



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

Madera de reacción en canelo (*Drimys winteri*)

Patrocinante: Sr. Juan E. Diaz-vaz.

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

MARÍA JOSÉ FALFÁN GANGAS

VALDIVIA
2011

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Patrocinante	Sr. Juan Eduardo Diaz-vaz	__5,8__
Informante	Sr. Roberto Juacida	__5,8__
Informante	Sr. Hernán Poblete	__6,5__

El Patrocinante acredita que el presenta Trabajo de Titulación 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.

Sr. Juan Eduardo Diaz-vaz O.

*A mi madre Norma, quién me ha apoyado siempre,
y me dio la posibilidad de ser una profesional.
Gracias mamá por ser el pilar de mi vida.
A mi hija Fernandita por llenar mi vida de amor y felicidad
A Dios, muchas gracias.....*

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, deseo agradecer a mi madre, quién me ha brindado siempre su apoyo incondicional, mamá te doy las gracias por todo, por ser lo que soy hoy en día, gracias por tu esfuerzo, por todo lo que me has enseñado, pero por sobre todo por ser la mejor mamá del mundo.... TE AMO

A mi profesor guía Juan Eduardo Diaz-vaz, quién me ayudó muchísimo en la elaboración de este trabajo, gracias por su buena disposición y su constante preocupación por mi y mi hijita....Gracias profesor por su ayuda.

No puedo dejar de agradecer a la Profe Alicia, con quien el trabajo en laboratorio se hizo mucho más ameno, sus entretenidas conversaciones, su simpatía, calidez y paciencia sobretodo...muchas gracias profe

A la gente del taller, en especial a Don Guido por su buena disposición y colaboración en este trabajo.

Quiero también agradecer a la familia paterna de mi hija Fernanda, a la señora Lorenza, Don Mario y Pamela, por todo el apoyo que he recibido de ustedes y por todo el amor y el cariño que le dan a Fernandita día a día.

A mis amigas, amigos, compañeros de carrera, que me acompañaron y me apoyaron, Carlita, Pamela, Dianella, Jessi, Marta, Felipe, Pato, Roberto....en fin a tanta gente

He dejado para el final a la personita más importante de mi vida, quién me ha dado la dicha de ser madre, mi Fernandita Paz, gracias hija por toda la felicidad que he vivido junto a ti..... Te amo mucho

INDICE DE MATERIAS

	PÁGINA	
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO TEÓRICO	2
2.1	Antecedentes generales de <i>Drimys winteri</i>	2
2.1.1	Anatomía de la madera de canelo	2
2.1.2	Características y usos de la madera de canelo	3
2.2	Madera de reacción	3
2.2.1	Madera de compresión	4
2.2.2	Propiedades físicas	4
2.2.3	Madera de tracción	5
2.2.4	Características físicas	5
2.2.5	Madera de reacción en otras especies	6
3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	8
3.1	Área de estudio y características climáticas y de suelo	8
3.2	Método de muestreo	9
3.2.1	Selección de árboles y obtención de rolletes a lo largo del fuste	9
3.2.2	Obtención de rodela y mediciones realizadas	9
3.2.3	Probetas y sus dimensiones	10
3.2.4	Mediciones efectuadas	10
3.2.5	Análisis de los datos	12
4	RESULTADOS	14
4.1	Ancho de anillos	14
4.2	Densidad básica	15
4.3	Contracciones tangenciales y radiales	16
4.4	Contracciones longitudinales	18
5	DISCUSIÓN	20
6	CONCLUSIONES	22
7	BIBLIOGRAFÍA	23
	ANEXOS	
1	Abstract and Keywords	
2	Rodelas obtenidas a partir de los rolletes	
3	Medición de los radios y ancho de anillos	
4	Densidad básica y contracciones por probeta	
5	Estadísticos básicos	
6	Significancia de variables	

INDICE DE CUADROS

		PÁGINA
Cuadro 1	Singularidades típicas de la madera de reacción en coníferas y latifoliadas	6

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Madera de reacción en coníferas y latifoliadas	4
Figura 2	Mapa de ubicación geográfica del predio Las Palmas	8
Figura 3	Materiales a obtener a través de los rolletes	10
Figura 4	Rodela y probetas obtenidas del árbol inclinado	12
Figura 5	Ancho de anillos promedio en el radio mayor y menor	14
Figura 6	Ancho de anillos en el radio menor y mayor en cada rodela	15
Figura 7	Densidad básica promedio en el radio menor y mayor	15
Figura 8	Densidad básica en el radio menor y mayor en cada rodela	16
Figura 9	Contracciones tangenciales y radiales promedio en el radio menor y mayor	17
Figura 10	Contracciones tangenciales y radiales en el radio menor y mayor en cada rodela	18
Figura 11	Contracciones longitudinales promedio en radio menor y mayor	18
Figura 12	Contracciones longitudinales en el radio menor y mayor en cada rodela	19

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo general del estudio fue determinar las características de la madera de reacción en la especie canelo.

Para cumplir con este objetivo se realizó una comparación de particularidades que determinan la madera de reacción y madera opuesta. Se midió el ancho de anillos, densidad básica, contracciones longitudinales, tangenciales y radiales, en la zona con madera de reacción (radio mayor) y en la parte opuesta (radio menor).

Se realizó una comparación de medias con la T-Student para ver si las diferencias entre zonas son estadísticamente significativas.

Se seleccionaron tres árboles con diferentes curvaturas del fuste, de ellos se extrajeron rodelas a diferentes alturas. Posteriormente se obtuvieron probetas para medir las particularidades mencionadas anteriormente.

Los resultados indican que canelo presentó una densidad básica algo mayor en madera opuesta para los árboles inclinado y curvo, y en el radio mayor del árbol recto, siendo significativo solo en el inclinado.

Las contracciones longitudinales no presentaron diferencias significativas en ningún árbol, aún así sus valores son mayores en madera opuesta del árbol inclinado y curvo, y en el radio mayor del árbol recto.

Por otro lado las contracciones tangenciales presentan diferencias significativas en todos los individuos, y son claramente mayores en la zona de reacción. Las contracciones radiales también fueron mayores en la zona de mayor crecimiento, sin embargo no mostró diferencias significativas en el árbol recto.

El ancho de anillos presenta valores notoriamente más altos en madera de reacción, solamente es significativo en el inclinado.

El ancho de anillos junto a las contracciones tangenciales son las particularidades que obtuvieron las diferencias más significativas en el árbol inclinado, con valores más altos en madera de reacción.

Palabras claves: madera de tracción, madera opuesta, fustes curvos e inclinados

1. INTRODUCCIÓN

En Chile la reforestación de especies nativas es cada vez más frecuente y necesaria, de ellas se obtienen productos tales como madera y fibra de alta calidad. Se pueden establecer en sitios donde actualmente no se desarrollan las principales especies exóticas de nuestro país y representan un aporte importante en cuanto al enriquecimiento de la biodiversidad y el paisajismo.

Drimys winteri, es considerada como una especie de crecimiento rápido dentro de las nativas, se adapta a varios tipos de ambiente lo que se ve reflejado en su amplio rango de distribución, aún así sus mejores crecimientos se encuentran en la zona de Chiloé, dado las condiciones de humedad permanente y desarrollo en sectores de preferencia planos.

La formación de madera de reacción está relacionada con los niveles supraóptimos o deficitarios de hormonas provocado por una pérdida de verticalidad del árbol, una vez que estos cambios hormonales afectan el cambium, este tejido comienza a formar un tipo particular de madera con características diferentes a la madera normal.

El canelo presenta un plan leñoso similar a una especie conífera, esto indicaría que el comportamiento del cambium vascular al momento de producirse modificaciones en los niveles hormonales, no es lo que se espera para el caso típico de las latifoliadas.

En la actualidad son escasos los antecedentes frente a esta materia y no se tiene una claridad suficiente, ya que algunos ensayos preliminares indican que en canelo no se presenta la formación de madera de reacción.

El objetivo general consiste en determinar las características de la madera de reacción de *Drimys winteri*.

Objetivos específicos.

- Determinar las siguientes particularidades: ancho de anillos, densidad básica y cambios dimensionales, en madera de reacción y madera opuesta.
- Señalar cual de las particularidades mencionadas anteriormente presenta diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de madera.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes generales de *Drimys winteri*

El Canelo especie endémica de Chile, correspondiente a la clase de las angiospermas dicotiledóneas, pertenece a la familia de las Winteráceas. De las especies nativas es comercialmente importante por los múltiples productos que se pueden obtener de ella y por ser una angiosperma que presenta fibra larga.

Esta especie tiene un amplio rango de distribución, se encuentra desde el río Limarí a los 30° latitud sur, hasta el Cabo de Hornos en los 56° latitud sur (Díaz-vaz *et al.* 2002); en altitudes que van desde el nivel del mar hasta normalmente los 600 m.s.n.m, abarcando las Cordilleras de la Costa y los Andes (Donoso, 1981). Crece preferentemente en sectores bajos y en suelos húmedos, es por ello que en la zona norte de su límite de distribución crece en forma de pequeños arbustos, no así en Chiloé donde alcanza su máximo desarrollo formando bosques densos (Donoso, 1981).

Especie cuyos árboles son de fuste recto y cilíndrico, pudiendo alcanzar 30 m de altura y 1 m de diámetro en condiciones favorables para su crecimiento (Díaz-vaz *et al.* 2002). Se puede reconocer por sus grandes hojas aovadas siempreverdes, en especial por el envés, el que se aprecia como un color claro azulado. Las flores son blancas, pequeñas y agrupadas, los frutos son bayas ovaladas de color claro con pintas negras (Donoso, 1981). La corteza se caracteriza por ser de color claro canela, más o menos lisa, bastante gruesa y muy blanda (Hoffman, 1982).

