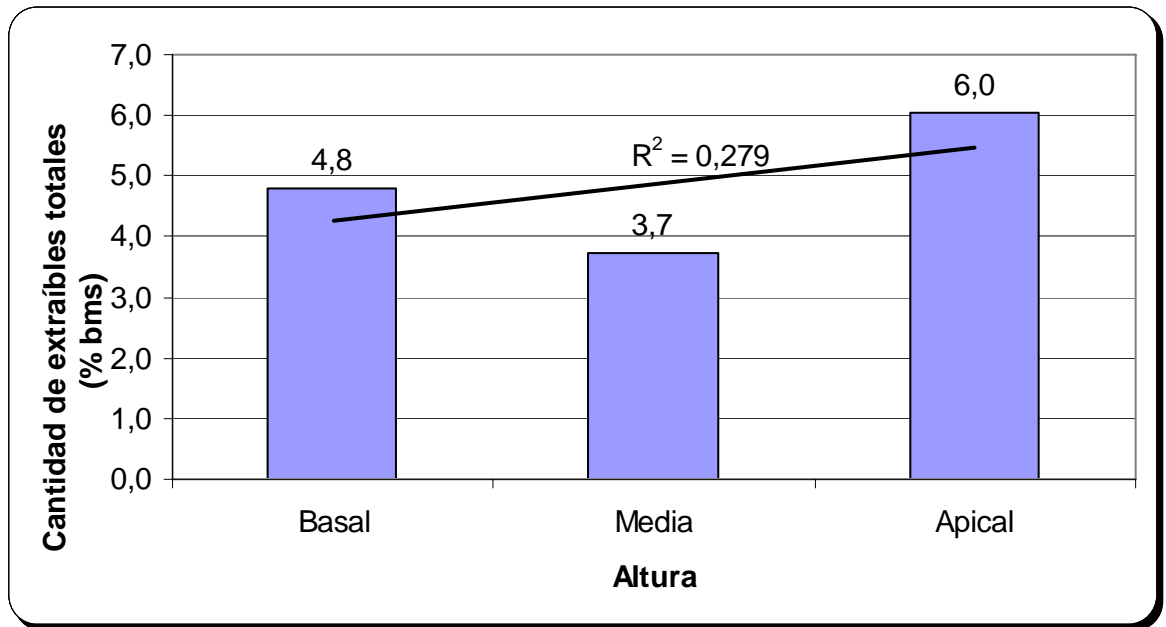


Figura 5. Porcentaje de Extraíbles totales

A medida que se incrementa la altura, no se encontró un cambio significativo en el porcentaje de extraíbles totales (p valor $> 0,05$), no encontrando ninguna correlación lineal con la altura (Figura 5). Además los resultados obtenidos no coinciden por lo expuesto en otros trabajos donde se observa que los extraíbles totales disminuyen con la altura (Mariani *et al* 2005).

4.6 Porcentaje de Lignina

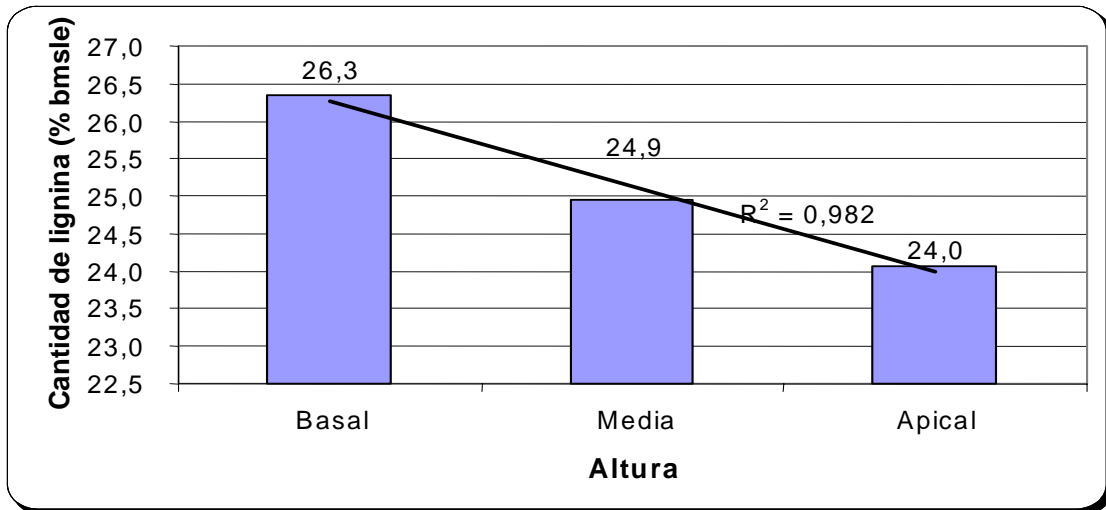


Figura 6. Porcentaje de Lignina

A pesar de apreciarse una tendencia que indica una disminución del porcentaje de lignina con la altura (Figura 6); las diferencias de los valores no son significativos estadísticamente.

En el estudio se determinó un valor promedio para la especie de 25,0% de lignina bmsle., valor un tanto superior al esperado, según lo revisado en la bibliografía, así es como por ejemplo Melo *et al.* (1991) determinaron un valor promedio de 23,0% de lignina bmsle a individuos de 8 años de edad y de 23,2% a individuos de 21 años de edad. Por otra parte Escalona *et al.* (2000) determinaron valores de 22,0% de lignina bmsle. en individuos de 10 años de edad.

