



Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(3), 2004

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Influencia del espaciamiento de siembra y otros factores sobre el desarrollo de torceduras y grietas en madera proveniente de plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.)¹

Vivian Chaves Quirós²
José Rafael Serrano Montero²

Resumen

Se evaluó la influencia de tres distanciamientos de siembra (3,5 x 3,5, 5 x 5 y 6 x 2 m), de la posición de la troza en el árbol y de la posición de las piezas dentro de la troza, sobre el desarrollo de torceduras y grietas en madera de plantaciones de *Tectona grandis* L.f., con edades entre 9 y 11 años en Garza de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Esto para los tres estados analizados: en madera verde, seca y moldurada para fabricación de pisos. El distanciamiento de 5x5 m presentó en general los mayores valores de torceduras y grietas. El lote de 3,5x3,5 m presentó los menores valores de alabeo y el de 6x2 m, los menores valores de arqueadura, número de grietas y mayor longitud de la grieta. En cuanto a la encorvadura, el distanciamiento no resultó ser un factor significativo. La posición de troza A (primera troza) presentó menores valores de torceduras y grietas con respecto a la troza B (segunda troza); y las piezas en posición tangencial mostraron menos torceduras y grietas que las de posición radial (madera asociada a la médula). También se presentaron algunas interacciones donde el factor distanciamiento de siembra estuvo presente. Para corregir las torceduras es recomendable implementar el sistema de aserrío SDR ("Saw-Dry-Rip") para procesar las piezas radiales y las de la segunda troza.

Palabras clave: Calidad de madera, Distanciamiento de siembra, Posición de troza, Posición de pieza, Torceduras, Grietas, Aserrío, Secado, Moldurado, *Tectona grandis*, Costa Rica

¹ Investigación realizada durante la práctica de graduación en la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para optar al grado de bachiller.

² Instituto Tecnológico de Costa Rica, vivianchaves@costarricense.cr, jserrano@itcr.ac.cr

Abstract

Influence of plant spacing and other factors on the development of warp and splits in lumber from teak plantations (*Tectona grandis* L.f). The study evaluated the influence of three spacing (3,5x3,5, 5x5 and 6x2 m), the position of log in the tree and the position of the pieces within the log, on the development of warp and splits in plantations in *Tectona grandis* L.f wood plantations of 9 and 11 years old, located in Garza of Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. This study was conducted for three wood stages: green, dry and moulding for making floor. The spacing of 5x5 m presented the major values of warp and splits. The plot of 3,5x3,5 m presented the smaller twist values and the one of 6x2 m, the smallest bow values, as well as the smallest number of splits and the length of the longest split. In the case of crook, the spacing did not turn out to be a significant factor. Log position A (first log) presented minor warp and splits values compared to log B (second log); and the pieces in tangential position showed less warping and splits than those from the radial position (wood near the pith). Also there were some interactions where the spacing factor was present. In order to correct the warping defects, it would be very beneficial to implement the method of sawing known as SDR (Saw-Dry-Rip), to process the radial pieces and those from the second log.

Key words: Wood quality, Plant spacing, Position of log, Position of piece, Warp, Splits, Sawing, Drying, Moulding, *Tectona grandis*, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, las plantaciones forestales iniciaron su actividad con mayor énfasis en la década de los ochenta, por lo que actualmente están produciendo materia prima utilizable para la obtención de madera aserrada y otros productos.

En todos los árboles existen unas fuerzas esenciales para mantener la verticalidad de los mismos. Estas fuerzas se desarrollan en la madera de árboles en crecimiento, las cuales se conocen como tensiones de crecimiento. Dichas fuerzas son liberadas durante los procesos de corta y aserrío, provocándose grietas en las trozas y torceduras en las piezas aserradas (Serrano, 1999; Cassens y Serrano, 2004). Además, se producen torceduras adicionales durante el proceso de secado debido a las contracciones de la madera.

Los defectos en la madera no se pueden controlar completamente, esto por ser un material de origen natural y presentar una constitución anatómica anisotrópica e higroscópica a base de fibras. Además, las condiciones ambientales que afectan al árbol durante su crecimiento, provocan que la planta reaccione produciendo anomalías en su desarrollo, que se manifiestan en defectos cuando la madera es aserrada.