Se desarrolla a plena luz como en ambientes sombríos, siendo semitolerante, se asocia con muchas especies como coigues, mañíos, cipreses, tepas entre otras formando parte del tipo forestal siempreverde principalmente (Donoso, 1981).

2.1.1 Anatomía de la madera de Canelo

El canelo es la única latifoliada chilena que se caracteriza por la ausencia de vasos o poros, presenta una importante proporción de radios leñosos uniseriados y multiseriados, heterogéneos, con una altura que alcanza los 3,5 mm y anchos cercanos a los 150 micrómetros (Díaz-vaz *et al.* 2002). Presenta una estructura anatómica similar a las especies coníferas, compuesto principalmente por traqueidas, las que tienen diámetros promedios de entre 14 a 30 micrómetros y de largo unos 3mm (Díaz-vaz *et al.* 2002).

Por lo señalado anteriormente, el canelo posee cualidades propias de las gimnospermas, a pesar de pertenecer al grupo de las latifoliadas. Las traqueidas verticales de gran longitud que posee son las encargadas de cumplir simultáneamente las funciones de conducción de sabia y sostén mecánico del árbol (Chesney, 1970). No obstante, otras características anatómicas como radios leñosos corresponden plenamente a una angiosperma (Rojas *et al.* 1975).

2.1.2 Características y usos de la madera de Canelo

La madera de canelo presenta un duramen de color café ocre con diferentes matices amarillos rosáceos, la albura tiene un color algo más claro (Díaz-vaz, 2002). Los anillos de crecimiento son visibles aunque no bien delimitados, madera con un veteado liso y textura media y heterogénea (Díaz-vaz *et al.* 2002). Diversos autores la describen como una madera que posee olor y gusto característico y que puede adquirir un brillo suavemente plateado cuando está recién cepillada.

Al ser una madera poco durable, normalmente no se emplea en construcciones mayores, no obstante en revestimientos interiores es muy cotizado (Rodríguez, 1998). La madera de canelo es apta para trabajos de carpintería, siendo apreciada en la fabricación de muebles, ebanistería, envases, cajones, artesanía y lutería (Díaz-vaz *et al.* 2002). La madera de Canelo no es utilizada como combustible, ya que al arder produce un humo picante (Hoffmann, 1982).

Otros usos alternativos de esta especie se refieren a su corteza, de la cual se pueden obtener agentes medicinales contra la fiebre, afecciones del estómago, dolores de muelas, tratamientos de tumores y otros (Pacheco *et al.* 1977; Hoffmann 1982; Pérez 2001).

La utilización de la madera va a depender de cómo se encuentre la especie, en estado de renoval se puede obtener productos como tableros, pulpa y producción de energía; en el caso de trozas de grandes dimensiones se destinan principalmente a la producción de madera aserrada, chapas y contrachapados (Rodríguez, 1998).

2.2 Madera de reacción

La madera de reacción es una anomalía que afecta muchas características y propiedades de la madera involucrada, se puede definir como aquella madera que se forma como reacción del árbol ante los esfuerzos anormales que se presentan cuando el árbol crece inclinado.

Esta singularidad se produce por un desbalance en los niveles de hormonas, estas diferentes concentraciones en los niveles hormonales influyen en la actividad del cambium, ya que este tejido reacciona y produce un tipo de madera de características diferentes a la que se produciría si los niveles fueran los normales (Díaz-vaz, 2003).

La modificación de los niveles hormonales se debe a la pérdida de verticalidad temporal o permanente de los árboles producto de cargas sobre ellos como viento, nieve, árboles caídos, animales entre otros (Díaz-vaz, 2003). Es por ello que cuando este evento coincide con la formación de células, el árbol formará madera de reacción.

Por lo descrito anteriormente es que este tipo de madera se puede encontrar en fustes inclinados, curvados o en las partes bajas de las ramas (Nichols, 1982). Sin

embargo en árboles que crecen sin inclinación también es posible encontrar madera de reacción (Diaz-vaz *et al.* 2007).

La madera de reacción se encuentra presente en coníferas y latifoliadas, denominándose madera de compresión y de tracción respectivamente, lo anterior se muestra a continuación en la figura 1.

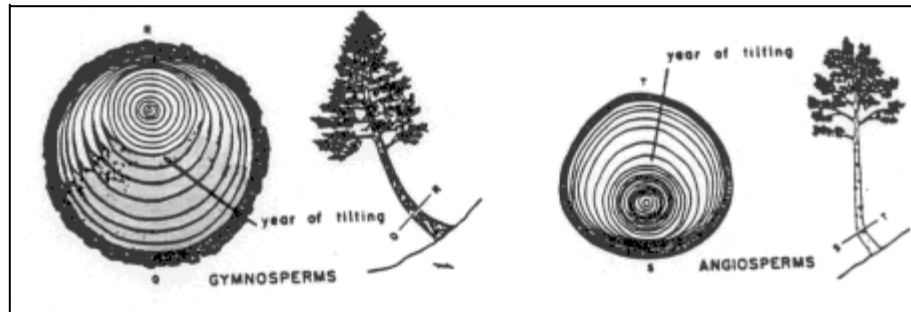


Figura 1. Madera de reacción en coníferas y latifoliadas (Fuente: Fritts, 1979)

Por otro lado la madera opuesta es aquella que se encuentra en la parte contraria a la zona de reacción de los árboles afectados (Diaz-vaz, 2003).

2.2.1 Madera de compresión

La madera de reacción en coníferas se produce en la zona del fuste que está en la cara interna de la inclinación del árbol y se localiza generalmente en la parte inferior de ramas o en el lado interno de troncos curvos (Panshin y De Zeeuw, 1964; Low, 1964; Chan, 2002).

La zona de compresión es de mayor crecimiento que el lado contrario, y por ello la médula queda ubicada excéntricamente en el fuste, los anillos de crecimiento de madera de reacción son marcadamente más anchos que los de la madera no afectada (Diaz-vaz, 2003).

Otra característica evidente es la falta de aspecto brillante, sin vida de esta madera comparada con la madera opuesta (Kollman y Côté, 1968). El color de la madera de compresión es distinto al de la madera no afectada, un color café rojizo oscuro es típico en esta madera y se produce por cuanto sus células tienen paredes anchas, bien lignificadas y similares a las células de madera tardía (Diaz-vaz, 2003).

2.2.2 Propiedades físicas

Dentro de las características típicas en madera de compresión destacan la mayor densidad de la madera, producto de las mayores dimensiones que experimenta las paredes celulares (Diaz-vaz, 2003). Numerosos estudios comprueban que la madera de compresión tiene mayor densidad que madera normal en una amplia variedad de

coníferas incluido *Pinus radiata* (Nichols, 1982). En términos de razón, la diferencia en densidad entre la madera de compresión y madera normal es de aproximadamente 4:3 (Panshin y De Zeeuw, 1964).

En un estudio realizado en *Pinus radiata* crecido en Valdivia - Chile, se determinó valores promedios de densidad de 0,477 g/cm³ en madera de compresión, en cambio la densidad en la madera opuesta fue de sólo 0,393 (Diaz-vaz, 2003), experimentando una diferencia de casi el 20% entre estos dos tipos de madera.

Las zonas con madera de compresión en general se contraen más longitudinal y transversalmente que la madera normal. Las contracciones longitudinales en madera normal son prácticamente insignificantes 0,1 a 0,2%, mientras que en madera de compresión pueden llegar a un 6 o 7% (Kollman y Côté, 1968). Las contracciones longitudinales, pueden incluso, llegar a ser hasta 10 veces mayor con respecto a la zona opuesta (López y Gutiérrez, 1991). Lo anterior tiene una gran influencia en el proceso de secado al aparecer gran cantidad de deformaciones indeseables.

2.2.3 Madera de tracción

La madera de tracción en latifoliadas, se presenta normalmente en la parte opuesta a la inclinación, coincidiendo con un mayor crecimiento diametral lo que trae consigo que los fustes experimenten un crecimiento excéntrico (Diaz-vaz *et al.* 2003). Se puede observar preferentemente en la parte superior de ramas y troncos inclinados (Panshin y De Zeeuw, 1964; Cronshaw y Morey, 1965 ; Chan, 2002; García *et al.* 2003).

La zona afectada se caracteriza por presentar anillos de crecimiento más anchos y un color de aspecto blanquecino, producto de la deslignificación de la pared celular (Diaz-vaz, 2003). Sin embargo se ha encontrado en algunas especies de Australia, zonas de madera de tracción que son más oscuras que las zonas con madera normal (Daswell y Wardrop, 1949).

En madera de tracción la superficie a menudo se presenta con pelusas (Kollman y Côté, 1968), esto se produce en parte por el desprendimiento de partes de la pared celular y por fibras superficiales que se levantan separándose del resto de las células (Diaz-vaz, 2003).

2.2.4 Características físicas

La madera de tracción presenta en relación a la madera opuesta, cambios dimensionales más acentuados, mayor densidad y también es una madera más propensa al colapso (Diaz-vaz, 2003; García *et al.* 2003). Aunque no tan grande como en madera de compresión, la contracción longitudinal en madera de tracción puede llegar a ser tan alta como 1%, que es considerablemente mayor a la contracción longitudinal encontrada en madera normal (Kollman y Côté, 1968). Los mismos autores citan a Pillow (1950), quién encontró en la zona de tracción en madera de caoba, contracciones longitudinales de hasta 0,64%.

