



Maderas. Ciencia y Tecnología

ISSN: 0717-3644

analias@ubiobio.cl

Universidad del Bío Bío

Chile

Rozas, Carlos; Sánchez, Reinaldo; Pinedo, Paula
Secado de eucalyptus nitens y globulus y su aprovechamiento en blocks; pisos y muebles
Maderas. Ciencia y Tecnología, vol. 7, núm. 2, 2005, pp. 109-120
Universidad del Bío Bío
Concepción, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48570205>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

NOTAS TECNICAS

SECADO DE EUCALYPTUS NITENS Y GLOBULUS Y SU APROVECHAMIENTO EN BLOCKS, PISOS Y MUEBLES

DRYING OF EUCALYPTUS NITENS AND EUCALYPTUS GLOBULUS FOR BLOCK, FURNITURE AND FLOORING

Carlos Rozas¹, Reinaldo Sánchez², Paula Pinedo¹

RESUMEN

Ensayos de secado en madera radial y tangencial de *Eucalyptus nitens* y *globulus* fueron realizados en laboratorios de la Universidad del Bío-Bío en el marco del Proyecto FONDEF D98I1018 y posteriormente validados a escala industrial.

A escala de laboratorio, la escuadria utilizada fue de 30 mm de espesor, 1.8 m de largo y ancho aleatorio. A escala industrial en tanto, fue de 32 mm de espesor, largos de 2.1 y 2.8 m, con anchos variables. En general, los programas de secado fueron suaves, con temperaturas no superiores a los 50°C, con un bajo potencial de secado e incluyeron tratamientos de vaporizado para recuperar colapso y reducir tensiones de secado.

Se evaluaron contenidos de humedad inicial y final, densidad básica, gradientes de humedades, grietas, contracciones, tensiones y alabeos, determinando finalmente su aprovechamiento en pisos, blocks y muebles.

Los resultados indican que la madera de *Eucalyptus nitens* presenta una fuerte evaporación superficial, generando altos gradientes de humedad, contracciones prematuras a nivel de superficie y tensiones de secado bajo el P.S.F, originando grietas superficiales e internas. Cuando el colapso es severo, debido a la baja resistencia mecánica de la pared celular de la madera, se generan grietas superficiales e internas en la madera.

El mejor aprovechamiento se obtuvo para madera radial, donde el *Eucalyptus globulus* registró entre 52 y 81% para blocks, entre 48 y 91% para piso y entre 38 y 89% para muebles. El *Eucalyptus nitens* registró entre 60 y 71% en blocks, entre 59 y 61% para piso y entre 52 y 63% para muebles.

La pérdida por nudos en *Eucalyptus globulus* fluctuó entre 3 y 22% en madera radial y entre 5 y 24% para madera tangencial. Para *Eucalyptus nitens*, en tanto, fluctuó entre 12 y 19% y entre 15 y 34% para los cortes antes señalados.

¹ Universidad del Bío-Bío. Depto Ingeniería en Maderas. Avenida Collao 1202. Concepción, Chile. erozas@ubiobio.cl

² Universidad del Bío-Bío. Depto Ingeniería Mecánica. Avenida Collao 1202. Concepción, Chile. rsanchez@ubiobio.cl

Autor para correspondencia: rsanchez@ubiobio.cl

Recibido: 13.04.2005 Aceptado: 05.08.2005

La pérdida por grietas en *Eucalyptus globulus* varió entre 3 y 10% para madera radial y entre 15 y 21% para tangencial. En el *Eucalyptus nitens* ésta fluctuó entre 3 y 13% y entre 5 y 38%.

Lo anterior, permite concluir que la madera de corte radial es la mejor opción para ser utilizada en estas aplicaciones.

Palabras claves: Secado, eucalyptus, calidad secado, aprovechamiento, evaluación

ABSTRACT

Drying tests on both *Eucalyptus nitens* and *globulus* radial and tangential timber were carried out at Universidad del Bío-Bío Laboratories, under the approach of the D98I1018 FONDEF Project to be later validated at an industrial scale.

A 30 mm-thick, 1.8 meter-long and random with scantling was used at a laboratory level, while the one applied at industrial level showed 32 mm of thickness, the lengths of which ranging from 2.1 to 2.8 meters, and variable widths. As general rule, mild drying programs were used, at temperatures not higher than 50°C, and having low drying potential. In turn, such programs included steaming based treatment with the purpose of overcoming collapse and reduce drying tensile.