Se ha descubierto que las tensiones de crecimiento podrían ser afectadas por prácticas silviculturales y genéticas. Es por esto que se plantea determinar la influencia del espaciamiento de siembra de las plantaciones, la posición de la troza en el fuste y la posición de la pieza dentro de la troza, sobre el desarrollo de grietas y torceduras en la producción de madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) para piso de alta calidad.

MARCO TEÓRICO

Jacobs (1945, 1965) definió tensiones de crecimiento como las fuerzas encontradas en los tallos en condición verde, sin considerar las tensiones debidas al peso de la copa del árbol, ni la tensión de la savia. De acuerdo con Post (1979) las tensiones de crecimiento son las fuerzas que se desarrollan en la madera de plantas en crecimiento. Estas tensiones son diferentes de las desarrolladas a consecuencia del secado de la madera, aunque las mismas podrían interactuar (Jacobs, 1965; Chafe, 1979; Kubler, 1987).

Las tensiones de crecimiento están distribuidas en forma ortotrópica en las direcciones longitudinal, tangencial o circunferencial y en la dirección radial. Las tensiones de crecimiento se originan cuando las células en crecimiento se contraen en la dirección longitudinal y a su vez se expanden en la dirección transversal (Munch, 1938). Dado que la contracción es restringida por las células adyacentes más viejas, esto causa que las células nuevas generen tensión longitudinal y a su vez, la obstrucción en la expansión lateral, causada por las células vecinas, produce compresión tangencial (Kubler, 1987). Las fuerzas de tensión longitudinal comprimen las laminillas interiores adyacentes, lo que reduce la tensión de las células más viejas (Jacobs, 1939). El efecto macro acumulativo adicional de nuevas laminillas (en bordes de nuevos anillos de crecimiento), es convertido de esta forma en compresión en un área relativamente amplia alrededor de la médula.

El árbol genera tensiones de crecimiento en respuesta a requerimientos mecánicos (peso del fuste y copa, vientos, otros); dichas fuerzas son muy importantes, ya que ayudan a reorientar los tallos y ramas. Por ejemplo, cuando se presenta una zona de madera de reacción, usualmente la misma presenta altos niveles de tensiones de crecimientos longitudinales, lo que permite que los árboles inclinados procuren la posición vertical. Las tensiones de crecimiento están presentes en el árbol como esfuerzos internos o residuales, aún sin la acción de fuerzas externas. Como resultado de esto, el valor medio de las tensiones de crecimientos de árboles rectos en pie y el correspondiente valor en árboles volteados difieren en magnitudes pequeñas (Nicholson, 1973). La liberación de las tensiones de crecimiento durante el procesamiento de la madera mediante el corte, genera muchas dificultades, principalmente asociadas a distorsiones, grietas y rajaduras, tanto en trozas como en la madera aserrada (Cassens y Serrano, 2004).

Las tensiones de crecimiento aparecen en las plantas leñosas en la forma de tracción y compresión. La tensión en la madera produce una deformación unitaria, la cual al ser liberada se manifiesta como un cambio de dimensión. Dado que los esfuerzos no se pueden medir directamente, la deformación unitaria es utilizada para evaluar los defectos causados por las tensiones de crecimiento (Kubler, 1987). En la dirección longitudinal, el árbol está en una condición pre-tensada, o sea tensión en la periferia, y compresión en una zona alrededor de la médula. La zona de compresión longitudinal tiende a incrementar conforme se acerca a la médula y cuando el árbol es cortado transversalmente, se altera el balance de esfuerzos internos, resultando en rajaduras y grietas en las testas de las trozas inicialmente en la parte cercana a la médula (Malan, 1979).

Las tensiones de crecimiento longitudinales son las de mayor magnitud y las más serias durante el procesamiento de la madera, pues resultan en torceduras (Boyd, 1950; Hillis, 1984; Maeglin, 1987; Kubler, 1988). Las torceduras en la madera aserrada son fundamentalmente determinadas por la liberación de las tensiones de crecimiento y por las diferencias de las contracciones dentro de la madera durante el proceso de secado (Simpson, 1983).