La presencia de madera de tracción puede dificultar el empleo de la madera ya que tiene una mayor variación dimensional y es más propensa al colapso que la madera exenta de esta singularidad (Diaz-vaz, 2003).

Las principales características anatómicas presentes en madera de reacción se muestran a continuación en un cuadro resumen, además de las mencionadas características físicas y macroscópicas.

Cuadro 1. Singularidades típicas de la madera de reacción en coníferas y latifoliadas.

Madera de Compresión	Madera de Tracción
Crecimiento excéntrico	Crecimiento en diámetro excéntrico
Color rojizo oscuro	Color blanquecino
Anillos anchos	Anillos anchos
Traqueidas con sección redonda	Fibras con lúmenes estrechos
Ausencia de pared secundaria S3	Las capas S2 y S3 pueden estar ausentes
Ángulo fibrilar de pared secundaria S2 acentuado	Ángulo fibrilar de pared secundaria S2 reducido
Pared secundaria con fracturas helicoidales	Presencia de capa gelatinosa G
Alto contenido de lignina y hemicelulosas	Reducido contenido de lignina
Contracción e hinchamiento longitudinal acentuados	Contracción e hinchamiento longitudinal acentuados
Mayor densidad de la madera	Mayor densidad de la madera
Traqueidas más cortas	Mayor propensión al colapso

Fuente. Diaz-vaz, 2003

La madera de compresión se presenta en forma más constante en algunas especies, mientras que la de tracción es mucho menos uniforme (López y Gutiérrez, 1991), por lo mismo la existencia de madera de tracción es más difícil de identificar a simple vista.

2.2.5 Madera de reacción en otras especies.

En una investigación realizada en Nueva Zelanda por Kucera y Philipson en 1978, se estudió el crecimiento excéntrico y la anatomía de reacción en la parte superior e inferior de las ramas de *Pseudowintera colorata*. Como resultado no se encontró madera de compresión ni de tracción en las ramas estudiadas. Sin embargo se encontraron diferencias en las células de la madera del lado inferior con respecto a las del lado superior. En las primeras las traqueidas fueron más largas y amplias, con paredes más gruesas y mayor ángulo de microfibrillas respecto a la parte superior de las ramas.

Otros estudios de *Drimys winteri* en Nueva Zelanda establecieron resultados similares, sin encontrar madera de compresión y tampoco de tracción (Kucera y Philipson, 1977).

Otra dicotiledónea mencionada en la literatura es *Buxus microphylla*, en un ensayo realizado por Yoshizawa *et al.* (1993), se estudiaron las diferencias anatómicas entre el xilema de la parte superior e inferior formados en los tallos inclinados de esta especie. No se observó la formación de madera de tracción, no obstante el xilema formado en el lado inferior del tallo mostró algunas características similares a la madera de compresión. Las traqueidas y vasos encontrados en la madera de reacción mostraron una excesiva lignificación en sus paredes secundarias, además carecían de cavidades helicoidales y de la capa S3, características que son propias de especies coníferas. Esos resultados indican que *B. microphylla* tiene capacidad para formar madera de compresión siendo una especie latifoliada.

El crecimiento excéntrico y la formación de madera de reacción generalmente se presentan juntos, sin embargo hay especies que presentan excepciones como el haya, roble rojo, arce entre otros (Kucera y Philipson, 1978).

En *Pseudowintera colorata* fue encontrado un crecimiento excéntrico, sin embargo no se encontró madera de reacción, siendo esta una de las excepciones entre las dicotiledóneas (Kucera y Philipson, 1978). Los mismos autores afirman que en general la presencia de madera de reacción es mayormente común en madera juvenil, mientras que el crecimiento excéntrico es más típico de las últimas etapas de desarrollo.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Área de estudio y características climáticas y de suelo.

El estudio se realizó en el predio Las Palmas perteneciente al Centro Experimental Forestal (CEFOR), dependiente de la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile, ubicado en la XIV Región de los Ríos, sector Cayumapu, a 15 Km al norte de la ciudad de Valdivia entre los 39° 40' latitud sur y 73° 00' longitud oeste.

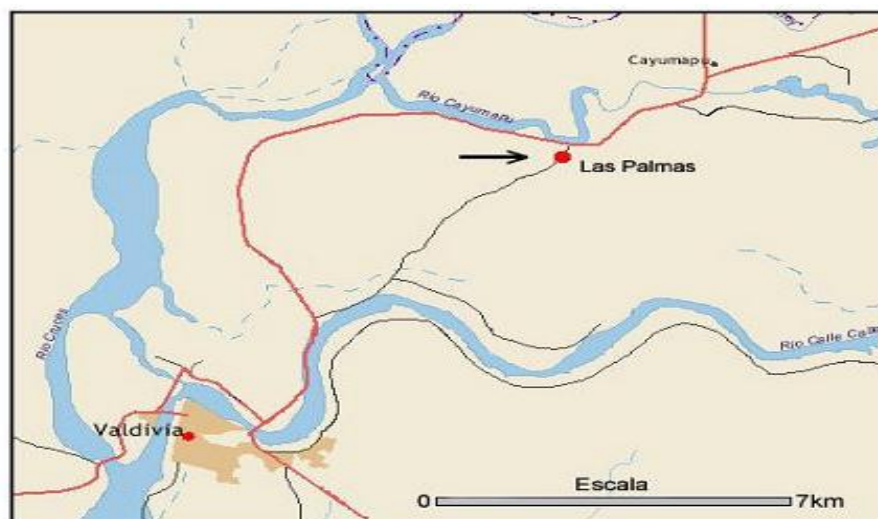


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del Predio Las Palmas (Fuente: MOP, 2003)

El clima del área de estudio corresponde al templado lluvioso de la costa occidental con influencia mediterránea según la clasificación de Koeppen (Greco, 2001). Las temperaturas medias varían entre los 7°C en junio y 17°C en enero con una temperatura media anual de 13°C. Las precipitaciones alcanzan un promedio anual de aproximadamente 2.400 mm y se concentran principalmente en los meses de invierno, la humedad relativa del aire alcanza una media anual del 75% (Di Castri y Hayek, 1976).

El suelo corresponde a la serie Los Ulmos, se trata de suelos profundos, rojos arcillosos, originados a partir de cenizas volcánicas antiguas depositadas sobre el complejo metamórfico de la costa. Presentan una textura superficial franco arcillosa y de color pardo rojizo oscuro, su textura en profundidad es del tipo arcillosa y de color amarillento (IREN-CORFO-UACH, 1978).

3.2 Método de muestreo

3.2.1 Selección de los árboles y obtención de los rolletes a lo largo del fuste

Para la selección de los árboles más adecuados, según la disponibilidad de individuos encontrados en el predio, se consideró las características de forma e inclinación del fuste. Se eligieron tres árboles de *Drimys winteri*, uno de ellos totalmente recto, otro inclinado y el último con curvaturas. Los canelos elegidos se voltearon y de ellos se obtuvieron rolletes a distintas alturas.

En el caso del árbol con fuste recto se extrajeron tres rolletes: en la zona inferior (1/4 de la altura total del árbol); en la zona intermedia (1/2 de la altura total), y en la parte superior (3/4 de la altura total). Estos rolletes se designaron con los códigos R1, R2 y R3 respectivamente.

Del mismo modo fueron obtenidos los rolletes provenientes del árbol inclinado, con la única diferencia que en la segunda mitad se extrajo dos rolletes designados como I2.1 e I2.2, las muestras restantes se designaron como I1 e I3 para la primera y tercera altura respectivamente.

Para el individuo curvo se obtuvieron dos rolletes en la parte inferior de la curvatura, sus códigos son: C1 y C1.2, y otros dos sobre la zona de curva, C2.1 y C.2.2.

3.2.2 Obtención de rodela y mediciones realizadas

Una vez llevados los rolletes al laboratorio se procedió a dividir cada uno de ellos en rodela, puesto que el tamaño original de la muestra era muy grande para realizar las mediciones correspondientes.

De las rodela obtenidas se utilizaron 9, con ellas se procedió a determinar el ancho de anillos, el cual se midió en el radio mayor y menor, posteriormente se extrajeron las probetas con las que se determinó la densidad básica y las contracciones.

Los radios mayores y menores, corresponden a la distancia mayor y menor respectivamente desde la médula hasta el extremo de la rodela, dichas distancias se midieron con un pie de metro.

La madera de reacción se presenta como una zona de mayor crecimiento, es por ello que se considerará que el radio mayor de cada muestra corresponde a este tipo de madera, sin embargo en las rodela provenientes del árbol recto esta suposición no es del todo verdadera, ya que teóricamente en este tipo de fuste no hay madera de reacción. Para estos casos se designará las zonas de mayor y menor crecimiento como radio mayor y menor respectivamente.

3.2.3 Probetas y sus dimensiones

De las nueve rodela se obtuvieron listones, posteriormente del listón se sacaron las probetas, en cuanto al tamaño de estas últimas, eran en su mayoría de 2 cm de ancho por 2 cm de espesor y 10 cm de alto (figura 3). No obstante en aquellas muestras donde el radio menor era muy pequeño, incluso menor a 2 cm, solo se obtuvo una probeta. Esta situación se observó mayormente en las muestras provenientes del árbol inclinado, dado la mayor excentricidad de médula que presentaban.

Las probetas que se obtuvieron del lado menor del listón se designaron con letras y para diferenciarlas de aquellas que se sacaban del lado mayor, se identificaron en este último caso con números. La metodología utilizada para obtener estos materiales se muestra en la siguiente figura.

