

SECADO DE MADERAS TROPICALES DE PLANTACIONES: SUS PROBLEMAS

Ing. Carolina Tenorio Monge, Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica. ctenorio@itcr.ac.cr

Ing. Roger Moya Roque, Ph.D. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica. rmoya@itcr.ac.cr

Resumen

Acacia mangium, *Gmelina arborea* y *Vochysia guatemalensis* son actualmente de las especies más utilizadas en plantaciones forestales en Costa Rica. No obstante, su madera presenta problemas en el proceso de secado, específicamente diferencias en el contenido de humedad final, producto principalmente del desarrollo de bolsas de humedad (BH). Se investigó el desarrollo de las bolsas de humedad en la madera seca de estas 3 especies, considerando plantaciones forestales de diversas condiciones climáticas en Costa Rica. Las BH en la madera están presentes en el sentido transversal y longitudinal de la tabla, además de poseer un color más oscuro. En la madera seca de *A. mangium* se encontró que un 64% del total de las tablas (216) presentaban BH, para *G. arborea* se presentaron en un 32,8% de total (247) y en *V. guatemalensis* se encontraron en un 42% del total de piezas secas (112). El contenido de humedad en el interior de las BH varió para *A. mangium* de 12% a 76%, para *G. arborea* de 40% a 100%, y para *V. guatemalensis* entre 15 a 45%. Se confirmó que la madera con algún tipo de corte radial es más propensa a desarrollar BH, las cuales incrementan el contenido de humedad final de la madera. De acuerdo con los resultados la incidencia de éstas aumenta de acuerdo con la procedencia de la madera, el programa de secado aplicado, la altura de muestreo y la edad del árbol. La hipótesis es que la presencia de madera húmeda, madera infestada por algún tipo de bacteria anaeróbica y el tipo de patron de corte, son los responsables de la formación de BH.

Introducción

Especies de rápido crecimiento (con turnos de rotación menores a los 30 años), como *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* y *Vochysia guatemalensis*, han mostrado excelentes resultados en plantaciones forestales en Costa Rica (Calvo-Alvarado *et al.*, 2007; Petit y Montagnini, 2006). No obstante, la utilización de árboles de plantaciones muestra problemas en la calidad de la madera aserrada y en algunos procesos industriales, entre los que se destacan la falta de uniformidad del contenido de humedad final (CHf), y una alta incidencia de defectos de secado como torceduras, rajaduras, grietas y colapso en la madera (Moya y Muñoz, 2008; Moya *et al.*, 2011).

Se han señalado diferentes factores que pueden ser los causantes principales de la variación en el CHf, entre los que se destacan: las características propias de las especies, como su densidad y composición química (Möttönen, 2006), presencia

de extractivos (Keey, 2005), la edad del árbol (Qumruzzaman *et al.*, 2005), el contenido de humedad inicial de la madera (CHi) (Moya y Muñoz, 2008), el programa de secado (Simpson, 1999), presencia de albura y duramen (Yamamoto *et al.*, 2003) así como la presencia de bolsas de humedad (Yamamoto *et al.*, 2003), entre otras.

Las BH, también conocidas como “madera húmeda” o “bolsas de agua”, son comúnmente áreas localizadas en el duramen de la madera con un contenido de humedad más alto de lo normal, aproximadamente 10% o más (Simpson, 1991). Estas son áreas que se pueden observar transversalmente y en todo lo largo de la tabla y que se caracterizan por poseer un color más oscuro donde se concentra la humedad en comparación con la región de la tabla que se encuentra seca (Moya y Muñoz, 2008). Las BH tienden a producir problemas en el secado de la madera, aumentando los tiempos de secado, provocando una alta variabilidad en el CHf y desarrollando una serie de defectos (Simpson, 1991). Tablas que presentan estas condiciones suelen ser rechazadas en los procesos de manufactura, debido a su pobre desempeño y baja calidad de la madera.

Debido a la alta importancia de *A. mangium*, *G. arborea* y *V. guatemalensis* como especies de reforestación, a los posteriores usos de su madera y a la falta de información que explique las causas de variación del CHf después del proceso de secado, este trabajo examina la ocurrencia de BH en la madera seca de estas especies. Se considera la influencia de factores tales como procedencia de la madera, tipo de secado aplicado, altura de la tabla (posición de la troza en el árbol), posición radial (distancia de la médula), patrón de corte y la presencia de albura y duramen.

