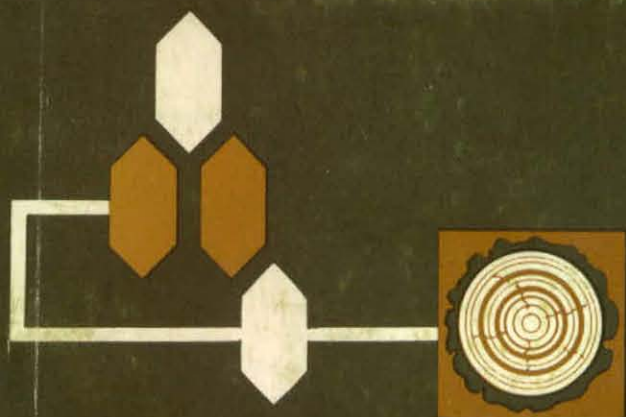




DENSIDAD, LARGO DE FIBRA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE CANELO

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

24 SET. 1975



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

DENSIDAD, LARGO DE FIBRA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE CANELO

Drimys winteri Forst

MIRTHA ROJAS P.
LUISA PISTONO B.
EDGAR BLUHM S.

ERRATAS ADVERTIDAS

Página	Línea	Dice	Debe decir
6	2	ease	case
	5	difference	differences
19	10	103-2° C	103 ± 2° C
40		17. JOSLYN S. W. Treatibility	17. JOSLYN D. W. Treatability
		18 Manual	18 Elemental
46	2	105 - 3° C	105 ± 3° C
	3ª de abajo	105 - 3° C	105 ± 3° C
	6ª de abajo	360 ml	560 ml

DIVISION INDUSTRIAS
INSTITUTO FORESTAL.
1 9 7 5

© INSTITUTO FORESTAL, 1975
Inscripción N° 44.257

Esta 1ª edición de 500 ejemplares
se imprimió en los talleres del
INSTITUTO FORESTAL
Valenzuela Llanos 1061
Santiago de Chile
en el mes de junio de 1975

Cubierta: Sección Cartografía y Dibujo

S U M A R I O

RESUMEN	5
INTRODUCCION	7
DISEÑO EXPERIMENTAL	11
MATERIAL EXPERIMENTAL	15
METODO	19
RESULTADOS	25
DISCUSION	29
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFIA	39
ANEXOS	43

RESUMEN

Muestras de madera de canelo (*Drimys winteri* Forst) procedentes de 5 árboles maduros y 5 árboles jóvenes (de renovales) crecidos en Llanquihue y Chiloé insular, se ensayaron para determinar sus propiedades y componentes químicos, con el fin de estimar las posibilidades de uso de esta especie en la industria de la celulosa y el papel.

La densidad básica media para los árboles maduros fue 0,413 g/cm³ y para árboles de renoval 0,397 g/cm³.

El largo ponderado de fibras alcanzó a 3,58 mm en el primer caso y 2,90 mm en el otro. En cuanto a los componentes químicos, el contenido de cenizas para la especie fue de 0,23o/o; extraíbles en alcohol benceno 1,27o/o para árboles maduros y 1,42o/o para renovales, lignina Klason 27,75o/o y 27,92o/o respectivamente, holo-celulosa Wise de 69,85o/o y 69,80o/o, hemicelulosas 35,33o/o y 36,64o/o, y finalmente celulosa 44,93o/o para árboles maduros y 45,17o/o para renovales.

Los pentosanos determinados cromatográficamente fueron de 17,4o/o comparables a los de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don).

No se aprecian diferencias significativas en los valores obtenidos para ambos tipos de muestras, a excepción del largo de fibra. Todas las características determinadas para esta especie la hacen altamente adecuada para la producción industrial de celulosa y papel de alta calidad, con lo cual se abren nuevas posibilidades de utilización a extensos recursos forestales de rápida regeneración.

ABSTRACT

Samples of 5 old growth and 5 young (sprouts) trees of canelo (*Drimys winteri* Forst) from Llanquihue and Chiloé Island, were analyzed for their chemical constituents and other characteristics, in order to estimate utilization possibilities of the species in the pulp and paper industry.

Average basic specific gravity of the old trees was 0.413 and 0.397 for sprouts. Fiber length was 3.58 mm and 2.90 respectively.

As for chemical constituents amounted to 0.23o/o for the specie; alcohol benzene extractives were 1.27o/o for the old trees and 1.42o/o for the young ones; li-

gnin (Klason) contents was 27.75o/o and 27.92o/o respectively; hemicelluloses 35.33o/o and 36.64o/o; cellulose contents amounted to 44.93o/o in the first case and to 45.17o/o in the other. Pentosans contents was about 17.4o/o, very similar to Radiata pine's.

No significative difference were noticed between values for both types of tree samples, exception made by length fiber.

Results show that the species would be highly suitable for the industrial production of high quality pulp and papers. This fact opens up news possibilities of utilization for vast forest resources of fast regeneration.

INTRODUCCION

La abundante y expedita disponibilidad, en la zona central del país, de recursos forestales provenientes de las plantaciones artificiales contribuyó, durante este último quinquenio, a un fuerte desarrollo de la industria de pulpa y papel. La producción no sólo llegó a satisfacer el creciente mercado nacional, sino que permitió disponer de un excedente cada vez mayor para la exportación, especialmente en los rubros de celulosa química y papel de diario.

Las estadísticas de estos dos rubros indican que en el año 1956 el consumo del país alcanzó a las 45.000 toneladas, abastecidas por importación en más de un 50 %, disponiéndose en cambio en 1970 de un excedente para exportación de alrededor de 180.000 toneladas, a pesar de haber aumentado la demanda interna a 190.000 toneladas. (19, 33)

Con la puesta en marcha de la nueva planta de celulosa kraft en Arauco, y con la instalación para 1974 de otra en Constitución, la producción total del país en estos dos rubros ascenderá durante la primera mitad del presente decenio a un total de 715.000 toneladas anuales, con un excedente de exportación del orden de las 422.000 toneladas.

Este fuerte incremento de la capacidad de producción de la industria de pulpa y papel traerá, como consecuencia, un inusitado aumento de la demanda por materia prima fibrocelulósica de la cual, aun tomando en cuenta los diferentes programas acelerados de reforestación, habrá una previsible escasez, especialmente durante el decenio 1980-1990. (5, 8)

Será precisamente el adecuado y oportuno abastecimiento de materia prima, uno de los factores básicos que ejercerán influencia decisiva en la continuación de la rápida expansión industrial, lo que queda claramente evidenciado al detectar que el consumo de madera en 1970 por parte de la industria de pulpa y papel del orden de los 1.8 millones de m³ sólidos anuales, alcanzará a más de 3.5 millones de m³ después de 1975.

Esta inobjetable realidad desemboca en el primordial interés de evaluar cualquier recurso adicional que pueda contribuir al aprovisionamiento de la futura industria de pulpa y papel, incluso con miras adicionales de abastecer nuevos mercados nacionales o extranjeros, interesados en la elaboración de otros tipos de celulosa.

Existen, con excepción de algunas especies aclimatadas, pocos anteceden-

tes respecto a las características básicas indicativas sobre el pulpaje de las maderas que componen el bosque nativo en las diferentes zonas del país. Entre las regiones menos estudiadas, pero que ofrece muy buenas expectativas, está la zona boscosa de las provincias de Llanquihue y Chiloé. Además de abarcar recursos de cierta cuantía, el hecho de que el bosque esté frecuentemente compuesto, en un apreciable porcentaje, por especies de fibra larga (canelo, mañío, ciprés y alerce), hace especialmente atractiva la posibilidad de emplear éstas, aun en mezclas, en la elaboración de pulpas celulósicas. (6, 7)

Una utilización adicional a la de aserraduría, como lo podría ser la producción de astillas, permitiría reducir los actuales costos de explotación creando, al mismo tiempo, una nueva fuente de trabajo. Si a ésto se agrega la repercusión que una utilización más integral podría llegar a tener en el desarrollo socio-económico de una región marcadamente deficitaria, cualquier estudio referente al tema no sólo debe considerarse ampliamente justificado, sino debe revestir un carácter de urgencia.

Otra de las características sobresalientes de la región señalada, es la rápida regeneración natural de la especie canelo, floresta que requiere urgentemente de un adecuado manejo para proporcionar así un bosque que sustente en forma continua la producción de madera de óptima calidad.

Tomando en cuenta la extensión de las áreas boscosas en la zona de Chiloé y Llanquihue, (6) su composición cuantitativa por especie (7) y los volúmenes relativos de aprovechamiento industrial, se puede anticipar la existencia de unos 20 - 25 millones de m³ sólidos de madera de canelo para pulpa.

Si a esta existencia le sumamos la potencialidad de una regeneración natural, debidamente manejada en sólo un 15 - 20% del área forestal mencionada (equivalente al sector occidental de la Isla Grande de Chiloé), la cantidad total disponible de canelo como materia prima fibrocelulósica sería capaz de abastecer teóricamente, en forma sostenida, una industria de pulpa de unas 500 mil toneladas anuales, lo que representa un volumen de producción casi igual al conjunto de las plantas de Laja, Arauco y Constitución. (3, 4, 33).

El canelo posee una estructura anatómica que lo señala dentro del ciclo de evolución vegetal, como una de las primeras especies de las angiospermas, una especie casi de transición entre coníferas y latifoliadas. (4)

Su estructura simple está formada fundamentalmente por fibras de un largo comparable a las mejores especies de coníferas empleadas para pulpa (33). Esta característica confirmada en forma preliminar por algunos estudios realizados al respecto (4,12,22) abre para esta madera un vasto campo de aplicación potencial en la industria de celulosa y papel.

La utilización racional de este recurso debe sustentarse en un conocimiento detallado de sus características básicas; bajo esta premisa, el presente estudio tiene por objeto determinar las propiedades de : densidad, largo de fibra y constituyentes químicos de la madera de canelo (*Drimys winteri* FORST).

Estos resultados contribuirán además a un conocimiento más exhaustivo de las maderas nativas chilenas, tema que se ha investigado sólo parcialmente en Chile.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el objeto de obtener resultados que sean representativos de la especie, pero que simultáneamente permitan detectar diferencias eventuales de las propiedades básicas entre : tipos de árboles, árboles individuales y posición en el fuste del árbol (en altura y diámetro) y sin que por otro lado el número de determinaciones se incremente demasiado, los diseños experimentales propuestos para las diversas determinaciones : densidad, largo de fibra y constituyentes químicos, contemplaron la individualización de muestras de acuerdo a varios factores.

En consideración a la destacada regeneración natural de la especie canelo, se consideró en primer término dos tipos de árboles : maduros y de renoval. De cada uno de estos tipos se eligieron 5 árboles representativos, crecidos en diferentes lugares dentro de la zona en estudio. Para determinaciones de la densidad y del largo de fibra, ellas se efectuaron para cada uno de los cinco especímenes, pero en los análisis químicos el número de éstos se redujo a tres, debido al elevado número de constituyentes químicos propuestos a ser determinados.

En lo que a posición en el fuste se refiere, se diferenció, para el caso de árboles maduros, entre trozo superior (astillable) y trozo inferior (maderable), distinguiendo además para este último, una porción exterior (astillable) y otra interior (aserrable).

Para los árboles de renoval, se consideró una sola posición (astillable).

En las determinaciones de los constituyentes químicos y del largo de fibra se consideró necesario determinar sólo las características básicas de aquel material potencialmente utilizable para pulpa, por lo que no se incluyó como material experimental la sección interior del trozo inferior de los árboles maduros, bajo el supuesto que este material se destinaría a madera aserrada.

Determinación de densidad

Los ensayos para determinar densidad se basaron en el siguiente diseño :

VARIABLES	VARIANTES
Tipo de árbol	2
Nº de árboles/tipo de árbol	5
Probetas/árbol	3 ó 1
Muestra/probeta	4
Determinaciones/probeta	1

Total de determinaciones :

- Para árboles tipo 1 : $1 \times 5 \times 3 \times 4 \times 1 = 60$

- Para árboles tipo 2 : $1 \times 5 \times 1 \times 4 \times 1 = \underline{20}$

TOTAL 80

Tipo de árbol (2) :

árboles maduros (tipo 1) y árboles de renoval (tipo 2)

Arboles por tipo (5) :

número de especímenes individuales.

Probetas por árbol (3 ó 1) :

(3) Tres para cada uno de los árboles maduros: una corresponde a un disco a 1/3 de altura del trozo astillable, las otras dos provienen de un disco a 1/3 de altura del trozo maderable, una correspondiente al anillo exterior y otra al núcleo central.