The following was assessed: initial and final moisture content, basic density, moisture gradients, checks, shrinkage, tensile and warpage, to finally specify their utilization in flooring, blocks and furniture.

Outcomes have shown that *Eucalyptus nitens* timber features a high surface evaporation, thus generating high moisture gradients, early shrinkage at surface level, along with below P.S.F. drying related tensile, which, in turn, brings about surface and internal checks. When collapse turns to be severe, and because of timber cell wall mechanical strength, both surface and internal checks show up.

A better utilization was achieved for radial timber, where *Eucalyptus globulus* values ranged from 52 to 81% in the case of blocks, form 58 to 91% with respect to flooring, and between 38 and 89% in the case of furniture. *Eucalyptus globulus* figures ranged from 60 to 71% for blocks, from 59 to 61% for flooring, and between 52 and 63% in the case of furniture.

Losses caused by knots in *Eucalyptus globulus* ranged from 3 to 22% in the case of radial timber, while the tangential one featured a 5 to 24% variation. On the other hand, *Eucalyptus nitens* timber showed variations from 12 to 19%, and from 15 to 34% for the above mentioned cuts.

Check related losses in *Eucalyptus globulus* ranged from 3 to 10% in the case of radial timber, while tangential wood showed a 15 to 21% variation. *Eucalyptus nitens* featured variations from 3 to 13% and between 5 and 38%.

Out of the above we may conclude that radial cut timber turns out to be the best option when being used in such applications.

Keywords: Drying, eucalyptus, drying quality, utilization, evaluation

INTRODUCCION

Entre las variedades de *Eucalyptus* que se han introducido en Chile el *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, utilizados principalmente en la industria de la celulosa, son las especies de mayor importancia comercial. En Chile, existen más de 350.000 ha. de plantaciones de *Eucalyptus*, siendo *Eucalyptus globulus* la mas utilizada. El *Eucalyptus nitens*, se caracteriza por presentar crecimientos cercanos a 30 a 45 m³/ha/año, en comparación a los 20 a 25 m³/ha/año presentado por el *Eucalyptus globulus*.

El *Eucalyptus globulus* ha sido por décadas la especie con mayor valor comercial existente en Chile con una gran variedad de usos, específicamente en: pisos, molduras, chapas decorativas y parquet. El destino original de ambas especies es como madera pulpable, sin embargo, todas las operaciones de preparación y tratamiento genético de las semillas, como el manejo forestal para aumentar la productividad de los suelos, se orientan hacia la pulpa. Sin perjuicio de lo anterior, los excedentes de madera disponible y la necesidad de diversificar su uso y campo de aplicación como madera sólida ha generado desafíos importantes en el campo del aserrío, preparación, elaboración y desarrollo de productos a partir de estas especies.

El *Eucalyptus nitens*, de importancia en la economía chilena, tiene una alta presencia de nudos por falta de poda natural, hecho que exige la poda artificial (Shield, 1999). Según Northway & Waugh (1999), la presencia de nudos en los eucaliptos es una de las razones principales que limitan la obtención de productos de mayor valor agregado. Como es una madera difícil de secar y susceptible a generar grietas internas, se recomienda secarla en corte radial (Flynn & Shield 1999).

Según Haslett & Young (1992), el *Eucalyptus nitens* en Nueva Zelanda tiene mala trabajabilidad debido al grano espiral y presencia de grietas internas, lo que constituye un obstáculo para la obtención de productos de calidad. Galletti (1996), observó grietas internas de nivel severo en tablas de corte radial y tangencial de *Eucalyptus nitens* y de *Eucalyptus regnans* de Chile, secadas por vacío a 40°C y 55°C respectivamente; también encontró grietas superficiales de nivel severo en las tablas de corte tangencial, identificando que éstas aparecen en los primeros días de secado. Las tablas de *Eucalyptus globulus* secadas por vacío a menos de 60°C no tuvieron agrietamiento.

Las rajaduras en los extremos de la madera y ciertos alabeos, principalmente la encorvadura, que se desarrollan por la liberación de las tensiones de crecimiento, pueden eliminarse o reducirse por una combinación de anillamiento de los árboles y posterior vaporizado de las trozas (Rozas & Steinhagen 1996). Estudios sobre las tensiones de crecimiento en la madera juvenil de *Eucalyptus globulus*, crecido en Chile (Gutiérrez & Carmona, 1996) y de secado de madera radial y tangencial (Gutiérrez, 1996), demostraron que la encorvadura limita el uso de madera radial para productos largos. Las tablas tangenciales presentan un notorio defecto de arqueadura y, después de un secado rápido, se generan grietas superficiales e internas, y rajaduras en los extremos.