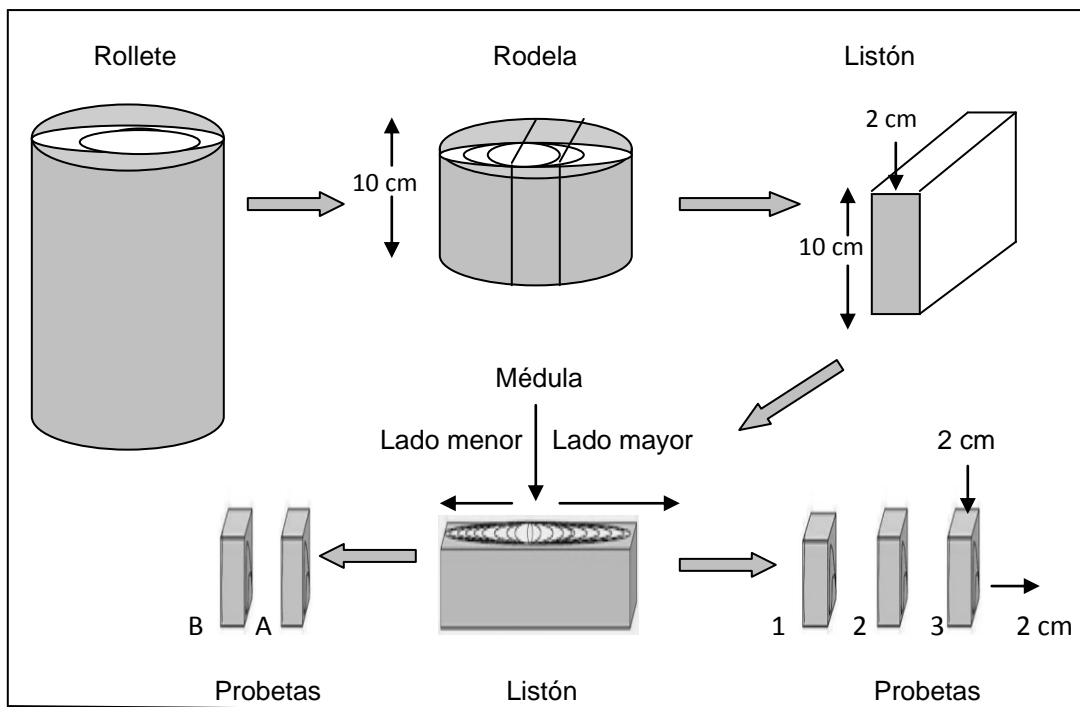


Figura 3. Materiales a obtener a través de los rolletes

3.2.4 Mediciones efectuadas

- Ancho de anillos

Se calculó el ancho de anillos dividiendo los radios por el número de anillos de la rodela (anexo 3).

- Cambios dimensionales

A lo largo de cada probeta se marcaron tres puntos equidistantes entre sí para obtener tres mediciones en el sentido tangencial y radial, posteriormente se determinó el promedio de tales mediciones. Para la toma de estos datos se utilizó un tornillo micrométrico, las dimensiones longitudinales se realizaron con un pie de metro.

Las contracciones se calculan con la fórmula que se entrega a continuación:

➤ $\beta = \frac{dH - dS}{dH} * 100$ donde, $\beta =$ Contracción tangencial, radial o longitudinal (%)

$dH =$ Promedio de dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales en estado húmedo (mm)

$dS =$ Promedio de dimensiones tangenciales, radiales y longitudinales en estado anhidro (mm)

- Densidad básica

Se determinó el volumen húmedo, sumergiendo las probetas en un recipiente con agua hasta lograr su saturación, posteriormente se realizaron las mediciones tangenciales, radiales y longitudinales.

Para obtener la masa anhidra, las muestras se secaron en estufa a $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por el período de tiempo necesario para lograr el peso anhidro constante. Una vez secas se determinaron nuevamente los cambios dimensionales y se registró el peso anhidro, el cual se obtuvo a través de una balanza con una precisión de 0,01 g.

Se determinó la densidad básica con la siguiente fórmula:

➤ $Db = \frac{Mo}{Vh}$ donde, $Db =$ Densidad básica (g/cm^3)

$Mo =$ Peso anhidro (g)

$Vh =$ Volumen saturado (cm^3)

Para asegurar que las muestras se encuentran por sobre el punto de saturación de fibras, se calculará el contenido de humedad con la siguiente fórmula:

➤ $CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100$ donde, $CH =$ Contenido de humedad

$Ph =$ Peso húmedo

$Po =$ Peso anhidro

Finalmente en la figura 4 se muestran los materiales obtenidos para realizar las mediciones anteriores.



Figura 4. Rodela y probetas obtenidas del árbol inclinado

La madera de compresión presenta un alto contenido de lignina y una reducida cantidad de celulosa, lo contrario ocurre en madera de tracción (Díaz-vaz, 2003), considerando estos aspectos se procedió a observar bajo el microscopio las células de la zona de reacción. Para ello se utilizaron tinciones diferenciales para distinguir la presencia o ausencia de alguno de estos compuestos.

El objetivo de este análisis es poder determinar si la madera de reacción en canelo presenta un comportamiento más similar a especies latifoliadas o coníferas, además de las posibles diferencias que se puedan observar entre las células de madera de reacción y opuesta.

Se realizaron cortes en dos probetas por medio de un micrótopo, en los planos transversal, tangencial y radial. Se eligieron probetas del árbol inclinado, una proveniente de la zona de reacción y la otra de la parte opuesta.

Las muestras fueron teñidas con safranina y azul astra para localizar la presencia de lignina y celulosa respectivamente. Posteriormente se intentó con safranina y verde malaquita, una vez teñidas, las láminas fueron deshidratadas con diferentes concentraciones de alcohol para luego ser fijadas y limpiadas.

3.2.5 Análisis de los datos

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 5.5 realizándose la prueba t de Student, para analizar la diferencia entre medias con un nivel de confianza del 95%. El programa aplica un t-test para probar una hipótesis específica sobre la diferencia entre las medias de las poblaciones de las que proceden las dos muestras.

En este caso las muestras corresponden al promedio de las mediciones realizadas en la zona de reacción y opuesta. El test se realiza para determinar si la diferencia

entre las dos medias es igual a 0,0 frente a la hipótesis alternativa en la que la diferencia no es igual a 0,0. Los resultados entregados por el software presumen la igualdad de varianzas en las dos muestras.

4. RESULTADOS

Se compararon los resultados obtenidos de las maderas provenientes de tres tipos de fuste, en la zona con madera de reacción y opuesta, para las particularidades densidad básica, ancho de anillos, contracciones longitudinales, tangenciales y radiales.

Como una forma de simplificar la mención en los gráficos con respecto a la madera de reacción en los inclinados y curvos, y en la zona de mayor crecimiento en el árbol recto, se procederá a designar esta zona de la madera como radio mayor. Lo mismo para la zona opuesta o de menor crecimiento, la cual se denominará radio menor.

4.1 Ancho de anillos

En la figura 5 se resume los resultados obtenidos para el ancho de anillos en ambos radios. Se obtuvo un promedio de todas las rodela que pertenecían a cada uno de los árboles para determinar el ancho de anillos promedio.

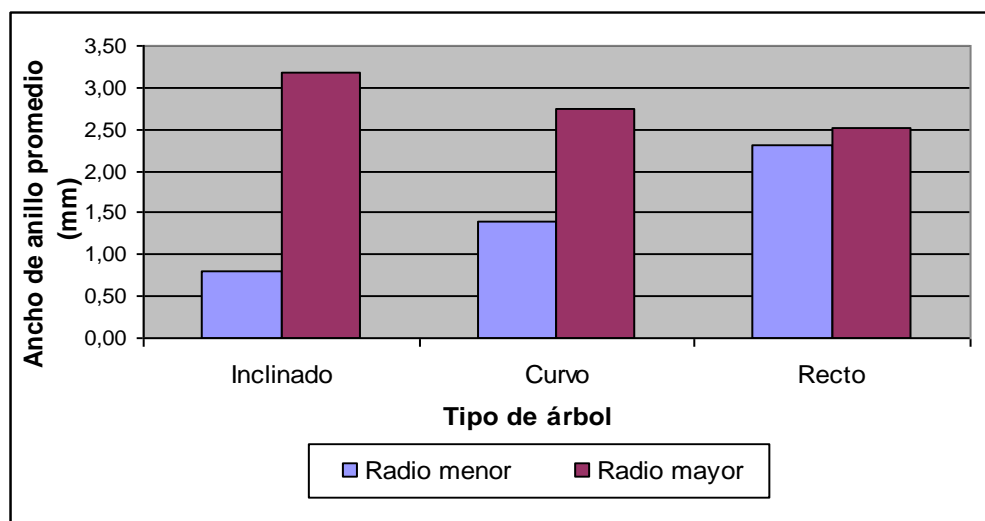


Figura 5. Ancho de anillos promedio en el radio mayor y menor.

En la figura se puede apreciar que los anillos son más anchos en los radios mayores de los tres árboles, con diferencias más notorias en el inclinado y curvo. Sin embargo se presentan diferencias estadísticamente significativas solamente en el árbol inclinado, con valores promedio de 0,79 y 3,18 mm en el radio menor y mayor respectivamente. La zona de mayor crecimiento o radio mayor de los curvos e inclinados, dado los mayores valores que presentan con respecto al radio menor, corresponderían a la zona de reacción.

El siguiente gráfico muestra la comparación del ancho de anillos en el radio menor y mayor, para cada uno de las rodela obtenidas.