4.7 Porcentaje de Holocelulosa

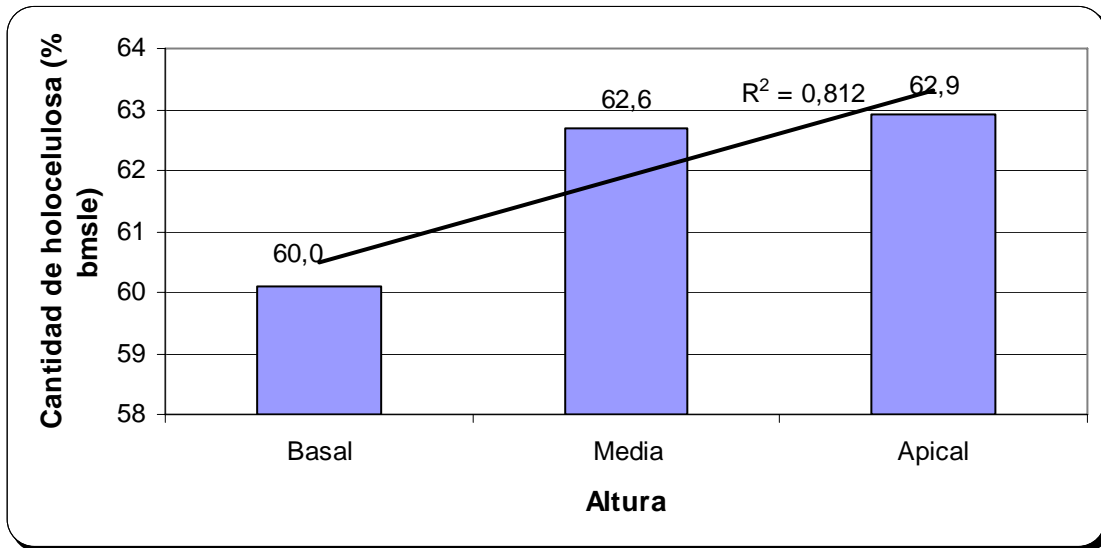


Figura 7. Porcentaje de Holocelulosa

Al contrario que en el caso de la lignina, en la figura 7 se puede apreciar una tendencia al aumento en la proporción de estos polisacáridos a medida que se incrementa la altura (p valor $< 0,05$). Sin embargo los valores para la altura media y apical son muy similares, observándose solo un leve incremento.

El valor promedio aquí obtenido para la especie es de 61,8% de holocelulosa bmsle. Bastante inferior a lo propuestos en la literatura consultada. Así es como por ejemplo Bustamante y J. A. de los Santos (1983) determinaron un porcentaje promedio de 78,4% bmsle. Por su parte Escalona *et. al* (2000) determinaron valores de 79,0% bmsle en individuos de 10 años de edad y Melo *et. al* (1991) determinaron un valor promedio de 79,8% de holocelulosa bmsle en individuos de 8 años de edad y de 77,9% en individuos de 21 años de edad.

Los relativamente bajos niveles de holocelulosa obtenidos en este estudio, se pueden explicar en gran medida por el alto porcentaje de lignina presente en estos 5 árboles.

4.8 Porcentaje de Pentosanos

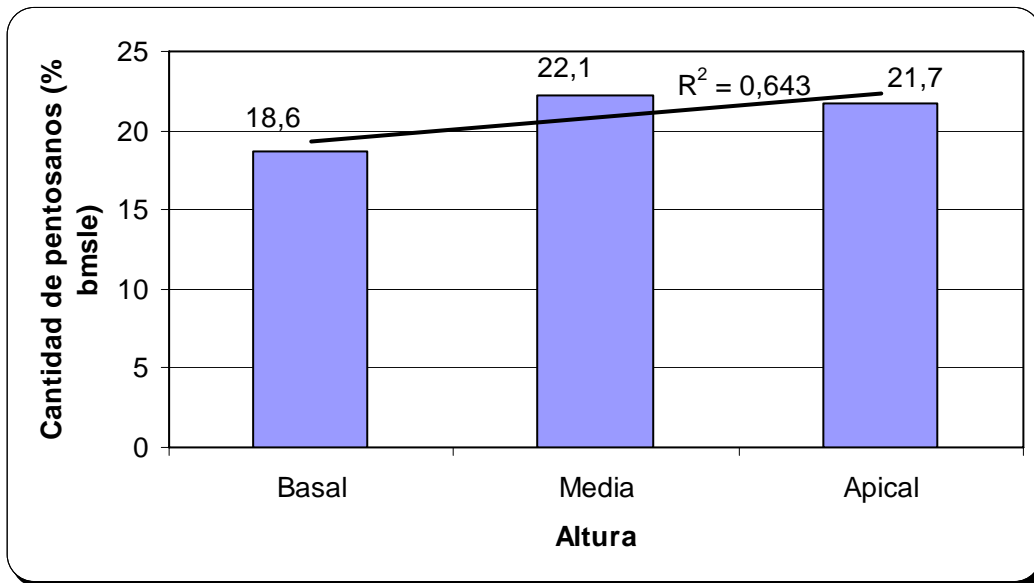


Figura 8. Porcentaje de Pentosanos

En general se encontró diferencias significativas en el porcentaje de pentosanos con la altura (p valor $< 0,05$) figura 8.

Se puede apreciar que el porcentaje de pentosanos sufre un marcado incremento desde la troza basal a la troza media, para posteriormente mantenerse en el mismo rango desde la zona media hacia la zona apical. Situación similar a la que se aprecia en la figura 8 (porcentaje de holocelulosa). Considerando que la cantidad de celulosa es prácticamente constante con la altura, el incremento de holocelulosa con la altura se debería al incremento de hemicelulosa (pentosanos)

Un comportamiento similar fue determinado por Mariani *et al* (2005) en la especie *E. nitens*, donde se aprecia un pronunciado aumento del porcentaje de pentosanos, de un 18% a un 21% bmsle desde la zona basal a la zona media, para posteriormente experimentar una pequeña baja en los niveles de pentosanos en el inicio de la zona apical, pero que finalmente los valores de las zonas de mayor altura tienden a igualarse con los niveles de la zona media; en alrededor de un 20%.