La susceptibilidad al colapso es relevante en este tipo de especies (Campbell & Hartley 1984). El colapso de la zona de madera de primavera, la cual tiene menor densidad que la zona de madera de verano, causa una contracción diferencial entre ambas zonas (Innes 1995), generando grietas internas en la madera de primavera.

La temperatura del secado tiene un efecto importante sobre el colapso (Gottstein & McCombe 1956). Según Innes (1995), es posible evitar el colapso usando una temperatura menor que la temperatura crítica de colapso, hasta que todas las zonas de la madera alcancen un contenido de humedad inferior al punto de saturación de la fibra. La temperatura crítica varía con la especie, densidad, contenido de

humedad y las condiciones del secado. Ilic (1999) puso en duda la validez del concepto de la existencia de una temperatura crítica; en su opinión, se requiere de una mejor definición del concepto de temperatura crítica.

El objetivo de este estudio es encontrar un programa de secado, con sus respectivos tratamientos, que permita secar madera de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus* para su utilización en pisos, muebles y blocks.

MATERIAL Y METODO

La madera utilizada proviene de bosques de la VIII y IX Región-Chile. Los árboles de *Eucalyptus nitens*, presentaron un diámetro promedio de 43 cm y los de *Eucalyptus globulus* 31 cm. De cada árbol, se obtuvieron trozos de tres metros de largo, que fueron aserrados para obtener piezas radial y tangencial de 32 mm de espesor y anchos aleatorios; posteriormente, fueron cepillados a 30 mm para el secado a escala de laboratorio. En el secado industrial el largo de las trozas fue de 2,8m y 2,1m y de 32mm de espesor y anchos aleatorios.

En cada carga se evaluó densidad básica (INN, 1986a), contenido de humedad (INN, 1986b) y gradiente de humedad, tensiones de secado, grietas y alabeos (arqueadura, acanaladura, torcedura y la encorvadura); para su evaluación se realizó un ajuste a la Norma Chilena NCH 993 of 72 (INN, 1972). Para la evaluación final correspondiente al gradiente de humedad, tensiones y grietas, se consideró el criterio de Welling (1994).

Los programas de secado aplicados se basaron en experiencias obtenidas de ensayos preliminares, utilizándose en el secado industrial para el *Eucalyptus globulus*; un vaporizado inicial a 50°C por 48 horas, una primera etapa de secado con temperatura entre 28 y 34°C con diferencia sicrométrica de 2 a 5 °C, un acondicionado intermedio a 100°C por 6 horas, una segunda etapa de secado con temperatura hasta 60°C y gradiente de secado de 2.0, un igualado y acondicionado a 70°C por 24 h. La velocidad del aire utilizada fue de 0,8 m/s con cambios de giro cada 6 horas. Para el *Eucalyptus nitens* se aplicó 4 horas de calentamiento a 50°C y las demás condiciones fueron las mismas que para el *Eucalyptus globulus*. Se utilizaron aproximadamente 400 pulgadas de cada especie y el control del secado se realizó a través de 8 piezas testigo. La evaluación final del proceso de secado se obtuvo por medio de una muestra aleatoria de 120 piezas por especie, las cuales se distribuyeron en diferentes partes del castillo, secándose simultáneamente las dos especies.

En el secado a escala de laboratorio se utilizó separadores de 10 mm y una velocidad del aire de 1 m/s con cambios de giro cada 6 horas. El programa de secado consideró un calentamiento a 30°C y una humedad relativa de 100% por 4 horas seguido de una primera etapa de secado con temperaturas entre 28 y 32 °C con diferencias sicrométricas de 2 a 4°C. La recuperación de colapso se efectuó a un contenido de humedad del 17% con temperatura de 100°C y humedad relativa de 100% por 4 horas, en la segunda etapa de secado se trabajó con temperaturas hasta 60°C y gradientes de secado de 2.2, un igualado a una temperatura de 70°C y humedad equilibrio de 8% por 24 horas y un acondicionado final a 70°C por 24 horas.

Se determinó aprovechar la madera para block, piso y muebles, a partir de madera seca en bruto y cepillada. Al cepillar la madera se eliminan los defectos, tales como: encorvadura, acanaladura, torcedura, arqueadura, colapso y grietas superficiales leves. Con la madera cepillada se realizó un trozado simulado (ver Figura 1), considerando para block un largo mínimo de 15 cm, anchos variables con un mínimo de

50 mm, un espesor de 22 mm y la eliminación de todos los defectos. Para piso se consideró el mismo espesor y anchos variables, un largo mínimo de 300 mm con múltiplos 100 mm y la condición que una de sus caras esté libre de nudos.

