

CONSIDERACIONES DURANTE EL SECADO CONVENCIONAL DE LA MADERA DE *VOCHYSIA GUATEMALENSIS* DONN SM. (CEBO/MAYO)

DIFFERENT ASPECTS TO CONSIDER DURING KILN DRYING OF *VOCHYSIA GUATEMALENSIS* DONN SM. WOOD (CEBO/MAYO)

Róger Moya Roque¹
Carolina Tenorio Monge²
Diana Aguilar Tovar³

RESUMEN

La madera de *Vochysia guatemalensis* Donn Sm. actualmente se obtiene de plantaciones forestales en diversas regiones de Costa Rica. La alta variabilidad en el contenido de humedad final (CHF) y la alta incidencia de defectos presentes en el proceso de secado constituyen la principal problemática de esta madera. Se investigaron las causas de estos problemas, al tomar en cuenta factores como el clima o procedencia de la madera, el patrón de corte aplicado en el aserrío, el tipo de programa de secado utilizado, la posición radial de la tabla en la troza (distancia de la médula) y la presencia de albura o duramen. Se concluyó que las causas principales de esta variación y del desarrollo de estos defectos son: la alta variabilidad en el contenido de humedad inicial de la madera, la procedencia y los programas de secado inapropiados. Así mismo, se proponen una serie de recomendaciones a considerar antes de iniciar el secado para de esta manera lograr una mejor calidad de madera en cuanto al CHF y la presencia de defectos.

Palabras clave: plantaciones de rápido crecimiento; especies tropicales; calidad de madera; bolsas de humedad, defectos.

ABSTRACT

Vochysia guatemalensis Donn Sm. wood is currently provided from plantations in several regions of Costa Rica. This wood presents several problems during the drying process such as high variability in the moisture content and high incidence of later defects. The objective of this study was to investigate the causes of this variation and defect developments. It was considered climate condition or precedence, grain pattern, drying schedule, boards position in relation to height and distance from to pith and heartwood presence. The main factors affecting the moisture variability and drying defects were found to be: high initial moisture content variability in different parts of the tree, climate condition, and improper drying programs. Besides, there are recommendations to consider before starting the drying process. Thus a better wood quality in relation to moisture content variability and the presence of defects can be obtained after drying process.

Keywords: fast-growth plantations, tropical species, wood quality, wet pockets, drying defects.

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, email: rmoya@itcr.ac.cr

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, email: ctenorio@itcr.ac.cr

3 Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, e-mail: dimagui5@hotmail.com

Introducción

La especie *Vochysia guatemalensis*, en la actualidad, es una especie nativa con gran aceptación en los programas de reforestación comercial, de pequeños y medianos productores finqueros de Costa Rica (Calvo-Alvarado et al., 2007). Así mismo, se trata de una especie pionera en la recuperación de bosques degradados y con gran potencial para su futuro aprovechamiento (Montagnini, 2007). En plantaciones es considerada de rápido crecimiento y se adapta muy bien en sitios con suelos degradados (Calvo-Alvarado et al., 2007). Sin embargo, en las primeras experiencias de industrialización de la madera proveniente de plantaciones, tanto de árboles de raleos como de cosecha final, se han documentado severos problemas en la calidad de la madera aserrada seca, y era entre ellas señalada, la falta de uniformidad del contenido de humedad final (CHf), y la alta incidencia de defectos de secado como torceduras, rajaduras, grietas y colapso en la madera (Moya et al., 2011).