Las torceduras o pandeos en madera recién aserrada (verde), ocurren esencialmente debido al diferencial o asimetría en los niveles de las tensiones de crecimiento presentes al ser liberados mediante el corte. Dado que la liberación de las tensiones de crecimiento causa distorsiones y

rajaduras en madera verde, los investigadores están interesados en encontrar formas de predecir o reducir su impacto (Serrano, 1999; Cassens y Serrano, 2004). Para predecir las torceduras en madera aserrada, se ha sugerido utilizar las mediciones de las deformaciones unitarias, causadas por la liberación de las tensiones de crecimientos longitudinales en la superficie (zona cambial) de árboles en pie y volteados, como una alternativa a los métodos más complicados de mediciones en el interior del fuste (Okuyama y Sasaki, 1979; Archer, 1986; Kubler, 1987).

En virtud de que la liberación de las tensiones de crecimiento ocurrirá durante el proceso de transformación de la madera, el patrón de corte durante el aserrado juega un papel importante en el desarrollo de las distorsiones. También, la posición en altura de la pieza de madera en el fuste puede influenciar las torceduras (Maeglin y Boone, 1983; Koch, 1986). Otras causas de torceduras en la madera, pueden ser atribuidas a la naturaleza anisotrópica de la misma, así como a la variabilidad de las propiedades de la madera dentro y entre árboles. De tal forma que, las tensiones y los factores de crecimiento podrían incrementar o disminuir la tendencia de la madera a torcer.

Kubler (1987) y Archer (1986) han reportado una gran variación de las tensiones de crecimiento superficiales en la dirección longitudinal tanto dentro como entre especies, así como alrededor de la circunferencia y especialmente en árboles inclinados (madera de reacción). Pero también, se han observado grandes variaciones con la altura del fuste, así como por variaciones en las estaciones anuales. Además, las deformaciones unitarias medidas en la superficie han sido asociadas con variaciones en las propiedades de la madera, tales como el módulo de elasticidad (MOE), el peso específico básico, las contracciones, el espesor de pared de las fibras, los contenidos de lignina y celulosa y el ángulo de las microfibrillas (Nicholson *et al*, 1975; Okuyama *et al*, 1994; Bailleres *et al*, 1997; Hillis, 1997; Malan, 1997). Muchas de estas propiedades presentan una relación estrecha con las tensiones de crecimiento cuando se evalúan árboles inclinados (madera de reacción).

Las tensiones de crecimiento son afectadas por prácticas silviculturales y genéticas. El objetivo es lograr un fuste recto estable y evitar al máximo estímulos que generen reorientaciones del árbol (Kubler, 1988). Pareciera que este objetivo es más fácilmente logrado cuando se tiene una distribución de los árboles en estratos de varios niveles, como en el caso del bosque natural. En plantaciones forestales se recomienda realizar raleos uniformes progresivos y evitar en lo posible aperturas de luz laterales que fomenten la reorientación de las ramas. En condiciones donde imperan vientos fuertes, un espaciamiento cercano entre árboles podría minimizar el desarrollo de elevadas tensiones de crecimiento, excepto en terrenos con pendientes elevadas donde un espaciamiento mayor es preferido. Sin embargo, existe poca información experimental sobre estos aspectos.

Hoy en día los bosques secundarios, así como las plantaciones de rápido crecimiento, pueden representar una fuente importante de materia para muchas especies tradicionalmente comerciales. Como resultado de esto, el tamaño y la calidad de los árboles es cada día menor, resultado de la utilización de árboles cada vez más pequeños, menos maduros y con menos madera libre de defectos. Adicionalmente, mucha madera que al inicio fue sembrada para producción de pulpa, está siendo procesada para producir madera aserrada a edades muy tempranas (Senft *et al*, 1985). Estos árboles de corta edad tienen una mayor proporción de madera juvenil, madera de reacción y tensiones de crecimiento comparado con árboles más viejos (Maeglin, 1987).

Las tensiones de crecimiento son más críticas en fustes de pequeño diámetro de árboles de rápido crecimiento, dado que presentan una mayor gradiente de transferencia de la periferia a la región del centro del fuste (Boyd, 1950; Hillis, 1997). Además, la liberación de las tensiones de crecimiento en madera de especies de hoja ancha (latifoliadas), es de una mayor magnitud que en

la madera de especies coníferas. Existen diferencias bien documentadas entre las propiedades de las maderas de bosques secundarios, de plantaciones y madera madura de bosques naturales (Rendle, 1960; Lewark, 1985; Zobel y van Buijtenen, 1989). La imposición de turnos de rotación cada vez más pequeños, como resultados de las presiones originadas por la demanda, está causando mayores problemas de calidad en la madera, dado que se presentan mayores torceduras, elevadas contracciones, bajas resistencia mecánica y otros aspectos que afectan el comportamiento y desempeño de la madera.

