

UNIFORMIDAD DEL CONTENIDO DE HUMEDAD: EFECTO DE LA POSICIÓN RADIAL, CONTENIDO HUMEDAD INICIAL Y ANATOMÍA EN *Gmelina arborea*

Freddy Muñoz¹, Roger Moya R.²

Resumen

La *Gmelina arborea* es la especie más importante en los programas de reforestación en Costa Rica. A esta especie se la han atribuido algunos inconvenientes durante el proceso de secado, relacionado a grandes diferencias en los gradientes de humedad final luego del proceso de secado. Esta investigación tiene como objetivo determinar la variabilidad del contenido de humedad final (CHF) en relación con el contenido de humedad inicial (CHi), peso específico básico (PEB), distancia de corteza-médula (DM) y algunos elementos anatómicos.

Se utilizaron árboles de plantaciones de rápido crecimiento de 15 años de edad, de los cuales fueron obtenidas tablas de 12 mm de espesor y en sentido corteza-médula, indicando la distancia de c/pieza respecto a la médula. En un horno marca NARDI, se realizaron 2 secados. Paralelo a este estudio fue obtenido muestras para determinar el PEB y CHi y características anatómicas. El análisis de la variación del contenido de humedad final con las características evaluadas se estableció por medio de una matriz de correlación de Pearson.

La uniformidad CHF esta asociada a la DM, no obstante, se comprobó que existe una influencia por las variaciones radiales que se presentan en el PEB y las características anatómicas de largo, y diámetro de fibra, diámetro del lumen y ancho de radios. Otras características anatómicas no mostraron correlación estadística.

¹ Email: fmunoz@itcr.ac.cr, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago-Costa Rica

² Email: rmoya@itcr.ac.cr, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago-Costa Rica

MOISTURE CONTENT UNIFORMITY: EFFECT RADIAL POSITION, INITIAL MOISTURE CONTENT AND ANATOMY IN *Gmelina arborea*

Freddy Muñoz¹, Roger Moya R.²

Abstract

The *Gmelina arborea* is the most important species in Costa Rica reforestation programs. Some inconvenients have been attributed to this species which occur during the drying process. These are related to big final moisture content differences alter the drying process. This investigation has as an objective to determine the variability of the moisture content (MC_f) in relation to the initial moisture content (MC_i), Specific Gravity (SG), bark-pith distance (PD) and some anatomic elements.

Logs taken from 15 year old fast-growth plantation trees were used for this study. Then they were sawed in boards 12 mm thick in bark-pith direction indicating the PD for each board. In a NARDI® kiln, two drying processes were made. Parallel to this activity, the SG, MC_i , and anatomical features were determined. The analysis of the MC_f with the already evaluated characteristics was established by Pearson correlation matrix.

The MC_f uniformity is associated to PD, nevertheless, it was proved that it exist an influence by radial variation that is present in SG and anatomical features like fiber length-diameter, lumen diameter and rays width. Others anatomical features analyzed did not show statistic correlation.

¹ E-mail: fmunoz@itcr.ac.cr, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, Instituto Tecnológico de Costa Rica, P.O. BOX: 159-7050, Cartago-Costa Rica.

² E-mail: rmoya@itcr.ac.cr, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, Instituto Tecnológico de Costa Rica, P.O. BOX: 159-7050, Cartago-Costa Rica.

INTRODUCCION

La *Gmelina arborea* (melina) es la especie más importante en los programas de reforestación en Costa Rica, representando un 15% de las 700 mil hectáreas plantadas a nivel mundial (Dvorak, 2004); de hecho el sector de industrialización de madera de plantaciones costarricense se ha desarrollado a partir de esta especie. Lo anterior lleva implícito una gama de procesos y técnicas de aprovechamiento y procesamiento industrial para brindarle mayor valor agregado a los productos forestales (Moya, 2004). Uno de los procesos que es importante y tiene relevancia en la industrialización de la madera, es el secado, el cual aporta ventajas como: estabilidad dimensional, compatibilidad a los revestimientos (acabados) y adhesivos, mejora su trabajabilidad, aumenta la resistencia mecánica, mejora su aislamiento térmico, acústico y eléctrico, aumenta la resistencia al biodeterioro, entre otros. Sin embargo, a la madera de melina, se la han atribuido algunos inconvenientes durante el proceso de secado, relacionado a grandes diferencias en los gradientes de humedad final luego del proceso de secado y diferencias en la velocidad de secado (Lauridsen y Kjaer, 2002, Sattar *et al.*, 1991). Algunas investigaciones con otras especies han sugerido que estas variaciones son debidas a los programas de secado, diseño y características de los hornos y otros a la naturaleza biológica de la madera (Cronin, 2004; Pang, 2002).

