

DEFECTOS PRODUCIDOS POR EL SECADO ARTIFICIAL EN *Bumelia obtusifolia*

DEFECTS CAUSED BY ARTIFICIAL DRYING IN *Bumelia obtusifolia*

Fecha de recepción: 24/10/2014 // Fecha de aceptación: 18/11/2014

Esteban Arias

Ing. Ftal. Prof. Titular ordinario
Tecnología de la madera. Fac.
Rec. Naturales - UNaF. Avda.
gdor. Gutnisky 3200.
estebanarias54@yahoo.com.ar

Walter Degano

Ing. Ftal. JTP computación. Fac.
Rec. Naturales - UnaF. Avda.
gdor. Gustrnisky 3200.
walterdegano@yahoo.com.ar

Jose Otaran

Ing. Ftal. Abastecimiento de
materia prima UNITAN SAICA.
Napoleon Uriburu y Entre ríos.
joseotaran@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo estudia los defectos producidos por el secado artificial con el fin de establecer calidad de la madera seca.

Se utilizó un secadero piloto, capacidad de 2 m³

Los ensayos fueron realizados con madera aserrada de *Bumelia obtusifolia* de una pulgada de espesor. Se analizaron un total de 480 tablas y dos programas de secado.

Se evaluaron los alabeos según normas chilenas NCh 992/1 of-74, NCh 993 EOF 72 y NCh 196 of-86.

El diseño experimental se ajustó a un multifactorial 23. Se fijó como variable dependiente "calidad de la madera seca" y como factores de variación: a) Tipo de corte; b) Longitud de la tabla; c) Temperatura final.

Se concluyó que la media real se encuentra entre 2,62 y 2,70, calidad de madera seca defectuosa y condiciones de secado poco adecuadas.

El único factor que influyó estadísticamente en la calidad de madera seca, es el tipo de corte.

Palabras clave: *Bumelia obtusifolia*, secado, alabeos, calidad.

ABSTRACT

This paper studies the defects caused by artificial drying in order to establish the quality of dry wood.

We used a pilot dryer with a capacity of 2 m³.

The tests were performed with sawn wood of *Bumelia obtusifolia* 1 inch thick. A total of 480 boards and two drying programs were analyzed.

Warps were evaluated according to Chilean standards NCh of-74 992/1, 993 NCh EOF NCh 72 and 196 of-86.

The experimental design was adjusted to a multifactorial 23. "Quality of dry wood" was set as the dependent variable and a) Type of cut; b) Length of the board and c) Final temperature were set as variation factors.

It was concluded that the true mean is between 2.62 and 2.70, and a defective quality of dry wood and unsuitable drying conditions are found.

The only factor with statistical influence in the quality of dried wood is the type of cut.

Keywords: *Bumelia obtusifolia*, drying, warping, quality.

INTRODUCCIÓN

El “secado de la madera” se refiere a la relación agua-madera. Como premisa fundamental para evitar pérdidas y problemas de calidad, la madera debe secarse en forma controlada, de manera que la humedad final esté definida por el clima del lugar donde se empleará.

Es necesario generar técnicas tendientes a la elaboración de pautas que permitan el establecimiento de normas de clasificación para calidad del material seco de las especies nativas del parque chaqueño, adoptando criterios de clasificación probados en otros países de latinoamérica, en especies laltifoliadas (ANANÍAS *et al*, 2008), y adaptándolo a medidas comerciales de uso en la región.

La especie pertenece a la familia de las Sapotáceas, única del género. Comúnmente denominada “guaraniná”, “ibirá-niná” y “molle negro. La distribución geográfica se extiende al parque chaqueño, yungas y mesopotamia, pero es más bien típica del parque chaqueño oriental, escasamente representada (TORTORELLI, 2009).

Es un árbol de hasta 18 m de altura con el tronco de hasta 0,90 m de y permiten obtener rollizos de 5 m de largo (TINTO, 1997).

Se encuentra en toda la extensión de la provincia de Formosa. En la zona húmeda como componente del bosque bajo, bosque alto y colonizadoras en tierras altas (SÁNCHEZ Y CÁCERES, 2001).

