

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SECADO DE RENOVALES DE CANELO *DRIMYS WINTERI*

WOOD DRYING STUDY OF CANELO *DRIMYS WINTERI* RE-GROWTHS

Patricio PEREZ¹; Rubén A. ANANIAS²; Gonzalo HERNANDEZ³

RESUMEN

En este trabajo se estudian programas de secado artificial a temperaturas convencionales para madera aserrada de renovales de canelo *Drimys winteri*.

El diseño experimental incluye el programa de secado (2) y el espesor de la madera (2). Seis ensayos de secado a la escala piloto son ejecutados en un horno convectivo de 0.3 m³. Se evalúa la calidad final de la madera, basándose en standarizaciones europeas, considerando la homogeneidad y el gradiente de humedad final, las tensiones de secado y el colapso, las grietas superficiales e internas. Los alabeos del secado se evalúan aplicando las normas chilenas.

Los resultados muestran que los programas de secado que se estudian permiten secar satisfactoriamente los renovales de canelo. El comportamiento de los renovales frente al secado es condicionado por la calidad de la madera a secar y el contenido de humedad inicial de la madera verde.

Palabras clave: Secado convencional, programas de secado, calidad del secado. *Drimys winteri*.

ABSTRACT

In this paper the wood drying schedules at conventional temperatures of *Drimys winteri* re-growths are studied.

The experimental design includes as variables the drying schedules (2) and the wood thickness (2). Six drying runs at pilot scale are performed in a 0.3 m³ capacity laboratory dry kiln. The wood drying quality, being based on European standards is evaluated, considering moisture homogeneity, moisture gradient, casehardening, collapse, surface and internal checking. The drying defects are evaluated applying Chilean standards.

The results show that the proposed drying schedules allow a satisfactory drying of canelo re-growths. The behaviour of the canelo re-growths during the drying are conditioned by the wood quality before the drying, and the initial moisture content.

Keywords: Kiln drying, drying schedules, drying quality, *Drimys winteri*

¹Magister en Ciencia y Tecnología de la Madera. . Depto. Ingeniería en Maderas. Fac. de Ingeniería. Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile. aperezguerrero@gmail.com

²Profesor Asociado. Depto. Ingeniería en Maderas. Fac. de Ingeniería. Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile. ananias@ubiobio.cl

³Ingeniero de Proyectos. INFOR. División Industrias. Concepción, Chile. ghermand@infor.cl

Autor para correspondencia: aperezguerrero@gmail.com

Recibido: 05 de mayo de 2006. Aceptado: 22 de enero de 2007.

INTRODUCCIÓN

Los renovales de canelo *Drimys winteri* son una especie nativa chilena, que se encuentran ampliamente distribuidos en el área sur del país y particularmente en la X región alcanzando alrededor de las 230 mil hectáreas de bosques de renovales (Cabrera, 2003). No obstante, una de las limitaciones para el aprovechamiento industrial de los renovales de canelo, es el escaso conocimiento tecnológico acerca del secado de la madera aserrada.

El comportamiento de los renovales de canelo frente al secado es condicionado por su estructura anatómica -carencia de vasos e importante proporción de radios leñosos- (figura 1) y sus propiedades físicas, como es la baja densidad básica y alta anisotropía dimensional transversal (Ctg/CRd). En relación con la estructura anatómica, la carencia de vasos implica que la mayor parte del movimiento del agua durante el secado es a través de las punteaduras de las traqueidas, las que debido a su limitado tamaño favorecen la formación de colapso y en casos extremos la aparición de grietas internas y superficiales. La presencia de radios multiseriados en canelo, si bien favorece la eliminación del agua en la dirección radial de la madera, limita la densidad de la madera y su resistencia a los esfuerzos del secado, favoreciendo la aparición de grietas superficiales, internas y colapso.