(1) Una para árboles de renoval : corresponde a un disco a 1/3 de altura del trozo astillable.

Muestras por probeta (4) :

Corresponden a cuatro cuñas opuestas en 180° sacadas del disco, anillo o núcleo central correspondiente.

Determinaciones (1) :

Una determinación en base a la medición del peso seco y volumen verde de cada muestra.

Determinación del largo de fibra

El diseño estadístico correspondiente a esta determinación fue :

VARIABLES	VARIANTES
Tipo de árbol	2
Nº árboles/tipo de árbol	5
Probetas/árbol	2 ó 1
Muestras/probeta	1
Preparaciones/muestra	5
Recuentos/preparación	80
Total de recuentos:(Mínimos)	

M A T E R I A L E X P E R I M E N T A L

Obtención del material experimental

El material experimental proveniente de los 10 árboles seleccionados de acuerdo a los diseños experimentales anteriormente descritos, se obtuvo según el esquema de la figura 1 :

De los árboles maduros se obtuvieron 2 tipos de probetas :

- 1 probeta superior constituida por un disco sacado a 1/3 de altura del trozo astillable, entendiéndose por tal aquella fracción del fuste del árbol comprendido entre un diámetro de 4" y 12".
- 2 probetas inferiores provenientes de un disco sacado a 1/3 de altura del trozo maderable, entendiéndose por tal la fracción del fuste del árbol desde la base hasta un diámetro de 12".

La probeta superior se trozó de tal manera de obtener 4 cuñas opuestas en 180°, las que se utilizaron en las determinaciones de densidad. El material restante se utilizó en las determinaciones de largo de fibra y análisis químicos.

El disco inferior se dividió en dos fracciones (probetas); un anillo exterior correspondiente al 30% del área del disco si el diámetro de éste era inferior a 16" (40 cm); al 25% si el diámetro estaba comprendido entre 16" y 24" (40 y 60 cm) y al 20% del área si el diámetro del disco era superior a 24" (60 cm), y un núcleo central correspondiente al material restante.

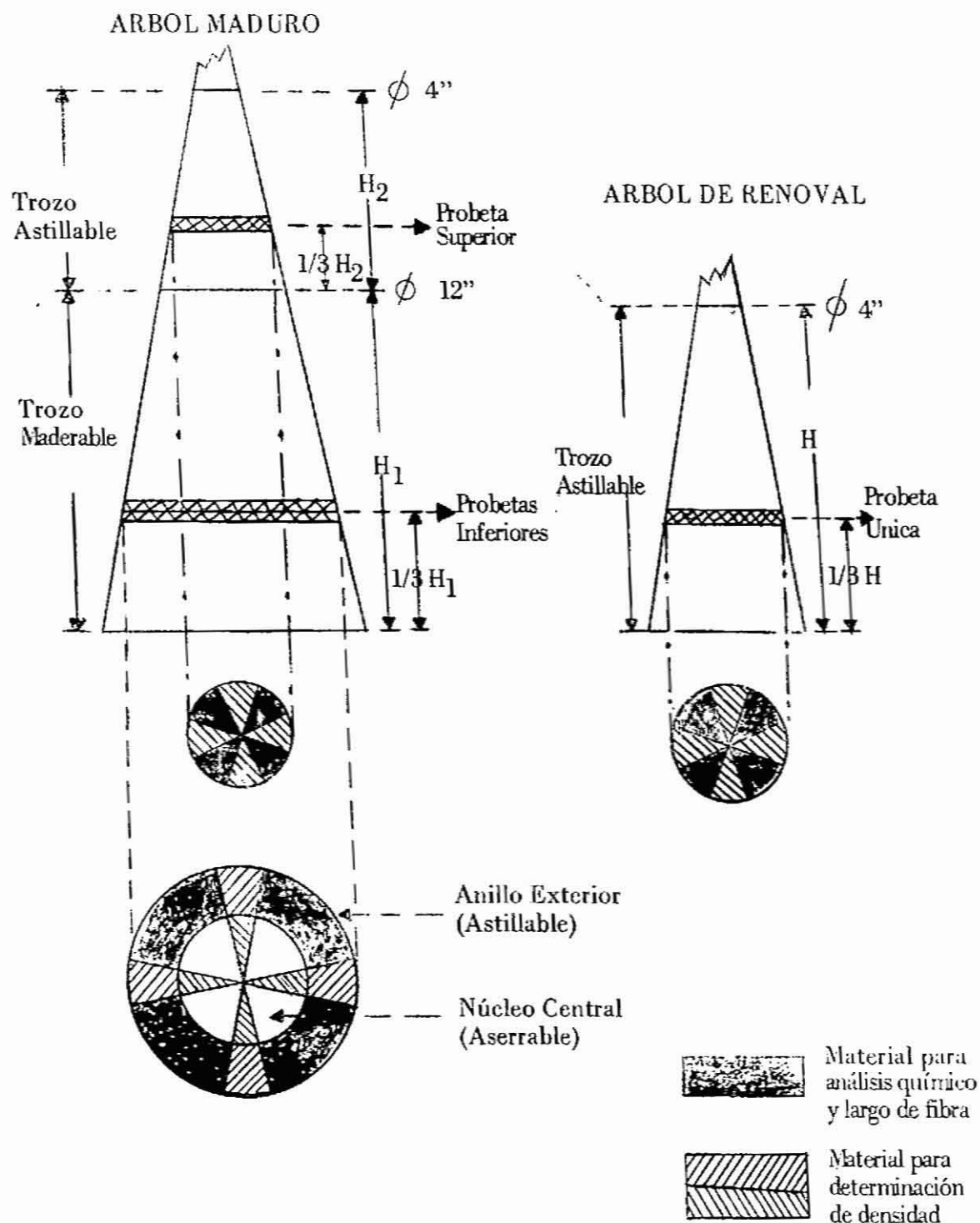
Del anillo exterior se sacaron 4 cuñas opuestas para las determinaciones de densidad, el material restante se utilizó en los análisis químicos y en las determinaciones de largo de fibra. Del núcleo central se obtuvieron en igual forma 4 cuñas opuestas para las determinaciones de densidad; sobre el material restante no se hicieron determinaciones.

De los árboles de renoval sólo se obtuvo una probeta correspondiente a un disco obtenido a 1/3 de altura del trozo astillable, entendiéndose por tal aquella fracción del fuste del árbol desde la base hasta un diámetro de 4".

Esta probeta única se trozó en igual forma a la probeta superior de los árboles maduros, las muestras para los análisis se obtuvieron también en forma similar.

FIGURA N° 1

ESQUEMA DE LA OBTENCION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL



En el Anexo 1 se dan a conocer los datos dasométricos de los árboles que proporcionaron el material experimental.

Preparación del material experimental

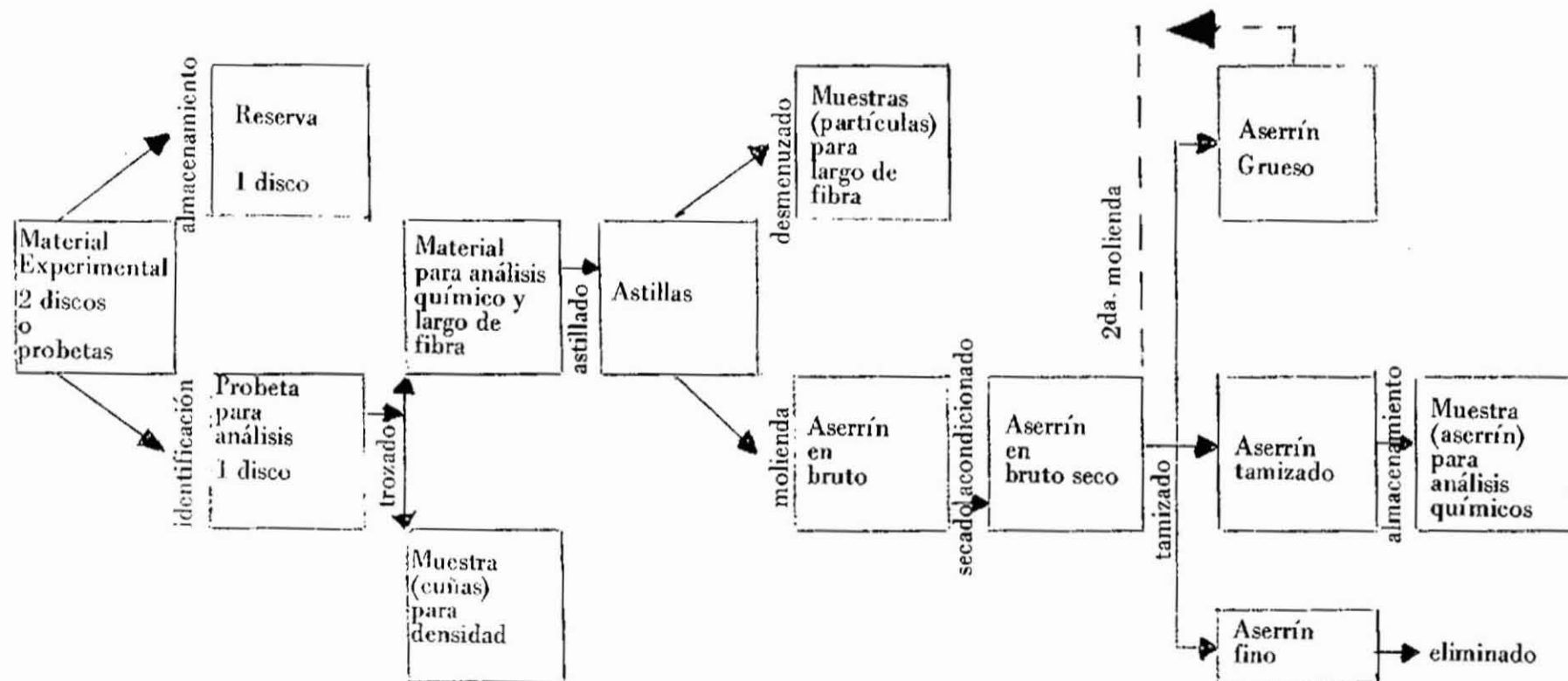
Para la preparación del material experimental se procedió según el flujo indicado en la figura 2.

En todos los casos, la probeta traída desde el bosque estuvo constituida por dos discos de unos 10 cm de alto. Sólo uno de ellos se consideró como material experimental, destinándose el otro a reserva.

El disco para la experimentación se trozó de acuerdo a lo descrito. Las cuñas obtenidas se destinaron a la determinación de densidad. El resto del material de los discos (probetas), destinado a las determinaciones de largo de fibra y constituyentes químicos, se astilló a mano: cinco (5) gramos de estas astillas, previa homogeneización, se siguió desmenuzando a mano hasta obtener partículas mayores a la de un palo de fósforo, las que se destinaron a los análisis de largo de fibra. El material residual se sometió a molienda en un molino "Willey" de laboratorio; el aserrín obtenido, previo secado y acondicionamiento al aire, se tamizó, recogiendo como fracción útil la retenida entre las mallas 45 y 60. El material más fino se eliminó y el grueso se molió nuevamente para recoger, una vez tamizado, otra porción de aserrín aceptable. Este material útil constituyó el material experimental o muestra para análisis químicos.

FIGURA Nº 2

ESQUEMA DE LA PREPARACION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR DENSIDAD, LARGO DE FIBRA Y COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE CANELO



M E T O D O

Determinación de la densidad

La densidad de la madera está definida, en el presente caso, como el cociente entre el peso seco de la muestra y su volumen verde.

Su cuantificación permite estimar el peso en sustancia sólida y por ende el rendimiento en pulpa o celulosa, que contiene un determinado volumen de madera.

La determinación del volumen se efectuó mediante el método gravimétrico de desplazamiento de agua producido por la muestra experimental saturada al sumergirla en un recipiente previamente tarado. La saturación completa se consiguió mediante la ayuda de vacío.

El peso seco se obtuvo por pesada de dicha muestra una vez seca en estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante. Es importante resaltar que la pesada, posterior a un enfriamiento de la muestra en un secador con cloruro de calcio, se hizo lo más rápido posible.

Determinación del largo de fibra

La determinación de largo de fibra se realizó de acuerdo a la Norma Tappi 232 SU 68, (28), con algunas modificaciones de adaptación que se describen :

Maceración y tinción de la muestra experimental

La muestra experimental, constituida por 5 g. de partículas de aproximadamente 1 a 2 mm de sección por 20 a 30 mm de largo, se maceró a reflujo con una solución consistente en una mezcla 1 : 1 (V) de ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno (20 volúmenes), durante 1 a 2 horas (16). Las fibras maceradas se lavaron repetidamente con agua destilada y se agitaron hasta lograr su desfibración total; finalmente se procedió a su tinción con una solución al 10/o (en peso) de safranina, durante 1 a 2 horas.