METODOLOGÍA

Selección de los árboles

Los árboles se extrajeron de plantaciones de teca de la empresa reforestadora Maderas Preciosas S.A., ubicadas en Garza de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Las características particulares de los tres lotes evaluados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Plantaciones de *Tectona grandis* evaluadas en Finca Garza, Maderas Preciosas, S.A. Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Rodal/Características	Cárdenas 1	Cárdenas 2	Cima 1 y 2
Edad (años)	9	9	11
Distanciamiento (m)	3,5x3,5	5x5	6x2
Material utilizado para siembra	pseudoestaca	pseudoestaca	plantón
Área (ha)	5	8	28
Origen material	Hojancha	Hojancha	Garza
Raleo (%)*	11	50	19
Árboles/ha promedio*	450	280	333
Dap promedio (cm)*	21,52	20,55	20,40
Altura total promedio (m)*	17,38	16,01	15,97
Área basal/ha promedio (m ²)*	16,81	9,23	14,40
Volumen/árbol promedio (m ³)*	0,34	0,33	0,37

*Raleos y mediciones realizadas en el 2001.

Se seleccionaron 10 árboles para cada uno de los tres distanciamientos con un diámetro mínimo de troza de 18 cm; se obtuvieron dos trozas de 2,5 m por árbol para un total de 60 trozas.

Aserrío y secado de la madera y elaboración de piso machi-hembrado

Esta etapa del proyecto se realizó en la planta industrial de la empresa Panamerican Woods S.A., en San Francisco de Coyote, Nandayure, Guanacaste. El patrón de corte utilizado es el especificado en la Figura 1. De una troza se procuró obtener al menos cuatro piezas (dos radiales y dos tangenciales), con un ancho de 8,26 cm. Esto se obtuvo mediante tablones con un grosor de 27 mm, que se procesaron con una reaserradora-listonera múltiple circular.

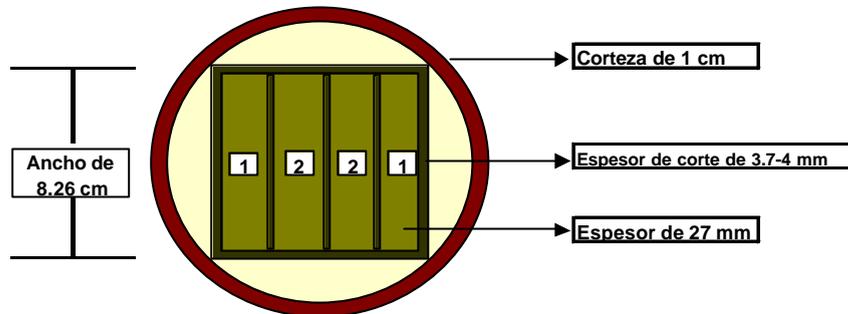


Figura 1. Patrón de corte utilizado para calcular el diámetro requerido de trozas de teca provenientes de Finca Garza, Maderas Preciosas, S.A. Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Posteriormente se realizaron las mediciones de torceduras y grietas en cada una de las piezas obtenidas en aserrío. Para medir la arqueadura (torcedura de cara) y la encorvadura (torcedura de canto) se utilizó una cuerda, de aproximadamente 3 m de longitud. Esto se hizo pasando la cuerda por los dos extremos de la pieza y midiendo la longitud del arco por la parte de la pieza donde la deflexión fuera mayor. La deformación presentada en cada pieza se midió con una cuña calibrada.

Para la medición del alabeo, se colocó en tres extremos de las tablas, una barra calibrada de 10 mm de espesor y en el otro extremo sobrante, se midió con la misma cuña utilizada para las mediciones anteriores. Para determinar el número de grietas se contó la cantidad por cada pieza y se midió con una regla en cm la longitud de la grieta más larga. Las mediciones de las torceduras se hicieron de acuerdo con Serrano (1996).

