

Consideraciones y recomendaciones prácticas para mejorar la calidad de la madera seca de *Acacia mangium* Willd

Fecha de recepción: 26/10/2010

Fecha de aceptación: 04/03/2011

Carolina Tenorio Monge¹

Róger Moya Roque²

Palabras clave

Contenido de humedad, defectos, bolsas de humedad, programas de secado.

Resumen

Acacia mangium, es actualmente, una de las especies más utilizadas en plantaciones comerciales en Costa Rica. Sin embargo, los usos de su madera han sido restringidos debido a que presenta algunos problemas durante el proceso de secado artificial, entre los que destaca la alta variabilidad del contenido de humedad final, la alta incidencia de defectos y la presencia de bolsas de humedad.

Se han investigado las causas de esta variación y del desarrollo de estos defectos y se ha encontrado que los principales factores que influyen son: la alta variabilidad en el contenido de humedad inicial de la madera, la procedencia de la materia prima, la altura, la posición radial de la tabla al extraerla del árbol y el uso de programas de secado inadecuados para la especie. Asimismo se dan una serie de recomendaciones a considerar antes de

iniciar el secado artificial con el fin de lograr una mejor calidad de madera en cuanto a la variabilidad del secado y la presencia de defectos.

Key words

Moisture content, defects, wet pockets, drying schedules.

Abstract

Acacia mangium is currently is currently one of the most used species in commercial plantations in Costa Rica. However, the use of timber have been limited because it presents some problems during the kiln drying, such as high variability of final moisture content, high incidence of dry defects and development of wet pockets in dried-lumber.

We have investigated the causes of this variation and the development of these defects. It was found that mainly factors affected this problems are: high variability in initial moisture content in lumber, radial and high position where the board came from, and inadequate drying schedule. Also

1. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal.
Correo electrónico: ctenorio@itcr.ac.cr
2. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal.
Correo electrónico: rmoya@itcr.ac.cr

there are a number of recommendations to consider before starting the drying and in this way obtain a better quality of wood in relation to the variability of moisture content and the presence of dry defects.

Introducción

Acacia mangium ha pasado de ser una especie desconocida y con usos muy limitados en Costa Rica, a ser una de las más populares especies plantadas en las regiones tropicales (Arisman y Hardiyanto 2006), lo cual es atribuido a su rápido crecimiento, a la calidad de su madera (Yamamoto, Sulaimán, Kitingan, Choon y Nhan, 2003) y a su tolerancia a sitios degradados, quemados y a suelos agrícolas abandonados (Shah, Newaz *et ál.*, 2005). No obstante, la utilización de madera de árboles de plantaciones muestra problemas en la calidad de la madera aserrada y en algunos procesos industriales.

Por ejemplo, Yamamoto *et ál.* (2003), cuando se estudió el contenido de humedad en condición verde de *A. mangium*, encontraron valores extremadamente altos de 253% en duramen y 154% en la albura, y se indicó que este alto valor de humedad se debe a la presencia de “duramen húmedo” y a factores propios de la madera durante el proceso de secado (Yamamoto, Sulaiman y Hashim, 1997; Larcher, 1995).

En años más recientes, se han señalado problemas en los procesos de secado de la madera de *A. mangium* (Moya y Muñoz 2008; Barsi y Wahyudi, 2007 Lim, Gan y Choo, 2003; Piao, Teng-Tong, 2000). Moya y Muñoz (2008) encontraron que la madera de *A. mangium* presenta un mayor incremento en los defectos (grietas, acanaladuras y encorvaduras) después de secado convencional, en comparación con otras especies de plantaciones de rápido crecimiento en regiones tropicales de Costa Rica.

Asimismo, dichos autores encontraron una alta variación en el contenido de humedad

final luego del secado. Barsi y Wahyudi (2007), al estudiar también varias especies tropicales del Oeste de Papua, encontraron que *A. mangium* es una madera con alta presencia de defectos, susceptible a producir grietas, torceduras y reventaduras luego del secado.

