SITUACIÓN ACTUAL DEL SECADO ARTIFICIAL DE MADERA PROVENIENTE DEL BOSQUE NATIVO

Vásquez, M.[1]; Hernández, G.[2]

[1] Docente Depto. Industrias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Casilla 747, Talca. Chile. mvasquez@utalca.cl

[2] Jefe de Proyectos. División Industrias. Instituto Forestal, Casilla 109C, Concepción. Chile. ghernand@infor.cl

RESUMEN

La reciente promulgación de la Ley Corta de Bosque Nativo ha motivado a varias instituciones a poner especial atención en la importancia que éste puede poseer desde el punto de vista productivo, ambiental y social. El manejo del bosque nativo debería generar una considerable actividad en torno al recurso, habiéndose estimado un área productiva de 5,13 millones de hectáreas dentro de un total de 13,4 millones de hectáreas actualmente existentes.

El primer paso hacia la agregación de valor de la madera aserrada proveniente del bosque nativo se centra en el correcto secado, que por provenir de árboles de renovales, bosques jóvenes, pueden incorporar más variables al desafío técnico de secar en un tiempo razonable con una calidad aceptable. La tecnología puede estar disponible, sin embargo la falta de estudio en forma sistemática ha dificultado proporcionar el conocimiento sobre su comportamiento frente al secado y las causas que originan su desclasificación.

El presente estudio es una revisión bibliográfica que recopila la información sobre programas de secado, tiempo de secado y defectos del proceso, publicadas en universidades, centros de investigación, organismos estatales y entrevistas con especialistas del área. Los resultados que pretende mostrar son las actuales prácticas del secado en especies nativas como coigue (*Nothofagus dombeyi*), coigue de Magallanes (*Nothofagus betuliodes*), raulí (*Nothofagus alpina*), roble (*Nothofagus oblicua*), hualo (*Nothofagus glauca*), lenga (*Nothofagus pumilio*), tepa (*Laurelia philippiana*) y canelo (*Drymis winteri*) y señalar que es necesario seguir ampliando el conocimiento hacia otras especies, como por ejemplo el olivillo (*Aextoxicom punctatum*) de la región del Maule.

Palabras claves: Secado artificial, bosque nativo, tecnología

INTRODUCCIÓN

La investigación del secado de madera en Chile se ha enfocado en aspectos técnicos más que aspectos fundamentales de relación agua-madera. Así lo demuestran los estudios realizados en diferentes centros de educación superior e institutos de investigación. El secado artificial asegura el estabilizado de la madera y su acondicionamiento a cada uso

final, sin embargo resulta muy caro en especies que requieren entre 30 a 35 días en cámara para reducir su contenido de humedad a menos del 10% (López y Fuenzalida, 1998). Lo anterior ha significado un desaliento en la aplicación de estos procesos en maderas de baja permeabilidad por el lento crecimiento de las maderas nativas en Chile. El nulo manejo silvícola y la alta competencia de una especie por nutrientes y luz no ha permitido contar con madera de calidad. Generalmente la madera que se comercializa corresponde a bosques de renovales, con rollizos de bajo diámetro, deformes que no aportan un rendimiento en madera superior al 20%. Sin embargo la ley de "Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal", que entró en vigencia el 4 de enero de 2008, viene a estimular el manejo y uso de este tipo de recurso. El objetivo de esta ley es la protección, recuperación y mejoramiento de los recursos naturales del país propiciando con ello un desarrollo económico y social de las comunidades en miles de pequeños propietarios que tienen bajo su control una extensión aproximada de 3,6 millones de este recurso correspondiente a renovales, bosques jóvenes con un gran potencial de crecimiento. Dentro de los beneficios proyectados de la ley, existen enormes perspectivas de desarrollo como aumento de la fuerza de trabajo en el ámbito forestal en la conservación y preservación del bosque nativo, uso de biomasa como fuente energética y aumento de la actividad maderera con una producción estimativa de 2,5 millones de m3. Los recursos vegetacionales nativos ocupan una superficie cercana a los 28 millones de hectáreas, de los cuales 13,43 corresponden a bosques nativos. De estas, 3,9 millones de hectáreas, es decir, el 29%, se encuentra en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado; 4,4 millones son considerados bosques de protección y 5,13 millones no tienen restricción para la producción (CONAF, 2008).

La madera obtenida del manejo del bosque nativo tendiente a su recuperación debería ser investigada con el fin de aportar información referida a la posibilidad de uso industrial y potencialidad de mercado de la especie para producir madera de alto valor como una forma de aprovechar el potencial económico, social y ambiental que ofrecen estas nobles especies.
El catastro de Bosque Nativo desarrollado por CONAF en 1997 dio a conocer las condiciones de sobreexplotación de algunas especies que se produjeron por el cambio de uso de suelo de una actividad forestal a agrícola y en algunas ocasiones por las características propias de la especie. Vale recordar la sobreexplotación de los bosques de Alerce (*Fitzroya cupressoides*) en la zona sur del país por las increíbles propiedades de su madera.
La cultura popular sobre las bondades de la madera obtenida del bosque nativo ha significado su sobreexplotación, ya que se asocia a características como: durabilidad natural, flexibilidad, resistencia mecánica, poder calorífico, notables propiedades organolépticas como color, veteado y textura. Por las características anteriores estas maderas han sido utilizadas en embarcaciones, pilares de minas, durmientes, leña y carbón, muebles y artesanías entre otros.

El Cuadro 1 entrega la superficie nacional de bosque nativo en esa fecha y que han sido actualizadas en algunas regiones del país según se especifica en la página web de CONAF.

Cuadro 1: Superficie Nacional de Bosque Nativo, según Tipo Forestal

Tipo Forestal	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Siempreverde	4.148.904,8	30,9
Lenga	3.391.551,8	25,3
Coihue de Magallanes	1.793.097,5	13,4
Roble- Raulí- Coigue	1.460.531,0	10,9
Ciprés de las Guaitecas	970.326,0	7,2
Coigue- Raulí- Tepa	563.519,1	4,2
Esclerófilo	345.088,9	2,6
Alerce	263.191,8	2,0
Aruacaria	261.073,1	1,9
Roble-Hualo	188.322,7	1,4

Fuente: CONAF (1999)

De la tabla anterior se deduce que el principal Tipo Forestal que registra el catastro Vegetacional corresponde al Siempreverde que representa el 30,9% del total. Le siguen los Tipos Forestales Lenga, Coihue de Magallanes y Roble-Raulí-Coihue. Siendo los de menor superficie el Tipo Forestal Roble-Hualo que se concentra en la Región del Maule (CONAF, 1999).