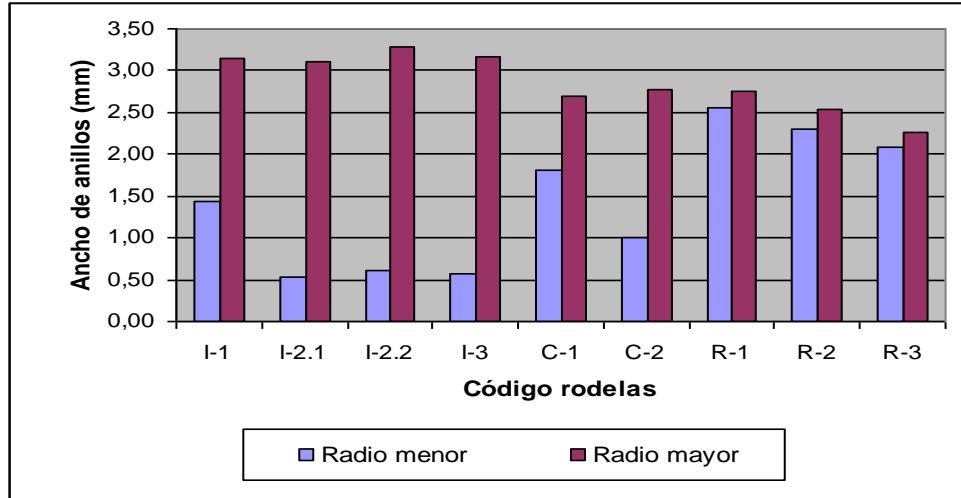


Figura 6. Ancho de anillos en el radio menor y mayor en cada rodela.

La rodela que presenta una mayor diferencia es la que proviene del árbol inclinado, I-2.2, con valores de 0,60 mm en el radio menor y 3,29 mm en el radio mayor. Por el contrario las muestras del árbol recto son las que presentan una mayor homogeneidad entre los dos radios.

4.2 Densidad básica

Los resultados de densidad se resumen en las figuras 7 y 8. La densidad en el menor de los radios fue levemente mayor, en los árboles inclinado y curvo, con diferencias significativas solo en el primero.

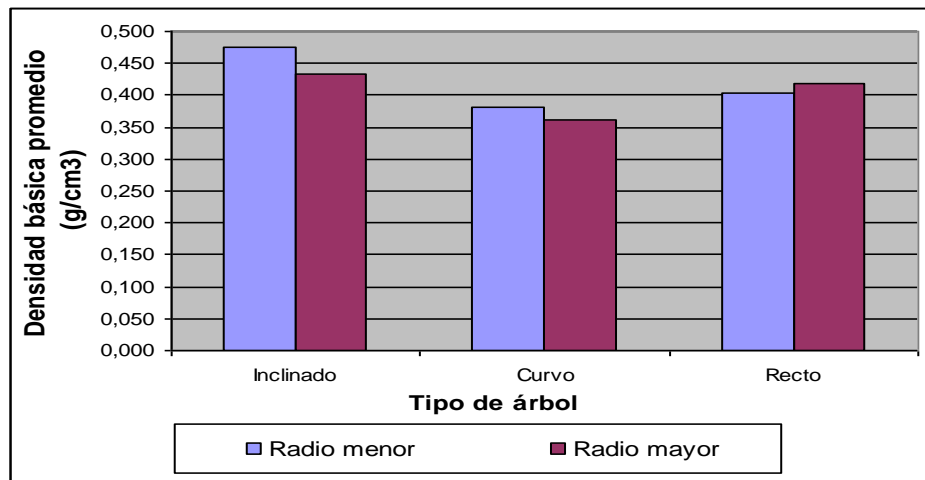


Figura 7. Densidad básica promedio en el radio menor y mayor.

La figura 7 indica que el radio menor de los árboles inclinado y curvo presenta densidades de 0,475 y 0,382 g/cm³ respectivamente, mientras que en el lado mayor

se aprecian menores valores de 0,432 y 0,362 g/cm³. Las diferencias de densidades entre radios no resultaron importantes para distinguir una zona de reacción.

Por otro lado el árbol recto no sigue la tendencia de los otros individuos, experimentando un pequeño aumento de densidad en el radio mayor. La densidad básica solo fue significativa en el árbol inclinado.

En la figura 8 se muestra el contraste entre ambos radios para cada rodela, se observa que las diferencias en densidad son pequeñas, destacando las mayores densidades del radio menor en las muestras inclinadas.

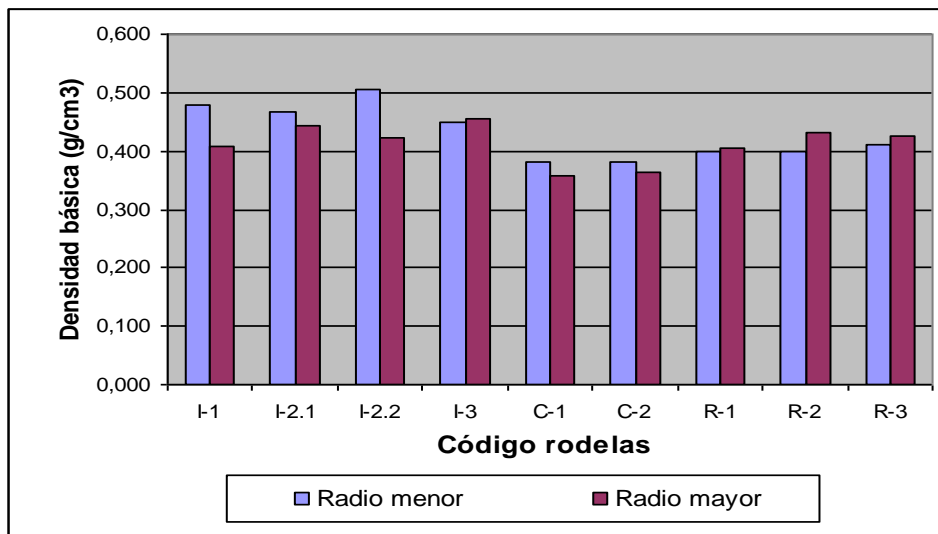


Figura 8. Densidad básica en el radio menor y mayor en cada rodela.

Los curvos al igual que los inclinados tienen densidades un poco más altas en el menor de sus radios, sin embargo las diferencias son más notorias en los inclinados.

En los rectos la mayor densidad se presenta en los radios mayores, aun cuando sus diferencias no son significativas, solo se obtuvieron valores algo mas altos en esta parte de crecimiento.

4.3 Contracciones tangenciales y radiales

Los valores promedios de las contracciones tangenciales y radiales de las dos zonas de crecimiento se muestran en la figura 9. Se observa que las contracciones son mayores en el radio mayor, para todos los árboles.

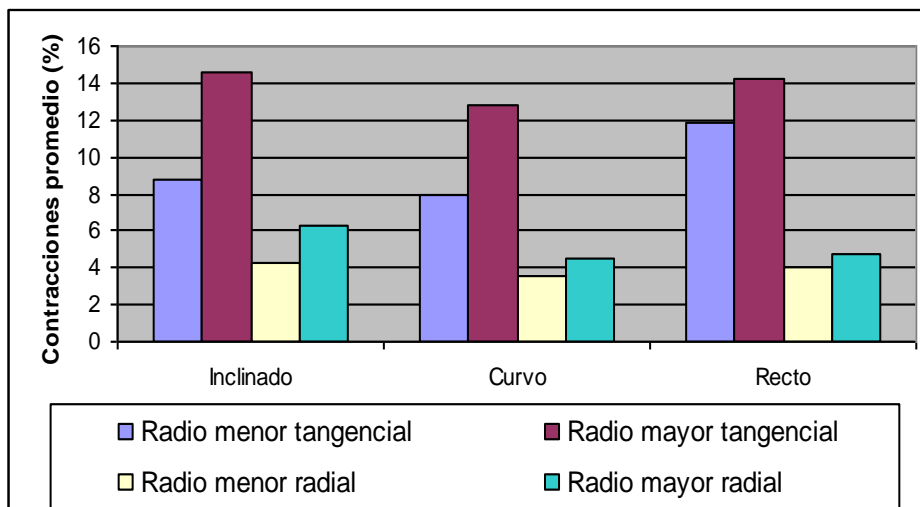


Figura 9. Contracciones tangenciales y radiales promedio en el radio menor y mayor.

Las diferencias entre radios son significativas en el sentido tangencial para los tres árboles. En el caso de la contracción radial no hay diferencias significativas en el individuo recto.

Los contrastes más pronunciados entre ambas zonas se observan en el inclinado, en el cual se obtuvieron valores promedio de contracciones tangenciales de 14,5% en el radio mayor contra un 8,7% en el radio menor, lo que representa un 40% más de contracción tangencial en la parte de mayor crecimiento. Igualmente la diferencia en el sentido radial es notoria un 33% más en la zona de reacción para el mismo árbol.

En el caso del curvo las diferencias entre radios son también pronunciadas, pero aún así menores comparadas con el inclinado.

El árbol recto presenta contracciones tangenciales considerables en la parte de mayor crecimiento, sin embargo las diferencias entre zonas son las menos marcadas entre los tres árboles.

Se muestra a continuación en forma más detallada las contracciones tangenciales y radiales para cada uno de los rolletes.