Lim *et ál.* (2003), al referenciar al secado convencional de *A. mangium* menciona la existencia de problemas de secado y propone que, para reducir estos defectos realizar un presecado al aire de la madera antes de proceder a secar la madera al horno. En tanto, Piao *et ál.* (2000), contrario a los otros autores mencionan que la especie es de fácil secado, pero con incidencia al colapso y reventaduras, de igual manera sugieren realizar un presecado al aire antes de secar, el cual debe acompañarse por un secado lento.

Debido a diversos factores como la alta importancia de *A. mangium* como especie de reforestación en Costa Rica y en otros países de la región tropical, los posteriores usos de la madera, la poca información y la incongruencia respecto a las causas de variación del contenido de humedad antes y después del secado convencional, así como a la incidencia de defectos, el propósito de este trabajo es de presentar algunos aspectos relevantes y recomendaciones



Figura 1. Reventaduras en la madera aserrada de *A. mangium* luego del secado convencional. (Foto: Carolina Tenorio).

que se deben considerar para el secado de la madera de *A. mangium*, proveniente de plantaciones forestales, en cámaras de secado convencional. La información acá suministrada en este trabajo permitirá mejorar la calidad de la madera seca en lo referente a los contenidos de humedad uniformes y la madera con poca presencia de torceduras, rajaduras o grietas.

Desarrollo

La madera de *A. mangium* una vez seca presenta buenas características de resistencia mecánica y de trabajabilidad, no obstante, como se ha señalado, presenta problemas durante el proceso de secado. Con el fin de mejorar la calidad de esta madera en relación con el contenido de humedad final (luego del secado) y de disminuir la presencia de defectos que obligarían a desechar la madera aserrada, se enumeran a continuación aquellos factores que inciden en estas condiciones.

Estos factores se clasificaron de acuerdo con tres tipos de consideraciones: el primer grupo está relacionado con la madera proveniente del proceso del aserrado, que comúnmente es llamada madera verde; el segundo es el de la relación madera-proceso industrial de secado; y el tercero, se refiere a los aspectos relevantes que determinan el contenido de humedad y la presencia de defectos de la madera aserrada después del secado.

Consideraciones generales de la madera aserrada de *A. mangium* antes del proceso de secado

La madera recién cortada presenta alto contenido de humedad inicial

La madera de *A. mangium* presenta un contenido de humedad inicial (CHi) en un promedio de 126%, valor considerado muy alto si se compara con otras maderas. De igual modo, otro inconveniente que presenta la especie es su alta variabilidad, ya que puede variar de un 110% a un 150% (cuadro 1). La procedencia o la región donde crece el árbol afecta el Chi, por ejemplo, madera que crece en la Zona Norte con clima tropical muy húmedo presenta un CHi más alto que la madera proveniente del Pacífico Central, la cual presenta un clima tropical húmedo (cuadro 1).

Variación del contenido de humedad inicial con la altura del árbol y en sentido médula – corteza

La madera aserrada de *A. mangium* presenta el inconveniente de que posee una alta variación del CHi con respecto a la altura del árbol (figura 2a). La madera proveniente de las partes altas del árbol presentan un CHi inferior al de la madera que es extraída de las partes bajas de los árboles. Esta diferencia es de aproximadamente la mitad entre la parte alta y la parte baja (figura 2a).

No obstante, se tiene la ventaja de que en los árboles de *A. mangium* el CHi es

Cuadro 1. Contenido de humedad inicial promedio y la variación, para la madera de *A. mangium*, de árboles de plantaciones forestales.

Condición		Promedio de humedad inicial (%)	Variación del contenido de humedad inicial de la madera
Promedio general		126,6	58,1% a 185,9%
Procedencia	San Carlos	138,9	83,6% a 178,6%
	Parrita	117,9	58,1% a 185,9%

uniforme o de poca variación en relación con el sentido médula-corteza (figura 2b) y que, además en los árboles de esta especie no existe variación en el CHI por la presencia de madera de albura o duramen. Estos dos factores producen que la madera aserrada de una misma altura en el árbol no presente grandes diferencias de CHI, lo cual podría favorecer los procesos de secado si se realiza adecuadamente.