La tecnología de secado que existe en el país es variada: unos procesos son relativamente tradicionales con sistemas de operación manual, los que utilizan sensores y controles semi automáticos, hasta otros que usan tecnología de punta como cámaras totalmente automatizadas. En las últimas décadas el secado artificial es práctica común, utilizada en muchas empresas madereras medianas y pequeñas (INFOR, 1995 citado por López y Fuenzalida, 1998)

La capacidad de secado en Chile se ha incrementado significativamente en la última década. Esta infraestructura es ocupada fundamentalmente para el secado de madera proveniente de plantaciones de especies de rápido crecimiento, como son: pino y eucalipto. Sin embargo con la disponibilidad de madera nativa producto del floreo o manejo silvícola podrá proporcionar materia prima suficiente para hacer uso de la capacidad de secado de las plantas industriales con el propósito de comercializar madera nativa aserrada seca o elaborar productos para obtener un mayor valor agregado.

METODOLOGÍA

La investigación en el área secado está dispersa en diferentes estudios tendientes a resolver una situación práctica de utilización de la madera. Por ejemplo el Depto. de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Talca ha desarrollado estudios de secado por vacío de coigüe (Cartes, 1994), secado convencional de coigüe de Magallanes (Muñoz, 2001), secado convencional de hualo (Chávez, 2005) y apoyo técnico al estudio de secado de durmientes para el “Diseño y evaluación de un programa de secado

artificial para durmientes de maderas nativas destinados a la impregnación con creosota", solicitado por el INFOR el año 2003. Las especies nativas evaluadas en tal estudio fueron coigüe, ulmo y tepa junto con especies introducidas como *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens.*

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bio Bio específicamente en el Depto. de Ingeniería en Maderas se han estudiado el secado artificial de madera de coigue (Ananías et al, 2001; Ananías et al, 2002; Ananías, 2003), el secado de madera de raulí (Ananías et al, 1994) y el secado de madera de renoval de canelo (Guzmán et al, 2005 y Pérez, 2006). También el Depto. de Ingeniería Mecánica ha desarrollado varias investigaciones en el secado por vacío de madera de coigüe, el que ha sido ampliamente estudiado por Sánchez desde el año 1995 (Sánchez y Díaz, 1991; Sánchez et al, 1999).

El Instituto Forestal (INFOR) ha desarrollado estudios en secado y divulgado a través de diferentes informes técnicos como son: Ensayos en secado de coigüe y ulmo en tablas de largo comercial (INFOR, 1966), Ensayos de secado de coigüe (Kauman y Mittak, 1964a; Kauman y Mittak, 1964b; Kauman y Mittak, 1965; Kauman y Mittak, 1966), secado de madera de renovales de roble y raulí (INFOR, 1994) y recientemente el estudio sobre los procesos industriales de la madera de canelo empezando por el secado de su madera (Guzmán et al, 2005).

Un estudio sobre secado artificial de madera aserrada en la región del Bio Bio (INFOR, 1999), muestra como la participación del secado de madera nativa es poco significativa, ya que de 56 empresas que cuentan con secadores, sólo 2 de ellas secan esporádicamente madera nativa.

En la Universidad Austral de Chile han investigado el secado artificial de madera de coigüe (Peredo y Figueroa, 1992; Diaz-Vaz y Poblete, 1991), el secado artificial de madera de tepa (Peredo y Uarac, 1994), el secado artificial de madera de olivillo (Inzunza, 1991) y el efecto del vaporizado inicial en el secado artificial de madera de coigüe de Magallanes (Juacida et al, 2005).

En la Universidad de Chile se ha investigado el secado artificial de madera de tepa (Gutiérrez, 1985) y de tamarugo (Gutiérrez y Bazán, 2002)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Secado por vacío de madera nativa

El secado por vacío de maderas como coigüe y raulí ha sido estudiado por Sánchez y Díaz (1991), Sánchez et al (1999) y Cartes (1994). Se ha demostrado que esta técnica presenta grandes ventajas comparado con las técnicas tradicionales, en los que se requiere, normalmente, un presecado al aire seguido de un secado artificial a baja temperatura. Tiempos de secado de 12 a 15 días en madera desde verde hasta humedades finales de 8 a 10% son logradas con esta aplicación. Sumando a lo anterior bajos niveles de tensiones,

deformaciones y menores consumos de energía y por ende bajos costos de operación. Los primeros ensayos de secado por vacío en madera de raulí de 60 mm de espesor arrojaron tiempos de secado de 8 días y para madera de coigüe de igual espesor, 12 días.
Según Sánchez et al (1999) los programas de secado empleados par el secado por vacío de coigüe de 38 y 50 mm de espesor se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Programa de secado por vacío de coigüe de 38 mm de espesor

Etapa	TBS (°C)	P (bar)	CH eq(%)	Tiempo (h)
Vaporizado				4
Verde-74%	50	0,6	10,8	72
74-55%	50	0,5	9	72
55-38%	60	0,45	8,2	24
38-30%	60	0,3	7,8	24
30-25%	60	0,2	7,5	48
25-22%	60	0,1	5,6	48
vaporizado				4
22-15%	60	0,1	5,1	93
15-12%	60	0,1	4,8	42
vaporizado				4

Donde: TBS(°C) es la temperatura de bulbo seco (aire) medida en grados Celsius
P (bar) es la presión de vacío medida en bar
CH eq(%) es el contenido de humedad de equilibrio medido en porcentaje
Tiempo (h) es el tiempo de secado que toma cada condición medida en horas.

Cuadro 3: Programa de secado por vacío para coigüe de 50 mm de espesor

Etapa	TBS (°C)	P (bar)	CH eq(%)	Tiempo (h)
vaporizado				4
Verde-69%	45	0,4	10,8	66
69 – 59%	45	0,3	9,5	96
59-51%	45	0,2	9,7	72
51-20%	45	0,1	7,3	382
20-15%	45	0,1	4,5	74
vaporizado				4

La evaluación del secado se realizó mediante la determinación de la magnitud del colapso, presencia de grietas y alabeos. Los resultados fueron satisfactorios en cuanto a tiempo de secado, si se considera que con las técnicas convencionales su duración es a lo menos 3 a 4 veces superiores. La generación de colapso en la primera fase de secado constituyó una dificultad a enfrentar y decisiva para el éxito del secado, por la influencia que este tiene en la generación de grietas internas y la eficiente migración de agua desde el interior de la madera. Para evitar lo anterior se podría utilizar madera presecado con un contenido de humedad inicial no superior a 60% y con ello reducir más aún los tiempos de secado pero sobretodo los riesgos de alabeos, grietas y colapso.