El secado de la madera es una etapa importante en los procesos de manufactura ya que este contribuye a la estabilidad dimensional, la trabajabilidad, la compatibilidad con acabados y adhesivos, y brinda mejores propiedades mecánicas y de resistencia (Gu et al. 2004). La baja calidad de la madera luego del secado, disminuye su valor económico, presenta además problemas en su utilización y aumenta los desperdicios (Gu et al., 2004). Un secado apropiado permite prevenir los defectos de secado en las piezas y una uniformidad en el CHf (FPL, 1999). No obstante, en la variabilidad encontrada del CHf, se han señalado diferentes causas, entre las que se destacan: el programa de secado (Gu et al., 2004), el contenido de humedad inicial (CHi) de la madera (Moya y Muñoz. 2008; Ofori y Brentuo, 2005), posición (altura y diámetro) de la pieza de la madera en el árbol (Ofori y Brentuo, 2005), la presencia de bolsas de humedad (Ward y Pong, 1980) y la procedencia de la madera (Luostarinen y Möttönen, 2004), entre otras condiciones.

Con la finalidad de ayudar al sector industrial, seguidamente se presentan seis aspectos relevantes que se deben considerar en el momento de secar la madera aserrada de *V. guatemalensis*, así como una serie de recomendaciones en el momento de secar la madera de esta especie. La información acá suministrada permitirá mejorar la calidad de madera seca en lo referente a contar con CHf uniforme y madera con poca presencia de torceduras, rajaduras, colapso o grietas.

Propuesta metodológica

En el desarrollo de las consideraciones y las recomendaciones para el proceso de secado de la madera de *V. guatemalensis* se desarrolló por la experimentación en el secado de dos lotes de madera aserrada. A continuación, procedemos a detallar el proceso metodológico.

Localización de las plantaciones y sus características

La madera utilizada en el secado fue extraída de dos plantaciones de rápido crecimiento de *V. guatemalensis* ubicadas en diferentes regiones de Costa Rica. Una plantación se ubica en la región atlántica y la otra en la región del pacífico norte consideradas zonas con clima tropical húmedo (Zh) y clima tropical seco (Zs), respectivamente. La Zh, registra una precipitación media anual de 3584,1 mm, temperatura media entre 20,6 °C y 30,6 °C de acuerdo con datos tomados de la Estación Meteorológica de Limón (09° 57 N; 83° 01 O). La Zs cuenta con una precipitación media anual de 1620 mm, temperaturas promedio entre 20,6 °C y 36 °C, según registros de la Estación Meteorológica del Aeropuerto Daniel Oduber (10° 35 N; 85° 32 O).

La madera utilizada para el secado fue extraída de plantaciones de 8 años de edad, las cuales presentaban características dasométricas similares (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características dasométricas de las plantaciones de *V. guatemalensis* en el momento del muestreo.

Tipo de clima	Edad (años)	Densidad plantación (n/ha)	d (cm)	Área basal (m ² /ha)	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Volumen total (m ³ /ha)
Zs	8	464	26,09	25,59	18,51	12,61	215,34
Zh	8	486	26,32	25,53	17,89	10,99	212,35

Legenda: Zs= zona seca; Zh= zona húmeda, d= diámetro a 1,30 m

Muestras y patrón de aserrío

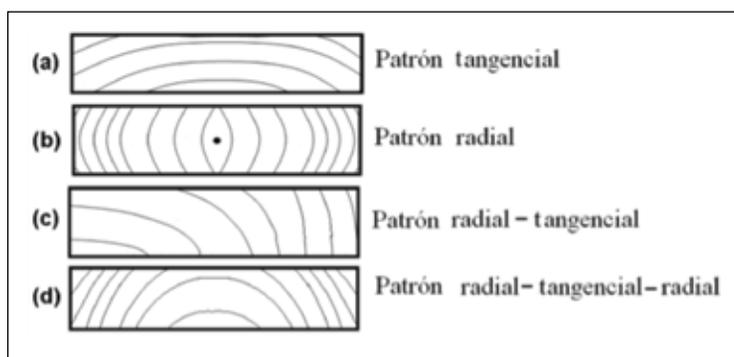
Se seleccionaron y cortaron diez árboles con diámetro cercano al promedio de la plantación. Luego, se cortaron dos trozas de 2,5 m de largo: la primera de la base del árbol a 2,5 m (Altura A) y la segunda de los 2,5 m a 5 m (Altura b). Las trozas fueron aserradas en tablas de 2,5 cm de espesor. Un total de 112 tablas se obtuvieron del total de trozas 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. Todas las tablas fueron clasificadas en relación con el tipo de corte presente en la sección transversal: patrón tan-

gencial (a), patrón radial (b), patrón oblicuo: tangencial-radial (c) y cortes combinados: radial-tangencial-radial (d) (Figura 1).