Este trabajo examina la variabilidad del contenido de humedad final (CH_f) y la velocidad de secado en madera de melina proveniente de árboles creciendo en condiciones de rápido crecimiento, y su relación con el contenido de humedad inicial (CH_i), peso específico básico (PEB), distancia de corteza-médula (DM) y algunos elementos anatómicos.

METODOLOGIA

Los ensayos de este estudio se realizaron en el Centro de Investigación en Integración Bosque Industria (CIIBI), Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Cartago, Costa Rica. Para la evaluación de la variación del CH_f , se utilizaron árboles de plantaciones de rápido crecimiento de 15 años de edad, procedente de Puriscal, San José, Costa Rica. Sitio ubicado a 400 m.a.s.l, (9 52' 47" W y 84 23' 49" N), correspondiente a una zona de vida de tropical húmedo (Holdridge, 1967). De 4 árboles diferentes se

obtuvieron 4 trozas que se aserraron, obteniendo de c/u un bloque diametral, los cuales fueron reaserrados en piezas individuales de 12 mm de espesor tangente a los anillos de crecimiento y en sentido corteza-médula, indicando la distancia de c/pieza respecto a la médula (DM). De los extremos de cada pieza fueron extraídas muestras para determinar su PEB, su CH_i y una pequeña muestra de 10 mm de ancho en todo el espesor de las piezas para la determinación de las características anatómicas. El secado fue realizado en un horno de secado experimental marca NARDI®. Fueron realizados 2 corridas de secado con un tiempo de 12 y 16 días, temperatura inicial 30°C y temperatura final de 85°C, aumentando el gradiente de temperatura aproximadamente 4.5°C/día. El control de humedad relativa se realizó con un psicrómetro, registrándose la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo. Diariamente las piezas fueron pesadas para el cálculo de la disminución del %CH. El PEB y CH_i fueron determinados acorde a la norma ASTM (ASTM D-143), en tanto que, para determinar las dimensiones de los elementos celulares fueron preparados maceraciones para determinar las dimensiones de las fibras de acuerdo al método propuesto por Franklin (Ruzin, 1999). En los elementos anatómicos, fueron preparados láminas permanentes acorde a lo propuesto por Johansen (1940) y Sass (1951). Las características anatómicas se cuantificaron con un microscopio con cámara digital. Las imágenes fueron analizadas con el software IMAGE TOOL®, los parámetros medidos con una repetición de 25 veces (IAWA, 1989) fueron: largo de fibra (LF), diámetro de fibra ($\emptyset F$), diámetro de lumen ($\emptyset L$), espesor de pared celular (EPC), diámetro tangencial del vaso ($\emptyset TV$), frecuencia de vasos (FV), frecuencia de radios (FR), largo de radio (LR), cantidad de células en el largo del radio (CLR), ancho del radio (AR) y cantidad de células en el ancho del radio (CAR). El análisis de la variación del contenido de humedad final y su relación con las características anatómicas medidas se estableció por medio de una matriz de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSION

El CH_i presentó una media de 170% con un variación de 207% hasta 140%, siendo los valores más altos en aquella madera más próxima a la médula y los valores más bajos en la madera cerca de la corteza (Figura 1a). Entre tanto que, al final del proceso de secado la madera presentó una media de 6,82%, con poca uniformidad debido a que se presentó una variación de 3,03% a 9,06%. Nuevamente se encontró que en las parte centrales de la troza de madera se presentan los valores de CH_i mas altos y en

la madera de la parte externa los valores más bajos (Figura 1a). Ambos contenidos de humedad, CH_i y CH_f, mostraron una relación estadísticamente inversa respecto a la DM (Tabla 1).