Según Cartes (1994) madera de coigüe secado por vacío sin pretratamiento y pretratadas con inmersión en agua caliente e inmersión en solución de agua etanol, de 32 mm de espesor y anchos variables de 130 a 225 mm fueron secadas desde verde hasta 10% empleando 25, 24 y 28 días bajo las siguientes condiciones:

Cuadro 4: Programa de secado por vacío de coigüe

CH mad(%)	TBS (°C)	HR (%)
Calentamiento	42	95
80	42	90
50	43	85
40	44	81
30	46	75
25	50	61
20	56	55
17	58	52
10	60	48

El programa usado fue común en las 3 cargas y requirió de un reacondicionado cuando la madera alcanzó aproximadamente 17% más una etapa de acondicionado cuyos tiempos fueron de 6 y 8 horas respectivamente. La magnitud del vacío fue de 0,1 bar (10% de la presión atmosférica), lo que equivale al empleo de temperaturas cercanas a los 100 °C en condiciones de presión normal. Esta característica implica forzar la evacuación del agua de la madera sin la aplicación excesiva de temperatura y por ende una menor generación de defectos.

Del estudio de secado por vacío de coigüe se desprende que el programa de secado empleado fue bastante conservador desde el punto de vista de los defectos generados, aunque los tiempos requeridos se asemejan a los mostrados por programas de secado más severos.

Secado artificial de coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*)

Se estudiaron 2 programas innovadores comparándolos con un programa de secado testigo comúnmente utilizado para el secado de coigüe. Se emplearon tablas de 20 mm de espesor, 150 mm de ancho y 900 mm de largo. El programa que dio mejor resultado en el estudio se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4: Programa de alta humidificación para secado de coigüe de Magallanes

Tiempo secado (hr)	TBS (°C)	TBH (°C)	HR (%)	Tratamiento con alta humedad (hr)	TBS (°C)	TBH (°C)	Duración (min)
0	50	42	83	6,12,18,24	60	58,5	30
24	60	40	80	30,36,42,48	65	61,5	15
18	65	40	74	54,60,66,72	65	61,5	10
72	70	45	67	78,84,90,96	70	67	10
96	75	50	58	102,108,114,120	75	72	10
120	80	55	50	126,132,138,144	80	77	10
144	85	55	41	150	80	77	10

El primer programa innovador, basado en tiempo, presentó características de una aplicación de alta humidificación a intervalos de tiempos predeterminados. Este corresponde a una adaptación del secado de *Eucalyptus grandis* realizado por H.P. Storh. El segundo programa innovador presentó una aplicación de temperaturas progresivamente elevadas a partir del punto de saturación de la fibra con el propósito de aumentar la tasa de secado.
Ambos programas innovadores presentaron mejor comportamiento que un programa tradicional. El programa mas favorable para la especie coigüe de Magallanes fue el de alta humidificación con un tiempo de secado de 160 horas que generó en la madera una contracción total de 14,25%, baja intensidad de colapso y deformación residual leve.

Secado artificial de coigüe (*Nothofagus dombeyi*)

Experiencias de secado de coigüe que combinan el secado natural y artificial fueron realizadas el año 1996 por Kauman y Mittak. En ese tiempo se realizaron experiencias de secado para aportar nuevos antecedentes que contribuyan a un mejor empleo de esta especie, la más abundante del país. Tres árboles sanos y maduros de las proximidades de Valdivia proporcionaron tablas de 1 pulgada de espesor y 6 pulgadas de ancho que requirieron para el secado al aire- desde verde hasta aproximadamente 10%- de 8 a 9 meses, necesitando unos 9 días el secado artificial. Un secado al aire hasta un 25% necesitó de 6 a 7 meses, completándose el proceso en un secador en unos 3 días. A lo anterior es necesario agregar 1 a 2 días para realizar tratamientos finales con alta humedad y aliviar las tensiones internas producidas por el secado. Hubo diferencias en comportamiento entre árboles, pero sólo leve entre trozas y tipo de corte cuarteado y floreado. Se obtuvieron diferencias significativas para calidad, contracción total y colapso, comparando los programas de secado al aire- total o parcial- con los efectuados totalmente en el secador, como también estos últimos entre sí. Después de un reacondicionamiento y atendiendo a las contracciones finales, las diferencias entre los programas dejaron de ser significativas. Dada la experiencia de secado artificial, se hace hincapié de no sobrepasar los 60°C antes de que la humedad de todas las tablas, inclusive en su interior, haya bajado de un 30% y se recomienda el empleo de un reacondicionamiento con vapor, una vez finalizado el secado. De este estudio se proponen varios programas de secado dependiendo de las condiciones iniciales de la madera de coigüe y que se señalan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Programas tentativos para el secado artificial del coigüe en tablas de una pulgada de espesor

CH mad (%)	Secado al aire hasta un 25% de humedad media		Secado en secador desde verde	
	TBS (°C)	DS (°C)	TBS (°C)	DS (°C)
Verde			43	2
60			50	4
40			55	6
25	65	10	65	10
20 [1]	70	10	70	10
Acondicionamiento final	60	5	60	5

[1]: Se recomienda dar un tratamiento de reacondicionamiento de 3 a 4 horas a 17%. En este caso, secar hasta 17% a 65/55 y volver a secar a 70/60 después del reacondicionamiento.

Previo a estos estudios del secado de coigue, por sobre el punto de saturación de las fibras, debía efectuarse a tempeturas inferiores a 50 °C; que el secado artificial desde el estado verde requería de unos 25 a 35 días y que los efectos principales que causa son el colapso y las torceduras (Torgeson, 1951; Woods, 1951; Laboratorio Británico de Investigación de Productos Forestales, 1956; ensayos de C.S.I.R.O.- Australia, 1956(sin publicar), CORFO, 1957 y Tinto, 1957 citados por Kauman y Mittak en 1966).

Según lo reportado en el proyecto GTZ-CONAF en 1998 realizado por los economistas López y Fuenzalida (1998), la madera de coigue secada artificialmente dura entre 30 y 35 días desde verde a 8%, período en el cual el capital ha permanecido inmovilizado y en que se ha incurrido en un elevado gasto de energía eléctrica, en circunstancias en que el precio de venta no es superior al de otras maderas de secado más rápido y barato. En el caso de la madera de lenga (*Nothofagus pumilio*) tarda entre 20 a 30 días en secar artificialmente y cuando se realza un secado combinado (presecado al aire mas secado artificial en cámara) tarda 15 días para obtener un CHf de 8%.