Fijación de las fibras

La suspensión acuosa de fibras teñidas, se drenó en un embudo Gouch de placa porosa; sobre el depósito formado se colocó una cinta "scotch" a la que se añadieron las fibras y se puso en seguida en contacto con un vidrio portaobjeto.

Equipo de proyección y recuento de fibras

El equipo de proyección utilizado fue un proyector de diapositivas. Se hizo incidir el rayo luminoso sobre un espejo inclinado en 45° , de tal manera que los rayos convergieran verticalmente sobre una plancha blanca, reticulada con separaciones entre líneas de 25,4 mm y ocasionalmente de 12,7 mm. El aumento empleado fue en ambos casos de 25.4 a 1.

Los recuentos (cruzamientos entre las imágenes de las fibras enteras con las líneas del retículo) correspondieron a un mínimo de 80 fibras en cada uno de los 5 portaobjetos de cada muestra y cada lectura se registró en un totalizador. Para el cálculo se usó la fórmula $L = (\Sigma A^2 B / \Sigma AB) \times \frac{\pi}{4}$ cuando se usó el reticulado de 25,4 mm; para el reticulado de 12,7 mm se multiplicó el resultado por 0.5. "A" corresponde al número de cruzamientos en el reticulado y "B" al número de fibras que registran este cruzamiento; el valor obtenido "L" corresponde al largo de fibras promedio ponderado por longitud.

Determinación de los constituyentes químicos

Análisis químicos

Los constituyentes químicos propuestos a ser determinados mediante análisis químicos fueron: lignina, extraíbles, cenizas, holocelulosa cruda, celulosa cruda y 4 fracciones de hemicelulosas.

Los diferentes ensayos se realizaron en triplicado para extraíbles y lignina, y en duplicado para holocelulosa cruda y celulosa cruda. Las diversas hemicelulosas se determinaron sin réplicas.

En el Anexo N° 2 se da a conocer una descripción detallada de los métodos analíticos empleados.

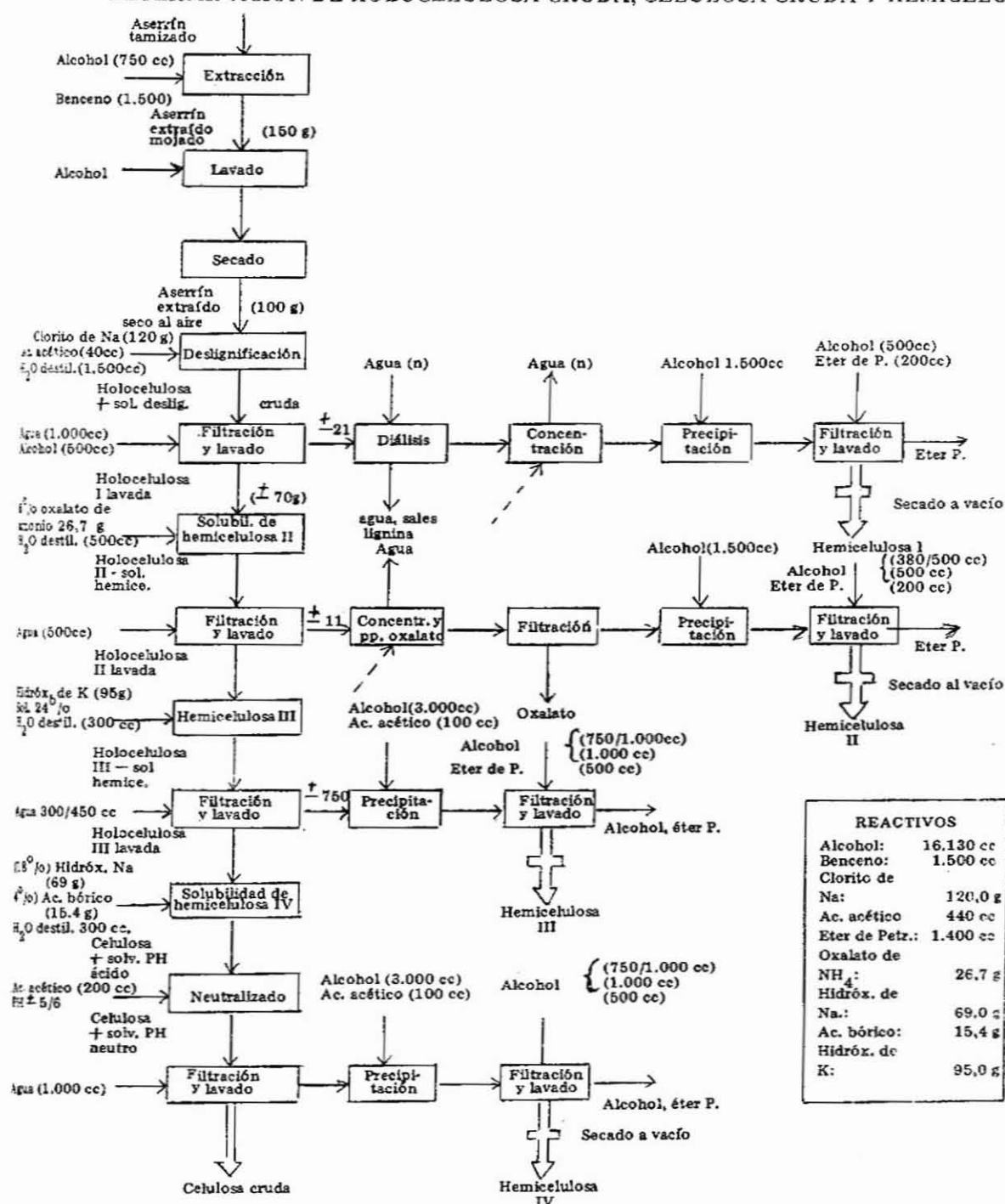
Para el cálculo de los rendimientos debió determinarse el contenido de humedad de las muestras respectivas, las cuales se hicieron en triplicado en muestras alícuotas secas en estufa hasta peso constante. Todos los análisis se realizaron en material libre de extraíbles, que se preparó usando alcohol-benceno como solvente.

La determinación de lignina en muestras de madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda, se hizo de acuerdo al método Klason, empleando sulfúrico como agente hidrolizante. Además, se valoró el contenido de cenizas en madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda.

La marcha operativa para determinar celulosa cruda, holocelulosa cruda y hemicelulosas, se esquematiza en la figura 3, que muestra el flujo y cantidades de reactivos usados en estos análisis.

La holocelulosa cruda se obtuvo deslignificando con clorito de sodio el aserrín extraído. El licor de extracción, previa diálisis para eliminar los fragmentos de lignina y de dióxido de cloro disueltos, dio origen a una solución acuosa, consti-

FIGURA N° 3
FLUJO Y CANTIDADES DE REACTIVOS EMPLEADOS EN LA
DETERMINACION DE HOLOCELULOSA CRUDA, CELULOSA CRUDA Y HEMICELULOSA



tuida principalmente de polisacáridos. Una vez concentrados, éstos se precipitaron, se filtraron y se lavaron, constituyendo la hemicelulosa 1.

La holocelulosa cruda obtenida, se sometió a una extracción con una solución de oxalato de amonio, para eliminar posibles vestigios pectínicos y restos de hemicelulosas fácilmente solubles. Se obtuvo así la holocelulosa 2. El licor de extracción se concentró y el material polimérico disuelto una vez precipitado, se filtró y se lavó. Se le denominó hemicelulosa 2.

Debido a que la holocelulosa 2 seguía conteniendo gran parte de los xilanos, se le sometió a una extracción con una solución acuosa de hidróxido de potasio. Al material extraído se le denominó holocelulosa 3 y al material disuelto una vez precipitado, filtrado y lavado, hemicelulosa 3.

Como una última etapa, la holocelulosa 3 se extrajo con una solución acuosa de hidróxido de sodio y ácido bórico con el fin de extraer aquellas hemicelulosas de más difícil disolución, especialmente los galactoglucomananos. Empleando una metodología similar a la descrita anteriormente, se obtuvo a partir del licor de extracción, la hemicelulosa 4. El residuo final insoluble constituyó la celulosa cruda.

Análisis cromatográficos

Determinadas cantidades de aserrín de madera, holocelulosa cruda, y celulosa cruda se hidrolizaron y luego se sometieron a un análisis cromatográfico descendente sobre papel.

Como solvente se usó el sistema acetato de etilo-piridina-agua, capaz de separar en una sola operación, galactosa, glucosa, manosa, arabinosa, xilosa, ribosa ,

La visualización de los azúcares se consiguió transformándolos en derivados coloreados, pulverizando el papel con una solución de *o*-aminodifenilo en ácido acético glacial y con una pequeña cantidad de ácido fosfórico.

Los siguientes son los colores que se obtienen al pulverizar el papel (30).

- | | |
|---|---|
| - ácido galactourónico y ácido glucourónico | primero anaranjado, con mayor calentamiento, púrpura. |
| - dioxihexosas (ramnosa, fucosa) | café |
| - pentosas (arabinosa, xilosa, ribosa) | rojo |
| - hexosas (galactosa, glucosa, manosa) | café |
| - ácidos aldobiourónicos | primero anaranjado, después rojo ladrillo. |

La identificación y cuantificación de los diferentes monosacáridos, se basó en una comparación visual del cromatograma problema, con un patrón, conteniendo los seis azúcares comunes de la madera en una concentración conocida.

En el Anexo N° 2 se da a conocer en forma detallada la metodología empleada en cromatografía.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas descritas a continuación :

En las Tablas Nº 1, 2 y 3 se detallan los valores que individualizan a cada uno de los tipos de muestras estudiadas en las determinaciones de densidad, largo de fibra y análisis químico respectivamente.

Todos los promedios que se señalan, ya sean datos experimentales o calculados, corresponden tanto a promedios aritméticos como a promedios ponderados por volumen, entre los valores individuales. Los primeros permiten calcular la dispersión de los valores; los segundos corresponden a valores reales del material utilizable.

Tomando en cuenta que las muestras corresponden a probetas representativas de determinados volúmenes de madera de cada uno de los árboles (inferior interior, inferior exterior y superior) y de que ellas no necesariamente son iguales, para obtener valores representativos por tipo de probeta o "procedencia" (MII, MIE, etc.) y tipo de árbol, resulta indispensable ponderar de acuerdo a la participación volumétrica correspondiente. Estos datos se dan para los dos tipos de árboles estudiados, maduros y renovales, no efectuándose el promedio respectivo por ser inoficioso, ya que además de desconocer la participación relativa de estos dos tipos de árboles en el bosque de canelo, corresponden a tipos de bosque diferentes y de participación variable en el tiempo según sea el programa de explotación al que se les someta.

En las Tablas de datos Nº 3 - 1, 3 - 2 y 3 - 3, dadas a conocer en el Anexo 3, se muestran los valores experimentales registrados en las determinaciones de densidad, largo de fibra y análisis químicos de la madera de canelo, como igualmente los valores promedios individuales según procedencia y tipo de árbol, valores éstos que se traspasaron a las Tablas Nº 1, 2 y 3 ya señaladas.

En la Tabla Nº 3 - 1, se especifican los valores de peso seco y volumen verde de cada una de las 80 muestras experimentales. La densidad correspondiente a cada tipo de probeta se obtuvo como cociente entre la suma de los pesos secos y la suma de los volúmenes verdes de las cuatro muestras individuales consideradas por probeta.

En la Tabla Nº 3 - 2, se dan a conocer las distribuciones porcentuales de los números de cortes obtenidos en las determinaciones de largo de fibra, a partir de las cuales se calculó el largo de fibra ponderado por longitud. Cabe señalar que esta distribución corresponde a un promedio entre las distribuciones de cortes obtenidas por dos operadores independientes.

En la Tabla Nº 3 - 3, se muestran los valores experimentales obtenidos en las determinaciones de extraíbles, lignina, holocelulosa cruda y celulosa cruda mediante análisis químicos. Se señalan además los correspondientes valores para cada uno de los tipos de probetas, los que se obtuvieron como promedios aritméticos, entre las 2 ó 3 repeticiones efectuadas.

En la Tabla Nº 4 se detallan los valores correspondientes a la determinación de las distintas fracciones de hemicelulosas. Se presentan los promedios aritméticos y ponderados que caracterizan a cada tipo de probeta estudiada. Los valores ponderados corresponden a promedios ponderados por volumen y se obtuvieron en forma similar a los respectivos de análisis químicos.