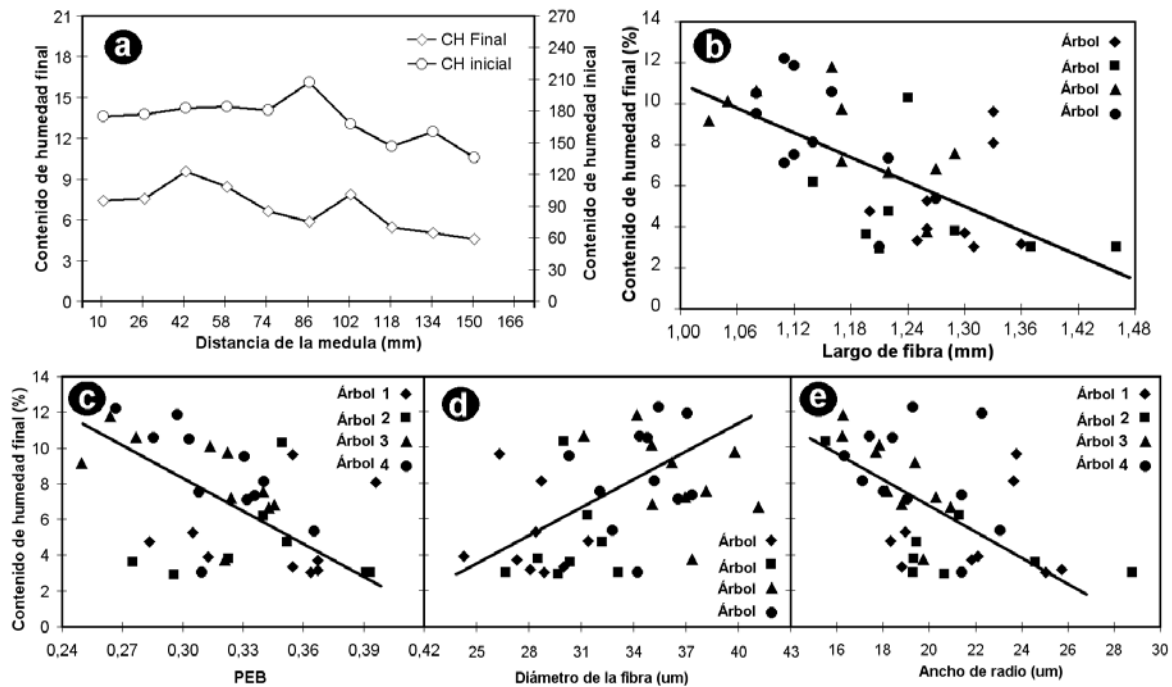


Figura 1. Variación del CH_i, CH_f, PEB y algunas características de la madera respecto a la medula.

Tabla 1. Parámetros estadísticos de la regresión entre DM, CH_f y características evaluadas.

Relation con	Variable	MSE	F valor	P valor	R ²
DM	CHF	2.816	5.52	0.02	0.14
	PEB	0.029	21.5	0.00	0.38
	LF	0.088	13.4	0.00	0.27
	DF	4.101	0.80	0.38	0.02
	DL	4.211	0.20	0.66	0.00
	DM	0.058	4.10	0.05	0.10
CH _f	PEB	2.694	9.28	0.00	0.21
	LF	2.309	25.2	0.00	0.42
	DF	2.720	8.43	0.01	0.19
	DL	2.648	10.8	0.00	0.24
	AR	2.596	12.7	0.00	0.27
	EPC	2.869	4.03	0.05	0.10

La poca uniformidad del CH_i encontrada, entre la médula y la cercanía de la corteza y su relación con la DM en madera de melina proveniente de árboles de rápido crecimiento es presentado en general para muchas especies forestales, tales como los encontrado para *Cedrela odorata* (Ofori y Brentuo,

2005), *Acacia mangium* y *Acacia auriculiformis* (Yakamoto, *et al.*, 2003). Este comportamiento antes señalado, es considerado como normal en las especies en general, sin embargo en algunas especies ésta variación es considerable dependiendo de la localización, edad y volumen del árbol (Haygreen y Bowyer, 1996). Möttönen, *et al.*, (2004) estudiando la variación del CH_f con *Betula pendula* atribuyo las diferencias al incremento del PEB y la variación del contenido de extractivos con la DM.