El valor promedio de pentosanos para la especie obtenido en este estudio fue de 20,8% bmsle., valor muy cercano a lo propuesto por Bustamante y J. A. de los Santos (1983), que fue de 21,4% bmsle.

4.9 Resumen análisis de varianza

Ensayo	Significativo (p valor < 0,05)	No significativo (p valor > 0,05)
Densidad básica		X
Longitud de Fibra	X	
Ø Vasos	X	
% Vasos		X
% Fibras	X	
% Radios leñosos		X
% Parénquima		X
% Extraíbles totales		X
% Lignina		X
% Holocelulosa	X	
% Pentosanos	X	

Cuadro 2: Significancia al 95% de confianza

Haciendo uso de un programa estadístico llamado SAS (1987), se realizó un análisis de varianza empleando un diseño al azar al 95% de confianza, obteniéndose los resultados de significancia mostrados en forma resumida en el cuadro 2.

Es importante mencionar que en los ensayos de determinación de densidad básica y porcentaje de lignina, los resultados obtenidos indican que no existe una significancia estadística conforme se varía en la altura del fuste. Sin embargo a pesar de estos resultados, si se puede apreciar en ambos casos un claro patrón de cambio en las propiedades cuantitativas conforme se varía en la altura.

Los resultados de la estadística descriptiva de todos los análisis realizados se pueden apreciar en el anexo 5, cuadro 14.

5. CONCLUSIONES

La madera de *E. delegatensis* proveniente de un muestreo de cinco árboles de 13 años de edad crecida en la Décima Región de Chile, en el fundo Las Palmas, presentó diferencias en la densidad, estructuras morfológicas, componentes químicos principales y extraíbles con la altura.

Respecto al análisis estadístico de las estructuras morfológicas (longitud de fibras, diámetro de vasos, porcentaje de vasos, porcentaje de fibras, porcentaje de radios leñosos y porcentaje de parénquima), sólo fue significativo el porcentaje de fibras y la longitud de las mismas. (p valor $< 0,05$). La presencia de fibra decrece con la altura, mientras que la longitud de fibra presenta un comportamiento no lineal.

De igual modo la estadística aplicada a los componentes químicos principales (porcentaje de lignina, holocelulosa y pentosanos) reveló una significancia para la holocelulosa y los pentosanos. (p valor $< 0,05$), resulta interesante que el contenido de holocelulosa se incrementa con la altura.

Al comparar los resultados de este estudio con los propuestos por otros autores, se observó una tendencia similar tanto en los valores numéricos como en los patrones de comportamiento conforme varía la altura en: densidad básica, longitud de fibra, porcentaje de vasos, porcentaje de parénquima, y porcentaje de pentosanos. Los valores promedios obtenidos en este estudio para estos cinco experimentos fueron: $0,449 \text{ g/cm}^3$, $0,76 \text{ mm}$, 11% , 13% y 21% respectivamente

Aquellos ensayos que presentaron un patrón de comportamiento similar a lo propuesto por la literatura, pero con valores numéricos inferiores a los obtenidos por otros autores fueron: diámetro de vasos, porcentaje de fibra y porcentaje de holocelulosa, con valores promedio de $77 \mu\text{m}$, 59% y $61,8\%$ respectivamente.

Contrario a lo anterior, solo el porcentaje de lignina y el de radios leñosos presentaron valores promedios por sobre lo propuesto en la bibliografía consultada, con valores promedio de 25% y 15% respectivamente.

El comportamiento con la altura de las variables analizadas; presentaron un patrón de comportamiento similar en un 90% a lo propuesto por la literatura (densidad básica, estructuras morfológicas y componentes químicos principales). Los únicos componentes que no presentaron un patrón esperado fueron los extraíbles totales;

que según la teoría deberían disminuir su proporción con la altura, caso contrario a lo obtenido en este estudio

Con los resultados obtenidos de los cinco árboles de 13 años de edad cosechados en el fundo Las Palmas (X Región) quedó demostrado que la troza proveniente de la altura apical presenta propiedades físicas, químicas y morfológicas que la hacen técnicamente viable para la producción industrial de Celulosa y/o papel. Esto debido principalmente por el porcentaje de lignina (24,0%) y el porcentaje de holocelulosa (62,9%).

En tanto que las dos trozas restantes; Basal y Media, no presentaron valores cuantitativos que las hagan técnicamente viables para la producción de pulpa y/o papel. Por lo que habría que determinar otro tipo de uso productivo para estas dos trozas.

Recomendación:

De haber tenido una base de datos más amplia (mayor cantidad árboles y diferentes procedencias de árboles dentro de la región) se podría haber explicado mejor el comportamiento de las diferentes características físicas, químicas y morfológicas del *E. delegatensis* crecido en la Décima Región con la altura.

6. BIBLIOGRAFIA

Bisso, G. 1982 Propiedades mecánicas y físicas asociadas a ocho especies del género *Eucalyptus*. Tesis Ing. For. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 108 p.

Boland, D.; Martinez, P. 1981 Seed losses in fruits on trees of *Eucalyptus delegatensis*. *Australian Forest* 44(1): 64-67

Bustamante, L.; De Los Santos, J.A. 1983 Aptitudes de diferentes especies del género *Eucalyptus* como materia prima celulósica. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Madrid. 378 p.