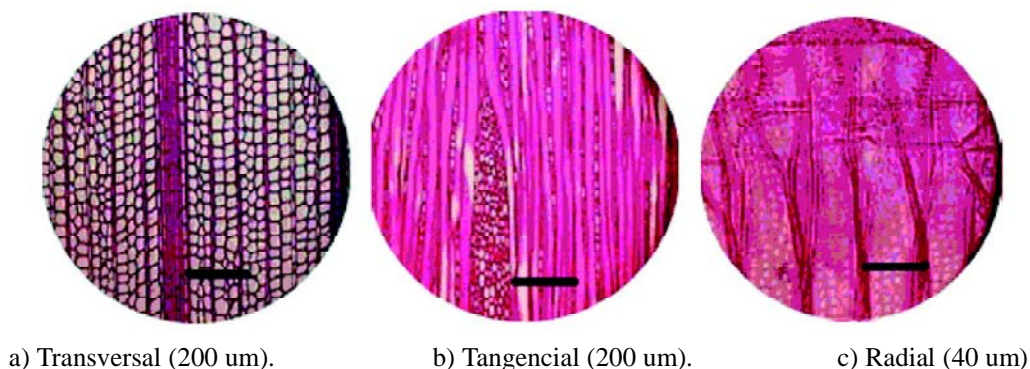


Figura 1: Fotos microscópicas de renovales de canelo (Fuente: Ananías. 2004)

Respecto de la densidad básica, Escriba 1991, indica un valor medio de 0.39 g/cm^3 , para renovales provenientes de la VIII Región. Ananías 2004, reporta una densidad básica de estos renovales de 0.45 g/cm^3 . Otros datos sobre la densidad de la madera de canelo son además reportados por la literatura (INFOR-CONAF, 1998; Rodríguez, 1998; INFOR-CORFO, 1990), reforzando la baja densidad de esta madera. Esta baja densidad significa que los esfuerzos desarrollados durante el secado pueden favorecer la aparición de grietas y colapso, degradando la calidad de la madera durante el secado. La anisotropía transversal dimensional reportada es también una condicionante del secado. La tendencia a las deformaciones se ve favorecida por esta alta anisotropía de la contracción transversal

Lo anteriormente expuesto evidencia las dificultades para secar adecuadamente al canelo. No obstante es favorecida la sugerencia de un secado lento al aire de alrededor de un año, tal como reportado en la literatura (Díaz-Vaz et al., 1986; Díaz-Vaz, 1993; Hall y Witte, 1998; Rodríguez 1998). Evidencias experimentales muestran que los renovales de canelo de 25 mm de espesor se dejan secar satisfactoriamente a temperaturas convencionales y bajo vacío (Fernández y Linero, 1996).

Además la calidad de la madera a secar y la realización de un presecado al aire son factores importantes que influyen en la calidad final de la madera (Ananías, 2004).

En este estudio se estudian los programas del secado de renovales de canelo y se evalúa la calidad de la madera seca.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de la Madera

Para este estudio se utilizó madera proveniente de bosques de renovales de canelo de la X región (Hacienda Rupanco, Lanco), el DAP promedio fue de 31,8 cm. Las trozas fueron transportadas a Concepción preparándose basas en un aserradero de la localidad.

Posteriormente las basas fueron trasladadas al Pabellón de Tecnología de la Madera de la Universidad del Bío-Bío, y permanecieron almacenadas bajo cobertizo. Luego, inmediatamente antes de cada secado las basas de renovales de canelo fueron reaserradas para obtener las piezas a las escuadrias pertinentes para el secado. Se privilegió el mayor aprovechamiento de la materia prima, por lo que se obtuvo una alta proporción de madera en corte mixto y presencia de médula. Las dimensiones de las piezas aserradas fueron de 25 mm y 50 mm de espesor y un metro de largo.

Diseño de experimentos

El diseño de experimentos utilizado para este estudio fue el siguiente:

Tabla 1: Diseño experimental

<i>Variable</i>	<i>Nivel</i>	
Espesor	25 mm	50 mm
Programa	Programa 1	Programa 2

Este diseño exigió desarrollar cuatro ensayos experimentales, además se repitió una vez el mejor programa para cada espesor, ejecutándose así 6 ensayos de secado experimental.

Ensayos de secado

Los 6 ensayos de secado experimental fueron realizados en un horno piloto de secado convencional de 0.3 m³ de capacidad. En cada carga se escogieron 10 piezas en las que se evaluó su peso para la determinación del contenido de humedad y sirvieron de testigos para la conducción del proceso de secado.