Metodología

Localización de las plantaciones y sus características

La madera utilizada para el secado fue extraída de plantaciones de rápido crecimiento ubicadas en diferentes regiones de Costa Rica. La madera utilizada de *A. mangium* provenía de plantaciones de 9 años. La madera de *G. arborea* provenía de plantaciones de 6 a 12 años de edad y la de *V. guatemalensis* de plantaciones de 8 años de edad.

Muestreos y patrón de aserrío

Se seleccionaron y cortaron diez árboles con diámetro cercano al promedio de la plantación. Luego, se cortaron dos trozas de 2,5 m: la primera de la base del árbol a 2,5 m (altura A) y la segunda de los 2,5 m a 5 m (altura B). Las trozas fueron aserradas en tablas de 2,5 cm de espesor. Un total de 216 tablas se obtuvieron del total de las trozas de *A. mangium*, 247 de *G. arborea* y 112 tablas de *V. guatemalensis*. Luego del proceso de aserrío cada tabla fue cortada transversalmente a 27 cm del extremo inferior del árbol, posteriormente a esa altura fue extraída una sección transversal de 3 mm de espesor para determinar el tipo de corte, el porcentaje de área radial y tangencial, y la evaluación de la presencia de duramen y albura (Figura 1b). Todas las tablas fueron clasificadas en relación al tipo de corte presente en la sección transversal: patrón tangencial

(1), patrón radial (2), patrón oblicuo: tangencial–radial (3) y cortes combinados: radial-tangencial-radial (4) (Figura 1a).

Secado

El proceso de secado se llevo a cabo en una cámara de secado NARDI con capacidad para 2 m³. Se utilizaron dos programas de secado por especie, los cuales son comúnmente usados por operadores en Costa Rica.

Determinación del contenido de humedad y de las bolsas de humedad

Una vez terminado el proceso de secado a una longitud de 27 cm del extremo inferior, se realizaron dos cortes transversales de aproximadamente 2,5 cm de espesor con el fin de determinar el CHf y evaluar la presencia de BH (Figura 1c). El CHf fue calculado utilizando la norma D-1442-92 (ASTM, 2003). Sobre uno de los cortes transversales fue delineado y delimitado el borde de la BH. Posteriormente fue tomada una foto digital y luego con la ayuda del programa Image Tool® (Health Science Center, 2006) fue calculado el área de la bolsa y el área total de esta sección transversal. El área de la BH fue expresada en relación al área total.

Resultados

Luego del secado se presentó un CHf de 19%, con una variación de 9 a 52%, para *A. mangium*, con una duración promedio del proceso de secado de 358 horas. Para *G. arborea* se presentó una variabilidad entre 10 y 36%, en un proceso de secado de 288 horas. En tanto para *V. guatemalensis* se presentan valores entre 10 y 24% con un promedio de 12% de CHf, con 160 horas de secado. Siendo los valores de *G. arborea* y *V. guatemalensis* más bajos que los presentados para *A. mangium*. La variación del CHf de la madera está presente en todo proceso de secado, no obstante esta debe ser minimizada para mejorar la estabilidad de la madera y la calidad del producto final. Esta falta de uniformidad en el CHf puede tener un impacto significativo en el procesamiento secundario de la madera y en el desempeño final del producto (Gu *et al.*, 2004). Se considera un secado satisfactorio, cuando el promedio de CHf presenta una variación de $\pm 1\%$ (Simpson, 1999). De este modo se confirma que las tres especies poseen dificultades para lograr un CHf satisfactorio.

Un factor importante que afecta el CHf en madera seca es la formación de BH. En la madera seca de *A. mangium* se encontró que un 64% del total de las tablas evaluadas en los dos programas de secado (216) presentaban BH. Para *G. arborea* las BH se encontraban en 32,8% del total de tablas evaluadas (247) y en *V. guatemalensis* se encontraron en un 42% del total de piezas secas (112).