Cogollor, G. 1986 *Phoracantha semipunctata* en plantaciones de *Eucalyptus* Spp. Revisión bibliográfica. CONAF/FAO: Investigación y desarrollo de áreas silvestres, zonas áridas y semiáridas de Chile. Documento de trabajo n°6. Santiago, Chile. 43 p.

Corporación chilena de la madera (CORMA). 2005. Una visión del sector forestal chileno; 77p. INTERNET: <http://cormabiobio.cl/nuestroaccionar/bibliotec/charla%20CORMA.pdf> (julio 10, 2005)

Cozzo, D. 1955 *Eucalyptus* y Eucaliptotecnia, Buenos Aires, El Ateneo. 397 p.

Crous, P.; Knox-Davies, P.; Wingfield, M. 1989 A list of *Eucalyptus* leaf fungi and their potencial important to South African forestry. *South African Forestry Journal* 149: 17-29

Dadswell, H. E.; 1958. Word structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. *J. Inst. Wood Sci.* 1: 2-24.

Diaz-vaz, J.E.; 1987 Anatomía de especies leñosas, publicación docente N° 5. UACH, Facultad de Ciencias forestales. 29 p.

Diaz-vaz, J.E.; 2003 Anatomía de Maderas. Valdivia, Marisa Cuneo. 151 p.

Dimitri, M.; Mangieri, H. 1961 Los eucaliptos en la silvicultura. Buenos Aires, Acme. 205 p

Escalona, I.; González, R.; Millara, H.; 2000. Evaluación de especies de Eucalyptus. Celulosa y Papel 16(1): 3-15

Escobar, R. 2005. Educando para la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales. Ficha de especies introducidas INTERNET: <http://www.laesferaverde.cl/bo.htm> (mayo 19, 2005)

García, L.; Guinedo, A.; Perazo, C.; de Palacios, P. 2003. La madera y su anatomía. Madrid, AiTiM. 327 p.

Hillis, W.; Brown, A. 1984 Eucalypts for Wood production. 2 ed. Australia, Academic Press. 434 p.

IAWA committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA bulletin 10(3): 226-257

INSTITUTO FORESTAL – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN. 1986. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. Santiago, Chile. 110 p.

Kenneth, R.; 1985 The Wood anatomy of eucalypts and papermaking, Appit 38(3). 7p.

Mariani, S.; Poblete, H.; Torres, M.; Fernández, A.; Morales, E.; 2005 Caracterización física y química del Eucalyptus nitens con la altura. II Coloquio Internacional de pulpa de Eucalipto, 24-26 Mayo 2005. Concepción Chile.

Mariani, S.; 2000 Química de la madera: conceptos básicos y reacciones, Publicación docente N° 40. UACH, Facultad de Ciencias forestales. 50 p.

Melo, R.; Solis, A.; Carrasco, V.; 1991. Ensayos de pulpaje y blanqueo de madera de eucaliptos (*Eucalyptus spp.*). Celulosa y papel 7(1): 10-19

Melo, R.; Rojas, M.; Fuentes, L.; 1981 Evaluación de recursos fibrosos en la subregión andina, suplemento parte 2: Los Eucalyptus en Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería. 74 p.

Morales, E. (2005). Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal, Editorial: Consultora Carolina, Valdivia, 252 p.

Neumann, F.; Mark, G.; 1976. Symposis of important pest and diseases in australian forest and forest nurseries. Australian Forest 39(2): 83 - 102

Norma Chilena Oficial NCh 176/2, 1986. Madera – parte 2: Determinación de la densidad

Normas TAPPI, 2000 - 2001 TEST METHODS.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1956. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma. 431 p.

----- 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. 2 ed. Roma. 723 p.

SAS (1987). SAS/STAT Guide. Version 6 Edition. SAS Institute Inc. 1028 p

Soto, L.; 1996 Producción de plantas de *E. delegatensis* R.T. Baker a través de cuatro sistemas de cultivo. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, UACH, Facultad de Ciencias forestales. 48 p.

Wilkes, J; 1988. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus* IAWA bulletin 9(1): 13-23

ANEXOS

Anexo 1

Abstract

Abstract

The objective is to do an specific investigation about the results and behavior patterns among different height sections along with physical, chemical and morphological characteristics of the *Eucalyptus delegatensis*. The investigation was developed in the tenth region, at the heart of the "Las Palmas" zone.

Eight different experiments were conducted (fiber length, morphological structure proportions, basic density, vessel diameter, percentage of lignin, holocellulose, pentosanes and extractives totals) on five 13 year old trees, at three different heights (base middle and apical) the first at 10 cm above the ground, the second one at 50% of the commercial height level, and the last one at commercial height level (commercial height level: diameter 8cm)

The chemical analysis of holocellulose, pentosanes, lignin, extractives and basic density was determined respectively in accordance with the TAPPI T 249 cm-00, TAPPI T 223 cm-84, TAPPI T 222 om-98 and TAPPI T 204 cm-97, NCh 176/2 norms and regulations. Whereas the method used to determine fiber longitude was a projection made with a micro-projector and the fiber was then measured with a curvature element. For the diameter of the vessels a projection was made on ring number three (direction marrow-bark), measuring the tangential diameter. And for the percentage count of morphological structures of the ring number three, the projection was made onto a screen of 100 points.

It was thus determined that the values of the experiments of fiber longitude, fiber, holocellulose and pentosanes percentage all presented significant changes according to height (p value $< 0,05$).

All of the experiments, with the exception of the total extractives percentage, displayed a pattern of behavior to height, similar to what was expected according to the consulting literature found in the bibliographic revision.