Para muebles, se utiliza un espesor mínimo de 22 mm, anchos variables, un largo mínimo de 450 mm y se aceptan 2 nudos en una cara de 10 mm de diámetro como máximo.



Figura 1. Madera con nudos, grietas y clear
C:Clear. G:Grietos. N:Nudos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

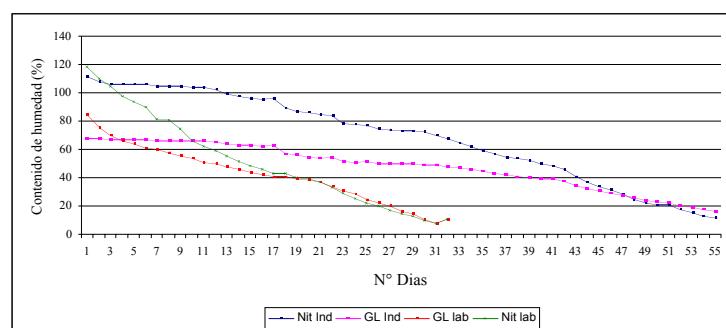
En la Tabla 1 se presentan valores promedios de la densidad básica, contenido de humedad inicial y final, gradiente de humedad y tensiones para ambas especies. Los gradientes de humedad y las tensiones de secado al final del proceso, clasificaron calidad exclusiva, según Welling (1994), ratificando la importancia de las etapas de igualado y vaporizado final.

Tabla 1. Valores promedio de densidad básica, contenido de humedad inicial y final, gradiente de humedad y tensiones para *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*

Espece	Secado	D. B. (kg/m ³)	CHi (%)	CHf (%)	GHf (%)	Tensiones (mm)	Tiempo secado (Días)	P.II. (%/día)
<i>Eucalyptus nitens</i>	Laboratorio	443	117	12	0,66	0,57	30	3,56
	Industrial	442	137	10	0,75	0,89	55	1,83
<i>Eucalyptus globulus</i>	Laboratorio	500	100	12	0,91	0,50	30	2,46
	Industrial	569	87	10	0,92	0,25	55	0,95

D.B.: densidad básica, CHi: contenido de humedad inicial, CHf: contenido de humedad final, GHf: gradiente de humedad final, P-II.: pérdida de humedad.

Las curvas de secado (Figura 2) muestran que los ensayos de laboratorios, para ambas especies, se realizaron en sólo 30 días y el *Eucalyptus nitens* presentó la mayor tasa de evaporación, partiendo de un mayor contenido de humedad. Los ensayos a escala industrial, en tanto, se realizaron en 55 días y con un comportamiento similar al de laboratorio respecto de la tasa de evaporación.



Nt ind: nitens industrial, GL ind: globulus industrial, GL Lab: globulus laboratorio, Nt lab: nitens laboratorio

Figura 2. Curva de secado para *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*.

Contracción

En la Tabla 2, se presentan valores promedios de la contracción radial y tangencial obtenidos en el secado industrial y de laboratorio. La fuerte diferencia obtenida, para la contracción tangencial en ambas especies, fue debido a que en el secado industrial no se consideró tratamiento de vaporizado para recuperar el colapso; luego, los valores de contracción en dicho caso incluyen el efecto del colapso.

Tabla 2. Contracción para *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*

Especie	Tipo Secado	R. C. (%)	CONTRACCION (%) (CH= 10-12 %)		
			Tangencial	Radial	Volumétrica
<i>Eucalyptus nitens</i>	Laboratorio	6,0	5,8	3,8	9,6
	Industrial	st	10,7	4,9	15,6
<i>Eucalyptus globulus</i>	Laboratorio	7,3	8,1	6,4	14,6
	Industrial	st	12,3	6,6	18,9

R.C.: recuperación del colapso.

st: sin tratamiento para recuperar el colapso

Grietas

La presencia de grietas en ambas especies se muestran en las Tabla 3 y 4, donde la madera tangencial presenta un mayor porcentaje de grietas respecto de la radial, principalmente en el *Eucalyptus nitens*. Esta especie genera fuertes gradientes de humedad durante el secado, situación que produce un resecamiento superficial y una prematura contracción, con la consecuente generación de grietas superficiales debido a la débil resistencia de la pared celular, resultante de su facilidad para evaporar el agua desde la superficie.