Las BH en la madera seca de las tres especies se pueden observar transversalmente y en todo lo largo de la tabla y se caracterizan por poseer un color más oscuro donde se concentra la humedad en comparación con la región de la tabla que se encuentra seca (Figura 1). Al evaluar el CHf en el interior de la BH en las tablas de *A. mangium* se observó una variación de 12 a 76%, mientras que para *G. arborea* se obtuvo una variación de 40 a 100%. En el caso de *V. guatemalensis* el CHf en esta sección varió de 15 a 45%.

Tablas con cortes radiales (2, 3 y 4) fueron más propensas a desarrollar BH, para *A. mangium* en un 70% de las tablas con BH, estas se encontraban en los cortes radiales. Del mismo modo para *G. arborea* con 95% y para *V. guatemalensis* en el 100% de las tablas con BH estas se encontraban en los cortes radiales. Y dentro de estas, las tablas con cortes combinados (4) presentan la mayor cantidad de BH. Este comportamiento se debe a las variaciones de velocidad en el movimiento del agua y producidas por la diferente permeabilidad de la madera en estos cortes (Pang, 2002). De acuerdo con Sattar *et al.* (1991) el porcentaje de madera con cortes radiales tiende a incrementar los contenidos de humedad en la madera seca, ello porque el flujo del agua a través de las fibras es mucho más lento en este corte, en comparación con el corte tangencial donde el flujo del vapor de agua ocurre por los radios, usando el mecanismo de la difusión (Pang, 2002).

Se encontró que la incidencia de éstas aumenta de acuerdo con la procedencia de la madera, el programa de secado aplicado, la altura de muestreo y la edad del árbol, en el caso de *A. mangium* y *G. arborea*. Donde las tablas provenientes de climas o zonas más húmedas, secados de bajas temperaturas y humedades relativas, tablas provenientes de la base de los árboles y de árboles de mayor edad, son más propicias a presentar un mayor número de bolsas de humedad y CHF más altos y variables dentro de las mismas. Además de que estas se presentan tanto en duramen como en albura.

No obstante, el desarrollo de las BH en madera seca es aún poco conocido. Por ejemplo, Moya y Muñoz (2008) señalan dos posibles explicaciones para la formación de BH en la madera seca: (1) al inicio del proceso de secado las punteaduras tienden a producir fuerzas capilares de alta magnitud provocando la aspiración del margo en las secciones radiales, sin permitir el flujo normal del agua, y (2) el movimiento del agua en la sección radial de las tablas se produce principalmente por la punteaduras de las fibras las cuales son escasas y diminutas, lo cual tiende a producir un ritmo de difusión más lento. Así mismo, otros estudios señalan que la formación de BH está relacionada a la “madera húmeda” (Ward, 1986; Simpson, 1991), la cual es originada por la invasión de una bacteria anaeróbica en el duramen de árboles vivos (Ward, 1984). Este tipo de madera provoca lentas velocidades de secado y baja permeabilidad producto de las aspiraciones del margo en las puntuaciones de las fibras (Ward, 1986; Jeremic *et al.*, 2004). Yamamoto *et al.* (1997, 2003) reportan este tipo de “madera húmeda” en el duramen de *A. mangium*. Además en otras investigaciones se ha mostrado que en esta especie se presenta un tipo de pudrición del duramen en el árbol que entre de otras cosas afecta su estructura anatómica así como otros componentes en la madera (Barry *et al.*, 2004; Barry *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 1997) y que junto con la presencia de madera húmeda pueden estar ayudando a la formación de BH. Sin embargo este tipo de “madera húmeda” solo ha sido reportada para *G. arborea* por Muñoz y Moya (2008).

Conclusiones

La presencia de BH en las tablas secas de *A. mangium*, *G. arborea* y *V. guatemalensis* son la principal causa de la falta de uniformidad en el CHF. El CHF en el interior de BH varió de 12 a 76% para *A. mangium*, de 40 a 100% para *G.*

arborea y de 15 a 45% para *V. guatemalensis*. El tipo de patrón de corte posee una alta influencia en la formación de las BH. Tablas con algún tipo de corte radial son más susceptibles a presentar BH que tablas con cortes tangenciales. Además, la incidencia de éstas aumenta de acuerdo con la procedencia de la madera, el programa de secado aplicado, la altura de muestreo y la edad del árbol.