Keywords: *Eucalyptus delegatensis*, morphologic, basic density, vessel diameter, apical.

Anexo 2

Densidad básica según árbol en tres diferentes alturas

Cuadro 1. Densidad básica según árbol en tres diferentes alturas

Árbol	Altura	Ps (gr)	Vh (cm3)	DB (gr/cm3)
1	Basal	44,59	103,43	0,43
1	Media	17,92	39,91	0,45
1	Apical	10,99	24,34	0,45
2	Basal	36,06	77,16	0,47
2	Media	17,83	36,70	0,49
2	Apical	8,09	14,51	0,56
3	Basal	53,61	122,96	0,44
3	Media	15,00	32,77	0,46
3	Apical	3,95	8,00	0,49
4	Basal	74,28	202,00	0,37
4	Media	29,04	73,07	0,40
4	Apical	4,48	10,54	0,43
5	Basal	40,77	95,52	0,43
5	Media	18,86	43,44	0,43
5	Apical	3,69	8,47	0,44

Anexo 3

Caracterización morfológica de *E. delegatensis*

Cuadro 2. Longitud de fibra en tres diferentes alturas (árbol 1)

Fibra	Longitud de Fibras árbol 1(mm)		
	Basal	Media	Apical
1	13	9	12
2	8	9	7
3	5	9	5
4	6	7	6
5	6	22	8
6	6	11	9
7	6	9	8
8	8	9	7
9	6	7	10
10	6	8	8
11	10	7	7
12	7	8	8
13	5	8	9
14	4	8	10
15	6	6	10
16	7	10	9
17	7	5	7
18	9	9	6
19	8	9	9
20	4	8	7
21	8	9	6
22	9	13	6
23	4	7	7
24	6	8	8
25	9	7	9
26	11	5	11
27	6	14	8
28	9	8	8
29	5	7	5
30	9	8	10
31	7	7	10
32	8	7	9
33	7	6	6
34	9	8	10
35	5	5	8
36	6	8	6
37	6	7	6
38	10	6	7
39	5	10	7
40	9	9	8
41	7	5	6
42	6	7	10
43	7	6	6
44	9	12	7
45	10	8	6
46	5	9	6
47	8	7	6
48	10	7	8
49	10	8	7
50	11	9	9

51	13	7	5
52	10	9	8
53	9	7	12
54	7	9	10
55	6	8	9
56	6	5	10
57	13	7	7
58	8	11	6
59	9	8	6
60	6	7	14
61	7	6	6
62	9	6	9
63	5	8	8
64	7	4	6
65	6	7	6
66	3	6	5
67	4	5	6
68	8	7	9
69	6	5	6
70	9	5	4
71	5	6	5
72	6	6	5
73	7	7	7
74	3	7	7
75	8	4	6
76	5	7	7
77	7	9	9
78	3	8	4
79	6	7	8
80	8	6	4
81	11	7	6
82	8	10	10
83	7	8	6
84	4	8	7
85	9	9	5
86	7	4	6
87	9	8	5
88	8	9	4
89	6	7	5
90	6	8	6
91	8	8	5
92	7	9	7
93	5	7	8
94	10	7	7
95	10	6	7
96	9	7	6
97	9	8	8
98	7	6	9
99	9	8	7
100	6	8	6
Prom.	0,732	0,771	0,732

Cuadro 3. Longitud de fibra en tres diferentes alturas (árbol 2)

Fibra	Longitud de Fibras árbol 2 (mm)		
	Basal	Media	Apical
1	7	8	4
2	9	7	6
3	6	10	5
4	7	8	5
5	6	7	7
6	7	7	6
7	7	9	8
8	8	12	9
9	11	6	6
10	8	7	10
11	6	8	4
12	6	10	9
13	7	8	5
14	7	6	7
15	6	8	6
16	9	10	5
17	10	7	5
18	8	7	7
19	7	7	6
20	8	8	7
21	16	10	5
22	8	8	4
23	10	9	7
24	10	7	5
25	6	8	5
26	7	9	3
27	7	6	5
28	8	7	6
29	6	9	7
30	16	10	6
31	11	10	6
32	8	11	7
33	8	9	9
34	7	9	5
35	7	8	6
36	9	5	6
37	8	7	5
38	6	7	6
39	9	6	4
40	6	5	4
41	6	11	5
42	8	7	6
43	6	14	7
44	6	9	8
45	6	6	4
46	7	5	8
47	11	8	10
48	10	8	14
49	9	8	9
50	8	9	14

51	7	10	9
52	4	8	10
53	7	6	8
54	5	9	11
55	7	7	9
56	11	9	6
57	10	7	9
58	6	11	7
59	7	6	7
60	7	7	8
61	5	9	9
62	8	7	8
63	11	10	4
64	8	4	8
65	7	14	7
66	5	9	8
67	6	10	7
68	9	4	6
69	9	11	7
70	5	9	10
71	7	7	8
72	9	10	7
73	8	6	10
74	8	10	8
75	7	11	5
76	8	8	5
77	5	10	6
78	9	9	6
79	6	6	8
80	8	10	12
81	5	6	6
82	8	6	8
83	5	9	9
84	9	12	9
85	7	8	8
86	7	4	9
87	4	12	11
88	6	8	7
89	7	9	10
90	7	8	10
91	7	13	5
92	7	10	7
93	7	8	6
94	7	12	8
95	10	14	12
96	5	6	9
97	4	6	7
98	5	9	6
99	6	11	6
100	6	9	8
Prom.	0,748	0,839	0,717

Cuadro 4. Longitud de fibra en tres diferentes alturas (árbol 3)