Después de estas mediciones se procedió al secado artificial de la madera, el cual tuvo una duración de dos semanas y se llegó a un contenido de humedad entre 10 y 12%. Se utilizó un horno convencional, donde el tipo de apilado es longitudinal sobre carros y con ventilas para la disminución de la humedad relativa. Además, se utilizaron baldosas de concreto como peso sobre las pilas para disminuir las torceduras por secado restringido. Después del secado se realizaron las mismas mediciones para las torceduras y las grietas de cada una de las piezas y se procedió al moldurado de las mismas, empleando la metodología descrita para las mediciones.

También se cuantificó el volumen de la madera aserrada, con el fin de determinar el factor de recuperación de madera (FRM) o rendimiento. Finalmente se realizaron las operaciones de lijado y laqueado de la madera.

Modelo experimental y análisis estadísticos

El modelo experimental utilizado es un factorial cruzado con 12 experimentos. En total se evaluaron 3 distanciamientos de siembra, 2 posiciones de la troza en el fuste, 2 posiciones de la pieza dentro de la troza (posición radial y posición tangencial, 2 piezas por posición), y se hicieron 10 réplicas para obtener finalmente 240 piezas. Para los análisis estadísticos realizados se utilizaron los paquetes estadísticos Minitab 11.3 y SAS 7. Las variables de respuesta (torceduras y grietas) para los estados verde, seco y moldurado fueron analizadas por medio de un modelo de mediciones repetidas.

RESULTADOS

La encorvadura en verde presentó diferencia significativa con respecto a la encorvadura en seco. Del total de la encorvadura en seco el 75,61% ya estaba presente en el estado verde, por lo que se presentó un aumento del 24,39% después del secado de las piezas (Figura 2).

En el caso de la arqueadura, el mayor valor se presenta en verde (5,7 mm). Del total de la arqueadura en verde el 47,62% se sigue presentando en el estado seco, por lo que hubo una disminución del 52,38% después del secado, al pasar al estado moldurado disminuye aún más (20,47%).

En cuanto al número de grietas, se presenta una diferencia significativa entre las grietas en verde con respecto a los otros dos estados. Del total de grietas en seco el 41,33% se presenta en el estado verde, por lo que se dio un aumento del 58,67% después del secado y de un 67,21% después del moldurado.

Se determina una diferencia significativa entre la longitud de grieta en verde con respecto a las otras dos (Figura 3). La longitud de grieta aumenta significativamente de verde a seco (35,82%), de verde a moldurado (43,91%) y de seco a moldurado aumenta un poco (12,61%).

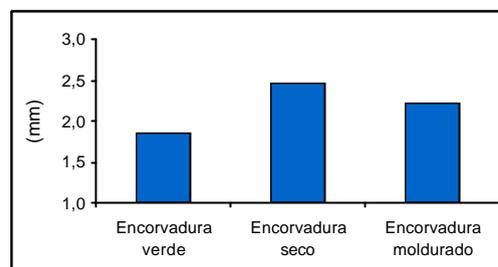


Figura 2. Encorvadura promedio para cada uno de los estados, en piezas de madera de *Tectona grandis* en Panamerican Woods S.A. Nandayure, Guanacaste, Costa Rica. 2001.

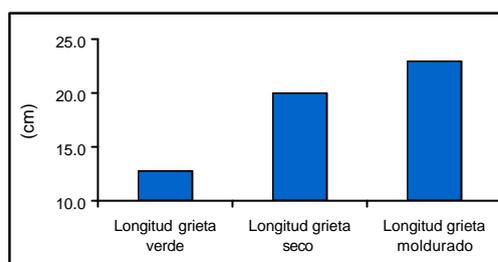
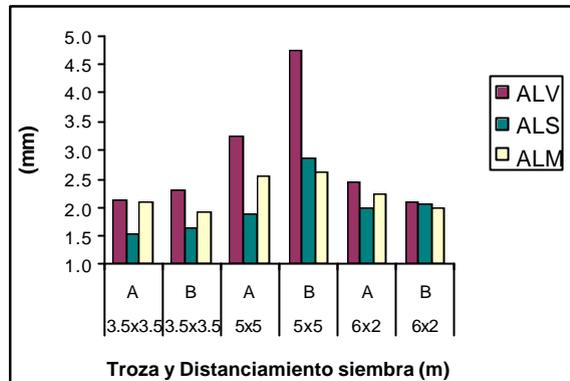