La madera presenta coloración amarillocrácea con escasa diferencia entre albura y duramen. El veteado es suave, a veces espigado; textura fina y heterogénea y grano muy oblicuo a entrelazado; el espigado se presenta en bandas más o menos longitudinales, bien visibles a ojo desnudo por abundancia de parénquima y la disposición de los poros esto le confiere a esta madera un atractivo diseño debido al veteado pronunciado en tablas tangenciales (TINTO J. C., 1997).

Caracteres físicos, madera dura a semi-dura y pesada a semi-pesada, densidad de 750 a 800 kg/m³. Características tecnológicas: a) Contracciones: radial 5,7 %; tangencial 8,8 % y volumétrica 16,3 %, b) Coeficiente de anisotropía T/R= 1,54, c) Dureza transversal 940 kg/cm², d) Porosidad del 44,5 %. En flexión, módulo de rotura 945 kg/cm²; módulo de elasticidad 138.000 kg/cm². En compresión axial, módulo de rotura 421

kg/cm²; módulo de elasticidad 120.000 kg/cm² (TORTORELLI L. A., 2009).

El comportamiento al secado natural es “regular”, y las condiciones de secado artificial son: temperatura inicial 40 °C; temperatura final 65 °C; diferencia psicrométrica final 16 °C. (TINTO J. C., 1997).

La madera es muy utilizada en la elaboración de carbón y, menos difundido, en carrocería, parquets, construcciones rurales y carpintería general. (TORTORELLI, 2009).

ÁLVAREZ Y FERNÁNDEZ-GOLFÍN, 1992, definen la calidad del secado como las propiedades y posibles defectos presentes en la madera seca como consecuencia del secado.

La calidad final de la madera está determinada por las deformaciones y alteraciones que se puedan originar por la elección de un tratamiento de secado (JUACIDA E INZUNZA, 1990).

La calidad del secado está influenciada por los atributos propios de la madera y por las características del secado como: contenido de humedad final; variación del contenido de humedad tanto dentro de la tabla como dentro de la pila; tensiones de secado; grietas superficiales, internas y de testa; colapso; diferentes tipos de deformaciones y cambios de color o manchas (FUENTES, 1994).

El objetivo general fue determinar la calidad de la madera seca en horno convencional de *Bumelia obtusifolia* bajo los efectos de factores de variación vinculados a la técnica de aserrado, longitudes de las tablas y condiciones del clima; en tanto que el específico fue establecer una clasificación en grados de calidad para madera seca en medidas comerciales, bajo la hipótesis de que los distintos tipos de cortes, longitudes de las tablas y programas de temperatura, provocarían cambios estadísticos significativos en la calidad de la madera seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material para la realización de los dos programas de secado artificial provino de la zona este de la provincia de Formosa, departamento Pirané, de árboles con medida comercial, seleccionados al azar.

Se obtuvieron piezas aserradas radiales y tangenciales de las siguientes escuadrías y largos definidos: 1” x 4” x 0,90 m y 1” x 4” x 1,10 m.

Se evaluaron 480 tablas, 240 por programa de secado, separadas al azar en sub lotes de 30 unidades experimentales por tipo de corte y por cada longitud, como se aprecia en las **tablas 1 y 2**.

Los defectos evaluados con el fin de establecer la calidad de la madera seca fueron los alabeos. Consiste en la determinación de un **índice global integrado** por la evaluación específica de cada uno de los defectos potenciales ocurridos en el secado, mediante el uso de la norma chilena NCh 992/1 of-74, resumidos en la **tabla 3**, ajustados a tablas de 1,1 m de longitud.

Tabla 1. Piezas aserradas por lotes y sub lotes. Programa 1. Temperatura final 75 °C

Table 1. Sawn pieces by batches and sub batches. Program 1. 75°C final temperature

Lotes	Sub lotes	N° tablas	Dimensiones	Corte	Total de tablas		
					Corte	Lote	Programa I
A	A 1	30	1" x 4"x 1.10m	Tg	60	120	240
	A 1"	30	1" x 4"x 1.10m	Tg			
	A 2	30	1" x 4"x 1.10m	Rd	60		
	A 2"	30	1" x 4"x 1.10m	Rd			
B	B 1	30	1" x 4"x 0.90m	Tg	60	120	
	B 1"	30	1" x 4"x 0.90m	Tg			
	B 2	30	1" x 4"x 0.90m	Rd	60		
	B 2"	30	1" x 4"x 0.90m	Rd			