La Tabla Nº 5 muestra los análisis cromatográficos efectuados sobre muestras de madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda. Cabe señalar que estos análisis permiten individualizar la participación porcentual de los diferentes polisacáridos que componen estos carbohidratos, pero para facilitar la presentación, estos polisacáridos se individualizan en la Tabla Nº 5 con el nombre de su monómero correspondiente.

Para el efecto de este informe los términos de muestras de madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda se refieren a mezclas equiponderadas del material respectivo proveniente de cada una de las probetas de cada uno de los árboles estudiados.

En la Tabla Nº 6 aparecen los valores obtenidos en la determinación de lignina residual en las fracciones de holocelulosa cruda y celulosa cruda. Este análisis se efectuó tomando en cuenta que la suma de extraíbles, lignina y holocelulosa cruda en la Tabla Nº 3, resultó superior al 100% teórico y que la suma de la celulosa cruda y las hemicelulosas fue mayor que el contenido de holocelulosa, por lo que se concluyó que este aumento se debe, entre otros, a la presencia de lignina residual en los distintos polisacáridos.

Simultáneamente se consideró ventajoso determinar el contenido de cenizas de la madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda. Estos datos se dan en la Tabla Nº 7.

Finalmente en la Tabla Nº 8 se dan a conocer los valores definitivos de las propiedades básicas de la madera de canelo.

Las primeras dos columnas muestran los promedios aritméticos y sus respectivos errores típicos; las siguientes dos contienen los valores ponderados por volumen que caracterizan a cada una de las determinaciones efectuadas.

Corrigiendo en primer término los valores de holocelulosa cruda de acuerdo al contenido residual de lignina, se obtuvo los valores correspondientes a "holocelulosa" y "celulosa".

El valor de pentosanos se obtuvo de los cromatogramas efectuados en muestras de madera. Por otro lado, tomando en cuenta los valores obtenidos en el análisis cromatográfico de celulosa cruda, se obtuvo indirectamente los valores de un tipo de celulosa definido como pura sin inclusión de glucomananos por contener

exclusivamente glucosa. Finalmente, considerando los cromatogramas de holocelulosa cruda y celulosa cruda, se obtuvo nuevos valores para las hemicelulosas definidos como "indirectos" y que corresponden a diferencias entre "holocelulosa" y celulosa pura libre de glucomananos.

DISCUSION

Densidad (Tabla N° 1)

De acuerdo a los valores promedios ponderados obtenidos tanto para árboles maduros ($0,413 \frac{g}{cm^3}$), como para árboles de renoval ($0,397 \frac{g}{cm^3}$), la madera de canelo debe catalogarse como una especie más bien de baja densidad, especialmente al compararla con las demás especies nativas, cuyas densidades fluctúan entre $0,44 \frac{g}{cm^3}$ y $0,76 \frac{g}{cm^3}$ aproximadamente (15).

Los valores experimentales varían entre los márgenes de $0,371 \frac{g}{cm^3}$ y $0,458 \frac{g}{cm^3}$, desviándose del valor medio teórico en cerca de un 10% dispersión normal para las especies forestales.

Se observa un aumento de la densidad para aquel material generado a edades más avanzadas (maduro inferior exterior : $0,413 \frac{g}{cm^3}$ y maduro superior : $0,421 \frac{g}{cm^3}$); siendo a su vez más densa la madera del trozo superior.

El material generado cuando el árbol es joven (maduro inferior interior: $0,404 \frac{g}{cm^3}$ y renoval : $0,397 \frac{g}{cm^3}$) demuestra una casi total equivalencia. En atención a las diferentes condiciones de crecimiento ecológico de ambos tipos de bosques, la similitud anterior parece indicar que la densidad en el canelo está determinada genéticamente y no por factores externos.

Se observa además, que en el caso de los árboles maduros, el material pulparable (astillable) coincide con la madera más densa.

Con el objeto de detectar eventuales variaciones en la densidad de las probetas de canelo de diferentes procedencias (maduro, renoval, inferior exterior, inferior interior, superior y maduro pulparable) se realizó un estudio de varianza en base a los valores individuales de la tabla N° 1.

En primer término, se analizó el efecto que tiene la procedencia de las muestras y en seguida se analizaron las diferencias entre árboles individuales. Empleando la prueba de Fisher y Snedecor (prueba del F) (18), se determinó su significación estadística tanto a nivel del 5% como al 1% .

No se encontró una variación significativa a ninguno de los niveles considerados, entre las diversas procedencias de material, no obstante hubo diferencias significativas al 5% entre árboles individuales.

Se concluye por lo tanto, que la madera de canelo constituye un material bastante homogéneo en densidad, por lo que es inoficioso tender hacia una selección de material para pulpaje de acuerdo a su ubicación en el árbol, puesto que las diferencias existentes a distintas posiciones en el fuste son inferiores a las que se presentan entre árboles individuales.

Por otra parte, la comparación entre los promedios ponderados y aritméticos correspondientes a cada procedencia permiten detectar que no existen diferencias notables entre ambos valores (inferiores al 10%). Este hecho reafirma la relativa baja dispersión detectada a través del cálculo de error típico, o por lo menos una dispersión independiente de la participación volumétrica por árbol, permitiendo además comprobar la validez del diseño experimental empleado.

Finalmente, en relación al empleo de esta madera en la industria celulósica, puede adelantarse que su baja densidad influirá en un bajo aprovechamiento de la capacidad volumétrica de los digestores. Así mismo, la velocidad de difusión de los licores de pulpaje se verá favorecida, hecho verificado por David Joselyn (17), que clasifica el canelo como una especie nativa de excelente penetrabilidad.

Largo de fibra (Tabla Nº 2)

El largo de fibra de madera de canelo, ponderado por longitud, de 3,58 mm para árboles maduros y de 2,90 mm para árboles de renoval, está entre los valores más altos obtenidos para especies nativas chilenas y anormalmente alto para una especie latifoliada. (15,23)

Es precisamente desde el punto de vista anatómico que se clasifica el canelo como una especie de transición entre angiospermas y gimnospermas. Su madera no posee vasos, convirtiéndose en una excepción dentro de la clase dicotiledóneas, sus fibras son extremadamente largas identificándose plenamente con las traqueídas de las especies coníferas, no obstante otras características anatómicas (rayos medulares por ejemplo), corresponden plenamente a una angiosperma. (26, 31)

En consideración a los múltiples antecedentes dados por la literatura respecto de la existencia de correlaciones positivas entre longitud y resistencia interna de las fibras y por ende entre éstas y las propiedades de resistencia del papel (10, 27, 29) se concluye que las resistencias a la explosión, tensión, doblez y rasgado de los papeles hechos en base a canelo serán excelentes.

Del análisis de los valores promedios ponderados que caracterizan las diversas procedencias de material, se desprende que el largo de fibra del material maduro (3,58 mm), es superior al material de renoval (2,90 mm), diferenciándose con la densidad, en que el valor correspondiente al anillo exterior inferior (3,76 mm) resultó más alto que el del trozo superior (3,46 mm).

La significación estadística de estas diferencias se analizó efectuando un estudio de varianza similar al realizado para densidad.

Existen diferencias significativas al 50% entre el material maduro y el re-

noval, no existiendo diferencias significativas entre árboles individuales. Se deduce, en consecuencia, que desde el punto de vista paplero, resultará más adecuado el uso de la madera madura; sin embargo, como el largo de fibra promedio de la madera de renoval es relativamente alta en comparación a otras especies, aun a la madera de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don.) normalmente usada en la industria nacional, (20) su empleo se justifica plenamente, en consideración además, a otras ventajas como su alta velocidad de crecimiento.

Finalmente, se observa que los valores promedios aritméticos y ponderados no difieren entre sí en más de un 1,8 0/o.

Composición química : extraíbles, lignina, holocelulosa cruda y celulosa cruda.
(Tabla Nº 3)

Extraíbles

Los valores obtenidos en la determinación de extraíbles de canelo, (1,270/o para árboles maduros y 1,420/o para renovales), son relativamente más bajos que el promedio encontrado para otras latifoliadas (2, 30), por lo que es de esperar que ellos no serán un factor negativo en las características de pulpaje de esta especie.

En lo que se refiere a la dispersión de los valores de extraíbles, calculada como error típico del promedio, puede considerarse alta y tal que no permite observar mayores o menores valores en determinadas probetas. Esta dispersión puede deberse a diferencias reales de composición entre árboles individuales o a una distribución no uniforme de los extraíbles en el árbol. Cabe agregar que de acuerdo a la literatura (9) algunos de los extraíbles son sólo parcialmente solubles en solventes orgánicos. Este hecho incrementa la variabilidad de esta determinación a tal grado que algunos autores recomiendan extraer la madera con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N antes de su análisis químico.

Diferencias de tipo metodológico pueden también haber influido, como se desprende de la alta dispersión de los valores experimentales que se muestran en la tabla Nº 3 - 3 del Anexo 3.

Lignina

El contenido de lignina de la madera de canelo, de 27,750/o para árboles maduros y de 27,920/o para renovales, está más cerca del obtenido para maderas coníferas que el de latifoliadas (24).

Se observa un leve aumento en el contenido de lignina en aquel material proveniente del trozo inferior exterior de los árboles maduros, (28,630/o).

Respecto de la dispersión de los valores individuales calculada como error típico del promedio, puede considerarse baja; la dispersión de los valores experimentales de lignina de la tabla Nº 3 - 3 del Anexo Nº 3, es mínima reafirmando la metodología experimental empleada.

Holocelulosa Cruda y Celulosa Cruda

Los valores de holocelulosa cruda y celulosa cruda encontrados para la madera de canelo (78,84^o/o y 46,25^o/o para árboles maduros y 78,78^o/o y 46,50^o/o para renovales, respectivamente) son bastante altos, sin embargo, la presencia de lignina residual en estos constituyentes no permite concluir que esto signifique alto rendimiento en pulpe.

En cuanto a la dispersión de los valores calculada como error típico del promedio puede considerarse baja.

Análisis Estadístico

Las diferencias en composición química de las muestras de material de diversas procedencias se analizó estadísticamente en igual forma a la usada en las determinaciones de densidad y largo de fibra.

Para los cuatro constituyentes químicos analizados : extraíbles, lignina, holocelulosa cruda y celulosa cruda, no se encontró una variación significativa a ninguno de los niveles considerados entre las distintas procedencias de material. Las diferencias entre árboles individuales tampoco son significativas. Las variaciones encontradas de por sí de poca cuantía para la lignina, la holocelulosa cruda y celulosa cruda, caracterizadas por sus respectivos errores típicos, se debieron en orden de importancias a diferencias propias de la metodología empleada y sólo en pequeña proporción a diferencias reales de composición entre árboles individuales.

De lo anterior se concluye que desde el punto de vista de la composición química, no es necesario preseleccionar el material de canelo de acuerdo a su origen, para su empleo como materia prima en la industria de celulosa y papel.

Hemicelulosas (Tabla N° 4)

Los resultados obtenidos para la composición porcentual en hemicelulosas de la especie canelo (35,33^o/o para árboles maduros y 36,64^o/o para árboles de renoval) son bastante elevados, lo que justificó la determinación de un nuevo valor para el conjunto de hemicelulosas, dado por la diferencia entre holocelulosa y celulosa pura, libre de glucomananos residuales. (Ver Tabla 8).

Respecto a la dispersión puede decirse que la metodología, en cuanto a subdivisión en varias fracciones de hemicelulosas, da valores muy dispersos; el método de análisis por lo tanto, es poco reproducible y deberá estar sujeto a nuevas revisiones.

Análisis Cromatográficos (Tabla N° 5)

Los análisis cromatográficos realizados en madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda, permiten conocer más a fondo la composición en carbohidratos de la madera de canelo.

El estudio de los distintos azúcares detectados en el hidrolizado de madera identifican al canelo como latifoliada típica, no obstante que su anatomía física y su contenido de lignina lo asemejan más bien a una conífera; este hecho ratifica una vez más su clasificación como una madera de transición.

Los contenidos de mananos de la madera de canelo de 1,8^o/o y de xilanos de 17,1^o/o, son perfectamente identificables con los contenidos promedios comúnmente obtenidos para maderas latifoliadas, que en el primero de ellos es menor a 5^o/o y para el segundo varía alrededor de 25^o/o. En las maderas coníferas, por otra parte, estos contenidos varían alrededor de 10 - 15^o/o y menos del 10^o/o respectivamente (1, 24)

Cabe destacar además que el contenido de hexosanos en madera de canelo alcanza a 44,5^o/o y que el contenido de pentosanos es de 17,4^o/o.