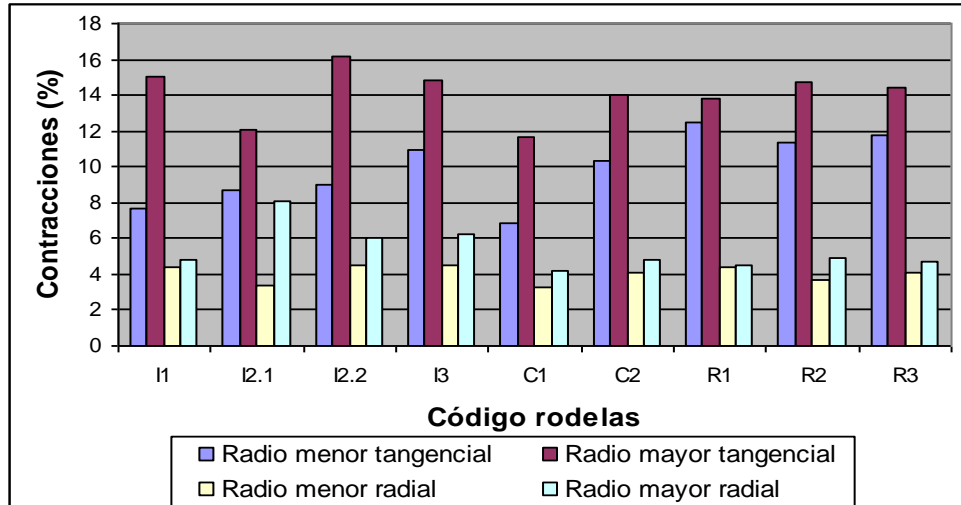


Figura 10. Contracciones tangenciales y radiales en el radio menor y mayor en cada rodela.

Se puede observar que la mayor contracción tangencial de un 16% lo obtiene el rollete I2.2 en el radio mayor, por otro lado la mayor contracción en el sentido radial en el mismo radio corresponde al rollete I2.1 con un valor de 8%.

4.4 Contracciones longitudinales

En la figura 11 se observa la comparación de contracciones promedio en el sentido longitudinal. No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los árboles.

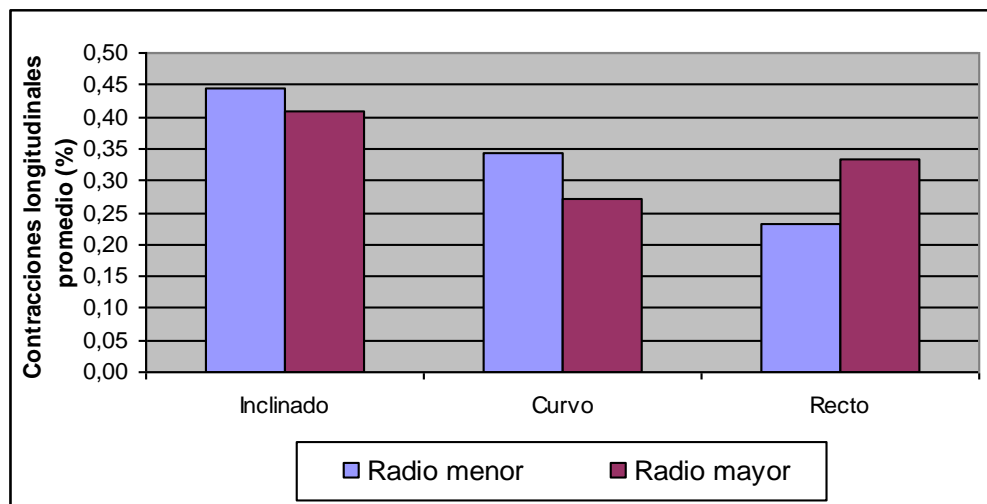


Figura 11. Contracciones longitudinales promedio en radio menor y mayor.

Las contracciones longitudinales promedio fueron algo menores en el mayor de los radios para los árboles inclinado y curvo. Una vez más el árbol recto presenta un comportamiento diferente, al tener mayor porcentaje de contracción en el radio mayor de 0,33%, el menor de los radios experimenta un valor de 0,23%.

La diferencia es de un 10% siendo la más notoria entre los tres árboles, sin embargo estadísticamente esta diferencia no es significativa.

A continuación en la figura 12 se presentan los cambios dimensionales longitudinales en las nueve rodela seleccionadas.

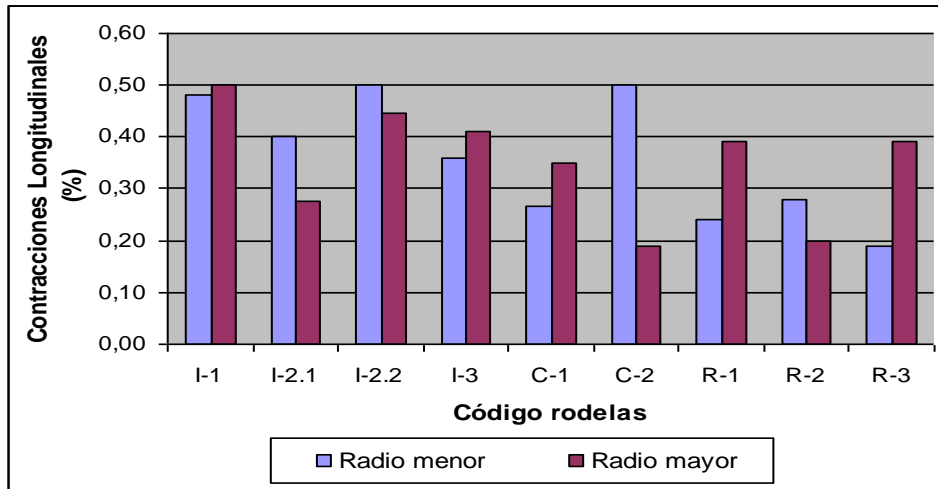


Figura 12. Contracciones longitudinales en el radio menor y mayor en cada rodela.

Las rodela provenientes del árbol inclinado no muestran diferencias pronunciadas entre los dos radios, pero sí alcanzan altos porcentajes de contracciones con respecto a los otros individuos. Destaca la gran diferencia de contracción en la rodela C2, el cual fue extraído sobre la zona de curvatura, con valores de 0,50 y 0,19% en el radio menor y mayor respectivamente.

Por otro lado las tinciones diferenciales empleadas para resaltar las zonas con celulosa y lignina no permitieron distinguir diferencias entre las células del lado mayor y menor.

5. DISCUSIÓN

Las características físicas y anatómicas de cada especie determinan en gran medida el posible uso que se le puede dar a la madera, en este sentido la madera de reacción es una característica que se debe tomar en cuenta dada la relación que existe entre esta y otras muchas características de la madera, constituyendo un factor limitante a la hora de designar su uso para algún producto.

La madera de reacción se aprecia como una zona de crecimiento notoriamente mayor, donde los anillos de crecimiento son muchos más anchos con respecto a la madera opuesta, esto fue encontrado para los árboles inclinado y curvo. Con respecto al árbol recto el ancho de anillos fue similar en ambas zonas de crecimiento. Por lo tanto los resultados coinciden plenamente con lo señalado por algunos autores (Panshin y De Zeeuw 1964; Kollman y Côté 1968; Diaz-vaz 2003; García *et al.* 2003).

Numerosos estudios han demostrado que la madera de reacción tiene una mayor densidad que madera opuesta o normal (Diaz-vaz 2003; García *et al.* 2003). Este aumento se debe a las mayores dimensiones de las paredes celulares que tiene la madera de reacción (Diaz-vaz *et al.* 2003). Sin embargo los resultados obtenidos no coinciden con lo encontrado en bibliografía, en el caso de los árboles inclinado y curvo la zona opuesta o radio menor presenta levemente una mayor densidad, siendo estadísticamente significativa en el inclinado. En el individuo recto la densidad básica presenta valores un poco más altos en el radio mayor.

Las contracciones longitudinales presentan valores muy parecidos entre los dos radios, no se encontraron diferencias significativas para ningún árbol. Esto contrasta con diversos autores que afirman que la zona con madera de reacción posee contracciones longitudinales mayores que la parte de la pieza que no es de reacción (Kollman y Côté 1968; López y Gutiérrez 1991; Chan 2002; Diaz-vaz 2003; García *et al.* 2003).

Por otro lado las contracciones tangenciales fueron mayores en la zona de mayor crecimiento de los tres árboles, y sus diferencias son estadísticamente significativas en todos ellos. En el sentido radial las contracciones también fueron más altas en la misma zona, sin embargo no se encontró diferencias en el árbol recto.

La mayoría de las particularidades presentan diferencias significativas en el fuste inclinado, esto concuerda con Kollman y Côté (1968), los cuales citan a Core en 1962, quién realizó un estudio en plantaciones de *Pinus resinosa*, mencionando la inclinación del fuste como un factor con real significación estadística en el desarrollo de madera de reacción.

No se encontró diferencias con respecto a la literatura en cuanto al plan leñoso de canelo, en la revisión bibliográfica se indica que no fue observada la presencia de madera de tracción, y tampoco de compresión, para la misma especie en Nueva Zelanda (Kucera y Philipson, 1977), y en *Pseudowintera colorata* (Kucera y Philipson, 1978).

Como una recomendación, García *et al.* 2003, señalan que existen otros parámetros para determinar madera de tracción, por ejemplo los radios leñosos, estos son más numerosos y de menor tamaño con respecto a la zona opuesta. Por otro lado en madera de compresión los radios leñosos son más gruesos y suelen presentarse en mayor número.