El PEB, LF, ØF, ØL y AR mostraron correlación estadísticamente significativa con el CH_f (P valor $\leq 0,01$), en tanto que el CH_i y resto de características anatómicas, EPC, ØTV, FV, FR, LR, CLR y CAR no fue encontrado una relación con la variación final del contenido de humedad (Tabla 2).

El incremento en el PEB, LF y AR mostraron una disminución del contenido de humedad al finalizar el proceso de secado en melina (Figura 1b, 1c y 1e), mientras que el incremento en ØL y ØF produce un aumento del CH_f durante el proceso de secado (Figura 1d). En este caso particular la melina presentó una igualdad estadística entre el ØF y ØL ante el CH_f debido a su alto coeficiente de correlación ($R= 0,986$). Las características anatómicas y el PEB para muchas especies están asociados con DM (Zobel y Sprague, 1998), por lo que un buen parámetro de evaluación en las variaciones en el CH_f podría hacerse considerando la DM (Ofori y Brentuo, 2005; Möttönen *et al.*, 2004). No obstante, los resultados obtenidos para la melina no muestran este comportamiento, debido a que presentaron algunas diferencias entre las relaciones (grado de significancia) entre el CH_f y DM con las propiedades evaluados. El PEB, LF, ØF, ØL y AR presentaron relación con CH_f, sin embargo al evaluar estas características respecto a la DM, solamente fueron significativos el PEB y LF (Table 2).

Estos resultados sugieren que la variación del CH al final del proceso de secado en la madera de melina proveniente de árboles de rápido crecimiento tiene gran relación con la variación anatómica, y no con las variaciones que puedan aparecer por influenciados por la DM. Los elementos anatómicos juegan un papel predominante en el flujo de agua durante el proceso de eliminación de agua en la madera (Siau, 1971). El flujo del agua dentro de la madera ocurre a través de la pared celular de la fibras y las puntuaciones (Keey y Nijdam, 2002), parénquima radial (Lei, *et al.*, 1997) y también es señalada la

importancia del lumen del vaso, lumen de fibras y presencia de extractivos en el flujo de agua (Choong, *et al.*, 2001; Haygreen and Bowyer, 1996).

Los resultados obtenidos con la madera de melina de plantaciones mostraron la importancia de los radios y el lumen de las fibras (largo y diámetro de la fibra), no obstante los vasos y pared celular no fueron tan importantes, probablemente a la presencia de tílides dentro del vaso (Pearson and Brown, 1932), los cuales disminuyen la permeabilidad de la madera y la escasa y diminutas puntuaciones presentes en la madera de melina (Moya, 2006), que también disminuyen el flujo de agua dentro de la madera.

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson, entre CH_i y parámetros anatómicos evaluados.

	DM	CH_i	CH_f	PEB	LF	$\emptyset F$	$\emptyset L$	EPC	$\emptyset TV$	FV	FR	LR	CLR	AR	CAR
DM															
CH_i	***														
CH_f	*	***													
PEB	***	*	***												
LF	***	***	***	***											
$\emptyset F$			***		***										
$\emptyset L$			***	*	***	***									
EPC	***			***	***										
$\emptyset TV$	***			***		*		*							
FV	***					***	***		*						
FR	***					***	***		***	***					
LR						***	***			*	*				
CLR												*			
AR		***	***	*	***										
CAR													*	***	

*** altamente significativo (p - valor $< 0,01$) / * significativa (p - valor $< 0,05$).

CONCLUSIONES

La uniformidad en el CH_i y CH_f en madera de melina de árboles de plantaciones de rápido creciendo esta asociada a la DM, como sucede normalmente en otras especies de plantación. No

obstante, se comprobó que para el CH_r existe una influencia por las variaciones que se presentan en el PEB y las características anatómicas de LF, ØF, ØL y AR, sin embargo, este estudio no encontró correlación estadística entre ØF, ØL y AR con la DM.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR, Barca S.A., Racsa S.A. and Maderas & Servicios S.A.