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 los cuales son comúnmente usados por operadores en Costa Rica (Cuadro 2). El primer programa es recomendado por Boone et al. (1988) fue nombrado secado rápido, y tuvo una duración de 150 horas, mientras que el segundo programa fue diseñado a partir del primero, y fue modificado debido a la alta incidencia de defectos del secado rápido, este fue nombrado secado lento, y presento una duración de 221 horas.

Figura 1. Diferentes cortes presentes en una pieza de madera. (a) corte totalmente tangencial, (b) corte totalmente radial, (c) madera con dos tipos: radial-tangencial y (d) madera con 3 tipos de corte: radial-tangencial-radial.



Cuadro 2. Diferentes programas de secado utilizados en el secado convencional de *V. guatemalensis*

Etapa de secado	Secado rápido*			Secado lento		
	TBS (°C)	CHE (%)	CH (%)	TBS (°C)	CHE (%)	CH (%)
Calefacción	35	14.8	-	35	18.0	-
Secado	38	14.3	50	38	17.0	50
	38	11.9	45	38	15.0	45
	38	11.9	35	38	13.0	35
	43	10.5	30	44	11.0	30
	44	7.6	30	44	9.0	30
	49	5.5	25	49	7.0	25
	55	4.0	20	55	5.0	20
	66	3.2	15	66	3.2	15
Equalización	66	3.2	12	66	3.2	12
	66	3.2	11	66	3.2	11
Acondicionamiento	60	3.5	-	60	3.5	-
Enfriamiento	30	3.5	-	30	3.5	-

*Programa propuesto por Boone et al. (1988).

Legenda: TBS=Temperatura de bulbo seco, CHE: contenido de humedad de equilibrio, CH: Contenido de humedad de la madera

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 en las tablas con el fin de determinar el CHf y evaluar la presencia de bolsas de humedad. El CHf fue calculado utilizando la norma D-1442-92 (ASTM, 2003).

Evaluación de la presencia de defectos en la madera

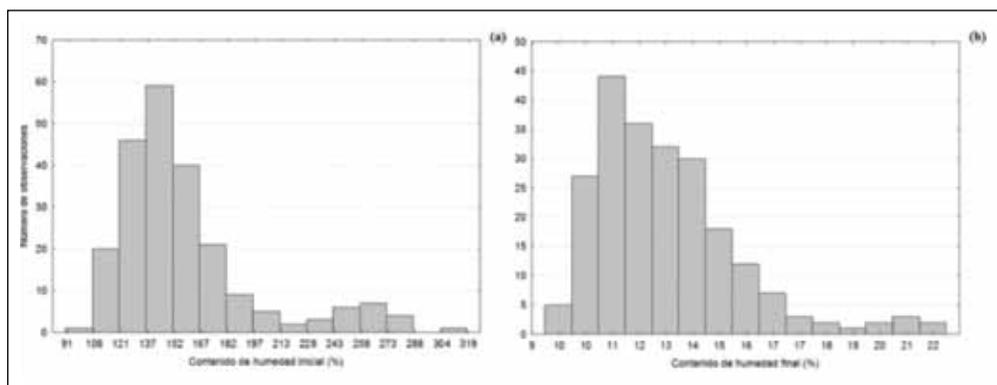
En cada una de las tablas obtenidas en el proceso de aserrado fueron medidas las torceduras de la tabla (alabeo, encorvadura, acanaladura y arqueadura), grietas, reventaduras y rajaduras antes y después del secado. Los métodos de medición sugeridos por Halcom y Malcom (1972) y Milota (1996)

fueron utilizados para la medición de todos estos defectos.