Las grietas internas en tanto, se generan por acción de dos efectos durante el secado. El primero, por efecto del colapso, particularmente en el anillo de primavera, donde el esfuerzo producido supera la resistencia mecánica de ésta y se produce la fractura o grieta en dicha pared. Lo anterior, se verificó experimentalmente en *Eucalyptus nitens*, para el rango de humedad entre 70 y 90%.

Este efecto es de mayor incidencia en la madera de corte tangencial en virtud a que la madera, por acción del colapso, debe moverse en el ancho de la pieza y su capacidad de fluencia es mínima. De la misma forma, en la madera de corte radial, la contracción de dos anillos consecutivos de primavera, debido al colapso, produjo una tracción en el anillo de verano intermedio y grietas superficiales sobre éste.

El segundo factor de generación de grietas internas, tiene su origen en la viscoelasticidad de la madera que ocurre cuando el contenido de humedad se encuentra por debajo del P.S.F. y la pieza además, presenta un alto gradiente de humedad, provocando esfuerzos encontrados de tracción y compresión entre el centro y la superficie de la madera.

Tabla 3. Presencia de grietas para madera de *Eucalyptus*

Secado	Tipo de Corte	TIPO DE GRIETAS		
		INTERNA	EXTREMO	SUPERFICIAL
Laboratorio 1,8 m.	Tangencial	67%	50%	67%
	Radial	63%	7%	23%
Industrial 2,1 m.	Tangencial	45%	34%	76%
	Radial	23%	27%	70%
Industrial 2,8m.	Tangencial	44%	41%	63%
	Radial	17%	37%	33%

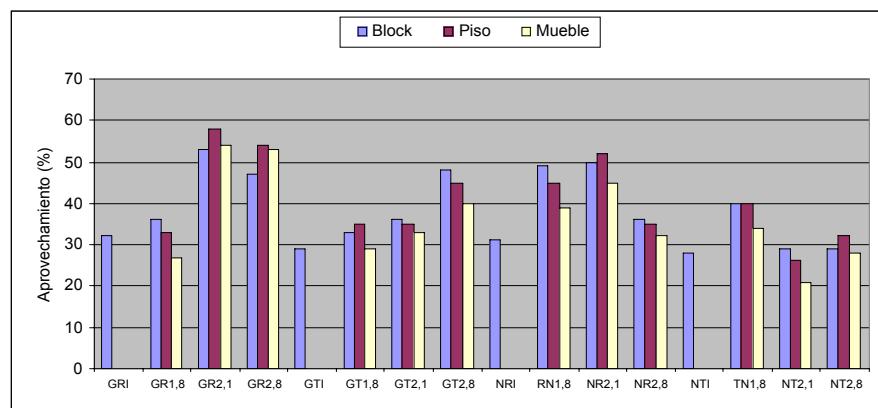
Tabla 4. Presencia de grietas para madera de *Eucalyptus globulus*

Secado	Tipo de Corte	TIPO DE GRIETAS		
		INTERNA	EXTREMO	SUPERFICIAL
Laboratorio 1,8 m.	Tangencial	42%	50%	54%
	Radial	44%	30%	37%
Industrial 2,1 m.	Tangencial	36%	57%	50%
	Radial	3%	27%	20%
Industrial 2,8m.	Tangencial	10%	43%	57%
	Radial	0%	10%	56%

Aprovechamiento

Las Figuras 3 y 4 muestran los porcentajes de aprovechamiento, para los productos block, piso y muebles, a partir de madera seca y cepillada. En éstas se hace una comparación de los secados a escala de laboratorio e industrial. En virtud a que estas especies son propensas a generar defectos tales como: grietas, colapso y alabeos, su porcentaje de aprovechamiento es limitado, asociado además a la presencia de nudos sobre todo en el *Eucalyptus nitens*, que no registra una poda natural.

Se observa además, que la madera radial presenta los mayores aprovechamientos, para los productos analizados, en el secado industrial de *Eucalyptus globulus* y sólo satisfactorio en el *Eucalyptus nitens*. El menor aprovechamiento, en tanto, se obtuvo para la producción de muebles, dado el nivel de exigencia del mercado para ese producto.