El proceso de aserrío de trozas de *A. mangium* de plantaciones producen torceduras, grietas y rajaduras

Durante el proceso de aserrado de la madera de *A. mangium* se tiende a presentar una alta incidencia de defectos como lo son alabeos, arqueaduras y encorvaduras (figura 5). De acuerdo con las estimaciones realizadas en investigaciones, se encontró que la madera, al salir del proceso de aserrado, tiende a presentar defectos como alabeos en el 65% de las piezas, encorvaduras en el 70% y reventaduras en el 35%. Otros tipos de defectos están presentes en la madera verde, no obstante, la incidencia es baja (figura 5).

La presencia de madera juvenil es la causante de que la madera de árboles de cortas edades (inferiores a 10 años)

sea propensa a presentar más defectos debido a que las tensiones a las que se ven sometidos los árboles durante su crecimiento son liberadas durante el proceso de aserrado, lo que provoca una mayor presencia de defectos como los mencionados anteriormente.

Consideraciones durante el secado convencional de la madera aserrada de *A. mangium*

Selección del programa de secado a utilizar

En el Instituto Tecnológico de Costa Rica se han experimentado con dos programas de secado. Uno consiste en la combinación de los programas de secado T3-D2 y T8-D2 (cuadro 2) propuestos por Boone et ál. (1988), que se caracterizan por usar baja temperatura y bajo contenido de humedad de equilibrio (CHE) dentro de la cámara de secado; el segundo programa contempla un mayor contenido de humedad de equilibrio (CHE) y una mayor temperatura en relación con el programa anterior.

Este último programa de secado tiene la ventaja de que la cantidad de días para secar la madera es menor que la cantidad de días que se necesitan para

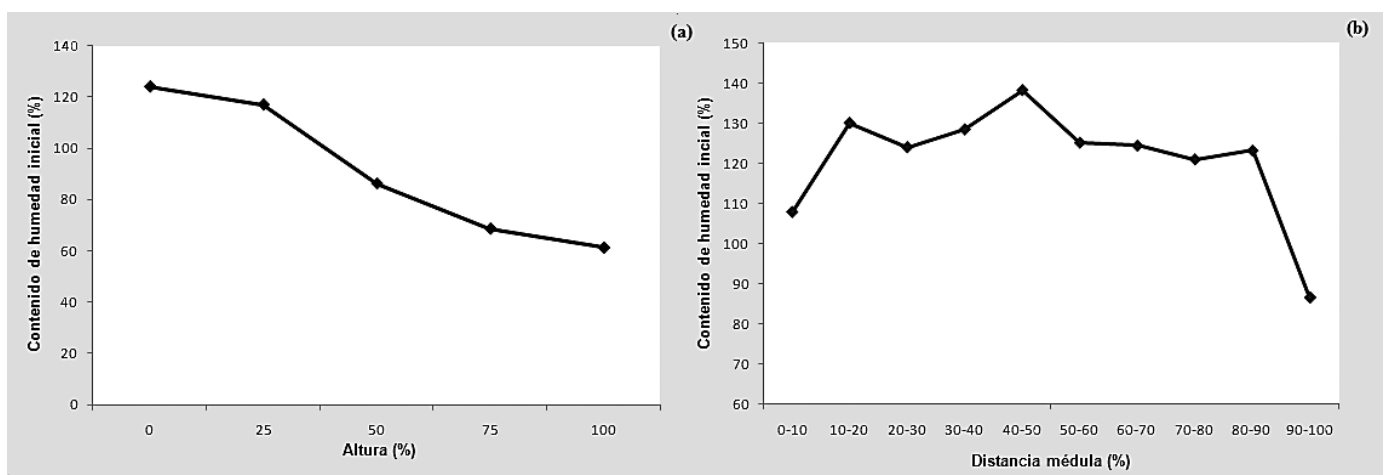


Figura 2. Variación del contenido de humedad inicial de la madera de *A. mangium* por altura comercial del árbol (a) y en médula-corteza (b) en una plantación de nueve años de edad.