Las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, así como la temperatura de la madera fueron monitoreadas por termocuplas y leídas periódicamente por un sistema de adquisición de datos

La velocidad del aire fue de 3 m/s y el cambio de giro de los ventiladores fue cada 6 horas. En el horno se instalaron 96 y 48 piezas en 25 y 50 mm de espesor respectivamente. En 25 mm de espesor el castillo de madera fue armado con 6 piezas en el ancho y 16 en altura. En 50 mm el castillo se armo con 6 piezas de ancho y 8 en altura (Figura 2). En ambos casos se utilizaron palillos separadores de madera seca de libre de defectos y 20 mm de espesor.



Figura 2: Distribución de la madera en el horno para espesores de 25 y 50 mm

La conducción del secado fue llevada a cabo, en base a la evolución del contenido de humedad de 8 muestras testigo y el monitoreo de las condiciones ambientales descrito anteriormente.

Evaluación de la calidad de Secado

La evaluación de la calidad de secado se realizó aplicando dos estándares. La norma chilena oficial 993 of 72, para evaluar los alabeos y las estandarizaciones europeas (Welling, 1994), para evaluar homogeneidad de la humedad, gradientes de humedad, tensiones de secado, grietas y colapso.

En base a la Norma Chilena Nch 993.EOf72, se determinaron los valores límites de alabeos y se calculó un índice de calidad, por la relación siguiente:

$$I = \frac{Na * 0 + Nb * 0.5 + Nc * 2 + Nd * 2.5}{M} \quad (1)$$

I = Índice de Calidad, Na = N° de piezas sin defectos, Nb = N° de piezas con defecto leve, Nc = N° de piezas con defecto moderado, Nd = N° de piezas con defecto severo, M = N° de piezas totales de la carga

De acuerdo al índice de calidad obtenido, cada ensayo fue clasificado mediante la siguiente tabla de atributos de calidad (adaptada de Kauman y Mittak, 1996).

Tabla 2: Atributos de calidad según alabeos

<i>Nivel de Secado</i>	<i>Indice</i>	<i>Condiciones de Secado</i>
Excelente	0.0	Adecuadas
Muy bueno	0.1 - 0.5	
Bueno	0.51 - 1.0	
Satisfactoria	1.1 - 1.5	Poco Adecuadas
Regular	1.51 - 2.0	
Defectuosa	2.1 - 3.0	Inadecuadas
Mala	3.1 - 5.0	
Muy Mala	> 5.0	

Fuente: Kauman y Mittak, 1966.

En base a la norma Nch 993.Eof72, los alabeos admisibles para la madera utilizada en estos ensayos se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Niveles de alabeos admisibles en mm

Espesor	Acanaladura				Arqueadura				Encorvadura				Torcedura			
	S/d	L	M	S	S/d	L	M	S	S/d	L	M	S	S/d	L	M	S
25 mm	0	1-3	3-5	>5	0	1-3	3-6	>6	0	1-2	2-3	>3	0	1-5	5-8	>8
50 mm	0	1-3	3-5	>5	0	0-1	1-3	>3	0	1-2	2-3	>3	0	1-4	4-7	>7

S/d= Sin defecto, L= Leve, M= Moderado, S= Severo

De acuerdo al procedimiento elaborado por Welling en 1994, se evaluaron al final del secado los parámetros: contenido de humedad, gradiente de humedad, tensiones y colapso. Los rangos de calidad de la madera fueron especificados como Estandar (S), Calidad (Q) y Exclusiva (E), tal como mostrado en la tabla 4:

Tabla 4: Calidad de la madera al final del secado según rangos de contenido de humedad, gradiente de humedad, tensiones y colapso.