**Figura 3.** Porcentaje aprovechado de blocks, piso y muebles con relación a la madera seca en *Eucalyptus globulus* y *nitens*

GR1: globulus radial 1.0 m, GR1,8: globulus radial 1.8 m, GR2,1: globulus radial 2.1 m, GR2,8: globulus radial 2.8 m, GT1: globulus tangencial 1.0 m, GT1,8: globulus tangencial 1.8 m, GT2,1: globulus tangencial 2.1 m, GT2,8: globulus tangencial 2.8 m, NR1: nitens radial 1.0 m, RN1,8: nitens radial 1.8 m, NR2,1: nitens radial 2.1 m, NR2,8: nitens radial 2.8 m, NT1: nitens tangencial 1.0 m, TN1,8: nitens tangencial 1.8 m, NT2,1: nitens tangencial 2.1 m, NT2,8: nitens tangencial 2.8 m.

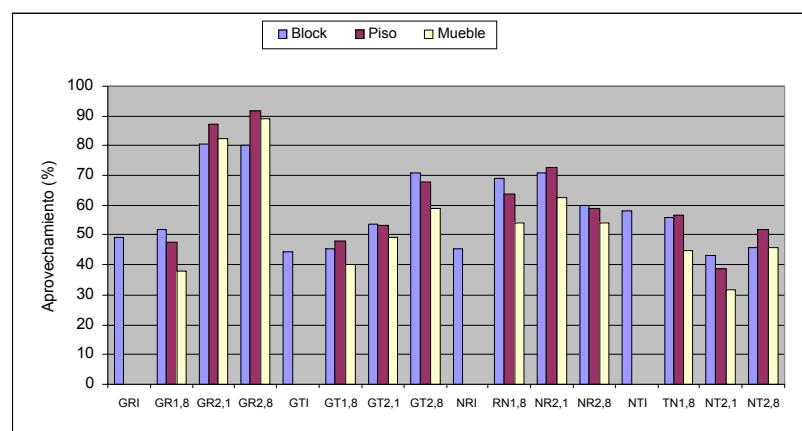


Figura 4. Porcentaje aprovechado de blocks, piso y muebles con relación a la madera cepillada en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*

GR1: globulus radial 1.0 m, GR1,8: globulus radial 1.8 m, GR2,1: globulus radial 2.1 m, GR2,8: globulus radial 2.8 m, GT1: globulus tangencial 1.0 m, GT1,8: globulus tangencial 1.8 m, GT2,1: globulus tangencial 2.1 m, GT2,8: globulus tangencial 2.8 m, NRI: nitens radial 1.0 m, RN1,8: nitens radial 1.8 m, NR2,1: nitens radial 2.1 m, NR2,8: nitens radial 2.8 m, NT1: nitens tangencial 1.0 m, TN1,8: nitens tangencial 1.8 m, NT2,1: nitens tangencial 2.1 m, NT2,8: nitens tangencial 2.8 m.

La presencia de nudos y grietas reduce significativamente el aprovechamiento de la madera (Figura 5), teniendo presente además que el tamaño de los nudos en el *Eucalyptus nitens* son mayores que en el *Eucalyptus globulus*, (figura 6), lo cual hace imprescindible la poda de los bosques si se pretende mejorar su aprovechamiento. De la misma forma, la calidad de la madera y/o paneles se ve seriamente afectada por la presencia de grietas y nudos (figura 7). La generación de grietas es posible disminuirla a través de un secado suave, con una temperatura no superior a los 30 °C y una baja diferencia sicrométrica hasta que la madera alcance el punto de saturación de las fibras, para luego aumentar la temperatura de secado.