El análisis del hidrolizado de holocelulosa cruda muestra una composición comparable a la obtenida para el hidrolizado de madera, debiéndose las pequeñas diferencias a la solubilización de una mínima fracción de hemicelulosas en la preparación de la holocelulosa cruda con clorito de sodio.

Con respecto al análisis de celulosa, la presencia casi exclusiva de glucosa en su hidrolizado, está en completo acuerdo con todos los antecedentes bibliográficos sobre la materia, reafirmando la metodología analítica experimental empleada (11. 13. 25)

El método de valoración usado en cromatografía, estuvo basado en una observación visual de las manchas cromatográficas, lo que fué determinante en la dispersión algo elevada de los valores obtenidos.

Determinación de Holocelulosa y Celulosa

Los valores individualizados en la tabla Nº 6 permiten determinar un valor más real del contenido de holocelulosa y celulosa presentes en la madera del canelo.

En el método Wise para determinar holocelulosa, es imprescindible dejar insoluble un residuo de lignina, pues tan pronto como se elimina toda la lignina comienza una rápida degradación de los polisacáridos y una pérdida de las hemicelulosas involucradas.

La determinación de esta lignina residual dió valores comúnmente obtenidos para estos análisis (11,40^o/o base holocelulosa seca); la sustracción de este residuo de la holocelulosa cruda da un resultado de 69,8^o/o para holocelulosa pura, valor identificable con los promedios característicos de especies coníferas (24).

Por otra parte, la sustracción del residuo lignina en celulosa cruda de 2,86^o/o, da un valor para celulosa pura del orden de 45^o/o, lo que está en completo acuerdo con los datos dados por la literatura (24) (Ver Tabla Nº 8).

Cenizas (Tabla Nº 7)

Los valores de cenizas dados en esta tabla de 0,230/o para la madera de canelo, pueden considerarse algo más bajos que el promedio encontrado para varias especies latifoliadas empleadas mundialmente en la fabricación de celulosa, como por ejemplo las diversas especies de eucaliptos cuyos contenidos de cenizas exceden en general a 10/o (21). Esta característica por lo tanto no tendrá una mayor influencia en el proceso de pulpaje del canelo y en la calidad de los productos finales.

Propiedades Básicas (Tabla Nº 8)

Los principales valores de esta tabla ya han sido discutidos anteriormente. Respecto de los valores de holocelulosa pura y celulosa pura, su incidencia en lo que respecta a rendimientos industriales de pulpa será normal y comparable perfectamente a rendimientos típicos de especies coníferas.

Se observa una diferencia notable entre los valores experimentales y calculados de hemicelulosas, teniendo una mayor validez estos últimos que concuerdan perfectamente con numerosos antecedentes bibliográficos sobre especies latifoliadas (24).

Recopilación Bibliográfica (Tabla Nº 9)

Finalmente en la tabla Nº 9, se comparan los resultados del presente estudio con otras investigaciones sobre las propiedades del canelo. Adicionalmente se muestran estas mismas propiedades para el pino insigne, usándolo como patrón de comparación.

Respecto de las propiedades morfológicas cabe señalar que posiblemente las diferencias marcadas que se observan entre los distintos trabajos se deben principalmente a la diversidad de métodos de análisis empleados y no a las variaciones de la especie canelo propiamente tal. Se observa un promedio de largo de fibra para la especie canelo superior al del pino insigne, por lo que es de suponer que las propiedades de resistencia de los papeles hechos con esta especie deberán ser superiores a los respectivos de esa especie conífera.

La densidad promedio obtenida para la especie canelo es algo inferior a la de pino insigne dada en la Tabla Nº 9, sin embargo debe tenerse en consideración que la madera de raleo de esta especie exótica muestra una densidad bastante inferior, aún a la madera de canelo y es este tipo de material el que se usa en forma mayoritaria en la industria celulósica nacional. Se concluye que los rendimientos en material leñoso de la especie canelo serán muy similares a los de pino insigne, aún cuando la proporción de material parenquimático de la especie en estudio es más elevada. (26)

Considerando la baja densidad del canelo en relación a su excelente largo de traqueidas, se deduce que el espesor de pared de éste debe ser bajo, característica que ya ha sido verificada (32), por lo tanto las fibras serán más bien flexibles y fácilmente colapsables lo que contribuirá a un mejor desarrollo de enlaces fibra-fibra

durante la formación y, en consecuencia, mejores resistencias del papel manufacturado con ellas.

Es preciso señalar que cualquier tipo de deducción al respecto debería complementarse con el análisis de otros factores anatómicos, tales como diámetro de fibra y ancho de fibra, puesto que, como se ha demostrado en numerosos trabajos de investigación, todas las características morfológicas de las fibras están interrelacionadas con las propiedades finales de los papeles, de acuerdo a relaciones empíricas complejas que aún no es posible conocer en su totalidad (10, 28).

Un estudio más completo al respecto ha sido efectuado por Chesney (4) y sus resultados concuerdan en clasificar el canelo, desde el punto de vista anatómico, como una excelente especie para producción de pulpas.

Respecto de las propiedades de formación de hojas, de la especie canelo, es de suponer que habrán ciertas deficiencias debido a su alta longitud de fibra, en igual forma a las que se producen en pino insigne; es posible también que la opacidad de las pulpas químicas sea baja, como consecuencia de esta misma característica. Estas dos deficiencias son fácilmente superables si se emplea la pulpa de canelo en mezcla con pulpa de fibra corta, compensando las deficiencias de ambas pulpas y obteniendo un papel de mejor calidad especialmente apto para escritura e impresión (14). En papeles tipo kraft, en cambio, el empleo de pulpa de canelo pura, se justifica plenamente de tal manera de aprovechar al máximo sus propiedades de resistencia.

El análisis de los constituyentes químicos obtenidos en las diferentes investigaciones dificulta debido a la diversidad de métodos de análisis empleados.

El promedio obtenido para el contenido de lignina es especialmente comparable al del pino insigne. Esta característica permite predecir que los requerimientos y condiciones para la cocción, consumo de reactivos y blanqueo, serán similares a las de pino insigne.

El contenido de holocelulosa y celulosa es algo inferior al respectivo de pino insigne, sin embargo puede estimarse un rendimiento satisfactorio en la obtención industrial de pulpas, aunque este rendimiento será eventualmente algo inferior a esa especie conífera.

Finalmente, en relación al contenido en pentosanos, el canelo se identifica como una latifoliada típica por la cual este contenido difiere en forma notable del respectivo de pino insigne.

CONCLUSIONES

La densidad del canelo de 0.413 g/cm^3 para árboles maduros y de 0.397 g/cm^3 para renovales, está entre los valores más bajos encontrados para maderas nativas chilenas, comparable no obstante, a la de pino insigne, por lo que es de esperar que los rendimientos en material leñoso de la especie en estudio serán muy similares a los de esa especie exótica.

El largo de fibra de la madera de canelo de 3.58 mm para árboles maduros y de 2.90 mm para árboles de renoval, destaca como el valor más alto obtenido para especies nativas chilenas, lo que permite adelantar que se trata de una madera especialmente apta para la fabricación de pulpas, las que destacarán, sobre todo, por sus buenas características de resistencia.

La composición química de esta madera se caracteriza por un contenido promedio de extraíbles de 1.30/o y de lignina de 27.80/o (base madera seca). Su contenido de holocelulosa pura es de 69.80/o, de celulosa pura de 45.10/o y de pentosanos de 17.40/o. Siendo estos valores comparables a los respectivos en pino insigne, se concluye que los requerimientos y condiciones para la cocción, consumo de reactivos y blanqueo del canelo en la fabricación de pulpas serán similares a los de pino insigne.

Se desprende de la evaluación estadística realizada que no existen diferencias significativas en las propiedades básicas de esta madera, entre muestras de diferentes procedencias (trozo superior e inferior de árboles maduros y árboles de renoval), con excepción del largo de fibra de la madera procedente de los árboles maduros y renovales. Sin embargo, por corresponder los valores inferiores de largo de fibra a valores lo suficientemente apropiados para la fabricación de pulpas, se puede concluir que no es necesaria una preselección del material para la obtención de un pulpaje aceptable y uniforme.

De acuerdo a la clasificación morfológica, el canelo se considera una especie de transición entre latifoliadas y coníferas. Esto queda ratificado por los análisis químicos realizados, de los cuales se desprende que la composición química del canelo presenta características propias en algunos casos (contenido de azúcares) de latifoliada y en otras (lignina) de conífera.

Finalmente, de acuerdo a las conclusiones anteriores, complementadas por los antecedentes preliminares sobre pulpaje, es posible adelantar grandes expectativas para el canelo como materia prima, en la creciente industria nacional de pulpa y papel.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BRITT, K. W. Handbook of Pulp and Paper Technology. New York, Us, Van Nostrand Reinhold, 1970. p.6.
- 2.- BROWNING, B. L. The Chemistry of Wood. US, Interscience Publishers, 1963. p.6.
- 3.- CHESNEY L., L. Canelo (*Drimys winteri* Forst), como materia prima para Pulpa, Sulfato y Sulfito. Seminario. Santiago, Universidad de Chile, Escuela Ingeniería Forestal, 1969. s.p.
- 4.- ——— Aptitud papelera del Canelo (*Drimys winteri* Forst). Tesis, Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Escuela Ingeniería Forestal, 1970. 58 p.
- 5.- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. Antecedentes sobre abastecimiento de madera de Pino insigne. Santiago, CORFO, División de Planificación Industrial, 1970. s.p. (Publicación N° 8-A).
- 6.- INSTITUTO FORESTAL. Clasificación preliminar del Bosque Nativo Chileno. Santiago, Chile, INFOR, 1966. 19 p. (Informe Técnico N° 27)
- 7.- ——— Inventario Forestal de la Colonia Notué. Santiago, Chile, INFOR, 1967. 11 p. (Informe de Avance)
- 8.- ——— Inventario Forestal del Sector Natri en la Isla Grande de Chiloé. Santiago, Chile, INFOR, 1967. 7 p. (Informe Preliminar)
- 9.- DADSWELD, H. E., STEWART, C. M. y WATSON, A. J. Chemical Utilization of the Eucalyptus. Australia, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Forest Products, 1962, s.p. (Technological Paper N° 17)
- 10.- DINWOODIE, J. M. The relationship between Fiber Morphology and Paper properties, A review of literature. TAPPI (Estados Unidos) 48(8):440-447. 1965.
- 11.- DOUGLAS, I. Chemistry of Cellulose and Wood, Lectures on Pulp and Paper Manufacture. New York, US, University of Maine, 1953. s.p. (Series II).

- 12.- GARCIA, B. R. Obtención de celulosa por el método de Acido Nítrico (Canelo, luma, laurel, coihue). Valparaíso, Chile, Universidad Federico Santa María, Escuela Ingeniería Química, 1948. s.p.
- 13.- GRANT, J. Manual sobre la fabricación de Pulpa y Papel. México, Editorial Continental, 1966. pp.45-47.
- 14.- HIGGINS, H. G. The long and short of Paper-making. Australian Timber Journal 35(1):24-39. 1969.-
- 15.- JAAKKO POYRY CO. Evaluation of selected Chilean Native Species for Paper manufacture; Main Report. Finlandia, Ministerio de Asuntos Extranjeros, 1973. s.p.
- 16.- JANE, F. W. The structure of Wood. London, England, Adam. Charles Black, 1956. 385p.
- 17.- JOSLYN, S. W. Treatability and longitudinal air permeability of commercial Species grown in Chile. Tesis. New York, US, Syracuse University, State University College of Forestry, 1972. s.p.
- 18.- KAUMAN, J. W. Estadística Manual y Diseño de Experimentos para Investigaciones en Tecnología de la madera. Santiago, Chile, INFOR, 1964. 60p.
- 19.- NACIONES UNIDAS. Producción, consumo y comercio mundial de Pasta y Papel con referencia especial a América Latina. In Reunión Regional de México, CEPAL, ONUDI, FAO, México, 1970. s.p. (Documento IV).
- 20.- ORTIZ C., M. Variaciones del largo de Traqueidas y Peso Específico en pino insignie (*Pinus radiata* d. Don.). Santiago, Chile, INFOR, 1965. pp.35-39. (Informe Técnico N° 21).
- 21.- PAZ P., J. Estudio Bibliográfico, Procesos de Obtención de Celulosa a partir de madera de *Eucalyptus globulus* Labill. Concepción, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Ingeniería, 1972. s.p.
- 22.- PHIRIX-WERKE. Experiencias en madera chilena. Hamburg, Deutschland, Phrix Werke, 1958. 2v.
- 23.- RYDHOLM, S. A. Pulping processes. Gran Bretaña, Interscience Publishers, 1965. p.47.
- 24.- ———. O.p. p.95.
- 25.- ———. O.p. p.103.
- 26.- TAINTER, F. H. La identificación microscópica de las maderas comerciales chilenas. Montana, US, University of Montana, School of Forestry, 1968. 27p. Illus. -

- 27.- TAMOLANG, F. N., WANGAARD, F. F. Y KELLOG, R. M.. Hardwood Fiber Strenght and Pulp-Sheet Properties. TAPPI (Estados Unidos) 51(1):19-25. 1968.
- 28.- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Pulp Wood Properties: Response of Processing and of Paper Quality to their variation. TAPPI (Estados Unidos) 43(11):40A-64A. 1960.
- 29.- TIMEL, T. E. Cellulose and Wood Chemistry; Laboratory Instructions. Syracuse, US, University of Syracuse, College of Forestry, 1969. s.p.
- 30.- ———. Wood Chemistry; A brief outline. Syracuse, US, University of Syracuse, College of Forestry, 1969. 179p.
- 31.- TORRICELLI D., E. Estudio anatómico de las maderas chilenas. Chile, Sociedad Impresora y Litográfica Universo, 1937. p.69.
- 32.- WAGEMANN E., G. Maderas chilenas, contribución a su anatomía e identificación. In Congreso Sudamericano de Botánica, 2do., Argentina, 1949. Actas.
- 33.- WILLIAMS, W. C. 1968: New records for many nations. Pulp and Paper International (Bélgica) 11(8):9-11. 1969.