Una encuesta realizada a diferentes empresas que secaban artificialmente coigüe (Mancilla, 2000), señaló que si bien esta especie representa un volumen importante dentro del bosque nativo, ha sido poco utilizada por la dificultad que representa su secado, teniendo que incurrir en altos porcentajes de desclasificación, principalmente por colapso. De la encuesta se pudo concluir que a pesar de contar con el nivel tecnológico y utilizar la mayoría de las técnicas adecuadas de secado, la desclasificación se presenta por la baja calidad de la materia prima.

Secado de hualo (*Nothofagus glauca*)

El secado de madera de hualo se basó en la comparación de dos programas de secado, los que fueron evaluados y clasificados de acuerdo a los defectos presentes en la madera de

distinta procedencia: Cauquenes y Linares (Chávez, 2005, Vásquez y Chávez, 2006). La madera fue aportada por CONAF y consistió en las 4 primeras trozas de cada zona con un diámetro no menor de 20 cm. El proceso de aserrío se realizó con un banco móvil de sierra huincha de marca ECASO en el Centro Regional de Tecnología de la Madera (CERTIM) de la Universidad de Talca. Producto del aserrío se obtuvieron 172 palmetas de parquet de dimensiones de 30mm x 80mm x 900mm en corte radial, debido a que este corte le proporciona una mayor estabilidad dimensional a la madera. Se aserraron las tablas con una sobredimension que nos permita alcanzar las escuadrías del producto final (25 mm x 75 mm) durante el secado de la madera utilizando los coeficientes de contracción de la madera de *Nothofagus oblicua* (INFOR, 1991).

En ambos programas se secaron 86 tablas, 43 provenientes de Linares y 43 provenientes de Cauquenes con escuadrías de 30mm x 80mm x 900mm, distribuidas al azar dentro de cada carga. Los castillos estaban estructurados por 9 corridas de alto y 10 tablas de ancho. Se utilizaron 2 programas de secado de elaboración propia basada en la experiencia en el área de secado de nativo por profesionales del CERTIM. Estos programas fueron establecidos con el fin de minimizar el tiempo y los defectos de la madera durante su secado. El programa 1 presentó aumentos graduales en temperatura de 5°C en el bulbo seco hasta una temperatura máxima de 75°C y muestra condiciones de temperatura y humedad relativa suaves, según se observa en el siguiente cuadro 6. En cambio el programa 2 conservó una temperatura constante de 75°C en el bulbo seco durante el proceso de secado y presenta condiciones de temperatura y humedad relativa más severas, según se observa en el siguiente cuadro 7. El tiempo empleado en ambos programas en la fase de calentamiento fue de 6 horas y en la fase de acondicionado de la madera fue de 8 horas, considerado suficiente para el tamaño de la cámara y el volumen de madera. La calidad del secado fue medida a través del índice de calidad total (ICT) de secado, con el cual se pudo cuantificar los defectos y obtener rangos de calidad para la asignación de calidad: mala, regular, buena o excelente.

Los Cuadros 6 y 7 muestran las condiciones de secado de los programas utilizados para el estudio.

Cuadro 6: Programa de secado 1 para el secado de madera de hualo.

Etapa	CH mad (%)	TBS (°C)	TBH (°C)	HR (%)	CH eq (%)
Calentamiento		50	48	89	18
Secado	Verde	45	41	80	15
	40	45	40	73	13
	35	50	43	65	11
	30	50	40	54	9
	25	55	43	50	8
	20	60	46	45	7
	17	65	47	37	6
	15	70	48	31	5
	12	75	50	28	4
	9	75	47	22	3
Acondicionamiento		70	68	91	17

Cuadro 7: Programa de secado 2 para el secado de madera de hualo

Etapa	CH mad (%)	TBS (°C)	TBH (°C)	HR (%)	CH eq (%)
Calentamiento		80	78	93	17
Secado	Verde	75	72	89	16
	40	75	71	85	14
	35	75	70	80	12
	30	75	67	69	10
	25	75	63	57	8
	20	75	61	51	7
	17	75	57	41	6
	15	75	53	33	5
	12	75	50	28	4
	9	75	47	22	3
Acondicionamiento		70	68	91	17

El secado se evaluó mediante un índice de calidad total propuesto por Fuentes (1994), el cual incluye la medición de los siguientes defectos del secado: grietas en las caras, grietas superficiales, acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura. Estas mediciones se hicieron para el 100% de la carga al término del secado, siendo estos ubicados dentro de cuatro grados de calidad.

A modo de síntesis se muestra a continuación en el Cuadro 8 un resumen de los resultados obtenidos, listando los parámetros medidos y diferenciando los efectos de aplicación del programa de secado 1 y del programa de secado 2 de la madera de hualo de las distintas procedencias:

Cuadro 8: Síntesis de los parámetros medidos en el secado de hualo

Parámetros Medidos	Programa de Secado 1		Programa de Secado 2	
	Linares	Cauquenes	Linares	Cauquenes
CH inicial (%)	97,68	96,59	98,01	95,55
CH final (%)	11,7	11,6	11,4	11,2
Densidad Básica (gr/cm^3)	0,636	0,560	0,629	0,570
Densidad Anhidra (gr/cm^3)	0,757	0,679	0,762	0,687
Contracción Radial (%)	6,14	7,19	6,64	6,94
Contracción Tangencial (%)	10,13	10,67	10,81	10,92
Contracción Longitudinal (%)	0,43	0,39	0,33	0,32
Colapso (grado de	0,8	1,0	0,9	1,5

colapso)				
Acanaladura (mm)	1,0	0,6	0,7	0,7
Arqueadura (mm)	4,6	4,2	3,6	4,2
Encorvadura (mm)	4,6	4,5	3,2	3,8
Torcedura (mm)	8,8	8,1	5,2	4,6
Grietas en los extremos (mm)	0,5	0	0,4	0,2
Grietas en las caras (mm)	0,1	0,1	0,1	0,2
Gradiente de humedad (%)	1,36	1,03	0,81	1,02
Tensiones del secado (mm)	1,8	1,8	2,5	2,9
Tiempo de secado (hrs)	182	182	114	114
Índice de calidad	1,058	1,209	2,388	1,570
Calidad del secado	Satisfactoria	Buena	Buena	Buena