<i>Parámetros</i>	<i>Estándar (S)</i>	<i>Calidad (Q)</i>	<i>Exclusivo (E)</i>
Contenido de Humedad Final (%)	7 - 13	8 - 12	9 - 11
Gradiente de Humedad (%)	4	3	2
Tensiones internas (mm)	3	2	1
Colapso (mm)	6	3	2

El contenido de humedad se evaluó mediante el método gravimétrico, al igual que el gradiente de humedad al final del secado. Las tensiones de secado fueron determinadas por la flecha máxima obtenida en probetas tipo filete. Se evaluó la reducción en espesor necesaria para eliminar el colapso por medio de cepillado. Este procedimiento establece que a lo menos el 90 % de piezas que conforman la carga de secado deben ajustarse dentro de los intervalos y límites correspondientes para la calidad asignada, en caso contrario se clasificara el proceso con una calidad inferior (Welling, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

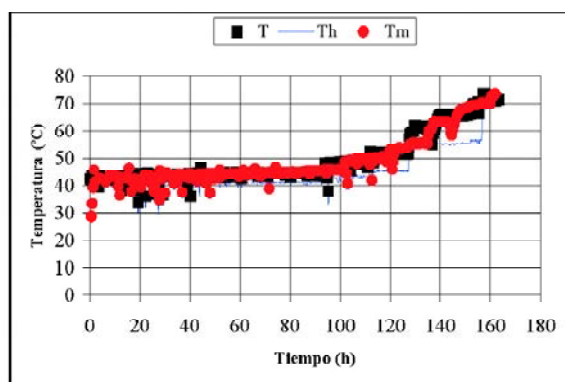
Programas de secado

En la tabla 5 se proponen los programas de secado para 25 y 50 mm de espesor. Estos fueron adaptados de la literatura (Aléon et al., 1990; Junac, 1989; Boone et al. 1988; Tuset y Durán, 1986; Joly y More-Chevalier, 1980), y comprobados por experiencia en base a prueba y error en los 4 experimentos iniciales de secado, la mejor adaptación de programa fue repetida para cada espesor.

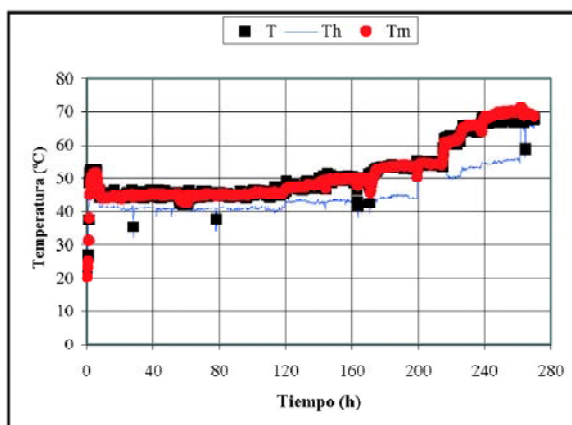
Tabla 5 Programas de secado para renovales de canelo.

<i>Programa</i>	<i>CH (%)</i>	<i>T (°C)</i>	<i>T_H (°C)</i>	<i>CHE (%)</i>
1	Verde	50	50	-
	Verde-40	44	40	14
	40-30	48	42	12
	30-25	52	44	10
	25-18	60	50	9
	18	60	60	-
	20-15	66	54	8
	15-8	70	54	6
8	70	70	-	
2	Verde	44	44	-
	Verde-30	44	40	14
	30-25	48	42	12
	25-18	52	44	10
	18	52	52	-
	20-15	60	50	9
	15-8	66	54	8
	8	66	66	-

Los programas de secado para madera verde de renovales de canelo, incluyen un tratamiento inicial en ambiente saturado a 50 °C y 44 °C, para madera de 25 y 50 mm de espesor respectivamente. Luego el secado propiamente tal hasta alrededor de 18 % de contenido de humedad, donde se introduce un tratamiento intermedio en ambiente saturado a la temperatura del programa, esto es, 60 °C y 52 °C en 25 y 50 mm de espesor. Finalmente el programa termina con un acondicionamiento final en ambiente saturado a 70 y 66 °C en 25 y 50 mm de espesor respectivamente. El tratamiento inicial favorece el calentamiento de la madera y la preparación de la carga de madera para el secado. El tratamiento intermedio (reacondicionado) favorece la recuperación del colapso y el acondicionamiento final permite liberar las tensiones de secado. La evolución real de las temperaturas de secado y de la temperatura interna de la madera en dos ensayos representativos son observadas en la Figura 3.