Resultados

El promedio del CHi fue de 159%, se presentó una alta variabilidad con valores entre 98 y 281% (Cuadro 3). La variación del CHi es presentada en la figura 2a, la cual muestra la distribución de frecuencia de los valores de CHi de las tablas secas. En dicha figura se puede observar cómo la mayoría de las tablas presentan un CHi que se concentra entre 106 a 182%. No obstante, a pesar de esta concentración de valores de Chi, una cantidad importante de tablas poseen CHi sobre 197%, los que se consideran valores bastante altos para una madera.

Figura 2. Distribución del CHI y CHF en la totalidad de tablas evaluadas de *V. guatemalensis*



Cuadro 3. Contenido de humedad inicial promedio para la madera de *V. guatemalensis* de plantaciones forestales.

Condición	Promedio de humedad inicial (%)	Variación del contenido de humedad inicial de la madera
Promedio general	159	98% - 281%
Zona húmeda	151	107% - 276%
Zona Seca	166	98% - 281%

Las tablas de análisis de variancia mostraron que el CHI está siendo afectado por el tipo de clima, la posición de la tabla dentro del árbol (en altura y posición radial) y la presencia o no de la madera de duramen. En el caso de CHF, fue estadísticamente significativa la afectación por el programa de secado

utilizado, la distancia de la médula, tipo de corte y la presencia de bolsas de humedad en la madera (Cuadro 4). Así mismo, los análisis de variancia mostraron que tanto el CHI como el CHF no se encontró combinación (interacción) de los factores considerados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables de análisis de variancia para el contenido de humedad inicial y final en madera de *V. guatemalensis* (N=224)

Source	DF	Contenido de humedad inicial (%)		Contenido de humedad final (%)	
		MS	Valor - F	MS	Valor - F
Tipo de secado (TS)	1	-	-	0.0003	218.0**
Altura de troza (AT)	1	462 x 10 ⁻⁹	23.42**	374 x 10 ⁻⁹	0.269
Tipo de clima (TC)	1	247 x 10 ⁻⁹	12.53**	414 x 10 ⁻⁸	2.982
Duramen (%)	1	13 x 10 ⁻⁸	6.569*	35 x 10 ⁻¹⁰	0.0025
Tipo de corte (TCM)	3	14 x 10 ⁻⁹	0.718	452 x 10 ⁻⁸	3.255*

Source	DF	Contenido de humedad inicial (%)		Contenido de humedad final (%)	
		MS	Valor - F	MS	Valor - F
Distancia de medula (%)	1	75×10^{-9}	0.380	133×10^{-7}	9.589**
Área de bolsa de humedad (%)	1	-	-	7×10^{-7}	3.503*
Tipo clima* Tipo de corte	2	6×10^{-8}	3.019	216×10^{-8}	1.555
Altura de troza * duramen	1	22×10^{-9}	1.138	4×10^{-8}	0.0285
Tipo clima * duramen	1	17×10^{-9}	0.846	277×10^{-9}	0.199
Altura * Tipo de corte	2	38×10^{-10}	0.193	196×10^{-8}	1.412
Altura * Tipo clima	1	4×10^{-11}	0.0020	37×10^{-8}	0.267
Tipo de corte * duramen	2	18×10^{-11}	0.0090	24×10^{-7}	1.728

Legenda: * estadísticamente significativa a $\alpha=0.05$. ** estadísticamente significativa a $\alpha=0.01$.

En relación con el CHF promedio de todas las tablas secas fue de 13,1%, con una variación de 10 a 24%. De modo que *V. guatemalensis* es una especie que tiende a presentar CHF poco uniforme. Aunque se presente en general una alta variación del CHF, un alto porcentaje de las tablas evaluadas se concentran principalmente entre un 10% y un 16% (Figura 2b) y únicamente se presentó un 10% de la totalidad de las tablas con CHF superiores a 17%. El CHF fue afectado significativamente por la distancia relativa, tipo de secado, tipo de corte y la presencia de bolsas de humedad formadas en las tablas secas (Cuadro 3). Las tablas cercanas a la médula presentan CHF altos en relación con las otras partes de la sección radial de la troza.