Tabla 2. Piezas aserradas por lotes y sub lotes. Programa 2. Temperatura final de 65 °C

Table 2. Sawn pieces by batches and sub batches. Program 2. 65°C final temperature

Lotes	Sub- lotes	N° tablas	Dimensiones	Corte	Total de tablas		
					Corte	Lote	Programa II
C	C 1	30	1" x 4"x 1.10m	Tg	60	120	240
	C 1"	30	1" x 4"x 1.10m	Tg			
	C 2	30	1" x 4"x 1.10m	Rd	60		
	C 2"	30	1" x 4"x 1.10m	Rd			
D	D 1	30	1" x 4"x 0.90m	Tg	60	120	
	D 1"	30	1" x 4"x 0.90m	Tg			
	D 2	30	1" x 4"x 0.90m	Rd	60		
	D 2"	30	1" x 4"x 0.90m	Rd			

Los programas de secado se desarrollaron en un secadero marca *GÖTTERT*, modelo HD 74, con capacidad útil de 2 m³ de madera aserrada, funcionamiento automático y semi automático, con controlador *GANN TKA 6* y temperatura máxima de secado hasta 100 °C. Fuente de calor provista por caldera a gas, de 25.000 Kcal/h. Medidor de humedad marca *GANN* para maderas, con porta electrodos de púas y de contacto.

La metodología empleada se basó en estándares de calidad para la madera seca, hasta una longitud de 1,10 m, posibles de obtener de la masa boscosa y de la utilización más frecuente de las maderas del parque chaqueño argentino. Estas normas fueron: NCh 993 EOf 72. Madera, procedimientos y criterios de evaluación para clasificación. INN (1993). Santiago, Chile; norma NCh 992/1 of-74.y NCh 196 of-86.

Tabla 3. Niveles máximos admisibles para alabeos

Table 3. Maximum acceptable levels for warping

Alabeos	Unidad	Niveles de clasificación			
		A	B	C	D
Acanaladura	mm	0	2.6	5.2	7.8
Arqueadura	mm	0	4.0	7.0	12.0
Encorvadura	mm	0	1.0	1.5	2.0
Torcedura	mm	0	3.1	5.8	9.0

Cada valor obtenido en la deformación puede ser clasificado en alguno de los cuatro niveles por alabeo. Por ejemplo, si el valor de la acanaladura fue mayor que 0 y menor que 2.6 mm corresponde un subíndice de B que significa un aporte al índice

de secado de 0.5. Así para cada uno de los cuatro niveles.

A = sin alabeo (0) C = alabeo leve-fuerte (1.0)
 B = alabeo leve (0.5) D = alabeo intenso (1.5)

Tabla 4. Índices para la determinación de la calidad de secado
Table 4. Indices for determining drying quality

Calidad del secado	Índice	Condiciones de secado
Excelente	0,0	Adecuadas
Muy buena	Hasta 0,5	
Buena	Hasta 1,0	
Regular	Hasta 1,5	Poco adecuadas
Menos que regular	Hasta 2,0	
Defectuosa	Hasta 3,0	
Mala	Hasta 5,0	Inadecuadas
Muy mala	Más de 5,0	

La cuantificación de los alabeos (acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura) producidos en una tabla de madera, se realizaron según la **figura 1**.