25 mm



50 mm

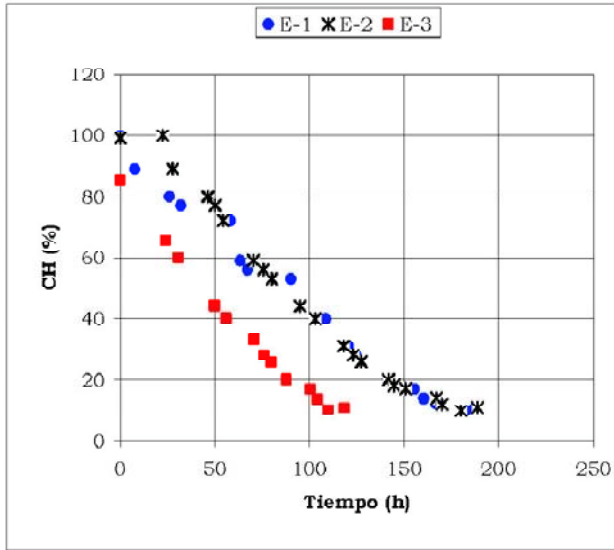
Figura 3: Evolución de las temperaturas de secado en el horno y en la madera

Evolución del contenido de humedad

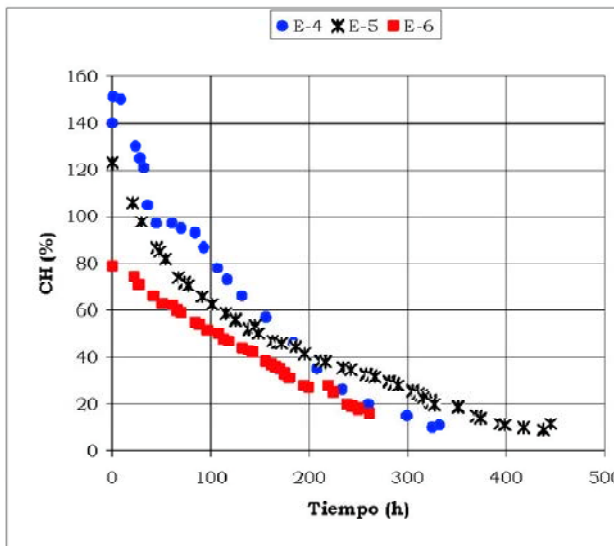
La evolución temporal del contenido de humedad durante los ensayos experimentales de secado de los renovales de canelo es mostrada en la Figura 4.

La humedad inicial de la madera verde de 25 mm varió entre 85 y 135% , esto debido al presecado natural de la madera antes de los ensayos (E-1, E-2, E-3). Por lo mismo la humedad inicial de la madera de 50 mm de espesor varió entre el 80 y 140% (E-4, E-5, E-6). Tales diferencias en el contenido de humedad inicial condicionaron el tiempo de secado de los renovales. En el caso de la madera de 25 mm esta reducción fue del 40% (80 horas) ya que paso de una duración de 192 horas en el ensayo 1 (E-1) a 112 horas en el ensayo 3 (E-3). En la madera de 50 mm de espesor la duración del secado varió entre 272 y 444 horas (E-4, E-5, E-6), en este caso aparte de la humedad inicial influyó además el comportamiento de la madera frente al secado, la atención a la conducción del secado fue fundamental, se observó la tendencia a la cementación superficial y grietas lo que obligó a mantener condiciones muy suaves de secado prolongándose el tiempo del secado para favorecer la calidad de la madera.

En todos los casos, fue notable que la disminución del contenido de humedad inicial al debutar el secado (oreado de la madera) permitió reducir el tiempo de secado artificial. Además la calidad inicial de la madera, en particular la presencia de médula, condicionó fuertemente el tiempo de secado como consecuencia de la tendencia a las grietas de la madera central de los renovales de canelo.



a) 25 mm



b) 50 mm

Figura 4: Curvas de secado de renovales de canelo. a) 25 mm. b) 50 mm.

Evaluación de la Calidad de Secado.

Evaluación del contenido de humedad, gradiente de humedad, tensiones y colapso al final del secado

Los resultados del contenido de humedad, gradiente de humedad, tensiones y colapso al final del secado en los ensayos de 25 y 50 mm de espesor son mostrados en las Figuras 5 y 6 respectivamente.