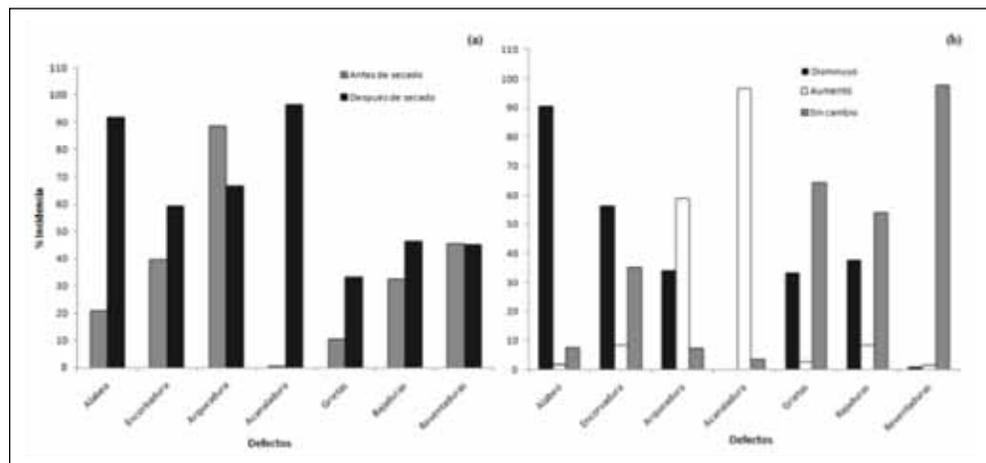
Defectos en la madera antes y después del secado

El alabeo, la encorvadura, la arqueadura, la acanaladura, las grietas, las rajaduras y las reventaduras son los defectos presentes en la madera aserrada de *V. guatemalensis* antes del secado; son los de más alta incidencia la encorvadura y la reventadura con valores superiores a 88% y 45% del total de tablas, respectivamente (Figura 3a). La acanaladura no está presente en la madera en condición

verde, pero sí se presenta una alta incidencia en las tablas después del secado (Figura 3a). Luego del proceso de secado, se aumentó la incidencia de alabeo, encorvadura, acanaladura, grietas y rajaduras en las tablas (Figura 3a). En tanto, las arqueaduras disminuyeron, y las incidencias de reventaduras se mantuvo luego del proceso de secado (Figura 3a).

Se observa un aumento en la incidencia de los defectos luego del secado, la evaluación de las tablas en estas 3 categorías (aumento, disminuyó o sin cambio) mostró que las reventaduras se mantuvieron sin cambios después del secado, las grietas y rajaduras entre el 54-64% de las tablas se mantuvieron sin cambios (Figura 3b), sin embargo para la arqueadura y acanaladura entre el 58-96% de las tablas ocurrió un aumento de dichos defectos (Figura 3b). En tanto que en la encorvadura y el alabeo disminuyó la cantidad de tablas con este defecto luego del secado (Figura 3b). Estos resultados indican que el secado afecta de forma diferente a los diferentes defectos presentes en la madera, en algunos casos tiende a disminuirlos como con el alabeo, pero en otros casos estos aumentan como en las acanaladuras.

Figura 3. Porcentaje de incidencia de los defectos de secado antes y después del secado (a) y magnitud de la incidencia de los defectos (b), en tablas de madera de *V. guatemalensis*.



Al evaluar los factores que afectan los defectos se encontró que: el CHI presenta una correlación significativa únicamente con las rajaduras y reventaduras sin presentar alguna influencia en los diferentes tipos de torceduras de las tablas. Por el contrario el CHF influencia positivamente el alabeo antes y las reventaduras antes y después, las rajaduras después y en la diferencia de acanaladura. La arqueadura antes, la acanaladura después y la diferencia de rajaduras con el secado se ven influenciados negativamente por el CHF. La distancia relativa a la médula se encuentra correlacionada significativamente con prácticamente todos los defectos de las tablas, con excepción de la encorvadura y la acanaladura.