6. CONCLUSIONES

- El ancho de anillos junto a la contracción tangencial obtuvieron las diferencias más significativas entre madera de reacción y opuesta, especialmente en el árbol inclinado.
- Se encontraron diferencias significativas en la densidad básica solamente en el árbol inclinado, en el curvo y recto los valores de densidad fueron muy parecidos entre una zona y otra.
- Las contracciones longitudinales fueron similares en ambas zonas de crecimiento en los tres árboles, por tanto no se presentaron diferencias significativas en ninguno de ellos.
- Los resultados de densidad básica y contracciones longitudinales no fueron suficientes para determinar la presencia de madera de reacción, sin embargo el ancho de anillos, por sí solo, sí se asocia a este tipo de madera.
- La mayor parte de las particularidades fueron significativas solo en las muestras provenientes del árbol inclinado, demostrando que la inclinación del fuste es uno de los factores más importantes en el desarrollo de madera de reacción.
- No se pudo obtener un resultado con las tinciones, esto pudo haberse debido a errores en el procedimiento, probablemente en los tiempos de tinción y en una adecuada deshidratación y fijación de las muestras.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Chan, M. 2002. Los defectos naturales en la madera aserrada. Ingeniería Revista Académica. 6(001): 29-38
- Chesney, L. 1970. Aptitud papelera del Canelo (*Drimys winteri* Forst.). Tesis de mg. Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 58 p.
- Cronshaw, J; Morey P. 1965. Induction of Tension Wood by 2,3,5-Triiodobenzoic Acid . Nature Publishing Group. Nature 205: 816-818
- Dadswell, H; Wardrop, A. 1949. What is reaction wood?. Australian Forestry 13: 22-33.
- Diaz-vaz, J. 2003. Anatomía de maderas. Marisa Cuneo Ediciones. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 151 p
- Diaz-vaz, J; Devlieger, F; Poblete, H; Juacida, R. 2002. Maderas comerciales de Chile. Marisa Cuneo Ediciones. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 91 p.
- Diaz-vaz, J.E; Fernández, A; Valenzuela, L; Torres, M. 2007. Madera de compresión en *Pinus radiata* D. Don, Características anatómicas. Maderas: Ciencia y tecnología. 9(1): 29-43.
- Di Castri, F., Hayek, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Universidad Católica de Chile. 128 p.
- Donoso, C.1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y desarrollo forestal. Santiago, Chile. 70 p.
- García, L; Guindeo, A; Peraza, C; De Palacios, P. 2003. La madera y su anatomía: Anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. España, Ediciones Mundi-prensa Libros. 327 p.
- Greco, M. 2001. Caracterización y análisis del crecimiento de un rodal de *Pinus sylvestris* Loud, en el predio Las Palmas, Valdivia. Trabajo de Titulación Ing.For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 58 p.
- Hoffmann, A. 1982. Flora Silvestre de Chile, Zona Araucana. Ediciones Fundación Claudio Gay. 60 p.
- IREN-CORFO-UACH. 1978. Estudio de suelos de la provincia de Valdivia. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. 178 p.

- Jane, F. 1962. The Structure of Wood, Adam and Charles Black, London, 429 p.
- Kollmann, F; Côté, W. 1968. Pinciples of Wood Science and Technology, Solid Wood, Springer Verlag, Berlin, 592 p.
- Kucera, L. J; Philipson, W. R. 1977. Growth eccentricity and reaction anatomy in branchwood of *Drimys winteri* and five native New Zealand trees. New Zealand Journal of Botany. Vol.15: 517-524
- Kucera, L. J; Philipson, W. R. 1978. Growth eccentricity and reaction anatomy in branchwood of *Pseudowintera colorata*. American Journal of Botany. 65(6): 601-607
- López, A; Gutiérrez, A. 1991. Propiedades y tecnología de la madera de pino radiata del país vasco. Madrid, España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. 243 p.
- Low, A. 1964. A Study of Compression Wood in Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). Forestry. (37): 179-201.
- Nichols, J.W.P. 1982. Wind action, leaning stems and compression Wood in *Pinus radiata* D. Don. Australian forest research. (12): 75-91.
- Pacheco, P; Chiang, M.T; Marticorena, C; Silva, M. 1977. Química de las plantas chilenas usadas en medicina popular I. Instituto Central de Biología, Departamento de Botánica. Laboratorio de Química de Productos Naturales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, p. 215-216.
- Panshin, A; De Zeeuw, C. 1964. Textbook of wood technology . vol1, Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States. Second Edition. McGraw-Hill Book Company. 643 p.
- Pérez, L. 2001. Descripción y análisis del estado actual, para el desarrollo potencial de la especie Canelo (*Drimys winteri* Forst). Tesis de Ing Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 70 p.
- Perez, V; Cubillos, O. 1984. Características físico-químicas de Canelo, Cipres de las Guaitecas, Coigue de Chiloé y Roble del Maule. Investigación y desarrollo forestal, documento de trabajo n° 52.
- Peréz, P; Ananías, R; Hernández, G. 2005. Estudio de la velocidad del secado de renovales de canelo *Drimys winteri*. Maderas. Cienc, tecnol. 7(2): 99-108
- Peréz, P; Ananías, R; Hernández, G. 2007. Estudio experimental del secado de renovales de canelo *Drimys winteri*. Maderas. Cienc, tecnol. 9(1): 59-70

- Pérez, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Revisión bibliográfica. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de trabajo nº47. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.
- Rodríguez, S. 1998. Antecedentes tecnológicos de Canelo (*Drimys winteri* Forst.). Bosque. 19(1): 91-99
- Rojas, M; Pistono, E. 1975. Densidad, largo de fibras y composición química de la madera de Canelo. Informe técnico N° 53. Instituto Forestal. División Industrias. Santiago de Chile. 61 p.
- Yoshizawa, N; Satoh, M; Yolota, S; Idei, T. 1993. Formation and structure of reaction Wood in *Buxus microphylla* var. *insularis* Nakai. Wood Science and Technology. 27:1-10

ANEXOS

Anexo 1

Abstract and Keywords

ABSTRACT

The general objective of the study was to determine the characteristics of tension wood on the canelo specie.

To expire with is objective, its has been realized a comparison of characteristics that determine the reaction wood and opposite wood. We measured wider rings, basic density, longitudinal shrinkage, tangential and radial, in the zone with reaction wood (major radius) and opposite wood (minor radius).

A comparison of means with the T-Student to see if the differences between zones are statistically significant it was realized.

Three trees were selected with different curvatures of the stem, from them wood section were extracted to different heights. Subsequently samples were obtained to measure the characteristics mentioned previously.

The results indicate that canelo presented a basic density slightly higher in opposite wood for the trees leaning and curved, and in the major radius of the straight tree, being significant only in the leaning tree.

Longitudinal contractions were not significantly different in any tree, their values are higher in opposite wood of the tree leaning and curved, and in the zone of more growing of the straight trees

The tangential contractions present significant diference in all the trees and they are clearly highers on the reaction zone. The radials contractions they were higher in the zone of more growing, however the straight tree didn't show significant differences.

The wider rings and the tangential contractions obtained the differences more significant in the leaning tree, with higher values in reaction wood.

Key words: tension wood, opposite wood, curved and leaning stems

Anexo 2

Rodelas obtenidas a partir de los rolletes

Rolletes extraídos del árbol Recto

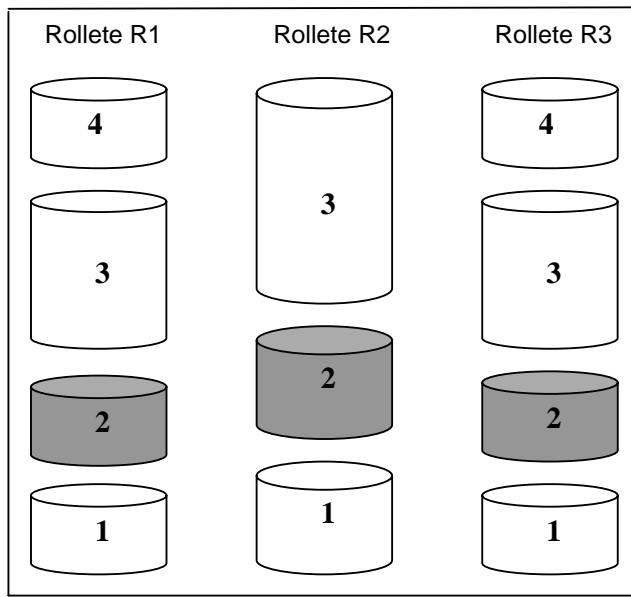


Figura 1: Rodelas en las que se dividió los rolletes extraídos del árbol recto.

Rolletes extraídos del árbol curvo

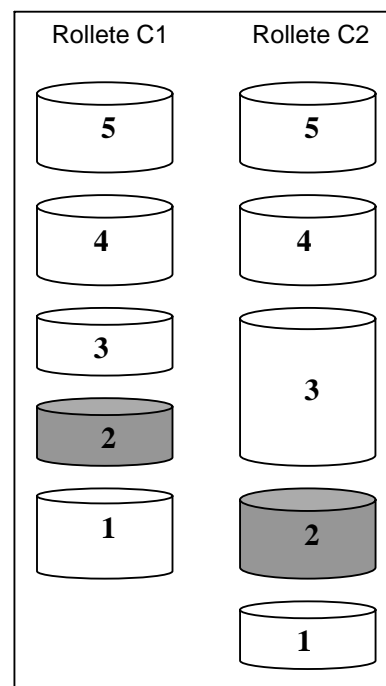


Figura 2: Rodelas en las que se dividió los rolletes del árbol curvo.