Fibra	Longitud de Fibras árbol 3 (mm)		
	Basal	Media	Apical
1	7	7	7
2	9	7	6
3	5	9	8
4	6	8	7
5	7	12	7
6	7	6	8
7	6	6	6
8	11	8	9
9	6	9	7
10	6	10	7
11	7	7	7
12	7	10	8
13	6	7	13
14	5	8	8
15	6	7	7
16	7	9	7
17	6	10	9
18	5	9	8
19	9	6	6
20	6	8	8
21	7	5	6
22	8	6	9
23	8	8	6
24	9	5	7
25	9	9	6
26	8	11	9
27	8	9	6
28	6	7	7
29	6	7	6
30	10	11	8
31	7	7	6
32	7	6	7
33	7	5	5
34	6	8	6
35	9	8	7
36	4	7	10
37	4	9	9
38	8	7	6
39	7	10	7
40	5	9	6
41	6	7	12
42	10	8	10
43	8	6	7
44	5	7	5
45	10	10	9
46	8	8	9
47	7	8	6
48	5	7	10
49	7	7	10
50	8	5	9

51	6	6	6
52	8	7	8
53	7	8	6
54	10	9	7
55	7	5	10
56	9	6	9
57	9	5	5
58	7	6	8
59	7	8	7
60	5	7	10
61	8	9	7
62	5	10	10
63	7	4	8
64	8	7	8
65	12	7	8
66	7	10	10
67	9	12	11
68	9	8	7
69	11	6	10
70	8	10	10
71	6	11	8
72	6	6	6
73	5	7	6
74	6	7	7
75	7	11	8
76	9	10	7
77	10	10	6
78	6	11	7
79	9	10	10
80	7	5	8
81	5	7	9
82	9	6	8
83	8	8	6
84	12	7	7
85	7	10	8
86	8	7	6
87	7	8	7
88	7	7	9
89	4	11	8
90	5	6	7
91	9	8	8
92	7	8	4
93	6	9	8
94	8	6	7
95	8	8	7
96	5	9	6
97	6	9	10
98	8	6	8
99	8	10	10
100	10	9	8
Prom.	0,728	0,787	0,768

Cuadro 5. Longitud de fibra en tres diferentes alturas (árbol 4)

Fibra	Longitud de Fibras árbol 4 (mm)		
	Basal	Media	Apical
1	7	7	7
2	8	8	7
3	11	8	6
4	10	10	10
5	9	7	7
6	8	11	7
7	9	8	7
8	9	7	7
9	7	10	8
10	9	5	6
11	7	9	6
12	6	9	5
13	9	8	7
14	7	10	7
15	7	11	7
16	10	7	7
17	7	6	6
18	8	5	6
19	6	7	7
20	6	7	5
21	6	6	11
22	6	6	5
23	9	8	6
24	7	11	7
25	6	6	8
26	7	7	6
27	8	5	13
28	7	10	9
29	7	7	9
30	9	7	10
31	11	7	8
32	5	5	8
33	5	9	8
34	9	13	7
35	10	6	6
36	8	6	6
37	8	8	6
38	7	7	10
39	9	8	8
40	6	7	7
41	7	5	8
42	5	8	10
43	6	9	8
44	8	6	8
45	6	9	5
46	6	7	6
47	9	7	6
48	8	7	8
49	7	8	6
50	6	6	6

51	7	10	5
52	5	7	7
53	7	10	7
54	10	8	10
55	5	9	5
56	7	7	7
57	9	8	5
58	8	9	7
59	7	9	8
60	7	9	10
61	8	5	7
62	7	8	10
63	11	8	5
64	7	5	5
65	7	6	10
66	8	10	7
67	5	9	7
68	10	9	8
69	8	9	9
70	7	12	6
71	8	7	8
72	6	8	8
73	7	8	8
74	7	9	9
75	10	8	9
76	6	7	5
77	7	10	10
78	8	9	9
79	9	9	7
80	9	8	9
81	10	6	6
82	8	6	9
83	5	12	12
84	10	7	7
85	9	6	8
86	7	7	8
87	6	8	7
88	7	8	8
89	4	6	9
90	7	7	7
91	10	12	10
92	6	8	9
93	9	7	8
94	6	10	7
95	8	9	4
96	8	8	10
97	6	5	6
98	8	4	10
99	5	7	8
100	7	9	8
Prom.	0,751	0,783	0,752

Cuadro 6. Longitud de fibra en tres diferentes alturas (árbol 5)

Longitud de Fibras árbol 5 (mm)			
Fibra	Basal	Media	Apical
1	7	9	7
2	9	9	8
3	9	6	12
4	11	9	10
5	8	5	9
6	9	8	9
7	10	7	8
8	7	8	9
9	7	8	9
10	7	8	9
11	8	6	8
12	4	7	5
13	9	8	5
14	7	6	7
15	10	5	9
16	9	5	8
17	9	6	9
18	9	7	8
19	7	6	7
20	9	5	8
21	8	9	7
22	5	9	7
23	6	10	8
24	8	9	9
25	9	10	8
26	5	5	8
27	5	8	7
28	8	6	6
29	10	6	11
30	6	5	10
31	10	7	10
32	9	8	6
33	9	8	8
34	8	7	7
35	11	9	8
36	12	10	8
37	10	10	10
38	8	10	8
39	11	9	9
40	6	7	9
41	9	7	6
42	7	7	7
43	7	8	12
44	7	8	7
45	7	8	8
46	5	7	9
47	4	7	10
48	7	7	7
49	10	7	10
50	7	8	10
51	7	8	10