Los resultados del secado de madera de hualo demostraron que el programa de secado 2 presentó una mayor manifestación del colapso debido a que presenta temperaturas más altas que el programa 1, obteniendo una tasa de secado más alta en las primeras etapas del secado donde ocurre este fenómeno. El programa 1 tiene una mayor duración, debido a que requiere de una mayor energía que el programa 2 para eliminar el agua ligada que se encuentra bajo el PSF. Aunque ambos programas clasifican en el mismo rango de calidad, el programa 2 presenta magnitudes inferiores en los defectos del secado, como los encontrados en la arqueadura, acanaladura, encorvadura, torcedura y grietas superficiales, tanto en la madera proveniente de Linares como la proveniente de Cauquenes. Por lo que podría proponerse como el mejor programa de secado para esta especie.
Del procedimiento e información obtenida del estudio de secado de madera de hualo se puede deducir que las características actuales de la madera proveniente de pequeños propietarios y bajo la supervisión técnica de Ingenieros Forestales de CONAF ha permitido valorizar la madera proveniente del bosque y el adecuado manejo silvícola ha permitido aumentar del valor de su patrimonio. La factibilidad de secar artificialmente madera aserrada de hualo y poder elaborar con ello productos de gran valor como son palmetas para pisos e incluso conformar elementos reconstituidos para la fabricación de piso flotante permite incrementar significativamente el valor de la madera proveniente de este bosque.

Secado de durmientes de madera nativa

El secado artificial de durmientes de maderas latifoliadas para la impregnación con creosota en escuadrías de 7 pulgadas de espesor y 9 pulgadas de ancho tenía como propósito eliminar el agua en una sección aproximada del 55% de su volumen equivalente a una profundidad máxima de 2 pulgadas desde su superficie. Durmientes de tepa secados a una temperatura no superior a 50°C con una velocidad de aire de 1 m/s fueron secados en 14

días con una tasa de secado de 2,42% de pérdida de agua/día y una variación dimensional de 2,47% y una manifiesta presencia de grietas en sus caras. Durmientes de coigüe fueron secados en 22 días a una temperatura no superior a 40 °C con una tasa de secado de 2,04% de perdida de agua/día y una variación dimensional de 4,42% y un porcentaje mayor de presencia de grietas comparado con los durmientes de tepa. En cambio los durmientes de ulmo se mantuvieron por 41 días a una temperatura de secado inferior a 50 °C presentando un alto porcentaje de desclasificación por grietas y rajaduras que no permiten proponer el secado artificial desde condición verde (80%) hasta la humedad promedio de la zona en estudio de 40%. Las magnitudes de las grietas fueron medidas y contrastadas con los límites admitidos por la norma EFE (Empresa de Ferrocarriles del Estado) y que no comprometen la capacidad estructural del durmiente.

Secado de madera de renovales de roble y raulí (*Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*)

El estudio de secado natural y artificial (convencional) de madera de renovales de madera de roble y raulí se realizó con madera proveniente del predio Jauja, ubicado en la precordillera Andina de la coumna de Collipulli (INFOR, 1994). Para ello se voltearon arboles en pie y fueron transformados en madera aserrada de 25 y 50 mm de espesor. El secado natural se realizó en dos epocas:verano e invierno. Se ejecutaron 8 ensayos de secado artificial a escala piloto y 2 ensayos de secado a escala industrial. A escala piloto se secó 0,25 m^3 de madera de 1,7 m de longitud y a escala industrial se secó 4 m^3 de madera. Se cuantificaron los defectos ocurridos durante el secado natural y secado artificial. El programa de secado utilizado para esta experiencia se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 9: Programa secado artificial para renovales de roble y raulí

CH mad. (%)	TBS (° C)	HR (%)	CH eq. (%)
verde	80	100	precalentamiento
60	48	89	18,0
40	51	75	12,5
30	54	67	10,8
25	60	60	8,9
20	68	51	7,1
18	80	100	acondicionamiento
15	76	42	5,2
12	79	35	4,3
10	80	100	acondicionamiento

Los resultados señalaron que los renovales de raulí y roble pueden ser secados en forma conjunta bajo las mismas condiciones. Es necesario un precalentamiento en ambiente saturado a 80 °C y secar luego bajo condiciones de secado convencional. El tiempo de secado de la madera de 25 mm fue de aproximadamente 8 a 10 días mientras que para madera de 50 mm de espesor osciló entre 12 a 37 días. Respecto a la época, resulta técnicamente mas ventajoso en ambos espesores iniciar el secado natural en la época de

verano. Se reduce el tiempo de estacionamiento al aire de 5 a 3 meses y se mejora la calidad de la madera. También fue estimado el costo de secado artificial de los renovales de roble y raulí que fue del orden de 37 US$/$m^3$.

Secado de madera de renoval de canelo (*Drymis winteri*).

El secado de madera de renovales de canelo ha sido investigado por Pérez (2006) y Guzmán et al, 2005. Los renovales de canelo, están conformados por árboles jóvenes nativos, cuya madera presenta dificultades en el proceso de secado, debido a su estructura anatómica en especial su carencia de vasos y alta proporción de radios leñosos. En este estudio se evalúan varias características del secado de madera de renovales de canelo. En primera instancia se evaluó la calidad de la madera seca y el tiempo de secado, lo que permite determinar un programa de secado adecuado para el canelo, en función del menor nivel de defectos atribuibles al proceso y el tiempo de secado. Seguido se evaluó la velocidad del secado considerando los datos obtenidos de los ensayos experimentales a temperaturas convencionales y por último se desarrolló un modelo fenomenológico el cual permite simular la evolución de la temperatura y el contenido de humedad del ambiente y de la madera en toda la carga de secado.
De acuerdo a lo reportado por Pérez (2006) el estudio experimental del secado artificial a temperaturas convencionales de renovales de canelo de 25 y 50 mm de espesor permiten señalar que se puede secar satisfactoriamente los renovales de canelo y que este se condiciona a la calidad de la madera a secar y al oreado de la madera verde.
Los programas de secado propuestos para el secado de madera de 25 y 50 mm de espesor son los que se detallan en el siguiente Cuadro 10 y surgen como una adaptación a lo señalado en literatura por Aleón et al., 1990; JUNAC, 1989; Boone at al., 1988; Tuset y Durán, 1986; Joly y More-Chevalier, 1980 citado por Pérez, 2006.