Cuadro 2. Programas de secado utilizados en el secado convencional de *A. mangium*

Etapa de secado	Secado de contenido de humedad y temperatura baja			Secado de contenido de humedad y temperatura alta		
	TBS °C	CHE %	CH %	TBS °C	CHE %	CH %
Calefacción	40		-	45		-
	42	18,5	-	50	19,5	-
Secado	44	18,5	55	55	18,5	55
	44	17,6	50	55	17,6	50
	44	17,0	45	55	17,0	45
	44	16,3	40	55	16,3	40
	44	13,6	35	55	13,6	35
	44	9,9	30	55	10,1	30
	49	5,5	25	60	5,8	25
	55	4,0	20	66	4,0	20
	60	2,9	15	71	3,4	15
	71	3,5	12	82	3,5	12
Igualización	71	10	10	82	10	10
Acondicionamiento	71	13	-	82	12	-
Enfriamiento	40	-	-	40	-	-

Legenda: TBS=Temperatura de bulbo seco; CHE= Contenido de humedad de equilibrio dentro de la cámara; CH= contenido de humedad en la madera.

secar la madera con el programa de baja temperatura y bajo CHE. Sin embargo, en ambos casos se tiene el inconveniente de que en la madera seca se produce una alta variación del CHF y se desarrollan de bolsas de humedad (figura 4), pero todo esto disminuye con el programa de alta temperatura y humedad relativa.

Variación de velocidad de secado entre madera con corte radial y madera con corte tangencial

En el aserrado de trozas de plantación, por tratarse de trozas de diámetro pequeño, se producen cuatro tipos de tablas que combinan, o no, la madera de corte radial con la de corte tangencial, y estos tipos son: tablas con corte exclusivamente tangencial (figura 3a), tablas con corte exclusivamente radial (figura 3b), tablas oblicuas tangencial-radial (figura 3c) y

tablas combinadas radial-tangencial-radial (figura 3d).

En las tablas que combinan la sección radial y la tangencial, se tiene el inconveniente de que cada una de ellas posee diferentes velocidades de secado, ya que la madera de corte tangencial es de más rápido secado que la madera de corte radial, por lo tanto, este es un factor que influye en el secado. Es de esperar que las tablas de corte tangencial (figura 3a) sequen más rápido que las tablas de corte radial (figura 3b) cuando estos dos tipos de tablas son secadas en un horno convencional en un mismo lote de madera.

De igual modo, este factor tiene el inconveniente de que en las tablas compuestas de dos o más cortes, como las tablas oblicuas (figura 3c) y combinadas (figura 3d), la parte de la tabla con corte