ANEXOS

ANEXO Nº 1

CARACTERISTICAS DE LOS ARBOLES Y DEL ORIGEN DE LAS PROBETAS EXPERIMENTALES

Tipo Arbol	Nº Arbol	ARBOLES					PROBETAS			
		Lugar procedencia	d.a.p. (cm)	Altura total (m)	Altura aserrable (m)	Altura astillable (m)	Tipo probeta	Altura en el fuste(m)	Diámetro (cm)	Anillos (edad)
M A D U R O	1	Pargua, LL (4)	37	22	7.6	8.4	Inferior	3.0	27.8	39
							Superior	10.6	16.4	22
	2	Lago Chapo, LL	38	12	2.7	5.2	Inferior	1.2	27.1	48
							Superior	4.7	21.0	39
	3	Quemchi, Ch (5)	46	20	10.0	5.0	Inferior	3.5	35.5	71
							Superior	11.8	14.1	42
	4	Notué, Ch	30	22	6.5	11.5	Inferior	2.5	23.7	48
							Superior	11.0	19.8	39
	5	Natri, Ch	37	19	4.2	8.8	Inferior	1.9	22.9	55
							Superior	8.0	20.1	50
R E N O V A L	1	Quemchi, Ch	10.0	6.5	—	2.8	Unica	1.2	10.1	15
	2	Pargua, LL	12.2	5.0	—	1.1	Unica	0.4	12.4	13
	3	Quemchi, Ch	11.5	4.5	—	1.5	Unica	0.6	12.7	11
	4	Pargua, LL	14.0	4.5	—	0.9	Unica	0.3	14.2	14
	5	Pargua, LL	10.2	5.0	—	2.0	Unica	0.7	11.4	9

(1) d.a.p. = diámetro altura pecho (1,3 mt)

(2) altura hasta un diámetro de 12"

(3) altura desde un diámetro de 12" hasta un diámetro de 4"

(4) LL = Llanquihue

(5) Ch = Chiloé

A N E X O N° 2

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

ANALISIS QUIMICOS

Determinación de Humedad

Se pesa 2 g de muestra, con una precisión de 0.1 mg, en pesa filtro seco y tarado y se mantiene en estufa a $105 - 3^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas. Se enfría en desecador y se pesa. Se repite hasta peso constante.

Determinación de Cenizas

Se pesa 1 a 2 g de la muestra por analizar, con una precisión de 0.1 mg en un crisol tarado. Se lleva a una mufla fría que se calienta a 600°C y se mantiene a esta temperatura por 4 horas. Se enfría en desecador y se pesa.

Preparación del Aserrín Extraído

Se pesa aproximadamente 50 g de aserrín seco al aire y tamizado a 45/60 mallas, con una precisión de 0.1 mg. Se extrae en un extractor Soxhlet de 500 ml de capacidad, durante 25 ciclos con solvente etanol-benceno (1 : 2 en volumen). El aserrín húmedo extraído se seca al aire durante 48 horas. La cantidad de extraíbles se calcula a partir de la diferencia de peso de la muestra antes y después de la extracción, corregida en función de los respectivos contenidos de humedad.

Preparación de lignina Klason

Se pesa 1 g de aserrín libre de extraíbles y seco al aire con una precisión de 0.1 mg, se le agregan 15 ml de ácido sulfúrico (72^o/o) y se deja reaccionar la mezcla durante 2 horas a temperatura ambiente, agitando cada cierto tiempo. Se diluye la solución con 360 ml de agua destilada y se hierve a reflujo por 4 horas. Se separa la lignina del líquido en un filtro de vidrio con placa porosa (porosidad media), tarado. Se lava con aproximadamente 1 l. de agua destilada caliente y se seca en estufa a $105 - 3^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

Preparación de Holocelulosa Cruda

Se prepara la holocelulosa cruda de acuerdo al método Wise, modificado por Timell.

Se pesa 100 g de aserrín libre de extraíbles y seco al aire, con una precisión de 0,1 mg, se suspende en 1.5 l. de agua destilada en un balón (5 l.) de 3 bocas. Se agregan 30 g de clorito de sodio (técnico) y 20 ml de ácido acético glacial. Durante toda la preparación se agita la suspensión, manteniendo el balón en un baño termostático a 70°C. Transcurrida una hora se vuelve a adicionar los reactivos (clorito de sodio y ácido acético) en las mismas cantidades anteriores y se repite este proceso dos veces más. Al término de 4 horas se da por finalizada la reacción, se deja enfriar la suspensión y se filtra a través de un lienzo en un embudo Büchner. El sólido, la holocelulosa cruda, se lava cuatro veces con porciones de 250 a 500 ml de agua destilada, luego se desplaza el agua con alcohol, se seca al aire y se pesa.

Preparación de la Hemicelulosa 1

El licor clorito, más el primer litro de agua de lavado, se dializan en agua corriente, en tubos de celulosa (de unos 2.5 cm de diámetro) durante dos semanas, hasta que el líquido en el interior de los tubos no muestre trazas de color amarillo-verde de dióxido de cloro. La solución se filtra a través de papel filtro (Whatman N° 3) para retener las pequeñas cantidades (no más de 0.5g) de impurezas presentes.

El licor dializado se concentra a presión reducida a unos 40 - 50°C, hasta alcanzar un volumen de 250 - 300 ml. El material polimérico disuelto se precipita, vaciándolo lentamente y con agitación en 1.5 l. de etanol (95°/o). El precipitado se recupera en un embudo Büchner con papel filtro (Whatman N° 3) y se lava sucesivamente con etanol (95°/o) y éter de petróleo (rango de destilación 30 - 60° C). Se seca al vacío en un desecador hasta peso constante.

Preparación de la Hemicelulosa 2

Se suspenden 75 g. de holocelulosa cruda seca al aire y pesada con una precisión de 0.1 g., en 500 ml de solución acuosa de oxalato de amonio (5°/o en peso). Se agita la suspensión y se mantiene a 50° C en baño maría durante 8 horas, después de lo cual, se separa el líquido por filtración en un embudo Büchner con un lienzo. El sólido, la holocelulosa 2, se lava con agua destilada. El filtrado, con el agua de lavado alrededor de 1 l., se concentra a presión reducida a 40 - 50°C hasta un volumen de unos 100 ml. Los cristales de oxalato de amonio que se forman durante la concentración, se separan por filtración. La solución concentrada se vierte luego, con agitación, en 1,5 litros de etanol (95°/o), precipitándose la hemicelulosa 2. Esta hemicelulosa se recoge en un papel filtro (Whatman N° 3) y se lava sucesivamente con etanol de 70°/o, con etanol de 95°/o y con éter de petróleo (rango de destilación 30 - 60°C). Se seca al vacío en un desecador hasta peso constante, al igual que la hemicelulosa 1.

Preparación de la Hemicelulosa 3

Se suspende la holocelulosa 2 en un mínimo de 250 - 300 ml de una solución acuosa de hidróxido de potasio (24°/o en peso) y se agita la suspensión durante 8 hr, a temperatura ambiente. Luego se filtra a través de un embudo de vidrio con placa porosa (porosidad gruesa). El sólido, la holocelulosa 3, se lava con agua destilada. El líquido, junto con el agua de lavado (aproximadamente 500 ml) se vierte con

agitación en una mezcla de 3 l. de etanol (95^o/o) y 100 ml de ácido acético glacial. Se precipita la hemicelulosa 3 y se recupera tal como se describió para la hemicelulosa 2.

Preparación de la Hemicelulosa 4

La obtención se hace en forma idéntica a la descrita para la hemicelulosa 3. En este caso se extrae la holocelulosa 3 con una solución de hidróxido de sodio (18^o/o en peso) con ácido bórico (4^o/o en peso).

Preparación de la Celulosa Cruda

Después de la extracción de la hemicelulosa 4, el material sólido residual se lava en un vaso pp. con agua levemente acidulada con ácido acético, se filtra en un embudo con placa porosa (porosidad gruesa), se lava con agua, con etanol 95^o/o, se seca al aire y se pesa.

ANÁLISIS CROMATOGRAFICOS

Hidrólisis para Cromatografía

Se pesa con una precisión de 0.1 mg una cantidad aproximada de 0.2 g de la muestra por analizar. Se le agrega con agitación, 2 ml de ácido sulfúrico (72^o/o en peso) y se deja reaccionar la mezcla durante 2 hr, agitando cada cierto tiempo. Se diluye la solución con agua destilada hasta completar un volumen de 90 ml y se hierve a reflujo por 4 horas. Una vez enfriado, el hidrolizado se neutraliza primero con una pequeña cantidad de hidróxido de bario y luego con un ligero exceso de carbonato de Bario. Las sales de Ba. se eliminan por filtración (papel Whatman N^o 3), y al líquido se le agregan luego unos 3 ml de una resina de intercambio catiónico (Bayer Lewatit).

Después de filtrar la solución para separar la resina, se concentra a presión reducida a unos 40 - 50°C hasta alcanzar un volumen aproximado de 2 ml quedando de esta manera lista la solución para cromatografía. De no emplearse inmediatamente, ella debe guardarse bajo refrigeración.

Cromatografía Descendente sobre Papel

Se aplican sobre el papel cromatográfico (MN-261), dos tipos de muestras del hidrolizado por analizar. La primera muestra se obtiene colocando, mediante el uso de una jeringa hipodérmica, 2 gotas del hidrolizado de una concentración aproximada a 66.7 mg/cc (el papel recibe 1.06 mg de muestra). Adyacente a esta primera muestra, se aplican dos gotas del hidrolizado previamente diluido a una concentración de 33.3 mg/cc (el papel recibe en este caso 0.53 mg de muestra).

Al lado de las dos muestras desconocidas, se aplican otras dos muestras estándares (de dos gotas cada una) conteniendo los seis azúcares comunes de la madera (galactosa, glucosa, manosa, arabinosa, xilosa y ramnosa) en una concentración

de 12 mg/cc y 24 mg/cc respectivamente (corresponden a una concentración parcial de cada uno de los seis azúcares de 2 y 4 mg/cc respectivamente).

Una vez seco el papel se introduce en la cámara cromatográfica previamente saturada con el solvente (acetato de etilo-piridina-agua 8:2:1 en volúmen). Se mantiene en estas condiciones por 30 horas. Una vez impregnado el papel se seca al aire y se pulveriza con el revelador (15 g de o-aminodifenilo técnico, 500 ml de ácido acético glacial y 7 ml de ácido fosfórico 85^o/c). Se coloca luego en estufa a 110°C por 1 a 2 minutos y queda listo para la valoración.

Evaluación Cualitativa y Cuantitativa del Cromatograma

Evaluación Cualitativa

La identificación de los diferentes polisacáridos, individualizados por las manchas respectivas, se realiza mediante su comparación, en posición, con un cromatograma normalizado. Se utiliza para este fin, uno de los dos cromatogramas estándares que contienen todos los azúcares comunes de la madera.