Cuadro 10: Programas de secado de renovales de canelo

Programa	CH (%)	TBS (° C)	TBH (°C)	Cheq. (%)
1	Verde [1]	50	50	-
	Verde- 40	44	40	14
	40-30	48	42	12
	30-25	52	44	10
	25-18	60	50	9
	18 [2]	60	60	-
	20-15	66	54	8
	15-8	70	54	6
	8 [3]	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	-

[1]: Calentamiento inicial en ambiente saturado.
[2]: Tratamiento intermedio o reacondicionamiento en ambiente saturado favorece la recuperación del colapso.
[3]: Acondicionamiento final para liberar las tensiones de secado

Las condiciones del programa de secado 1 utilizados para la madera de 25 y 50 mm de espesor son adecuados y se logra un nivel de secado muy bueno según el índice de calidad de secado que evalúa la homogeneidad del gradiente de humedad final, tensiones de secado, colapso, grietas superficiales e internas y alabeos.
Los ensayos experimentales permitieron calcular la velocidad de secado máxima se encuentra en el rango de 1,72 a 2,99 %/hora y el contenido de humedad crítico varía entre 120 y 140%, en los renovales de canelo de 25 y 50 mm de espesor respectivamente. El tiempo de secado en 25 mm de espesor desde verde (CH: 85 a 100%) hasta 10% varió entre 112 a 192 horas. Para 50 mm de espesor desde verde (CH: 120 a 140%) hasta 11% varió entre 272 y 444 horas. Finalmente con el último estudio se pudo comprobar que es posible modelar fenomenológicamente basándose en el coeficiente global de secado K, que predice adecuadamente el comportamiento de la humedad y la temperatura durante el secado convencional de renovales de canelo.

Secado de olivillo (*Aextoxicon punctatum*)

El secado artificial de madera aserrada de olivillo de una pulgada de espesor fue estudiado por Inzunza (1991), con y sin tratamiento de reacondicionamiento. Las temperaturas de secado máximas aplicadas oscilaron entre 55 y 56% y desde una condición de humedad inicial de 88 a 120% hasta 8 a 14% el tiempo total de secado varió de 160 a 267 horas equivalentes a 6,6 a 11,2 días. El defecto mas común que desarrolló la madera fue la acanaladura y el de mayor intensidad fue la encorvadura. El agrietamiento, de mayor ocurrencia e intensidad, en orden decreciente, corresponde al de los extremos, superficial e interno. La madera está propensa a generar un colapso moderado a intenso por lo que es necesario aplicar un tratamiento de reacondicionamiento. Los programas de secado aplicado en el estudio se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 11: Características generales de los programas aplicados en madera de olivillo de una pulgada de espesor. Desde verde hasta 10% de humedad de la madera

Programa N°	Escuadría	Total secado (hr)	TBS y DS (°C) Inicial	TBS y DS (°C) Final	HR (%) Inicial	HR (%) Final
1 s/reacond.	1” x 5”	170	25- 2,5	55 - 10	81	55,5
2 c/reacond.	1” x 5”	160	25 – 2,5	55 - 11	81	53
3 s/reacond.	1” x 7”	267	25 – 2,5	56 - 12	81	50
4 c/reacond.	1” x 7”	250	25 – 2,5	56 -11	81	53

En este proceso sólo se utilizó un sobrepeso de 150 kg/m2 restringido por la capacidad del secador.

Secado de tepa (*Laurelia philippiana*)

En el secado de madera de tepa se aplicó programas de secado ya experimentados por largo tiempo en tepa de bosques valdivianos. Para madera de 25 mm de espesor las condiciones de secado fueron de 40 a 55 °C de temperatura de bulbo seco y de 55 a 75% de humedad relativa. Para madera de 50 mm de espesor las condiciones variaron empleando bajas temperaturas y altas humedades relativas que fluctuaban entre 40 a 50 °C en temperatura de bulbo seco y de 85 a 55% de humedad relativa. Los tiempos de secado promedio fueron de 5 días para madera de 25 mm de espesor y de 12 días para madera de 50 mm de espesor desde una condición de humedad verde hasta un contenido de humedad final de 12%. El porcentaje de rechazo producto del proceso de secado fluctúa entre 7 y 10% que está dentro de los porcentajes normales. Aplicando condiciones de secado similares para madera de coigüe de la zona de Lenca-Lago Chapo (Puerto Montt) los tiempos de secado fueron de 7 y 18 días para madera de 25 mm y 50 mm de espesor, respectivamente. Sin embargo la magnitud de los defectos fue mayor dados los prolongados tiempos empleados para alcanzar las mismas condiciones de humedad final de las cargas (Gutiérrez, 1985).

Otra fuente de información importante fue la opinión de especialistas en el área de secado, como el Ingeniero Forestal, Pablo Cartes[1], quien señala que el bajo interés por comercializar productos con madera seca de nativo se centra en, la baja disponibilidad de materia prima tanto en volumen como en calidad. Para concretar un negocio es necesario dar garantías de cumplimiento y eso en las actuales condiciones es un desafío que pocas personas quieren asumir. Su experiencia de 15 años trabajando en el tema, le ha permitido conocer a fondo el secado de diferentes especies nativas como: coigue, renovales de roble-raulí, canelo, tepa y lenga para la fabricación de pisos y revestimientos. La baja calidad de la materia prima es un problema real y señala que " La razón de compartimentalizar es solo para hacer mas eficiente (económicamente) el proceso, los días mas caros del proceso deben ser los menos posibles, independientemente de la calidad que se ingrese al secador, bajas calidades no justifican ingreso a cámara." Contar con vaporizador y secador en forma separada para realizar las 4 etapas fundamentales del secado de nativo como: vaporizado, presecado, secado y reacondicionado se podría considerar una forma clave de eficiencia y rentabilidad del negocio. Tratamientos de vaporizado no sólo homogenizan la humedad inicial de la madera sino también confieren una coloración mas intensa y homogénea en la madera, cuya característica no la poseen los bosques de renovales. Su experiencia le ha indicado que el coigue soporta temperaturas inferiores a 60 °C y que las especies: roble-raulí, canelo, tepa y lenga aceptan temperaturas inferiores a 70 °C con baja velocidad de aire, siendo estas últimas las que presentan las menores dificultades frente al proceso. El tiempo de secado en cámara debe limitarse entre 14 a 18 días. Tiempos mayores de secado pueden hacer no rentable el negocio por los altos costos operacionales, especialmente de

[1] Comunicación personal con Gerente General de la empresa INDULAM, Talca. 2008

energía. Otro desafío de trabajar con madera nativa se refiere a la distancia con los centros de abastecimiento, que generalmente provienen entre las ciudades de Los Angeles y Puerto Montt. Finalmente como recomendación para acortar los ciclos de secado y aumentar la eficiencia del secado de madera nativa, señala que el presecado con madera oreada es fundamental y que es propio de las zonas donde se instalan las unidades productivas. En la zona central es posible orear la madera mientras que en la zona sur el presecado en cámara parte desde la condición mas verde de la madera que prolonga excesivamente el ciclo de secado colocando en riesgo la rentabilidad del negocio cuando este tiempo supera los 20 días. El próximo desafío es secar madera de luma para la fabricación de pisos.