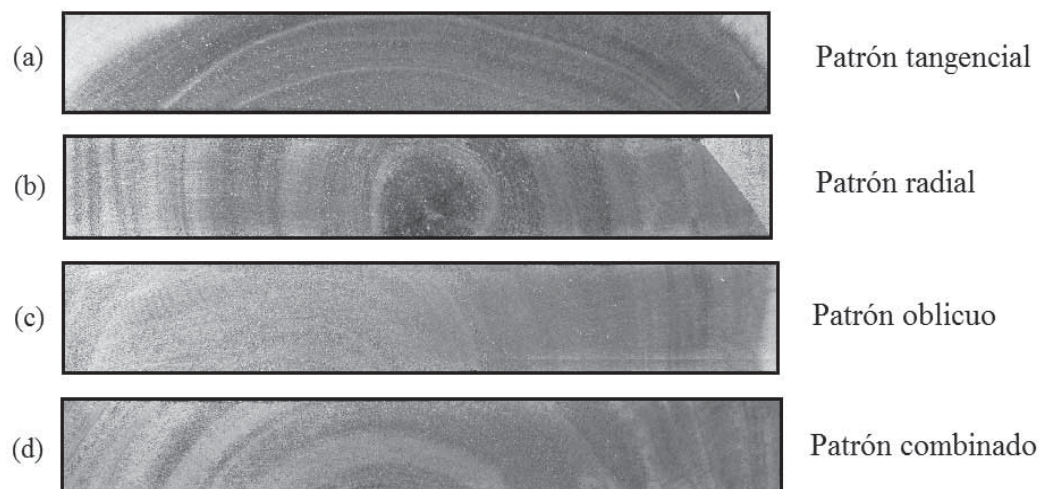


Figura 3. Diferentes patrones de corte presentes en las tablas de Acacia de árboles de plantación: (a) tablas con corte exclusivamente tangencial, (b) tablas con corte exclusivamente radial, (c) tablas con corte oblicuo: tangencial-radial y (d) tablas con corte combinado: radial-tangencial-radial. (Foto: Carolina Tenorio).

tangencial secará más rápido que la parte de la tabla con corte radial, lo que causa nuevamente una diferencia del CHF en una misma tabla al final del proceso de secado.

Consideraciones de la madera de *A. mangium* luego del proceso de secado

Alta variación del contenido de humedad final de la madera luego del secado y presencia de defectos de secado

La madera de *A. mangium* es propensa a presentar una alta variación del contenido de humedad final (CHF) luego del proceso de secado, que pueden variar de 9% a 52%. Aunque esta variación del CHF esté presente en todo proceso de secado, debe minimizarse 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.

Las principales causas de esta variación se deben a diversos factores como: (i) CHI muy altos, los cuales provocan un

proceso de secado más extenso e irregular y dan origen a un CHF por encima del contenido de humedad programado, (ii) aunque se presente un CHI uniforme en el sentido médula-corteza, la velocidad de secado es diferente, lo que provoca que las tablas que se obtienen cerca de la corteza resulten con un menor CHF después del secado que las cercanas a la médula y (iii) las tablas que contienen madera con corte radial (figura 3b) son de más lento secado que las tablas con corte tangencial (figura 3a), de modo que aquellas tablas con alguna sección con corte radial son propensas a terminar con CHF mayores en comparación con la sección tangencial en un mismo lote de secado.

La madera de *A. mangium* es propensa a producir bolsas de humedad en la madera seca

Las bolsas de humedad son conocidas también como bolsas de agua, en donde se presentan contenidos de humedad superiores al deseado. Las bolsas de humedad en la madera seca de *A. mangium* se pueden observar transversalmente y a 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. Las tablas que poseen este problema pueden presentar un contenido de humedad que puede variar entre 9% y 52%.

Entre los factores que propician el desarrollo de estas bolsas de humedad se encuentran el clima o procedencia de la madera, el tipo de secado y el patrón de corte. Las bolsas se concentran principalmente en las tablas con corte radial, específicamente en tablas con cortes combinados (figura 3d), así como en tablas provenientes de zonas muy húmedas y obtenidas de programas de secado de baja humedad y temperatura dentro de la cámara.

Presencia de defectos en la madera de *A. mangium* después del secado.

Luego del proceso de secado, los defectos de alabeo y arqueadura se acentúan más de lo que se presenta en la madera verde, pero la encorvadura, defecto de alta incidencia antes del secado, se disminuye en la madera seca, posiblemente como consecuencia de que las tensiones del secado se oponen y contrarrestan las tensiones de crecimiento liberadas durante el aserrado de las trozas (Serrano y Cassens, 2001). Otros defectos de secado, como arqueadura, grietas y acanaladura, se presentan en la madera seca pero su incidencia es baja, a excepción del acanalado que llega alcanzar cerca del 45% (figura 5).

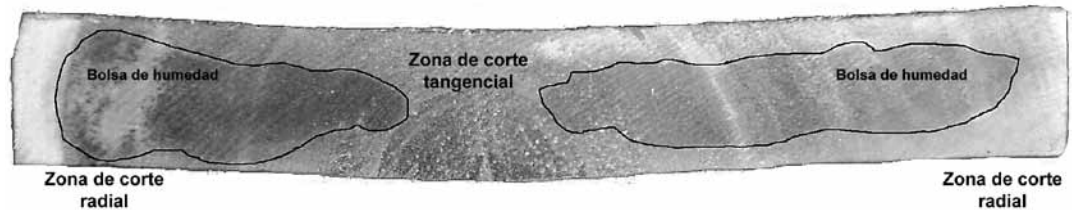


Figura 4. Bolsa de humedad presente en madera seca de Acacia, principalmente en la región con corte radial. (Foto: Carolina Tenorio).