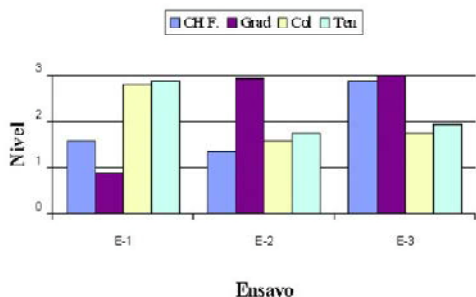


Figura 5: Índice de calidad de humedad (25mm)

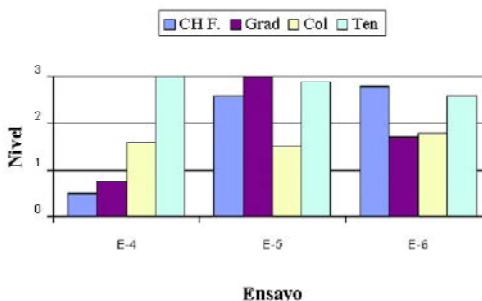


Figura 6: Índice de calidad de humedad (50mm)

Se observa en el ensayo E-1 un buen nivel (Q) tanto en el nivel de colapso como en tensiones internas; en el caso del contenido de humedad final este es aceptable (S) pero en cuanto al nivel de gradiente éste no alcanza la norma llegando apenas al 85%.

En el ensayo de repetición E-2 se mejoro el nivel de gradiente de humedad (E), mientras que el resto de índices se mantuvo en nivel standard lo que es aceptable.

En el ensayo E-3 se presenta un mayor nivel de calidad en cuanto al contenido de humedad final y tensión (Q) mientras que se mantiene constante el resto de factores, gradiente (E) y colapso (S).

Se observa que el ensayo E-4 tanto el contenido de humedad final (CH F) como el gradiente de humedad (grad) no satisfacen la norma, mientras que el nivel de colapso es aceptable (S) y las tensiones finales llegan hasta calidad exclusivo (E).

Para el ensayo E-5 se presenta una considerable mejora en los niveles de calidad tanto en el contenido de humedad final (Q) , como en el gradiente de humedad (E) y tensión (E), en cuanto al nivel de colapso este es aceptable (S). En la Figura 7 se observa la madera seca y cepillada obtenida en este ensayo.

En el ensayo de repetición E-6 se mantiene los niveles de calidad, confirmando el buen funcionamiento del programa P-2 .



Figura 7: Madera seca antes y después del cepillado (renovales canelo 25mm de espesor).

Índice de alabeos

En las Figura 8 y 9 se presenta gráficamente el índice de alabeos en los ensayos de secado de renovales de canelo de 25 y 50 mm de espesor respectivamente:

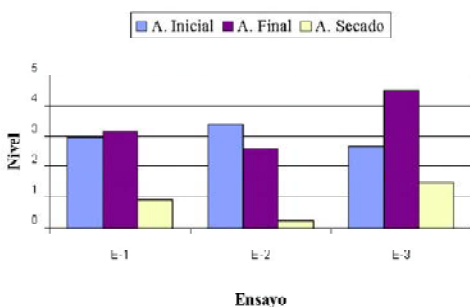


Figura 8: Índice de calidad de secado (25mm)

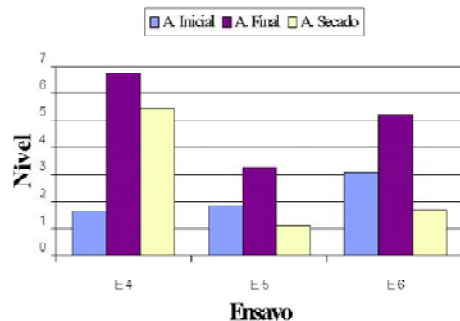


Figura 9: Índice de calidad de secado (50mm)

Se observa que los ensayos E-1 y E-2 (P-1) presentan un menor nivel de defectos debido al secado con valores de 0.91 (bueno) y 0.21 (muy bueno) respectivamente. El ensayo E-3 presenta un mayor nivel de defectos por secado 1.47 (satisfactorio), pero aun se mantiene en los niveles aceptables.

El defecto de mayor influencia en este índice fue la acanaladura, debido a la alta proporción de madera en corte mixto.