Cabe recordar que cuando se usa el sistema solvente acetato de etilo-piridina-agua, la galactosa posee la menor velocidad de desplazamiento, seguida de orden creciente, de la glucosa, la manosa, la arabinosa y la xilosa. Los ácidos urónicos no se mueven en este sistema y permanecen en la línea de partida.

Evaluación Cuantitativa

La evaluación visual cuantitativa se realiza, asignando a la mancha más pequeña y de menor intensidad el valor arbitrario 1. Partiendo de ella, todas las demás manchas se cuantifican numéricamente por comparación, considerando el tamaño de la superficie de la mancha y la intensidad de su coloración. Debe recordarse que cada vez se analizan simultáneamente 2 cromatogramas paralelos de un mismo producto, uno de ellos conteniendo exactamente el doble de cantidad que el otro.

Debido a la subjetividad propia de una valoración visual por comparación, esta debe realizarse independientemente por dos o más observadores simultáneamente y bajo las mismas condiciones de iluminación, considerándose como valor definitivo, el promedio aritmético de las 2 o más valoraciones individuales, expresado en porcentaje.

DENSIDAD DE LA MADERA DE CANELO

Promedios aritméticos y ponderados * - g/cm³ (peso seco/volumen verde)

TIPO ARBOL		MADURO						RENOVAL
TIPO DATOS		DATOS INDIVIDUALES			PROMEDIOS PONDERADOS*			DATOS INDIVIDUALES
PROCEDENCIA		MII	MIE	MS	MI	MP	M	R
A R B O L	1	0,384	0,426	0,401	0,398	0,409	0,399	0,393
	2	0,382	0,398	0,402	0,387	0,401	0,393	0,404
	3	0,435	0,437	0,458	0,435	0,452	0,442	0,371
	4	0,390	0,387	0,409	0,389	0,404	0,400	0,433
	5	0,411	0,422	0,446	0,412	0,444	0,428	0,373
Promedio aritmético y error típico		0,400±0.010	0,414±0.009	0,423±0.012	0,404±0.009	0,422±0.011	0,412±0.010	0,395±0.011
Promedio ponderado *		0.404	0.413	0.421	0.406	0.419	0.413	0.397

MII :Maduro Inferior Interior
 MIE :Maduro Inferior Exterior
 MS :Maduro Superior
 R :Renoval

MI :MII + MIE :Maduro Inferior
 MP :MIE + MS :Maduro Pulpa
 M :MIE + MII + MS :Maduro

* Ponderados de acuerdo a su participación volumétrica.

TABLA N° 2

LARGO DE FIBRA DE LA MADERA DE CANELO

Promedios aritméticos y ponderados *

mm

(ponderado por longitud)

TIPO ARBOL		MADURO			RENOVAL
TIPO DATOS		DATOS INDIVIDUALES		PROMEDIOS PONDERADOS*	DATOS INDIVIDUALES
PROCEDENCIA		MIE	MS	M	R
N° A R B O L	1	3,19	3,14	3,16	3,01
	2	3,86	3,39	3,55	3,48
	3	3,79	3,05	3,54	2,20
	4	4,25	3,79	3,93	3,20
	5	3,83	3,64	3,69	2,55
Promedio aritmético y error típico		3,78 ± 0,17	3,40 ± 0,14	3,57 ± 0,13	2,89 ± 0,23
Promedio ponderado *		3,76	3,46	3,58	2,90

MIE :Maduro Inferior Exterior

MS :Maduro Superior

R :Renoval

M :MIE + MS :Maduro

* Ponderado de acuerdo a su participación volumétrica

T A B L A N° 3
COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE CANELO
 Determinación de los extraíbles, lignina, holocelulosa cruda y celulosa cruda
 Promedios aritméticos y ponderados *
 %
 (base madera seca)

CONSTITUYENTE	TIPO ARBOL		M A D U R O			RENOVAL
	TIPO DATOS		DATOS INDIVIDUALES		PROMEDIOS PONDERADOS *	DATOS INDIVIDUALES
	PROCEDENCIA		MIE	MS	M	R
EXTRAIBLES	N°	1	1.01	1.17	1.10	1.63
	ARBOL	3	2.07	1.00	1.70	1.12
		5	1.02	0.97	0.98	1.62
	Promedio aritmético y error típico		1.37 ± 0.35	1.05 ± 0.06	1.26 ± 0.22	1.46 ± 0.17
	Promedio ponderado *		1.53	1.04	1.27	1.42
LIGNINA	N°	1	27.56	28.12	27.86	27.25
	ARBOL	3	29.42	26.44	28.39	29.37
		5	28.31	26.48	26.99	26.66
	Promedio aritmético y error típico		28.43 ± 0.54	27.01 ± 0.55	27.75 ± 0.41	27.76 ± 0.82
	Promedio ponderado *		28.63	26.98	27.75	27.92
HOLOCE- LULOSA CRUDA	N°	1	80.97	79.26	80.05	79.18
	ARBOL	3	74.72	81.94	77.21	77.51
		5	77.76	80.09	79.44	80.05
	Promedio aritmético y error típico		77.82 ± 1.80	80.43 ± 0.79	78.90 ± 0.86	78.91 ± 0.75
	Promedio ponderado *		77.23	80.26	78.84	78.78
CELU- LOSA CRUDA	N°	1	47.24	45.89	46.52	46.18
	ARBOL	3	43.51	45.81	44.30	47.08
		5	47.20	48.32	48.01	46.02
	Promedio aritmético y error típico		45.98 ± 1.24	46.67 ± 0.82	46.28 ± 1.08	46.43 ± 0.33
	Promedio ponderado *		45.39	47.00	46.25	46.50

MIE :Maduro Inferior Exterior
 MS :Maduro Superior
 R :Renoval
 M :MIE + MS :Maduro

* Ponderado de acuerdo a su participación volumétrica

T A B L A N° 4
COMPOSICION QUIMICA EN HEMICELULOSAS DE LA MADERA DE CANELO
Promedios aritméticos y ponderados *

°/o
(base madera seca)

FRACCION	TIPO ARBOL	M A D U R O			RENOVAL
	TIPO DATOS	DATOS INDIVIDUALES EXPERIMENTALES PROMEDIOS PONDERADOS *			DATOS INDIVIDUALES EXPERIMENTALES
	PROCEDENCIA	MIE	MS	M	R
HEMICE- LULOSA I	N° 1	0.40	0.92	0.68	1.28
	ARBOL 3	0.64	1.30	0.87	4.47
	5	0.24	1.26	1.08	0.80
	Promedio aritmético y error típico	0.43 ± 0.12	1.16 ± 0.12	0.85 ± 0.12	2.18 ± 1.15
	Promedio ponderado *	0.49	1.16	0.85	2.43
HEMICE- LULOSA II	N° 1	18.68	5.69	11.70	15.64
	ARBOL 3	13.51	9.63	12.17	8.35
	5	3.57	6.75	5.86	4.84
	Promedio aritmético y error típico	11.92 ± 4.43	7.36 ± 1.18	9.91 ± 2.03	9.61 ± 3.18
	Promedio ponderado *	13.03	7.08	9.86	9.08
HEMICE- LULOSA III	N° 1	18.22	19.44	18.88	26.27
	ARBOL 3	17.51	21.95	19.04	18.43
	5	15.14	13.40	13.89	18.54
	Promedio aritmético y error típico	16.96 ± 0.93	18.26 ± 2.54	17.27 ± 1.69	21.08 ± 2.60
	Promedio ponderado *	17.24	17.21	17.22	20.50
HEMICE- LULOSA IV	N° 1	5.80	7.73	6.04	3.24
	ARBOL 3	4.91	3.17	4.31	3.30
	5	10.83	11.17	11.07	7.40
	Promedio aritmético y error típico	7.18 ± 3.19	7.36 ± 2.32	7.41 ± 1.97	4.65 ± 1.38
	Promedio ponderado *	6.39	8.29	7.40	4.64
TOTAL HEMICE- LULOSA	N° 1	43.10	33.78	38.10	46.43
	ARBOL 3	36.57	36.05	36.39	34.55
	5	29.78	32.58	31.80	31.58
	Promedio aritmético y error típico	36.48 ± 3.84	34.14 ± 1.02	35.43 ± 1.88	37.52 ± 4.54
	Promedio ponderado *	37.15	33.74	35.33	36.64

MIE :Maduro Inferior Exterior
MS :Maduro Superior
R :Renoval
M :MIE + MS :Maduro

* Ponderados de acuerdo a su participación volumétrica

TABLA N° 5

ANALISIS CROMATOGRAFICO DE LA MADERA DE CANELO

Determinación de los polisacáridos de la madera, holocelulosa cruda y celulosa cruda, individualizados por sus monómeros correspondientes
o/o
(base madera seca)

FRACCION (3)	CARACTERISTICAS DE LOS VALORES	MADERA (1)			HOLOCELULOSA CRUDA (2)			CELULOSA CRUDA (2)		
ACIDO URONICO	Valores individuales	3.2	2.6	3.0	3.6	2.1	4.1	0.6	0.9	1.4
	Promedio	2.9			3.3			1.0		
GALACTOSA	Valores individuales	1.0	0.4	0.4	1.8	0.7	1.0	1.1	0.9	1.4
	Promedio	0.6			1.2			1.1		
GLUCOSA	Valores individuales	38.4	45.5	42.3	58.2	67.3	65.5	89.0	89.7	86.7
	Promedio	42.1			63.7			88.5		
MANOSA	Valores individuales	3.2	0.8	1.5	3.6	4.1	5.1	2.2	1.8	2.9
	Promedio	1.8			4.3			2.3		
ARABINOSA	Valores individuales	0.6	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4
	Promedio	0.3			0.2			0.3		
XILOSA	Valores individuales	19.2	15.3	16.8	29.1	22.4	21.8	2.2	1.8	1.5
	Promedio	17.1			24.4			1.8		
OTROS NO IDENTIFICADOS	Valores individuales	4.2	5.1	5.7	3.2	3.3	2.3	4.5	4.8	5.8
	Promedio	5.0			2.9			5.0		

- (1) Análisis hecho en base a una mezcla de 9 muestras individuales
 (2) Análisis hecho en base a una mezcla de 18 muestras individuales.
 (3) Corresponden a los polímeros involucrados en los azúcares señalados.

TABLA N° 6

CONTENIDO DE LIGNINA EN HOLOCELULOSA CRUDA Y
CELULOSA CRUDA DE CANELO
o/o

CARACTERISTICAS DE LOS VALORES	HOLOCELULOSA CRUDA (1)	CELULOSA CRUDA (1)
Valores individuales	11.89 10.92	2.75 2.96
Promedio y error típico	11.40 ± 0.49	2.86 ± 0.10

(1) Análisis hecho en base a una mezcla de 18 muestras individuales.

TABLA N° 7

CONTENIDO DE CENIZAS EN MADERA, HOLOCELULOSA CRUDA
Y CELULOSA CRUDA DE CANELO
o/o

CARACTERISTICAS DE LOS VALORES	MADERAS (1)	HOLOCELULOSA CRUDA (2)	CELULOSA CRUDA (2)
Valores individuales	0.29 0.16	0.69 0.86	1.62 1.96
Promedio y error típico	0.23 ± 0.07	0.77 ± 0.10	1.79 ± 0.17

(1) Análisis hecho en base a una mezcla de nueve muestras individuales.

(2) Análisis hecho en base a una mezcla de 18 muestras individuales.

TABLA N° 8

PROPIEDADES BASICAS DE LA MADERA DE CANELO
(*Drymis winteri* FORST)

PROPIEDAD	UNIDAD	Promedio aritmético y error típico		Promedio ponderado *	
		Maduro	Renoval	Maduro	Renoval
DENSIDAD (peso seco/volumen verde)	g/cm ³	0.412 [±] 0.010	0.395 [±] 0.011	0.413	0.397
LARGO DE FIBRA (ponderado por longitud)	mm	3.57 [±] 0.13	2.89 [±] 0.23	3.58	2.90
CONSTITUYENTES QUIMICOS (en base a madera seca)					
EXTRAIBLES (alcohol-benceno)	°/o	1.26 [±] 0.22	1.46 [±] 0.17	1.27	1.42
LIGNINA (klason)	°/o	27.75 [±] 0.41	27.76 [±] 0.82	27.75	27.92
HOLOCELULOSA CRUDA (wise)	°/o	78.90 [±] 0.86	78.91 [±] 0.75	78.84	78.78
HOLOCELULOSA (libre de lignina)	°/o	69.91 [±] 0.76	69.92 [±] 0.67	69.85	69.80
HEMICELULOSAS (determinación directa)	°/o	35.43 [±] 1.88	37.52 [±] 4.54	35.33	36.64
HEMICELULOSAS (determinación indirecta)	°/o	31.06	30.96	31.03	30.77
PENTOSANOS (por cromatografía)	°/o	17.4 [±] 1.3	—	—	—
CELULOSA CRUDA	°/o	46.28 [±] 1.08	46.43 [±] 0.33	46.25	46.50
CELULOSA (libre de lignina)	°/o	44.96 [±] 1.05	45.10 [±] 0.32	44.93	45.17
CELULOSA PUR. ¹ (sin glucomanos)	°/o	38.85	38.96	38.82	39.03
(determinación indirecta)	°/o	0.23 [±] 0.07	—	—	—
CENIZAS	°/o	—	—	—	—

* Promedio ponderado por volumen.