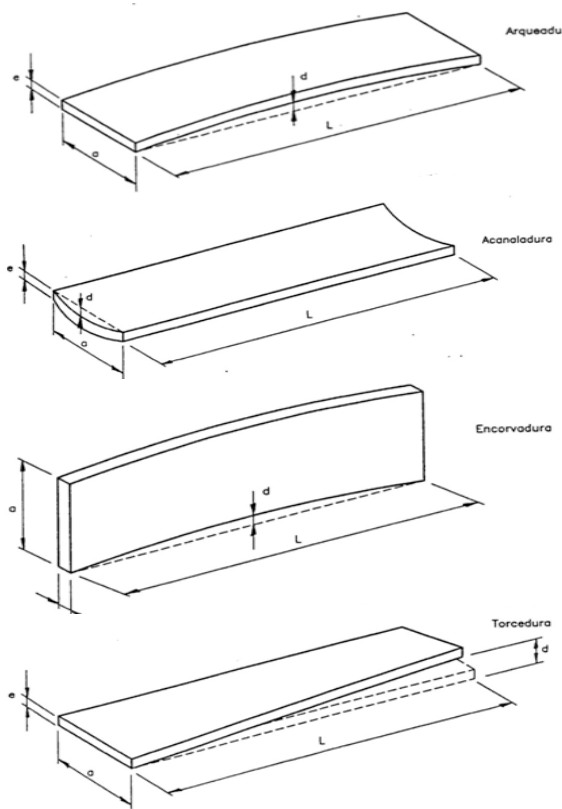


Figura 1. Alabeos producidos en una pieza de madera.
Figure 1. Warps on a wooden piece

Programa de secados

Se desarrollaron dos programas de secado artificial, cuyas condiciones muestra **tabla 5**.

Tabla 5. Condiciones de secado ensayado en la etapa de secado efectivo

Table 5. Drying conditions tested in the stage of effective drying

Pro-grama Secado	CH Inicial (%)	CH Fi-nal (%)	Tempe-ratura inicial (°C)	Tempe-ratura final (°C)	Dura-ción del proceso (Hs)
1	40	10	55	75	127,30
2	40	10	45	65	175,75

Diseño experimental

El diseño experimental se ajustó a un factorial 2³, donde la variable dependiente fue “calidad de la madera seca” y los factores de variación fueron: temperatura de secado (65 °C y 75 °C); tipo de corte (radial y tangencial) y longitud de la tabla (0,90 m y 1,10 m). Las experiencias fueron realizadas al azar, como muestra la **tabla 6**.

Tabla 6. Diseño factorial
Table 6. Factorial design

Orden de realización de las experiencias al azar	t _c	Factor A	Factor B	Factor C
2	(1)	-1	-1	-1
3	a	+1	-1	-1
6	b	-1	+1	-1
7	ab	+1	+1	-1
1	c	-1	-1	+1
5	ac	+1	-1	+1
8	bc	-1	+1	+1
4	abc	+1	+1	+1

Para el análisis estadístico se utilizó un software específico.

Modelo estadístico para tres factores

El modelo de medias de celdas para un experimento con tres factores y r réplicas de cada una de las abc combinaciones de tratamientos en un diseño totalmente aleatorizado es:

$$y_{ijk} = \mu_{ijk} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, c$$

La media de celdas μ_{ijk} expresada como una función del factorial de los efectos principales y las interacciones es:

$$\mu_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

Donde:

μ es la media general

$\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$ son los efectos principales de A, B, y C.

El efecto de la interacción de tres factores es $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$.

En primera instancia se realizó un análisis unidimensional de los datos, con el objeto de determinar la existencia o no de valores extremos (outliers), además de los estimadores estadísticos de tendencia central, dispersión y de forma.

El análisis de la varianza se realizó con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resumen estadístico para calidad de la madera seca se lee en el **tabla 7**.

Los intervalos de confianza y desviación típica para la calidad de madera seca (95%) fueron: 2,66667 +/- 0,0393491 (2,62732; 2,70602) y 0,398681; 0,454464 respectivamente.

El intervalo de confianza para la media es bastante robusto, mientras el intervalo de confianza para la desviación típica es bastante sensible a la

violación del supuesto de que la población proviene de una distribución normal.

El **gráfico 1** muestra los extremos índices de calidad (2 y 3,5); la dispersión de los datos (2,5 y 3), y una media marcada de 2,66.

Gráfico de Caja y Bigotes

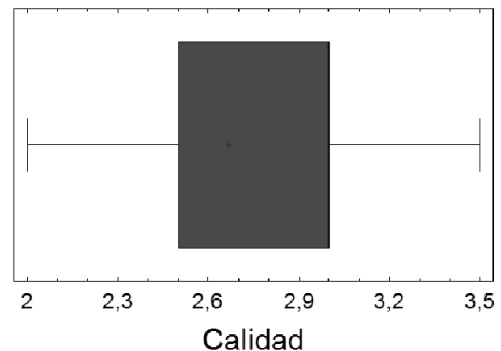


Gráfico 1. Dispersión de valores y media de la calidad de madera seca.