Bibliografía

- ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2003. ASTM D-1442-92, Standard test methods for direct moisture content measurements of wood and wood-Base materials.
- Barry, KM; Irianto, RSB; Santoso, E; Turjaman, M; Widyati, E; Sitepu, I; Mohammed, CL, 2004. Incidence of heartrot in harvest-age *Acacia mangium* in Indonesia, using a rapid survey method. *Forest Ecology and Management*. 190:273-280.
- Barry, KM; Irianto, RSB; Tjahjono, B; Tarigan, M; Agustini, L; Hardiyanto, EB; Mohammed, CL. 2006. Variation of heartrot, sapwood infection and polyphenol extractives with provenance of *Acacia mangium*. *Forest Pathology*. 36:183-197.
- Calvo- Alvarado, JC, Arias D, Ritcher, DD. 2007. Early growth performance of native and introduced fast growing tree species in wet to sub-humid climates of the Southern region of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 242(2-3): 227-235.
- Gu, H; Young, TM; Moschler, WW; Bond, BH. 2004. Potential sources of variation that influence the final moisture content of kiln- dried hardwood lumber. *Forest Products Journal*. 54(11):65-70.
- Health Science Center. 2008. Image Tools. Texas University—San Antonio. Available at: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>.
- Jeremic, D; Cooper, P; Srinivasan, U. 2004. Comparative analysis of balsam fir wetwood, heartwood, and sapwood properties. *Canadian Journal of Forests Research*. 34:1241-1250.
- Keey, R. 2005. Colour development on drying. *Maderas Ciencia y Tecnología*. 7: 3-16.
- Lee, SS; Arentz, F. 1997. A possible link between rainfall and heartrot incidence in *Acacia mangium*. *Journal of Tropical Forest Science*. 9:441-448.
- Möttönen, V. 2006. Variation in drying behavior and final moisture content of wood during conventional low temperature drying and vacuum drying of *Betula pendula* timber. *Drying Technology* 24: 1405 – 1413.
- Moya, R; Muñoz, F. 2008. Wet pockets in kiln-dried *Gmelina arborea* lumber. *Journal of Tropical Forest Science*. 22(3):317-328.
- Moya, R; Ureña, E; Salas, C; Muñoz, F. 2011. Kiln drying defects presence and grouping of wood from ten tropical species growing in fast-growth plantation. *Wood material science and engineering* (Submit).
- Muñoz; F; Moya, R. 2008. Moisture content variability in kiln-dried *Gmelina arborea* wood: effect of radial position and anatomical features. *Journal of Wood Science*. 54:318-322.
- Pang, S. (2002) Effects of sawing pattern on lumber drying: Model simulation and experimental investigation. *Dry. Tech*. 20:1769-1787.
- Petit, B., Montagnini, F. 2006. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 338-343 .
- Qumruzzaman, C; Iftekhar S; Mahbubul, A. 2005. Effects of age and height variation on physical properties of mangium (*Acacia mangium* Willd) wood. *Australian Forestry*. 68:17-19.

- Sattar, A; Sarkar, S; Taukkdar, Y. 1991. Kiln drying of Gamar (*Gmelina arborea*) using varying sticker thickness and dryings schedules. Bangladesh Journal of Forest Science. 20:49-54.
- Simpson, W. 1991. Properties of wood related to Drying. In: Simpson W (ed) Dry Kiln Operator's Manual Handbook AH-188. USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory. WI. pp 11-150.
- Simpson, W. 1999. Drying and control of moisture content and dimensional changes. In Wood Handbook- Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Reo. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463p.
- Ward, JC. 1984. Influence of wetwood on pulsed-current resistances in lumber before and during kiln-drying. Wood and Fiber Science. 16:598-617.
- Ward, JC. 1986. The effect of wetwood on lumber drying times and rates: an exploratory evaluation with longitudinal gas permeability. Wood and Fiber Science. 18:288-307.
- Yamamoto, K; Sulaiman, O; Hashim, R. 1997. Wetwood of *Acacia mangium* in Malaysia. In JIRCAS News, No. 12, ed. Kunio Tsubota, JIRCAS, Tsukuba, Japan, 5-6.
- Yamamoto, K; Sulaiman, O; Kitingan, C; Choon, L; Nhan, N. 2003. Moisture distribution in stems of *Acacia mangium*, *A. auriculiformis* and hybrid acacia trees. Japan Agricultural Research Quarterly. 37(3):207-212.