El ensayo E-4 presenta el nivel mas alto de defectos 5.44 (muy malo) siendo no aceptable el programa de secado utilizado (P1). Para el siguiente ensayo se utilizó el programa P2, presentándose en el ensayo E-5 un índice de calidad de secado de 1.15 (satisfactorio) y se lo repitió en E-6 obteniéndose un índice de 1.7 (regular). En este caso el defecto que más aportó al índice fue la torcedura (Figuras 8 y 9).

CONCLUSIONES

Dos programas de secado son propuestos para el secado de renovales de canelo de 25 y 50 mm de espesor. Los resultados del secado experimental de renovales de canelo muestran que las condiciones de secado (P-1) utilizadas para la madera de 25 mm de espesor son adecuadas y se logra un nivel de secado muy bueno. En el caso de los ensayos para 50 mm de espesor las condiciones de secado utilizadas (P-2) son poco adecuadas manteniendo un nivel de secado satisfactorio, pero mejora el nivel logrado con el programa P-1 para el mismo espesor. Los ensayos de secado realizados logran un nivel de secado de calidad (Q) y en algunos factores llegan al nivel exclusivo (E) de acuerdo al procedimiento propuesto por los estándares europeos

La calidad inicial de la madera y la realización de un pre secado (oreado de la madera) son factores importantes en la calidad del producto final y en la reducción del tiempo del proceso de secado.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Forestal de Investigación de Chile, en particular al proyecto “*Desarrollo de aplicaciones industriales no pulpables para renovales de canelo*”, por permitir la divulgación de estos resultados. A la Dirección de Graduados de la Universidad del Bío-Bío por el financiamiento de una parte de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Aléon, D.; Chanrion, P. ; Négrié, G.; Perez, J.; Snieg, O. 1990. Séchage du bois. Guide pratique. CTBA, Paris, Francia. 133 pp.

Ananías, R.A. 2004. Estudio experimental del secado de renovales de canelo. Informe final. Proyecto AT 0405. Universidad del Bío-Bío. 24 pp

Boone, R.S.; Kozlik, C.J.; Bois, P.J.; Wengert, E.M. 1988. Dry kiln schedules for commercial woods. Temperate and tropical. USDA, FPL-GTR-57. 158 pp.

Cabrera, J. 2003. Desarrollo de aplicaciones industriales no pulpables para renovales de canelo. Proyecto FDI, CORFO-INFOR. www.infor.cl

Díaz-Vaz, J.E.; Devlieger, F.; Poblete, H.; Juacida, R. 1986. Maderas comerciales de Chile. Colección naturaleza de Chile. CONAF, Universidad Austral, Valdivia, 70 p.

Escriba, M. 1991. Variabilidad del contenido de humedad máximo, densidad básica, contracción y grado de recuperación de colapso en madera de renovales de canelo *Drimys winteri*. Seminario de titulación, DIMAD, Fac. Ingeniería, Universidad del Bío-Bío. 70 pp.

Fernández, A.; Linero, R. 1996. Evaluación de secado convencional secado al vacío de madera de canelo de 25 mm de espesor. Seminario Titulación, DIMAD, Fac. Ingeniería, Universidad del Bío-Bío. 75 pp.

Hall, M.; Witte, J. 1998. Maderas del sur de Chile. IER Ediciones. Santiago, Chile. 91 pp.

INFOR-CORFO 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. Informe técnico Nro. 22. 89 pp.

INFOR-CONAF 1998. Monografía del canelo. Ministerio de Agricultura. 61 pp.

INN. 1993. Norma chilena NCH 993 EOf 72. Madera. Procedimientos y criterios de evaluación para clasificación.

Joly, P.; More-Chevalier, F. 1980. Théorie, pratique et économie du séchage des bois. Vial, Francia. 203 pp.

JUNAC-1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena, Lima, Perú.

Kauman, W.G.; Mittak, G. 1966. Ensayos de secado de coigüe. Informe Técnico N° 25 INFOR, Chile.

Rodriguez. S. 1998. Antecedentes tecnológicos de canelo *Drimys winteri*. *Bosque* 19(1):91-99.

Tuset, R.; Duran, F. 1986. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Hemisferio.

Welling, J. 1994. Drying quality: assessment and specification – A challenge for the future. 4IWDC, pp. 297-304.