Graph 1. Dispersion of values and mean of dry Wood quality

El análisis de la varianza se resume en la **tabla 8**.

Tabla 8. Análisis de varianza

Table 8. Analysis of variance

	Fuentes	Coefficiente-F	P-Valor
Factor	Programa de temperatura	3,41	0,0655
	Tipo de corte	12,12	0,0005
	Longitud de la tabla	2,67	0,1030
Interacción	Temperatura-corte	0,06	0,8037
	Temperatura-longitud	2,16	0,1424
	Corte-longitud	0,02	0,8834

El único factor estadísticamente significativo en la calidad de la madera seca, es el tipo de corte, y no se observan interacción de factores de orden inferior.

Tabla 7. Estadísticos para calidad de madera seca

Table 7. Statistics for dry wood quality

Media	Varianza	Desvío estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo	Rango	Coef. Variación %
2,66667	0,180401	0,424736	0,020022	2,0	3,5	1,5	15,92

Gráfico de factores individuales

Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

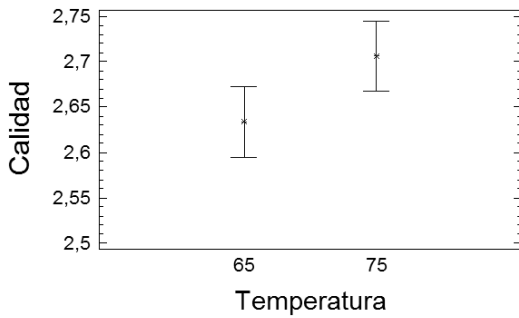


Gráfico 2. Efecto de la temperatura.

Graph 2. Temperature effect

Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

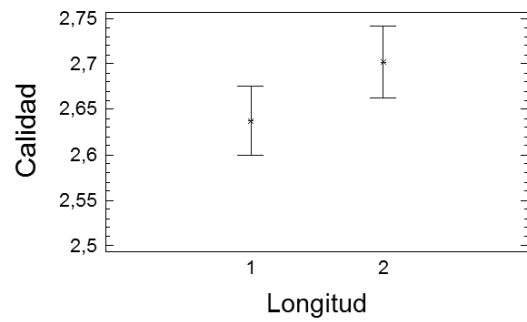


Gráfico 4. Efecto de la longitud.

Graph 4. Length effect

Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

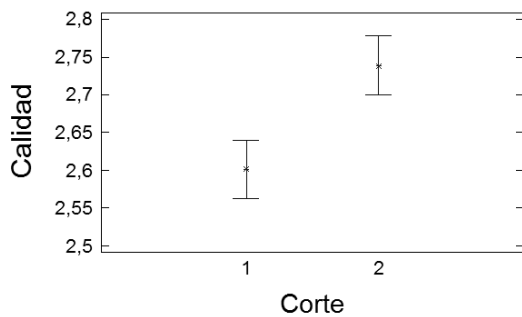


Gráfico 3. Efecto del corte.