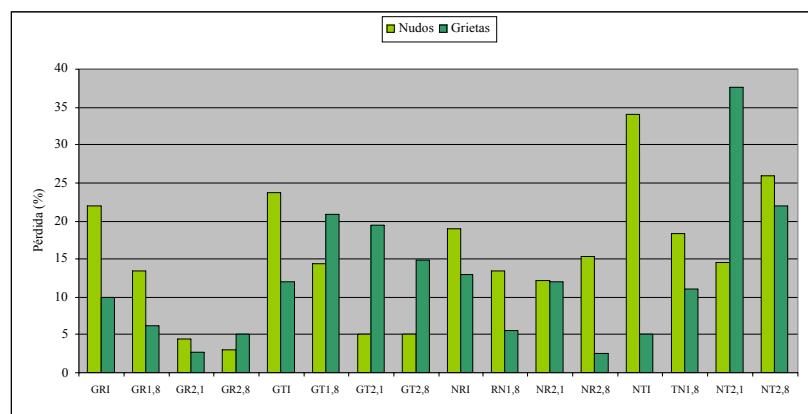
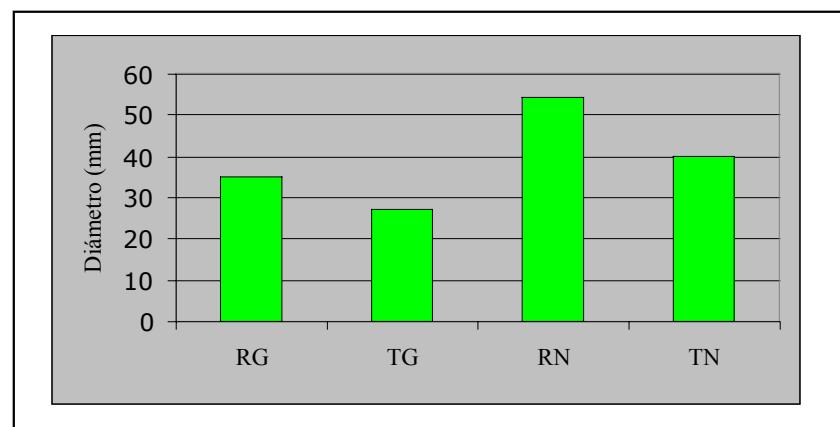
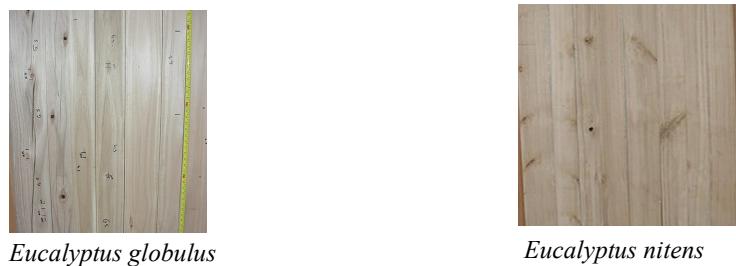


Figura 5. Pérdidas por grietas y nudos en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*

GR1: globulus radial 1.0 m, GR1,8: globulus radial 1.8 m, GR2,1: globulus radial 2.1 m, GR2,8: globulus radial 2.8 m, GT1: globulus tangencial 1.0 m, GT1,8: globulus tangencial 1.8 m, GT2,1: globulus tangencial 2.1 m, GT2,8: globulus tangencial 2.8 m, NRI: nitens radial 1.0 m, RN1,8: nitens radial 1.8 m, NR2,1: nitens radial 2.1 m, NR2,8: nitens radial 2.8 m, NT1: nitens tangencial 1.0 m, TN1,8: nitens tangencial 1.8 m, NT2,1: nitens tangencial 2.1 m, NT2,8: nitens tangencial 2.8 m.

**Figura 6.** Diámetros de nudos

RG: radial globulus, TG: tangencial globulus, RN: radial nitens, TN: tangencial nitens

**Figura 7.** Grietas y nudos

El impacto de la disminución del aprovechamiento por colapso se muestra en la Figura 8 y 9 el que está asociado además a las grietas internas y cuando es muy intenso, como ocurre en el *Eucalyptus nitens*, por grietas superficiales. En esta especie influye además la fuerte diferencia de densidad entre los anillos de crecimiento. La madera de primavera, por presentar una menor resistencia mecánica, tiene un mayor grado de colapso. No obstante, este defecto puede ser recuperado a través de un tratamiento de vaporizado, cuando la madera alcance un 17% de contenido de humedad, como se muestra en la Figura 9.



Figura 8. Piezas con colapso en *Eucalyptus nitens*



Figura 9. Recuperación de colapso en *Eucalyptus nitens*

De los alabeos, la torcedura es el defecto de mayor desarrollo en el proceso de secado la que, al igual que la arqueadura y encorvadura, son el resultado de la contracción diferencial en las piezas en el sentido longitudinal.

Estos defectos son acentuados por tratarse de madera juvenil con altas tensiones de crecimiento, lo que también es atribuido a la acanaladura en madera de corte tangencial, incrementada además por la diferencia entre la contracción radial y tangencial. La encorvadura por ser un defecto, que no se puede recuperar durante el proceso de secado, es lo que genera la mayor pérdida en el aprovechamiento de la madera (Figura 10).



Figura 10. Piezas con encorvadura

CONCLUSIONES

El *Eucalyptus nitens* se caracteriza por una rápida evaporación superficial del agua contenida en la madera; no obstante, el transporte interno de humedad es lento, lo que genera altos gradientes de humedad; contracciones prematuras a nivel de superficie y tensiones de secado bajo el P.S.F, con la consecuente generación de grietas superficiales e internas.