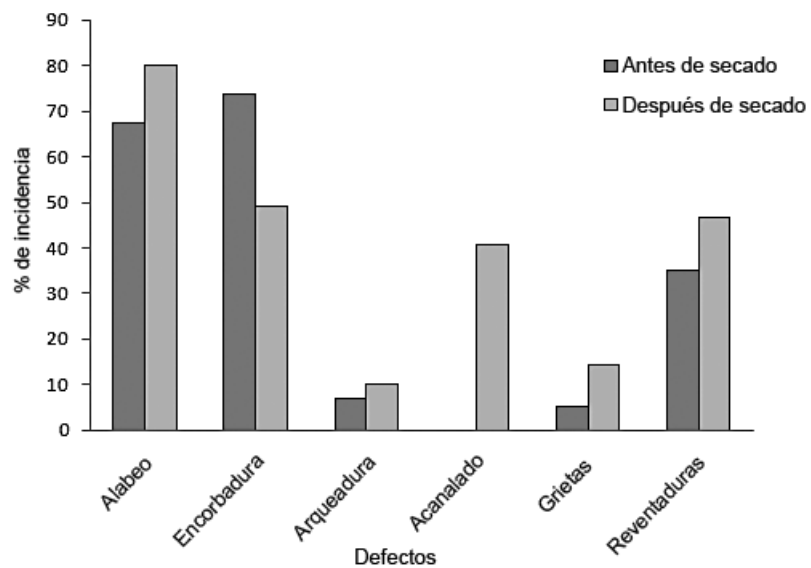


Figura 5. Porcentaje de incidencia de los defectos presentes en la madera seca de *A. mangium*.

Aunque la madera aserrada de *A. mangium* presenta una alta incidencia de defectos como alabeos, grietas, acanaladuras y rajaduras, estos se clasifican como leves y moderados, tanto en la madera antes como después del secado; en tanto que defectos como encorvaduras y arqueaduras son catalogados como severos después del secado.

Recomendaciones en el momento de secado de la madera de Acacia

Con el fin de mejorar o disminuir la variabilidad del CHF y los defectos de secado mencionados anteriormente, se dan las siguientes recomendaciones para el secado de la madera en horno convencional:

1. Durante el aprovechamiento de los árboles de plantaciones, se deben separar las trozas de las partes altas de las partes bajas, para que en el aserrado se separe la madera aserrada en dos lotes de secado: un lote de

la madera proveniente de la parte inferior del árbol y otro proveniente de la madera de la parte superior del árbol, de manera que al secar dichos lotes se apliquen procesos de secado diferentes.

2. Separar las tablas con corte tangencial de las tablas de corte radial (figura 6) y, de ser posible, secar éstas en lotes de secado diferentes. En el caso de secar estos dos tipos de tablas en un mismo lote, se deben colocar las sondas de control de secado en una tabla con corte radial, o bien en la parte radial si la tabla es de corte combinado (figura 7).

Colocar los pines de captura de humedad de la madera en la región de corte radial de una tabla (figura 7), debido a que este tipo de madera es de más lento secado que la madera con corte tangencial.

Utilizar programas de secado en donde se utilicen altas humedades relativas y altas temperaturas al inicio del secado dentro de la cámara. Un ejemplo de programa de secado puede ser similar al presentado en la tabla 2.