Graph 3. Cut effect

Gráficos de intensidad de alabeos

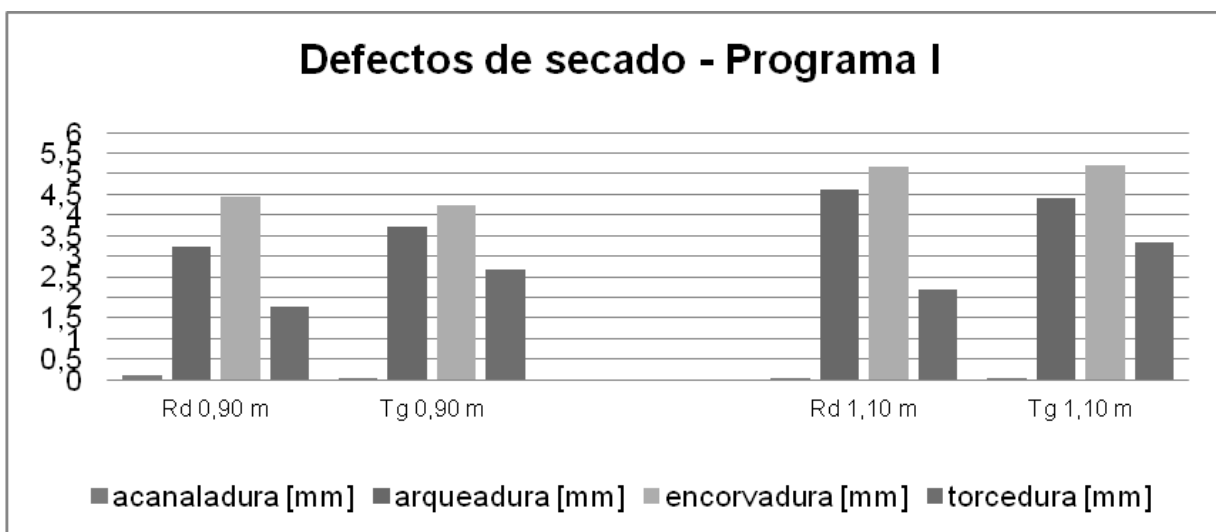


Gráfico 5. Intensidad promedio de los alabeos. Rd: Corte radial; Tg Corte tangencial

Graph 5. Average warps intensity. Rd: radial cut; Tg tangential cut

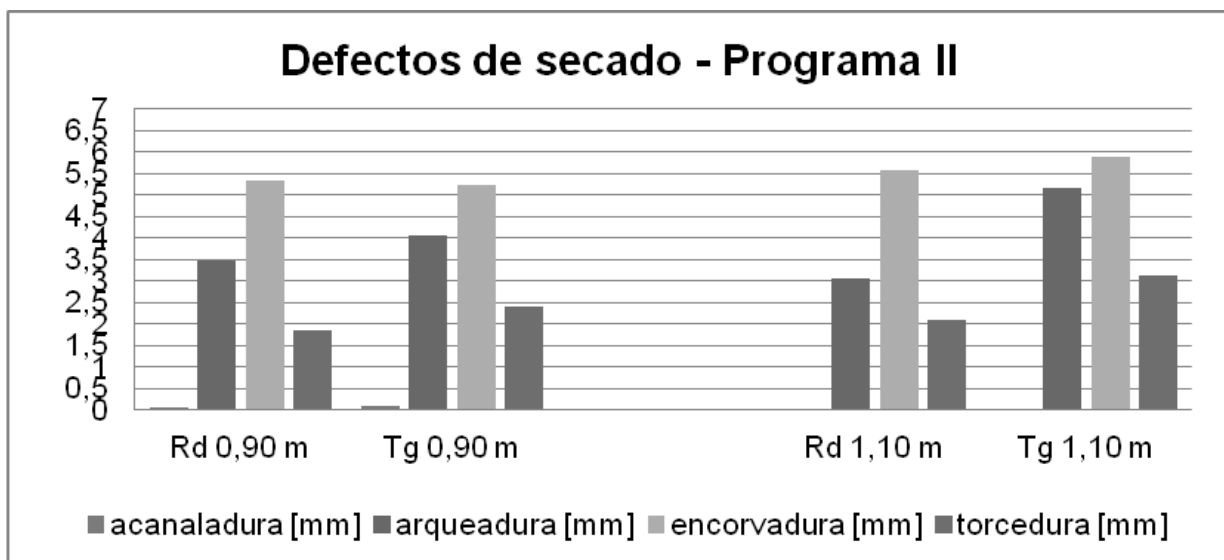


Gráfico 6. Intensidad promedio de los alabeos. Rd: Corte radial; Tg Corte tangencial
Graph 6. Average warps intensity. Rd: radial cut; Tg tangential cut

En ambos programas (**gráficos 5 y 6**) los alabeos más intensos son arqueadura, encorvadura y torcedura. En el programa I, el defecto encorvadura es mayor en tablas de 0,90 m de corte radial que en tablas de 0,90 m de corte tangencial, de forma contraria se ve que los defectos arqueadura y torcedura presentan mayor intensidad en el corte tangencial para longitudes de 0,90 m.

En piezas de longitud igual a 1,10 m, el defecto arqueadura es mayor en el corte radial que en el corte tangencial, mientras que la encorvadura y torcedura son en promedio mayores en el corte tangencial.