Conclusiones y recomendaciones

Luego de los resultados obtenidos de los anteriores resultados se presentan los siguientes aspectos que se deben considerar en el momento de secar la madera aserrada de *V. guatemalensis*:

1. Contenido de humedad inicial en la madera de *V. guatemalensis*

Un inconveniente en el secado de la madera de *V. guatemalensis* es el alto contenido de humedad inicial (CHI), en promedio de 156%, siendo una de las especies de plantación con mayor humedad. Así mismo, otro

inconveniente de la especie es su alta variabilidad entre el valor de mínimo y el valor máximo (Cuadro 3). La procedencia de la madera puede afectar el desempeño en el secado. En este caso, se encontró que la madera de los árboles del clima tropical seco presenta un valor estadísticamente mayor en CHI, que la madera proveniente de las plantaciones de clima tropical seco. Pero, en ambas regiones climáticas se encontró una alta variabilidad del CHI (Cuadro 3).

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

En lo referente a la variación de la humedad en diferentes alturas el árbol, se determinó que la madera proveniente de las partes altas del árbol presenta un CHI superior a la madera que es extraída de las partes bajas de los árboles. En relación con la variación en sentido médula-corteza se encontró que la madera de *V. guatemalensis* tiene la ventaja que el CHI es relativamente uniforme o de poca variación. No obstante, se ve notablemente reducida cuando en una misma tabla se presenta madera de albura y madera con duramen. El CHI de la madera aumenta al incrementar el porcentaje de madera de duramen en la sección transversal. Esto da como resultado diferentes velocidades de secado.

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

En la preparación de trozas se producen cuatro tipos de tablas: madera exclusivamente tangencial (Figura 1a), tablas exclusivamente radial (Figura 1b), tablas combinado tangencial-radial (Figura 1c) y tablas con una composición radial-tangencial-radial (Figura 1d). Estos cortes de madera presentan diferentes velocidades de secado, al ser la madera de corte tangencial de más rápido secado que la madera de corte radial. Esto significa que la tabla de corte tangencial (Figura 1a) secará más rápido que la tabla de corte radial (Figura 1b) si el lote de secado pertenece a la misma madera. Lo anterior resulta en un inconveniente en las tablas que contienen los dos tipos de corte (patrón radial-tangencial en figura 1c y patrón radial-tangencial-radial en figura 1d), por lo que la parte de la tabla con corte tangencial secará más rápido que la parte de la tabla con corte radial.

4. Selección del programa de secado por utilizar

En Costa Rica, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica se han experimentado dos programas de secado: secado rápido, que es utilizado en madera proveniente de bosque natural comúnmente utilizado en la madera proveniente de bosque natural y que es recomendado por Boone et al. (1988), y un segundo programa denominado de secado lento, en donde se diferencia del anterior programa a la utilización de un contenido de humedad de equilibrio alto dentro de la cámara al inicio del secado (Cuadro 2). Al utilizar el programa

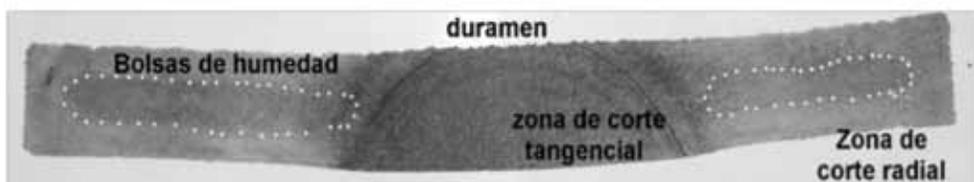
de secado rápido, la cantidad de días para secar la madera es 30% menor al proceso de secado lento. Sin embargo, en la madera seca se produce alta variación del CHF, desarrollo de bolsa de humedad (Figura 3) y una mayor presencia de defectos de secado.