52	8	8	7
53	9	10	7
54	10	6	5
55	5	10	8
56	7	7	9
57	7	7	8
58	11	8	6
59	10	7	6
60	5	5	7
61	8	9	8
62	7	8	10
63	7	6	7
64	6	7	7
65	6	8	8
66	6	7	8
67	8	11	8
68	7	9	5
69	7	7	6
70	7	9	8
71	6	11	7
72	7	6	9
73	8	10	9
74	10	8	9
75	10	10	8
76	5	9	6
77	7	6	5
78	7	7	9
79	7	7	8
80	7	9	9
81	6	8	10
82	9	7	7
83	7	9	6
84	5	9	9
85	8	6	10
86	7	8	7
87	10	10	8
88	5	7	10
89	7	8	7
90	5	7	5
91	6	10	6
92	9	10	8
93	9	9	8
94	6	10	10
95	7	6	7
96	10	7	6
97	6	7	7
98	10	8	8
99	10	8	7
100	8	11	9
Prom.	0,771	0,779	0,796

Cuadro 7. Diámetro de vasos promedio según árbol y altura

Árbol	Altura	Diámetro medio (um)
1	Basal	67,079
1	Media	82,094
1	Apical	84,024
2	Basal	78,809
2	Media	77,455
2	Apical	87,129
3	Basal	63,060
3	Media	74,760
3	Apical	84,565
4	Basal	58,020
4	Media	81,607
4	Apical	82,741
5	Basal	78,028
5	Media	80,570
5	Apical	87,430

Cuadro 8. Cantidad de estructuras morfológicas según árbol y altura

Árbol	Altura	Vasos	Fibras	Radios leñosos	Parénquima	Total
1	Basal	14	66	7	13	100
1	Media	16	58	13	14	100
1	Apical	19	55	15	12	100
2	Basal	7	65	16	13	100
2	Media	11	62	15	13	100
2	Apical	12	53	17	19	100
3	Basal	9	62	13	16	100
3	Media	7	66	13	15	100
3	Apical	13	63	15	10	100
4	Basal	8	66	16	11	100
4	Media	9	61	13	18	100
4	Apical	9	62	16	13	100
5	Basal	10	62	17	12	100
5	Media	11	56	19	15	100
5	Apical	13	53	26	10	100

Anexo 4

Caracterización química de *E. delegatensis*

Cuadro 9. Porcentaje de extraíbles totales según árbol y altura

Árbol	Porcentaje de extraíbles totales		
	Basal	Media	Apical
1	4,136	2,764	2,675
2	5,441	4,275	4,239
3	3,917	5,024	3,391
4	4,887	3,486	3,028
5	5,693	3,078	16,844

Cuadro 10. Porcentaje de lignina según árbol y altura

Árbol	Altura	Peso crisol (gr)	P.cris + aserr.seco (gr)	P.aserr.seco.Libre Extraib (gr)	P.cris + Lign Seca (gr)	Lignina (gr)	Lignina (%)
1	Basal	48,083	49,211	1,128	48,367	0,283	25,126
1	Media	48,239	49,317	1,078	48,505	0,267	24,750
1	Apical	47,421	48,580	1,159	47,707	0,287	24,743
2	Basal	48,331	49,406	1,075	48,622	0,289	26,911
2	Media	48,493	49,523	1,081	48,764	0,272	25,134
2	Apical	48,398	49,433	1,035	48,650	0,251	24,288
3	Basal	33,568	35,510	0,942	33,796	0,229	24,257
3	Media	34,388	35,314	0,926	34,610	0,222	23,996
3	Apical	48,837	49,968	1,131	49,098	0,261	23,042
4	Basal	48,674	49,762	1,088	48,945	0,271	24,924
4	Media	47,621	48,641	1,021	47,846	0,225	22,044
4	Apical	37,214	38,391	1,177	37,473	0,259	21,981
5	Basal	49,290	50,821	1,031	50,104	0,314	30,498
5	Media	48,795	49,813	1,018	49,088	0,294	28,820
5	Apical	49,183	50,265	1,082	49,467	0,285	26,310

Cuadro 11. Porcentaje de holocelulosa según árbol y altura

Árbol	Altura	Peso crisol (gr)	P.cris+aserr.seco (gr)	P.as.sec.solubilizado (gr)	Holocelulosa (%)
1	Basal	48,741	49,727	49,354	62,193
1	Media	48,972	49,955	49,588	62,662
1	Apical	48,888	49,951	49,528	60,149
2	Basal	48,942	49,946	49,536	59,195
2	Media	48,756	49,741	49,377	62,998
2	Apical	48,335	49,325	48,962	63,320
3	Basal	49,472	50,441	50,057	60,427
3	Media	48,736	49,723	49,350	62,181
3	Apical	48,019	49,010	48,638	62,444
4	Basal	49,625	50,581	50,188	58,878
4	Media	49,485	50,490	50,106	61,856
4	Apical	49,546	50,535	50,177	63,831
5	Basal	48,412	49,527	49,078	59,758
5	Media	47,620	48,657	48,281	63,778
5	Apical	48,142	49,119	48,776	64,918

Cuadro 12. Tabla de datos transmitancia (nm) v/s mg de xylanas

Tabla Curva de calibración	
transmitancia (nm)	xylanas (mg)
0,120	18,392
0,200	35,376
0,320	53,680
0,410	70,400
0,540	88,000