El aplastamiento de la cavidad celular por colapso es muy fuerte en la primera fase del secado, en virtud de la baja resistencia mecánica de la pared celular de la especie, lo que genera grietas superficiales por colapso, grietas internas en la madera y una reducción del aprovechamiento de la madera en el espesor.

A pesar del bajo potencial de secado impuesto, tanto por temperatura como por velocidad de aire, los defectos por grietas superficiales al inicio del secado y grietas internas bajo el P.S.F., así como de alabeos y colapso; fueron importantes, lo que obliga a modificar las condiciones de operación en la primera fase del secado.

La naturaleza juvenil de ambas especies y su rápido crecimiento generan tensiones internas de tal magnitud que inciden de manera directa en los altos niveles de alabeos. El alto diámetro de las trozas y la baja densidad generan fuertes colapsos sobre la madera durante el secado, con un fuerte impacto sobre las grietas internas y superficiales. Las tensiones de crecimiento además, provocan rajaduras en las trozas y grietas en los extremos durante el secado. Lo anterior, en conjunto con la alta presencia de nudos, por falta de poda natural o artificial, inciden de manera importante en el bajo aprovechamiento como madera de alto valor agregado y en el rendimiento volumétrico de ambas especies.

BIBLIOGRAFÍA

- Campbell, G.S.; Hartley, J.** 1984. Drying and dried wood. Chapter 16 in: *Eucalypts for Wood Production*, 2nd edition, edited by Hillis, W.E. and Brown, A.G., Academic Press, Sydney, Australia.
- Flynn, B.; Shield, E.** 1999. *Eucalyptus*: Progress in higher value utilization a global review. Robert Flynn Associates, Tacoma, Wash., U.S.A., and Economics Forestry Associates, Annerley, Q., Australia
- Galletti, F.A.** 1996. Secado al vacío de *Eucalyptus globulus*, *nitens*, y *regnans*. Proyecto de Titulo, ICIF. Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
- Gottstein, J.W.; McCombe, B.** 1956. Recent studies on ash type hardwoods: collapse intensified by heating while green. For. Prod. Newsletter No. 216, CSIRO, Melbourne, Vic., Australia.
- Gutiérrez, M.** 1996. Proceso de secado natural y artificial de madera juvenil de *Eucalyptus globulus* Labill. Actas VIII Reunión de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales, Santiago, Chile, Noviembre: 432-445.
- Gutiérrez, M.; Carmona, R.** 1996. Tensiones de crecimiento en madera juvenil de *Eucalyptus globulus* Labill. Actas VIII Reunión de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales, Santiago, Chile, Noviembre: 369-380.
- Haslett, T.; Young, G.** 1992. Nitens for sawn timber?. *New Zealand Tree Grower* 13(2):8-9.

- Ilic, J. 1999.** Shrinkage-related degrade and its association with some physical properties in *Eucalyptus regnans* F. Muell. *Wood Sci. Technol.* 33(5):425-437.
- INN. 1972.** Norma Chilena Oficial 993, Nch 993 of 72. Procedimientos y criterios de evaluación para clasificación. Santiago. Chile.
- INN. 1986a.** Norma Chilena Oficial 176. NCh 176/1. Determinación del contenido de humedad de la madera. Primera Edición. Santiago. Chile.
- INN. 1986b.** Norma Chilena Oficial 176. NCh 176/2. Determinación de la densidad de la madera. Primera Edición. Santiago. Chile.
- Innes, T.C. 1995.** Collapse free pre-drying of *Eucalyptus regnans* F. Muell. *Holz als Roh-und Werkstoff* 53(6):403-406.
- Northway, R.; Waugh, G. 1999.** Processing *Eucalyptus* for solid wood products. Actas XII Silvotecna, Concepción, Chile, Agosto.
- Rozas, C.; Steinhagen, H.P. 1996.** Effect of kerfing followed by steaming on the relaxation of growth stresses in eucalyptus wood. *Holz als Roh-und Werkstoff* 54(5):312.
- Shield, E. 1999.** Utilization of plantation-grown eucalyptus wood in the context of global markets, with special reference to *Eucalyptus nitens*. Part 2: Higher-value products. Actas XII Silvotecna, Concepción, Chile, Agosto
- Welling, J. 1994.** Drying quality assessment and specification a challenge for the future. 4th IUFRO International Wood Drying Conference, Rotorua, New Zealand. 297-304.