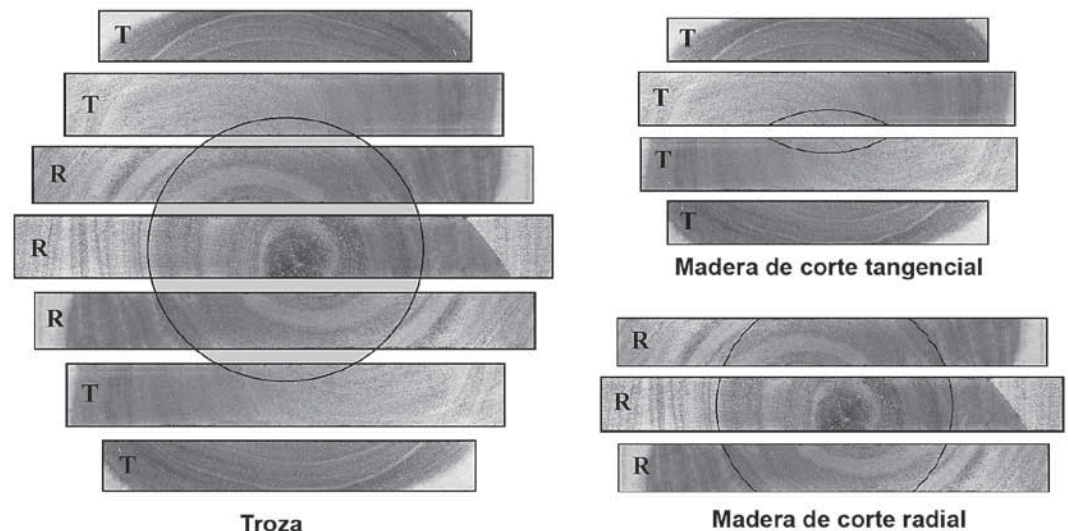


Figura 6. Recomendación para la separación de las tablas por tipo de corte (tangencial o radial). (Foto: Carolina Tenorio)



Figura 7. Colocación de la sondas de control de contenido de humedad; la tabla presenta corte radial y tangencial, perola sonda fue colocada en la parte de madera radial. (Foto: Carolina Tenorio).

Bibliografía

- Arisman, H., Hardiyanto, E. (2006). *Acacia mangium – a historical perspective on its cultivation*. Potter, K., Rimbawanto, A., Beadle, C. (eds) (2006, February) Heart rot and root rot in tropical Acacia plantations. Proceeding of a workshop held in Yogyakarta, Indonesia, 7-9 11-15.
- Basri, E. & Wahyudi, T. (2007). *The drying properties and schedules of five wood species from West Papua*. *J. Ilmu & Teknologi Kayu Tropics*, 5;57-62.
- Boone, R., Kozlik, C., Bois, P. y Wengert, E. (1988). *Dry kiln schedules for commercial woods-temperate and tropical*. *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-57*. (p. 158) Madison, WI: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Larcher, W. (1995). *Physiological plant ecology*. (pp. 215-275). 3rd ed. Berlin: Springer.
- Lim, S., Gan, K., & Choo, K. (2003). *The characteristics, properties and uses of plantation timbers rubberwood and Acacia mangium*. Kepong. Kuala Lumpur: Timber Technology Centre
- Moya, R., y Muñoz, F. (2008). *Wet pockets in kiln-dried Gmelina arborea lumber*. *Journal of Tropical Forest Science*, 22 (3), 317-328.
- Moya, R., y Muñoz, F. (2010). *Physical and mechanical properties of eight fast growing plantation species in Costa Rica*. *Journal of Tropical Forest Science*, 22 (3), 317-328.
- Piao, C. H., Teng-Tong, T. L., & Teng, T. (2000). *Research on the drying of Acacia mangium lumber*. *China Wood Industry*, 14(1), 16-18.
- Serrano, J. & D. Cassens, D. (2001). *Reducing warp and checking in plantation grown yellow poplar 4 by 4's by reversing part positions and gluing in the green condition*. *Forest Products Journal*, 51(11/12), 37-40.
- Shah, N., Kamaluddin, M., & Manzoor, R. (2005). *Growth and yield prediction models for hybrid acacia (A. aculiformis & A. mangium) grown in the plantations of Bangladesh*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8, 1137-1141.
- Yamamoto, K., Sulaiman, O., & Hashim, R. (1997). *Westwood of Acacia mangium in Malaysia*. *JIRCAS Newls*, (12), 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.