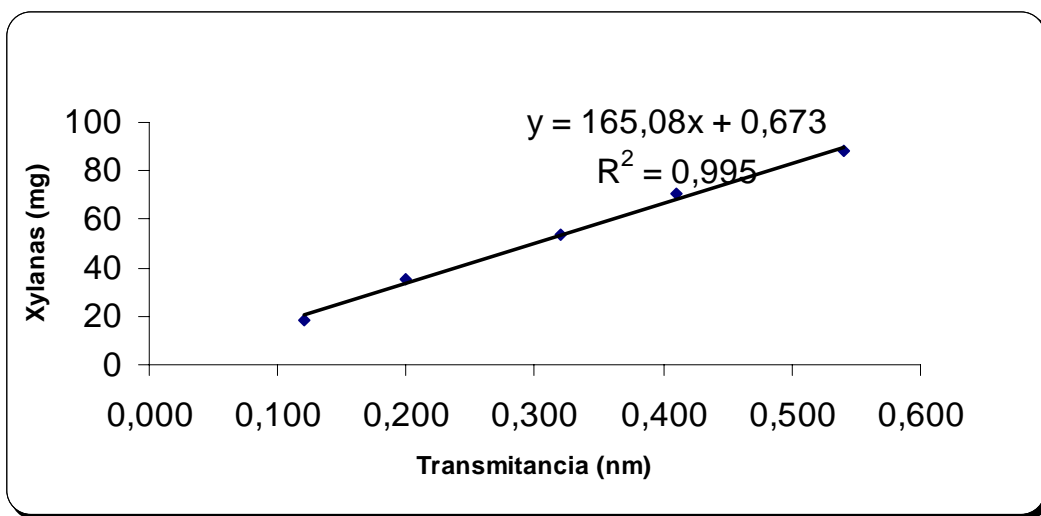


Figura 1 Curva de calibración pentosanos

Cuadro 13. Porcentaje de pentosanos según árbol y altura

Árbol	Altura	Constante	x	Constante	y	Ch. %	Pentosanos (%)
1	Basal	165,08	0,35	0,674	58,452	0,321	18,232
1	Media	165,08	0,35	0,674	58,452	0,295	19,844
1	Apical	165,08	0,31	0,674	51,849	0,293	17,692
2	Basal	165,08	0,32	0,674	53,500	0,314	17,019
2	Media	165,08	0,44	0,674	73,309	0,319	22,956
2	Apical	165,08	0,46	0,674	76,611	0,330	23,245
3	Basal	165,08	0,39	0,674	65,055	0,302	21,538
3	Media	165,08	0,4	0,674	66,706	0,293	22,774
3	Apical	165,08	0,44	0,674	73,309	0,316	23,212
4	Basal	165,08	0,32	0,674	53,500	0,301	17,770
4	Media	165,08	0,44	0,674	73,309	0,287	25,510
4	Apical	165,08	0,4	0,674	66,706	0,301	22,146
5	Basal	165,08	0,36	0,674	60,103	0,323	18,595
5	Media	165,08	0,36	0,674	60,103	0,304	19,775
5	Apical	165,08	0,44	0,674	73,309	0,328	22,316

Anexo 5

Parámetros descriptivos por variable, según programa estadístico SAS 1987

Cuadro 14. Parámetros descriptivos por variable, según programa estadístico SAS 1987

Densidad básica

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	0,368	0,426	0,467	0,001	0,036	8,5
Media	5	0,397	0,445	0,486	0,001	0,033	7,3
Apical	5	0,425	0,473	0,558	0,003	0,054	11,5

Longitud fibras

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	0,728	0,746	0,771	0,000	0,017	2,3
Media	5	0,771	0,792	0,839	0,001	0,027	3,4
Apical	5	0,717	0,753	0,796	0,001	0,031	4,1

Diámetro vasos

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	58,020	68,999	78,809	84,313	9,182	13,3
Media	5	74,760	79,297	82,094	9,688	3,113	3,9
Apical	5	82,750	85,180	87,430	4,120	2,030	2,4

% Vasos

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	6,500	9,400	14,000	7,925	2,815	29,9
Media	5	7,000	10,500	16,000	11,625	3,410	32,5
Apical	5	9,000	13,000	19,000	13,375	3,657	28,1

% Fibra

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	62,000	64,000	66,000	3,625	1,904	3,0
Media	5	56,000	60,500	66,000	14,750	3,841	6,3
Apical	5	52,500	56,900	63,000	26,925	5,189	9,1

% Radios

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	7,000	13,800	17,000	16,700	4,087	29,6
Media	5	12,500	14,300	18,500	6,575	2,564	17,9
Apical	5	14,500	17,500	25,500	20,625	4,541	26,0

% Parénquima

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	10,500	12,800	16,000	4,325	2,080	16,2
Media	5	12,500	14,700	18,000	4,325	2,080	14,1
Apical	5	9,500	12,600	19,000	15,175	3,896	30,9

% Extraíbles totales

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	3,917	4,814	5,693	0,609	0,780	16,2
Media	5	2,764	3,726	5,024	0,848	0,921	24,7
Apical	5	2,675	6,035	16,844	36,845	6,070	100,6

% Lignina

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	24,257	26,343	30,498	6,357	2,521	9,6
Media	5	22,044	24,949	28,820	6,101	2,470	9,9
Apical	5	21,981	24,073	26,310	2,734	1,653	6,9

% Holocelulosa

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	58,878	60,090	62,193	1,730	1,315	2,2
Media	5	61,856	62,695	63,778	0,559	0,747	1,2
Apical	5	60,149	62,932	64,918	3,222	1,795	2,9

% Pentosanos

Altura	NºObs	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv.Estd.	CV%
Basal	5	17,019	18,631	21,538	2,988	1,729	9,3
Media	5	19,775	22,172	25,510	5,822	2,413	10,9
Apical	5	17,692	21,722	23,245	5,329	2,308	10,6