En la región del Bio Bio se evaluó el secado de maderas nativas y de eucalipto, siendo difícil de determinar por las bajas producciones. La baja permeabilidad de la madera, lento secado con ciclos en cámara de aproximadamente 30 días dependiendo de las características de la madera y de su contenido de humedad inicial, no permitieron precisar con exactitud el costo de secado, dado que en estos casos los costos de secado son muy variables y fuertemente dependiente de los costos fijos del proceso (INFOR, 1999).

El efecto de tratamientos de vaporizado e inmersión en agua para mejorar el proceso de secado ha sido investigado por varios autores (Díaz- Vaz y Pobrete, 1991, Vásquez, 1999; Vásquez, 2000, Juacida et al, 2005) reportando que la inmersión en agua con temperatura en madera de coigüe favorece el proceso de secado ya que acorta los ciclos de secado, aumenta la coloración de la madera y reduce los defectos propios del secado no modificando su densidad básica ni sus cambios dimensionales (contracción). La permeabilidad en liquido medida en madera tratada con agua hervida y vaporizada de Pacific Madrone (*Arbutus menziessi*), especie latifoliada de Estados Unidos muy similar en sus propiedades anatómicas y físicas al coigüe, demostró un aumento significativo en dirección radial. La contracción volumétrica total fue significativamente reducida en un 33% y 27% en madera sometida a tratamientos de hervido y vaporizado respectivamente. Por lo anterior aplicaciones industriales de tratamientos de hervido y vaporizado tendientes a reducir la contracción volumétrica total podrían ser aplicables a maderas susceptibles al colapso. Finalmente el efecto del tiempo de vaporizado inicial fue evaluado en el secado de coigüe de Magallanes, encontrando que en la medida que se prolongue el pretratamiento de 4, 8 y 10 horas, se mejora en cierta medida la calidad y tiempo de secado. En este ensayo coigüe de Magallanes de 1 pulgada de espesor demoró 302 horas con 10 horas de vaporizado inicial generando la encorvadura el mayor porcentaje de desclasificación de la madera.

Por último las características tecnológicas de los secadores para el secado de madera nativa exige unidades de baja capacidad, como el desarrollo de un secador a gas para maderas de baja permeabilidad y pequeñas producciones mensuales, diseñado por Sánchez (2003). Destaca que esta tecnología es una opción real en el segmento de la industria del mueble que presenta consumos mensuales de madera inferiores a 50 m3 y utiliza especies de alto valor comercial, de secado lento y con ciclos cercanos a los 30 días. Se construyó una unidad de 12 m3 de capacidad de madera y resultados preliminares mostraron que para producciones de secado mensual inferiores a 120 m3 el secador a gas es de mayor rentabilidad y constituye una alternativa real para tales propósitos (¿Cuál era el valor del

gas el año 2003?). Otro punto importante de destacar es que programas de secado de madera nativa utiliza bajas temperaturas lo que debe ir acompañado de bajas velocidades de aire, implica ventiladores con motores de menor potencia y consumo de energía lo que contribuye a la rentabilidad del proceso. El vaporizado como tratamiento para reducir colapso, homogenizar contenido de humedad y conseguir madera de color mas intenso y homogéneo es otro antecedente importante de recordar.

En el ultimo año, el interés por aumentar la información sobre la madera de bosque nativo se ha visto reflejada en la creación del Centro Tecnológico del Bosque Nativo Sustentable conformado por investigadores de universidades como: Universidad de la Frontera, Universidad de Chile, Universidad de Magallanes y Universidad de los Lagos y en la realización de seminarios como el de Bosque Nativo: un desafío pendiente desarrollado en junio del presente año por el INFOR en Valdivia.

CONCLUSIONES

Los 45 años de estudio que a la fecha se tienen sobre el secado de madera nativa, dan a conocer que la practica del secado de estas especies requiere de cuidados especiales como: uso de bajas temperaturas, acondicionado de la madera con vapor, bajas velocidades de aire, cámaras de secado modulares, pretratamientos en algunos casos y una preocupación importante de etapas intermedias en el secado para evitar el desarrollo de defectos propios del secado que desclasifiquen la madera.

Combinación de técnicas de secado (natural y artificial) permiten reducir el contenido de humedad inicial y el tiempo de secado en la cámara logrando controlar la homogeneidad del contenido de humedad final y presencia de defectos en la madera.

El secado por vacío de madera aserrada de coigüe de una pulgada de espesor resulta ser eficiente por los reducidos tiempos y defectos de secado.

La procedencia de la madera tiene efecto en la velocidad de crecimiento, densidad de la madera, composición química, en algunos casos, que arroja diferentes resultados aún aplicando el mismo programa de secado. Así fue demostrado con el secado de madera de hualo de Linares y Cauquenes. En general se puede señalar que madera de hualo es factible de secar en forma artificial dado el corto tiempo se secado y los reducidos niveles de deformación de la madera que fueron medidos a través del índice de calidad total

Los durmientes de tepa y coigüe son factibles técnicamente de secar bajo condiciones de secado controladas (bajas temperatura y velocidad de aire), aunque la presencia de grietas en sus superficies es inevitable y sus rangos se encuentran dentro de los límites admitidos por la norma de la empresa de ferrocarriles del estado (EFE).

LITERATURA CITADA

Alvear, M. 2003. Modelación de la cinética del secado convencional de la madera: Aplicación a datos industriales de un modelo fenomenológico para coigue y exploración de un modelo bidimensional. Resumen tesis. Maderas: Ciencia y Tecnología. 5(1): 88.

Ananías, R., Steinhagen, H., Hernández, G. y Vergara, E. 1994. Drying of second-growth Nothofagus alpina sawnwood. Preliminary results. Poster for Presentation at the IV IUFRO Drying Conference, Rotorua, New Zealand.