5. Alta variación del contenido de humedad final de la madera luego del secado

Las principales causas en la variación del de CHF en la madera de *V. guatemalensis* se resumen a continuación:

- Posición de la tabla respecto a la posición de la médula: las tablas que se obtienen cerca de la corteza en caso de secar junto con madera obtenida próxima a la médula y resultan con menor CHF después del secado que las cerca de la corteza.
- Las tablas con un alto porcentaje de madera de duramen en la sección transversal, en caso de que sean secado junto con tablas de albura, terminan con un CHF luego del secado mayor que la madera de albura.
- La madera de *V. guatemalensis* es propensa a producir bolsa de humedad en la madera seca (Figura 4). Estas bolsas se presentan en la sección transversal, a todo lo largo de la tabla y se desarrollan casi exclusivamente en tablas con corte radial. Las tablas que poseen este problema pueden presentar un contenido de humedad promedio que puede variar entre 12% y 35%.

Figura 4. Bolsa de humedad presente en madera seca de *V. guatemalensis*, principalmente en la región con corte radial.



- d. Hemos mencionado que las tablas que contengan madera con corte radial (Figura 1b, 1c y 1d) son de más lento secado que las tablas con corte radial, esto indica que aquellas tablas con alguna sección con corte radial son propensas a terminar con CHF mayor que la sección tangencial en un mismo lote de secado.

6. Defectos en la madera seca de *V. guatemalensis*

La madera de *V. guatemalensis* presenta algunos defectos tanto antes como después del secado (Figura 5). El alabeo, la encorvadura, la arqueadura, la acanaladura, las grietas, las rajaduras y las reventaduras son los defectos presentes en la madera aserrada de *V. guatemalensis* antes del secado; siendo los de más alta incidencia la arqueadura y la reventadura, presentándose en el 88% y el 45% del total de tablas respectivamente. Luego del proceso de secado, se aumentó la incidencia de tablas con alabeo, encorvadura, acanaladura, grietas y rajaduras donde más del 90% de las tablas presentaron acanaladuras y alabeos.

Recomendaciones en el momento de secado de la madera de *V. guatemalensis*

Con el fin de mejorar o disminuir la variabilidad del CHF y los defectos de secado en

el secado de la madera, se dan las siguientes recomendaciones:

1. Durante el aprovechamiento de los árboles de plantaciones separar las trozas de las partes altas de las partes bajas (50% de la altura total), ello para que en el aserrío de las trozas se separe la madera aserrada de las trozas de parte alta de la parte inferior, para finalmente separar la madera aserrada en dos lotes de secado: un lote de la madera inferior del árbol y la madera de la parte superior del árbol y de esta manera secar dichos lotes procesos de secado diferentes.
2. Es recomendable, si es posible, hacer lotes separando la madera en su totalidad de madera de albura de la madera con presencia de duramen. El secar estos dos tipos de maderas por separado disminuye las diferencias en el contenido de humedad final y se optimiza el tiempo de secado para cada tipo de madera.
3. Separar la madera la madera con corte tangencial de las maderas de tipo radial, para secar estas secados diferentes (Figura 6). En el caso de secar estas dos especies en un mismo lote se debe colocar las sondas de control en la madera con corte radial.

Figura 5. Defectos presentes en la madera de *V. guatemalensis* después del proceso de secado, (a) tablas con acanalado, (b) presencia rajaduras y grietas asociadas a nudos en madera seca.