Rolletes extraídos del árbol inclinado

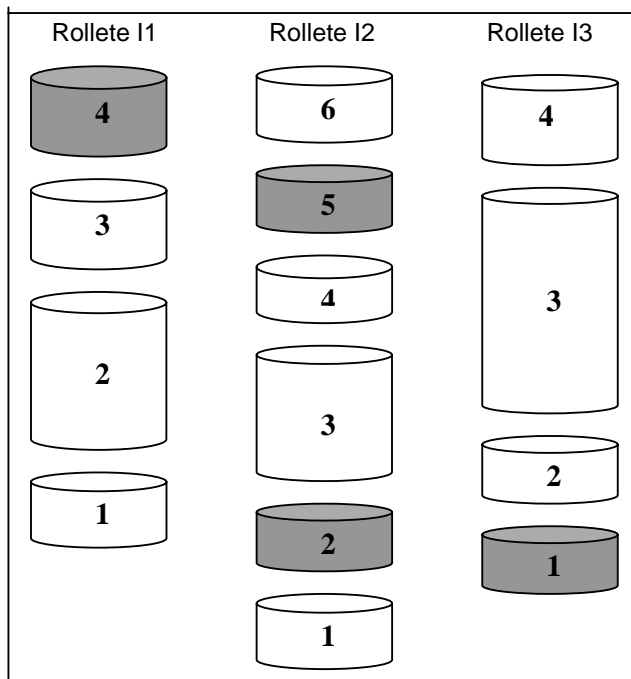


Figura 3: Rodelas en las que se dividió los rolletes del árbol inclinado.

(*)Las rodelas coloreadas corresponden a las elegidas para realizar las mediciones posteriores

Anexo 3

Medición de los radios y ancho de anillos

Cuadro 1. Radios menores y mayores de las nueve rodela

Código rollete	Número rodela	Radio menor (mm)	Radio mayor (mm)
R-1	2	63,64	68,88
R-2	2	57,70	63,57
R-3	2	52,19	56,69
I-1	4	38,80	84,80
I-2.1	5	14,48	84,06
I-2.2	2	16,30	88,88
I-3	1	15,42	85,54
C-1	2	52,18	78,18
C-2	2	29,20	80,25

Cuadro 2. Resultados de la medición del ancho de anillos promedio (mm)

Código rollete	Número rodela	Ancho anillos radio menor (mm)	Ancho anillos radio mayor (mm)	Nº anillos
R-1	2	2,55	2,76	25
R-2	2	2,31	2,54	
R-3	2	2,09	2,27	
I-1	4	1,44	3,14	27
I-2.1	5	0,54	3,11	
I-2.2	2	0,60	3,29	
I-3	1	0,57	3,17	
C-1	2	1,80	2,70	29
C-2	2	1,01	2,77	

Anexo 4

Densidad básica y Contracciones por probeta

Cuadro 3. Mediciones en probetas del árbol inclinado

Código probeta	Contracción rad (%)	Contracción tg (%)	Contracción long (%)	CH (%)	Db (g/cm3)
I1-4-A	4,07	8,32	0,35	98,22	0,500
I1-4-B	4,69	7,00	0,61	117,99	0,456
I1-4-1	4,32	13,93	0,54	126,23	0,430
I1-4-2	4,67	15,70	0,47	144,10	0,410
I1-4-3	5,31	15,48	0,49	173,42	0,381
I21-5-A	3,37	8,68	0,40	120,04	0,467
I21-5-1	5,44	15,48	0,34	133,83	0,437
I21-5-2	10,95	5,35	0,18	148,01	0,408
I21-5-3	7,82	15,43	0,31	126,94	0,485
I22-2-A	4,53	8,98	0,50	98,82	0,506
I22-2-1	5,20	15,91	0,54	131,10	0,434
I22-2-2	6,55	15,72	0,31	146,49	0,425
I22-2-3	6,35	16,76	0,49	159,32	0,409
I3-1-A	4,45	10,91	0,36	123,66	0,448
I3-1-1	6,18	14,91	0,46	137,73	0,441
I3-1-2	6,10	13,31	0,40	138,45	0,430
I3-1-3	6,45	16,21	0,37	128,12	0,483

Cuadro 4. Mediciones en probetas del árbol recto

Código	Contracción rad (%)	Contracción tg (%)	Contracción long (%)	CH (%)	Db (g/cm3)
R1-2-A	4,91	13,24	0,28	146,94	0,414
R1-2-B	3,91	11,8	0,19	167,79	0,383
R1-2-1	3,79	10,57	0,31	145,75	0,416
R1-2-2	5,03	16,24	0,33	149,24	0,412
R1-2-3	4,78	14,72	0,53	164,86	0,39
R2-2-A	3,52	10,14	0,18	150,03	0,404
R2-2-B	3,79	12,6	0,37	162,03	0,396
R2-2-1	4,37	12,8	0,26	141,45	0,429
R2-2-2	5,54	16,58	0,13	139,43	0,434
R3-2-A	3,99	11,45	0,15	154,74	0,41
R3-2-B	4,26	12,17	0,22	155,33	0,412
R3-2-1	4,55	13	0,42	142,39	0,425
R3-2-2	4,79	15,81	0,36	144,43	0,424

Cuadro 5. Mediciones en probetas del árbol curvo

Código	Contracción rad (%)	Contracción tg (%)	Contracción long (%)	CH (%)	Db (g/cm3)
C1-2-A	3,38	6,75	0,26	131,46	0,375
C1-2-B	3,10	6,86	0,27	152,30	0,389
C1-2-1	5,01	12,74	0,38	130,18	0,389
C1-2-2	3,82	11,84	0,39	132,00	0,354
C1-2-3	3,72	10,26	0,28	168,00	0,332
C2-2-A	4,04	10,38	0,50	172,42	0,381
C2-2-1	4,52	11,88	0,22	152,90	0,362
C2-2-2	4,71	15,03	0,15	187,24	0,359
C2-2-3	5,10	15,11	0,20	173,39	0,373

Anexo 5
Estadísticos básicos

Cuadro 6. Estadígrafos básicos para el ancho de anillos promedio

Tipo de madera	Recto		Inclinado		Curvo	
	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción
Media (mm)	2,32	2,52	0,79	3,18	1,40	2,74
Desv. standard	0,23	0,24	0,44	0,08	0,57	0,05
Mín (mm)	2,10	2,27	0,54	3,11	1,00	2,70
Máx (mm)	2,55	2,75	1,44	3,29	1,80	2,77
C.V (%)	9,91	9,52	55,70	2,52	40,70	1,82

Cuadro 7. Estadígrafos básicos para densidad básica promedio

Tipo de madera	Recto		Inclinado		Curvo	
	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción
Media (g/cm ³)	0,403	0,421	0,474	0,432	0,382	0,362
Desv. standard	0,006	0,013	0,024	0,021	0,001	0,005
Mín (g/cm ³)	0,399	0,406	0,448	0,407	0,381	0,358
Máx (g/cm ³)	0,400	0,432	0,506	0,454	0,382	0,365
C.V (%)	1,488	3,088	5,063	4,861	0,262	1,381

Cuadro 8. Estadígrafos básicos para contracciones tangenciales promedio

Tipo de madera	Recto		Inclinado		Curvo	
	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción
Media (%)	11,90	14,25	8,78	14,52	8,00	12,81
Desv. standard	1,06	2,21	1,41	3,04	2,10	1,93
Mín (%)	10,14	10,57	7,00	5,35	6,75	10,26
Máx (%)	13,24	16,58	10,91	16,76	10,38	15,11
C.V (%)	9,0	15,5	16,1	21,0	26,3	15,1

Cuadro 9. Estadígrafos básicos para contracciones radiales promedio

Tipo de madera	Recto		Inclinado		Curvo	
	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción
Media (%)	4,06	4,70	4,22	6,28	3,51	4,48
Desv. standard	0,48	0,55	0,53	1,75	0,48	0,58
Mín (%)	3,52	3,79	3,37	4,32	3,10	3,72
Máx (%)	4,91	5,54	4,69	10,95	4,04	5,10
C.V (%)	11,80	11,70	12,50	28,00	13,70	13,00

Cuadro 10. Estadígrafos básicos para contracciones longitudinales promedio

Tipo de madera	Recto		Inclinado		Curvo	
	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción	Opuesta	Reacción
Media (%)	0,23	0,33	0,44	0,41	0,34	0,27
Desv. standard	0,08	0,13	0,11	0,11	0,14	0,10
Mín (%)	0,15	0,13	0,35	0,18	0,26	0,15
Máx (%)	0,37	0,53	0,61	0,54	0,50	0,39
C.V (%)	35	39,4	25	27	41,2	37

Anexo 6

Significancia de variables

Cuadro 11. Comparación de medias con la prueba t student para el ancho de anillos promedio

	Inclinado	Curvo	Recto
Estadístico t	-10,795	-3,324	-1,051
P-valor	0,001	0,079	0,352
Dif. Significativa	si	no	no

Cuadro 12. Comparación de medias con la prueba t student para densidad básica promedio

	Inclinado	Curvo	Recto
Estadístico t	2,829	1,721	-2,061
P-Valor	0,012	0,128	0,063
Dif. Significativa	si	no	no

Cuadro 13. Comparación de medias con la prueba t student para contracción longitudinal promedio

	Inclinado	Curvo	Recto
Estadístico t	0,611	0,939	-1,717
P-Valor	0,551	0,378	0,113
Dif. Significativa	no	no	no

Cuadro 14. Comparación de medias con la prueba t student para contracción tangencial promedio

	Inclinado	Curvo	Recto
Estadístico t	-3,992	-3,462	-2,366
P-Valor	0,001	0,011	0,037
Dif. Significativa	si	si	si

Cuadro 15. Comparación de medias con la prueba t student para contracción radial promedio

	Inclinado	Curvo	Recto
Estadístico t	-3,692	-2,455	-2,187
P-Valor	0,002	0,043	0,051
Dif. Significativa	si	si	no

* Diferencias son significativas al 95% de confianza cuando, P-Valor<0,05