Ananías, R.; Broche, W.; Salinas, W.; Ruiz, P. 2001. Modelación del secado convencional de coigue. Parte 1: Fundamentación teórica. Maderas: Ciencia y Tecnología. 3(1 y 2): 27-34.

Ananías, R. Broche, W., Salinas, C., Alvear, M. 2002. Predicción de la velocidad del secado de coigüe a temperatura convencional. Actas I Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. p.17.

Cartes, P. 1994 Secado por vacío de madera pretratada de Coigue. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 88 p.

CONAF, 1999. Catastro de Bosque Nativo. Consultado 18 jun. 2008. Disponible en http://www.conaf.cl/html/estadisticas/catastro.html

CONAF (Corporación Nacional Forestal), 2008. En que consiste la ley de Bosque Nativo. Consultado 18 jun. 2008. Disponible en http://www.conaf.cl/modules/contents/files/unit7/file/586845614c9109d9571584609ed11ef7.pdf

Chávez, E. 2005. Determinación de un programa de secado de madera aserrada de hualo para la elaboración de palmetas para pisos de parquet. Tesis Ing. en Industria de la Madera. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 105 p.

Díaz- Vaz, J. y Pobrete, H. 1991. Inmersión en agua de madera aserrada de Coigue. Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. 25 al 27 ab. 1991. Valdivia, Chile.

Fuentes, M. 1994 Secado de la madera aserrada de *Pinus radiata* D. Don, impregnada con sales hidrosolubles CCA. Tesis Magíster en Ciencias y Tecnología de la Madera. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 186 p.

Gutiérrez, M. 1985. Estudio de secado industrial en cámara de madera aserrada de tepa. Consultado 27 ju. 2008. Disponible en http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1985_vol4/n2a1.html

Gutiérrez, M. y Bazán, C. 2002. Secado artificial de la especie Tamarugo (Prosopis tamarugo) para un espesor de 25 mm. Actas I Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. p. 77.

Guzmán, M., Ananías, R., Bustos, C., Machuca, L. 2005. Procesos industriales de la madera de canelo. INFOR- Valdivia. 69 p. (Informe Técnico N° 168).

INFOR, 1966. Ensayos de secado en coigüe y ulmo en tablas de largo comercial. Santiago, Chile 22 p. (Informe Técnico N° 26).

INFOR (Instituto Forestal, Chile), 1994. Secado de madera de renovales de roble y raulí. Concepción, Chile. 31 p. (Informe técnico N° 134).

INFOR, 1999. Secado artificial de madera aserrada en la región del Bio Bio. Concepción, Chile. 44 p. (Informe Técnico 145).

INFOR, 2003. Diseño y Evaluación de un programa de secado artificial para durmientes de maderas nativas destinados a la impregnación con creosota. Concepción, Chile. (sin publicar).

Inzunza, L. 1991. Ensayos en secado artificial de madera de olivillo de 1” de espesor. Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. 25 al 27 ab. 1991. Valdivia, Chile.p. 275- 288.

Juacida, P.; Inzunza, L.; Barria, C. 2005. Efecto del vaporizado inicial en el secado artificial de madera de coigüe de Magallanes (Nothofagus betuliodes). Bosque 26(3):81-86.

Kauman, W. y Mittak, G. 1964a. Investigación sobre el secado de coigüe (Nothofagus dombeyi Blume); Determinación del programa optimo de secado. INFOR- Santiago, Chile. 13 p. (Informe Técnico N° 3).

Kauman, W. y Mittak, G. 1964b. Problems in drying chilean coigüe. Forest Products Journal. August:359-360

Kauman, W. y Mittak, G. 1965. Problemas del secado del coigüe. Santiago, Chile. Xx p. (Informe Técnico N° 21).

Kauman, W. y Mittak, G. 1966. Ensayos de secado de coigüe. INFOR- Santiago. 25 p. (Informe Técnico N° 25).

López, L. y Fuenzalida, F. 1998. Algunos problemas identificados en la comercialización de productos provenientes del bosque nativo. Proyecto GTZ- CONAF.

Mancilla, L. 2000. Secado artificial de Nothofagus dombeyi (Coigue) en Chile. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 83 p.

Muñoz, J., 2001. Aplicación de programas innovadores en el secado de madera aserrada de *Nothofagus betuloides* (Coigue de Magallanes) Mirb. Oerst. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 62 p.

Peredo, M. y Figueroa, R. 1992. Secado artificial de madera de coigue (Nothofagus dombeyi). Bosque 13(2): 45-55. Universidad Austral de Chile- Valdivia, Chile.

Peredo, M. y Uarac, J. 1994. Secado artificial de madera de tepa (Laurelia philippiana Looser). Ciencia e Investigación Forestal 8(1): 20-40. INFOR- Santiago, Chile.

Pérez, P. 2006. Modelación del secado de renovales de canelo basados en el coeficiente global de secado. Tesis Magíster en ciencia y tecnología de la Madera. Concepción, Chile. Universidad del Bio Bio. Facultad de Ingeniería. 74 p.

Sánchez, R. y Diaz, J. 1991. Secado por vacío: Alternativa diferente para madera nativa. Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. 25 al 27 ab. 1991. Valdivia, Chile. p. 289-301.

Sánchez, R.; Ruiz, P.; Elgorriaga, X. 1999. Secado por vacío: Nothofagus dombeyi (Coigue). Maderas: Ciencia y Tecnología. 1(2): 75-92.

Sánchez, R. 2003. Desarrollo de un secador a gas para madera de baja permeabilidad y pequeñas producciones mensuales. Maderas: Ciencia y Tecnología. 5(2): 125-136.

Vásquez, M. 1999. Tratamientos de sonido, hervido y vaporizado de la madera. Parte 1: Efecto en permeabilidad. Maderas: Ciencia y Tecnología. 1(2): 15-21.

Vásquez, M. 2000. Tratamientos de sonido, hervido y vaporizado de la madera. Parte 2. Efecto en el secado de la madera. 1(2): 49-57.

Vásquez, M, y Chávez, E. 2006. Programa de secado de madera aserrada de *Nothofagus glauca* para la elaboración de palmetas para pisos de parquet. Actas III Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. p. 42

UNIVERSIDAD DE TALCA

UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES

Aceptación para publicación en plataforma virtual

Señores
Comisión Organizadora
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

Quien suscribe, autores de la ponencia:"Situación actual del secado artificial de madera proveniente del bosque nativo." autorizan a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

Atentamente,

Marcia Vásquez

10/6/09.-

Gonzalo Hernández

Talca, junio de 2009.