TABLA N° 9

PROPIEDADES DE LA MADERA DE CANELO

Referencias bibliográficas

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA		PRESENTE INFORME	REFERENCIA (33)	REFERENCIA (4)	REFERENCIA (15)	REFERENCIA (22)	PINO INSIGNE (22)
PROPIEDAD	UNIDAD		(Wagemann, 1948)	(Chesney, 1970)	(Jaakko Poyry, 1973)	(Phrix-CORFO, 1958)	(Phrix-CORFO, 1958)
PROPIEDADES MORFOLOGICAS							
Largo de fibra	mm	3.23 (1)	1.5 - 3.5	4.3	2.88 (1)	3.01 (1)	2.00 (1)
Espesor de pared	μ	—	6 - 8	4.6	7.1	—	—
Ancho fibra	μ	—	30 - 40	48.1	25.4	20 - 70	20 - 40
DENSIDAD	g/cm^3	0.404 (2)	—	0.38 (2)	0.43 (2)	0.44 (3)	0.46 (3)
CONSTITUYENTES QUIMICOS							
Cenizas	o/o	0.23	—	—	0.43	0.48	0.26
Extraíbles	o/o	1.36 (6)	—	—	2.3 (5)	1.9 (4)	2.0 (4)
Lignina	o/o	27.75 (8)	—	—	31.0	26.9 (7)	27.2 (7)
Holocelulosa	o/o	69.91 (9)	—	—	—	70.7	77.0
Celulosa	o/o	45.02	—	—	—	41.2	48.5
Pentosanos	o/o	17.4 (10)	—	—	—	14.8	9.7

(1) Largo fibra ponderado por longitud

(2) Peso seco/volumen verde

(3) Peso seco/volumen seco

(4) En metanol - benzol 1:1

(5) En acetona

(6) En etanol - benzol 1:2

(7) Según Halse

(8) Según Klason

(9) Según Wise

(10) Por cromatografía

VALORES EXPERIMENTALES DE DENSIDAD, PARA LA MADERA DE CANELO

TIPO ARBOL		MADURO											RENOVAL						
N° Arbol	Proce- dencia	Peso seco (g)					Volumen verde (cm ³)					Densidad (g/cm ³)	N° Arbol	Tipo Probeta	Peso seco (g)		Volumen verde (cm ³)		Densidad (g/cm ³)
		Valores experimentales				Suma	Valores experimentales				Suma				V.E.*	Suma	V.E.*	Suma	
1	MII	12.9	11.6	12.5	10.9	47.9	34.2	30.7	31.9	27.8	124.6	0.384	1	R	5.7	16.8	14.8	42.8	0.393
	MIE	7.9	3.8	8.0	5.8	25.5	18.4	9.0	19.0	13.5	59.9	0.426			4.8		12.5		
	MS	10.8	6.9	18.4	17.0	53.1	31.6	16.5	44.0	40.3	132.4	0.401			3.2		7.8		
2	MII	15.4	16.4	5.6	6.2	43.6	40.7	43.3	14.2	15.9	114.1	0.382	2	R	3.1	24.9	7.7	67.1	0.404
	MIE	5.7	8.1	2.8	3.0	19.6	14.8	20.9	6.6	6.9	49.2	0.398			5.1		14.0		
	MS	16.3	17.9	6.9	8.3	49.4	40.9	45.5	16.5	20.0	122.9	0.402			5.3		14.7		
3	MII	23.8	20.5	10.7	9.7	64.7	53.8	47.2	25.1	22.7	148.8	0.435	3	R	6.6	15.2	17.6	40.7	0.371
	MIE	4.2	4.4	4.6	3.9	17.1	9.4	10.5	10.6	8.6	39.1	0.437			7.9		20.8		
	MS	12.6	10.8	7.9	6.1	37.4	29.0	24.6	15.9	12.1	81.6	0.458			5.1		14.0		
4	MII	7.1	6.0	9.5	8.9	31.5	18.1	15.3	24.2	23.2	80.8	0.390	4	R	4.8	30.9	13.1	76.4	0.433
	MIE	3.3	3.7	4.6	3.7	15.3	8.5	9.0	12.1	10.0	39.6	0.387			2.6		6.6		
	MS	14.9	15.6	15.9	18.1	64.5	37.6	39.7	37.9	42.5	157.7	0.409			2.7		7.0		
5	MII	25.3	31.9	6.3	5.9	69.4	60.8	78.7	15.1	14.2	168.8	0.411	5	R	9.6	29.0	24.6	66.9	0.373
	MIE	2.8	2.2	1.7	-	6.7	6.8	5.1	4.1	-	16.0	0.422			9.4		24.3		
	MS	13.8	14.6	22.1	20.6	71.1	30.8	32.3	48.1	48.3	159.5	0.446			5.6		13.3		
															6.3		14.2		
															8.5		19.9		
															8.8		20.5		
															6.3		14.6		
															5.4		11.9		

MIE : Maduro Inferior Exterior

MII : Maduro Inferior Interior

MS : Maduro Superior

R : Renoval

* Valores Experimentales

Tabla N° 3 - 2

DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL NUMERO DE CORTES
DETERMINACION DEL LARGO DE FIBRAS DE LA MADERA DE CANELO, PONDERADO POR LONGITUD

ARBOL		PROCE- DENCIA		DISTRIBUCION PORCENTUAL N° DE CORTES (o/o)								N° FIBRAS	LARGO FIBRA (1) (mm)	
TIPO	N°			0	1	2	3	4	5	6	7			8
M A D U R O	1	I N F E R I O R	E X T E R I O R	3,63	4,07	8,48	23,46	37,69	18,75	3,54	0,38	—	5157	3,19
	2			—	—	3,07	15,04	28,96	30,10	16,94	5,89	—	1100	3,86
	3			3,89	5,52	5,59	11,44	23,95	29,53	16,08	4,00	—	4325	3,79
	4			—	0,13	0,82	5,93	21,85	32,77	26,02	11,25	1,23	1458	4,25
	5			2,72	4,09	3,63	11,41	25,70	32,14	15,42	4,89	—	5043	3,83
	1	S U P E R I O R	4,30	6,26	13,43	23,44	30,26	17,83	3,94	0,54	—	1328	3,14	
	2		0,11	0,78	8,77	24,00	34,86	22,67	7,24	1,46	0,11	1173	3,39	
	3		2,64	5,02	11,15	29,74	33,31	15,43	2,51	0,20	—	1273	3,05	
	4		0,07	0,31	3,56	15,02	31,06	33,29	13,15	3,23	0,31	1691	3,79	
	5		2,20	4,50	7,02	16,22	27,76	25,87	13,51	2,83	0,09	1353	3,64	
R E N O V A L	1	U N I C A	3,16	5,39	13,64	27,49	33,77	13,80	2,75	—	—	1370	3,01	
	2		0,40	3,60	8,20	19,10	30,90	27,70	8,50	1,60	—	1156	3,48	
	3		4,29	11,57	36,04	36,86	10,63	0,55	0,06	—	—	6584	2,20	
	4		—	0,90	6,63	27,18	42,58	18,85	3,86	—	—	1092	3,20	
	5		3,75	6,81	23,38	38,77	23,33	3,78	0,18	—	—	5974	2,55	

(1) Ponderado por longitud

Tabla N° 3 - 3

VALORES EXPERIMENTALES DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LA MADERA DE CANELO
 DETERMINACION DE EXTRAIBLES, LIGNINA, HOLOCELULOSA CRUDA Y CELULOSA CRUDA

o/o *

CONSTITUYENTE	TIPO ARBOL	MADURO						RENOVAL		
	N° ARBOL	1		3		5		1	3	5
	PROCEDENCIA	MIE	MS	MIE	MS	MIE	MS	R	R	R
EXTRAIBLES	VALORES	0.90	0.86	2.22	1.52	0.78	0.37	1.49	1.04	1.55
		1.13	1.19	1.75	1.10	1.45	1.00	1.53	1.19	1.64
	EXPERIMENTALES	—	1.46	2.23	0.37	0.84	1.04	1.86	—	1.67
	PROMEDIO REPETICIONES	1.01	1.17	2.07	1.00	1.02	0.97	1.63	1.12	1.62
LIGNINA	VALORES	27.39	28.82	29.23	26.17	27.65	26.28	27.69	29.38	26.36
		27.93	27.41	29.67	26.54	28.61	26.63	26.81	29.49	26.95
	EXPERIMENTALES	27.36	28.13	29.36	26.61	28.68	—	—	29.23	—
	PROMEDIO REPETICIONES	27.56	28.12	29.42	26.44	28.31	26.48	27.25	29.37	26.66
HOLOCELULOSA CRUDA	VALORES	81.99	80.67	76.35	79.19	75.46	79.54	77.49	72.37	80.14
	EXPERIMENTALES	79.95	77.85	73.09	84.69	80.06	80.64	80.86	82.66	79.97
	PROMEDIO REPETICIONES	80.97	79.26	74.72	81.94	77.76	80.09	79.18	77.51	80.05
CELULOSA CRUDA	VALORES	47.02	47.98	43.92	46.66	47.36	47.69	46.09	49.03	47.63
	EXPERIMENTALES	47.45	43.80	43.10	44.95	47.04	48.94	46.27	45.12	44.41
	PROMEDIO REPETICIONES	47.24	45.89	43.51	45.81	47.20	48.32	46.18	47.08	46.02

MIE :Maduro Inferior Exterior

MS :Maduro Superior

R :Renoval

* Base madera seca

Rojas P., Mirtha.

Densidad, largo de fibra y composición química de la madera del canelo (*Drimys winteri Forst*). Por Mirtha Rojas P., Luisa Pistono B., Edgard Bluhm S. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1975

60 p. ilustr. (Informe Técnico N° 53)

Resultados obtenidos de muestras de madera de canelo procedentes de 5 árboles maduros y 5 árboles jóvenes (renovales) de Llanquihue y Chiloé Insular. Se determinaron propiedades y componentes químicos, para estimar posibilidades de uso en industria de papel y celulosa. Se incluyen tablas con valores referentes a las propiedades y componentes químicos.

Rojas P., Mirtha.

Densidad, largo de fibra y composición química de la madera del canelo (*Drimys winteri Forst*). Por Mirtha Rojas P., Luisa Pistono B., Edgard Bluhm S. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1975

60 p. ilustr. (Informe Técnico N° 53)

Resultados obtenidos de muestras de madera de canelo procedentes de 5 árboles maduros y 5 árboles jóvenes (renovales) de Llanquihue y Chiloé Insular. Se determinaron propiedades y componentes químicos, para estimar posibilidades de uso en industria de papel y celulosa. Se incluyen tablas con valores referentes a las propiedades y componentes químicos.

Rojas P., Mirtha.

Specific gravity, fiber length and chemical constituents of canelo (*Drimys winteri Forst*) wood. By Mirtha Rojas P., Luisa Pistono B., Edgard Bluhm S. Santiago, Chile, Forestry Institute, 1975.

60 p. ilustr. (Technical Report N° 53)

Results from samples of 5 old growth and 5 young (sprouts) trees of canelo from Llanquihue and Chiloé Island.

Analysis determined chemical properties and constituents and other characteristics, in order to estimate utilization possibilities of the species in pulp and paper industry. Tables with the results obtained, are included.

Rojas P., Mirtha.

Specific gravity, fiber length and chemical constituents of canelo (*Drimys winteri Forst*) wood. By Mirtha Rojas P., Luisa Pistono B., Edgard Bluhm S. Santiago, Chile, Forestry Institute, 1975.

60 p. ilustr. (Technical Report N° 53)

Results from samples of 5 old growth and 5 young (sprouts) trees of canelo from Llanquihue and Chiloé Island.

Analysis determined chemical properties and constituents and other characteristics, in order to estimate utilization possibilities of the species in pulp and paper industry. Tables with the results obtained, are included.