En el programa II, el defecto encorvadura es superior en piezas radiales de 0,90 m en comparación con piezas tangenciales para la misma longitud. Los defectos arqueadura y torcedura son mayores en el corte tangencial que en el corte radial de 0,90 m. Además el promedio de la arqueadura en las tablas radiales y tangenciales de menor longitud es superior a los de mayor longitud. La torcedura es mayor en las piezas tangenciales de 0,90 m en comparación con las piezas radiales de 1,10 m, a su vez la torcedura es mayor en corte radial de 1,10 m que en las de 0,90 m.

Las tablas tangenciales de mayor longitud son las que presentan mayor intensidad en promedio de los alabeos arqueadura, encorvadura y torcedura.

Estas distorsiones podrían reducirse adoptando estándares probados de calidad de madera seca para latifoliadas en largo comercial (ANANÍAS et al, 1997)

CONCLUSIONES

Podemos afirmar con un 95 % de confianza que la media real de calidad de madera se encuentra entre 2,62 y 2,70. Este índice de calidad se refiere, según la **tabla 9**, a una calidad de madera seca **defectuosa** y condiciones de secado **poco adecuadas**.

Tabla 9. Calidad de la madera seca obtenida
Table 9. Quality of dry wood obtained

Índice de calidad	Frecuencia (%)	Calidad de la madera seca
2,5	51,11	Defectuosa
3,1	24,43	Mala
1,9	13,33	Menos que regular
3,4	11,13	Mala

El factor de incidencia estadísticamente significativo en la calidad de madera seca es el tipo de corte. La temperatura y longitud de las piezas no tienen influencias significativas.

RECOMENDACIONES

Investigaciones futuras deberían concentrarse en minimizar los factores que potencian la inten-

sidad de los alabeos, en particular la arqueadura, encorvadura y longitud de la pieza.

Evitar los cortes radiales y mixtos minimizaría la intensidad de la encorvadura.

Espesores y distancia de separadores uniformes, contrapesos adecuados al producto, menor dispersión en el espesor en piezas y trabajar con temperatura que no excedan 65°C.

Diseños robustos, como el propuesto por el Dr Taguchi, podrían ser apropiados para alcanzar resultados que eleven la calidad de la madera seca.

BIBLIOGRAFIA

ÁLVAREZ, H., Fernández – Golfín, J. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Madrid (España). 193p. (Colección monografías INIA, núm. 82).

ANANIAS R., Salvo Linette; Estrada Ricardo; Rodrigo Briones. 1997. Estudio experimental del secado a temperaturas convencionales de acacias. Maderas. Ciencia y tecnología 10(2): 151-162, 2008), Serie documentos de divulgación N°8. Instituto Forestal Chile. Madera seca en cámara. Guía de procedimientos para el control de calidad. INFOR.

CORONEL, E.O. 1994. Variación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de Especies Nativas y Cultivadas En El Chaco Argentino - Revista Quebracho, N° 2 pp. 14 – 20.

FUENTES, M. 1994. Secado de madera aserrada de *Pinus radiata* D. DON impregnado con sales hidrosolubles CCA. Tesis de Magíster en Ciencias y Tecnología de la Madera. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 185p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. 1972. Normas NCh 992 Eof 72 y NCh 993.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. 1986. Norm NCh 196 of-86.

INSTITUTO FORESTAL. 1999. Secado artificial de madera aserrada en la región del Bío Bío. Concepción. INFOR. 142 p. (Documento Técnico, 145).

JUACIDA, R., Inzunza, L. 1990. Pautas de Con-

trol de Calidad para Madera Secada Artificialmente. Universidad Austral de Chile. P. 27.

SÁNCHEZ, V., Cáceres, D. 2001. UNaF, “Estudio Taxonómicos y Fenológicos de las especies de importancia forestal de la Provincia de Formosa” Informe final.

TINTO, JOSE C. 1997. Tecnología de las maderas: argentinas y del mundo. Editorial Agro-Vet. 565 pág.

TORTORELLI, Lucas A. 2009. Maderas y bosques argentinos. Tomos I y II.

ZADERENKO, C. 2000. Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de Misiones. Tesis de maestría en Tecnología de la madera, celulosa y papel. F.C.E.Q y N y F.C.F. de la Universidad Nacional de Misiones.