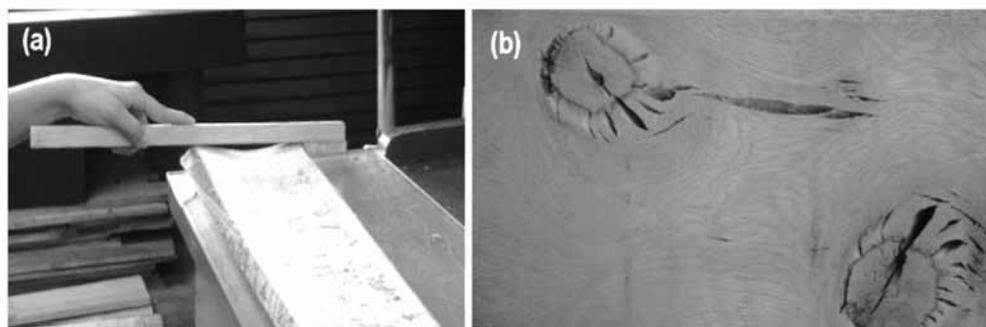
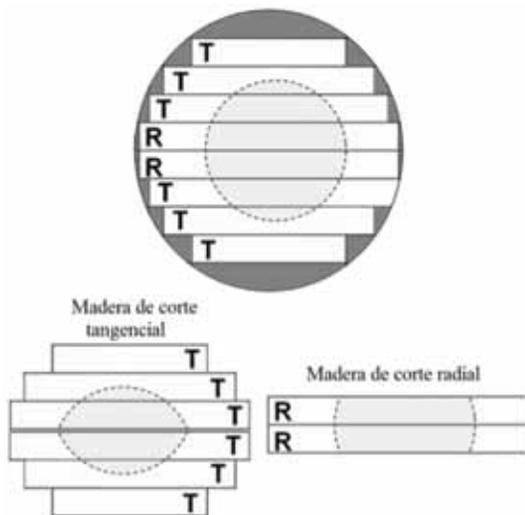


Figura 6. Separación de madera por tipo de corte (tangencial o radial).



4. Utilizar programas de secado en donde se utilicen altas humedades relativas al inicio del secado dentro de la cámara y con altas temperaturas. Programas de secado similares a los presentados en el cuadro 1.
5. Colocar los pines de control en la región de madera radial, esto debido a que este tipo de madera es de secado más lento que la madera con corte tangencial (Figura 7).

Figura 7. Colocación de la sondas de control de contenido de humedad. Observe que en la tabla presenta madera radial y tangencial, la sonda fue colocada en la parte de madera radial.



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 (Reproved 2003). West Conshohocken, PA.
- Boone, RS; Kozlik, CJ; Bois, PJ; Wengert, EM. (1988). *Dry kiln schedules for commercial woods-temperate and tropical*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-57. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI: U.S.
- 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 Management*, 242, 227-235.
- FPL-Forest Products Laboratory. (1999). *Wood handbook—Wood as an engineering material*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI: U.S.
- 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.
- Hallock, HY; Malcolm, FB. (1972). Sawing to reduce warp in plantation red pine studs. Research paper FLP-164. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, USA.
- Luostarinen, K; Möttönen, V. (2004). Effect of growing site, sampling date, wood location in trunk and drying method on concentration of soluble proanthocyanidins in *Betula pendula* wood with special reference to wood colour. *Scandian Journal Forest Research*, 19, 234- 240.
- Milota, MR. (1996). Method of measurement of bow and crook. *Forest Products Journal*, 41(9), 65-68.
- Montagnini, F. (2007). Management for sustainability and restoration of degraded pastures in the neotropics. Wyster, R. (Ed), *Post-Agricultural succession in the neotropics* (p. 265-297). New York: Springer-Verlag.
- Moya, R; Muñoz, F. (2008). Wet Pockets in kiln-dried *Gmelina arborea* lumber. *Journal of Tropical Forest Science*, 20(1), 48-56.
- 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* (Accepted).
- Ofori, J; Brentuo, B. (2005). Green moisture content, basic density, shrinkage and drying characteristics of the wood of *Cedrela odorata* grown in Ghana. *Journal of Tropical Forest Science*, 17, 211-223.
- Ward, JC; Pong, WY. (1980). *Wetwood in trees: a timber resource problem*. United USDA, Pacific Northwest Forest and Range Experimental, General Tech. Rep.t PNW-112. Portland, OR, USA.