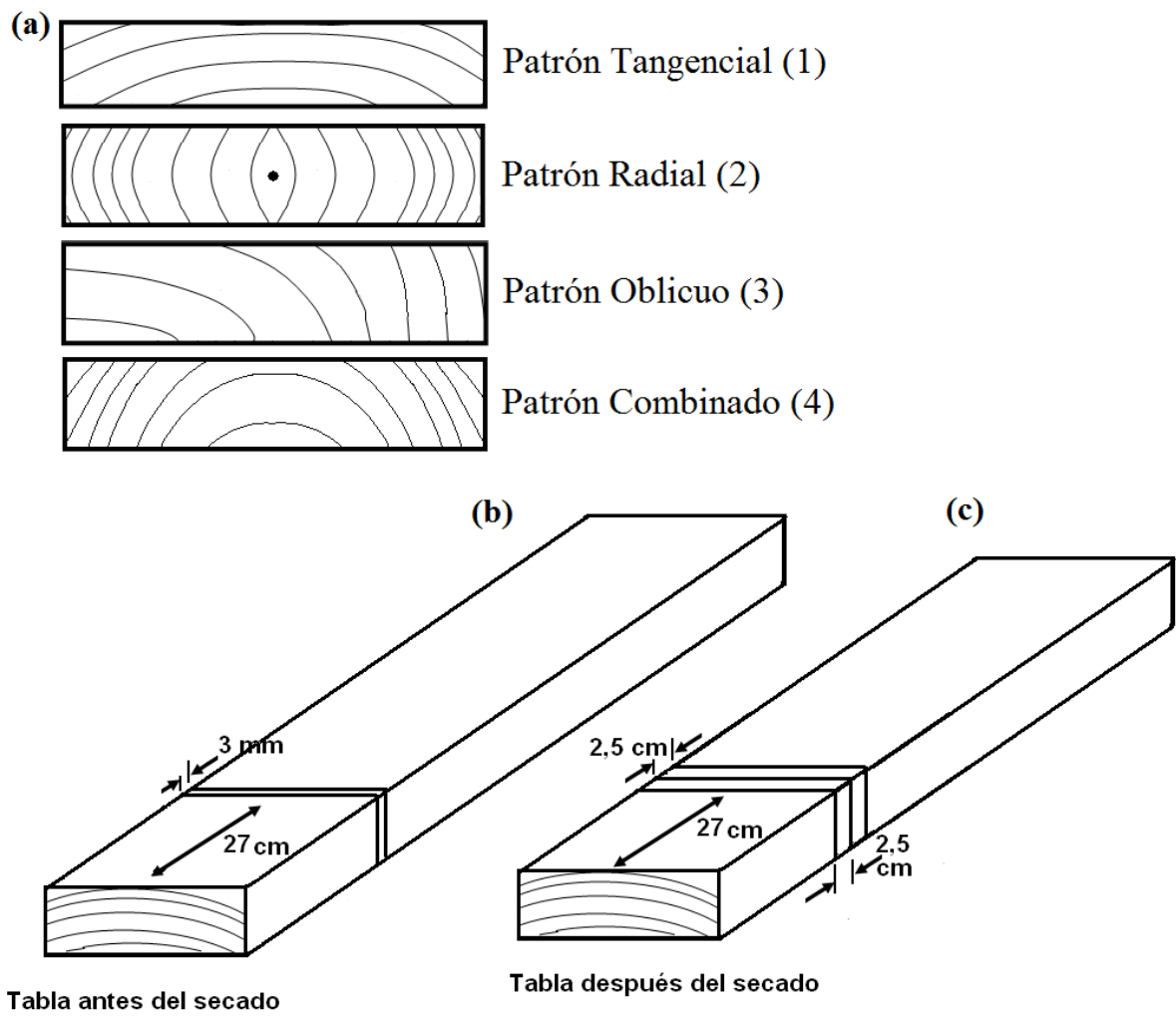


Figura 1. Patrones de corte y obtención de muestras para determinación del contenido de humedad y de bolsas de humedad en las tablas.



Figura 2. Bolsas de humedad presentes en la madera seca.