REFERENCIAS

- Cronin, K. (2004) Assessing the influence of the drying schedule on moisture variability in the batch drying of timber. *Drying Tech.* 22: 985-1004.
- Dvorak, B. (2004) World view of *Gmelina arborea*: Opportunities and challenges. *New Forest.* 28: 111-126.
- Choong, E., Peralta, P., Shupe, T. (2001) Effect of hardwood vessels on longitudinal moisture diffusion. *Wood Fiber Sci.* 33: 159-165.
- Haygreen, J., Bowyer, J. *Forest products and wood science.* 3^{era} Ed. Iowa, US. Iowa State University Press, 1996. 484 p.
- Holdridge, L. *Life Zone Ecology.* Tropical Science Center. San Jose, Costa Rica, 1967. 216 p.
- IAWA-Committee. (1989) List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10, 226-332.
- Johansen, D. *Plant microtechnique.* New York, US. MacGraw-Hill, 1940. 533 p.
- Keey, R., Nidjam, J. (2002) Moisture movement on drying softwood boards and kiln design. *Drying Tech.* 20: 1955-1974.
- Lauridsen, E., Kjaer, E. (2002) Provenance research in *Gmelina arborea* Linn. Roxb. A summary of results from tree decades of research and a discussion of how to use them. *Int. For. Rev.* 4(1): 20-29.
- Lei, H., Gartner, B.L., Milota, M.R. (1997) Effect of growth rate on the anatomy, specific gravity, and bending properties of wood from 7-year-old red alder (*Alnus rubra*). *Can. J. For. Res.* 27: 80-85.
- Möttönen, V., Heräjärvi, H., Koivunen, H. (2004) Influence of felling season, drying method and within-tree location on the Brinell hardness and equilibrium moisture content of wood from 27-35-year-old *Betula pendula*. *Scand. J. For. Res.* 19: 241-249.

Moya, R. (2004) Wood of *Gmelina arborea* in Costa Rica. New Forests 28: 299-307.

Moya, (2006). Fiber morphology in fast growing *Gmelina arborea* plantations. Maderas y Bosques (In press).

Ofori, J., Brentuo, B. (2005) Green moisture content, basic density, shrinkage and drying characteristic of the wood of *Cedrela odorata* grown in Ghana. J. Trop. For. Sci. 17: 211-223.

Pang, S. (2002) Effects of sawing pattern on lumber drying: Model simulation and experimental investigation. Drying Tech. 20: 1769-1787.

Pearson, R., Brown, H. Commercial timbers of India: Their distribution, supplies, anatomical structure, physical and mechanical properties and uses. Calcutta, IN Government of India Central Publication Branch, 1932, Vol. II. 1150 p.

Sass, J. Botanical microtechnique. 2 ed. Iowa, US. Iowa State College Press, 1951. 228 p.

Sattar, A., Sarkar, S., Taukkdar, Y. (1991) Kiln drying of Gamar (*Gmelina arborea*) using varying sticker thickness and dryings schedules. Bangladesh J. For. Sci. 20(1/2): 49-54.

Siau, J. Flow in wood. New York, US. Syracuse University Press, 1971 131 p

Yakamoto, K., Sulaiman, O., Kitingan, C., Choon, L., Nhan, N. (2003) Moisture distribution in stems of *Acacia mangium*, *A. auriculiformis* and hybrid *Acacia* trees. JARQ. 37(3): 207-212.

Zobel, B., Sprague, J. Juvenile wood in trees. Ed. T. Timell. Springer-Verlag, Heilderberg, 1998. 300 p.