Figura 3. Longitud promedio de la grieta más profunda para cada uno de los estados, en piezas de madera de *Tectona grandis*, en Panamerican Woods S.A., Nandayure, Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Con respecto al alabeo, se determinó que el factor más importante es la interacción de posición de troza con el distanciamiento. La interacción del distanciamiento de 5 x 5 m junto con la segunda troza (B), presentaron los mayores valores de alabeo, tanto en verde y en seco como en moldurado. Las segundas trozas (B) presentaron los mayores valores, con excepción del lote de 6 x 2 m; donde las primeras trozas (A) presentan un valor mayor de la torcedura en estado verde y moldurado y el lote de 3,5 x 3,5 m, donde la primera troza (A) presenta un valor mayor pero sólo en moldurado (Figura 4).



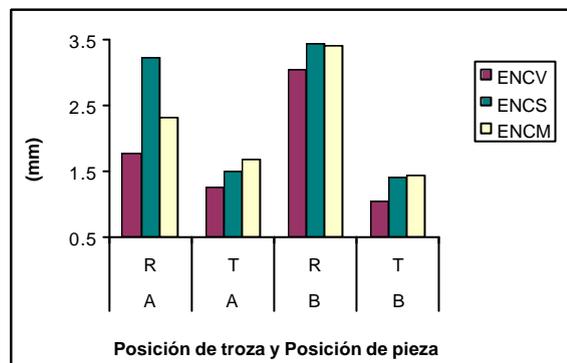
ALV= alabeo en verde, ALS= alabeo en seco, ALM=alabeo después de moldurado

A= 1^{ra} troza B= 2^{da} troza

Figura 4. Alabeo promedio para cada uno de los estados, en piezas de madera de *Tectona grandis*, medida en Panamerican Woods S.A., Nandayure, Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Se podría decir entonces, que a mayor distanciamiento y a mayor altura de la troza en el árbol, se obtienen en general mayores valores de alabeo.

La encorvadura es afectada por la interacción de la posición de pieza en la troza y la posición de la troza en el árbol. En los tres estados analizados se observa que los valores más bajos de la encorvadura se presentan en las trozas A y B, pero con la posición plana o tangencial y los mayores valores en la posición de troza B con la posición cuarteada o radial (Figura 5).



ENCV= encorvadura en verde, ENS= encorvadura en seco, ENCM= encorvadura después de moldurado, T= tangencial, R= radial

A= 1^{ra} troza, B= 2^{da} troza.

Figura 5. Encorvadura promedio para cada uno de los estados y factores significativos, en piezas de madera de *Tectona grandis*, medida en Panamerican Woods S.A., Nandayure, Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Se presentó un mayor agrietamiento al pasar del estado verde al seco, pero de seco a moldurado no se dio un patrón definido.

Con respecto a las evaluaciones de rendimiento, se obtiene un 28,48 % de madera aserrada con respecto al volumen en troza que fueron medidas por el método de Smallian (Husch *et al*, 1972), el cual disminuye a 17,31 % para la madera moldurada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Volúmenes y rendimientos para madera de *Tectona grandis*, procesada en Panamerican Woods, Nandayure, Guanacaste, Costa Rica. 2001.

Volumen en troza (m ³)	Volumen madera aserrada (m ³)			Rendimiento (%)	
	Condición	Material estudio	Material sobrante		
6,88	Sin sanear	1,3227	0,6382	1,9609	28,48
	Moldurada*	0,8953	0,2966	1,1919	17,31

*Incluye el saneado de las piezas después del proceso.

DISCUSIÓN

Según la Figura 2, es evidente que el secado afecta la encorvadura de la madera. Esto según Kubler (1987), ocurre por el diferencial longitudinal de contracción en caras opuestas de la pieza durante el secado. Tomando en cuenta que el producto deseado es piso machi-hembrado de madera de teca, la encorvadura es un defecto que determina la calidad del producto, ya que una pieza con una alta encorvadura después del moldurado no se puede unir adecuadamente a otra, disminuyendo así el rendimiento.

En cuanto a la arqueadura, el alto valor en verde se puede explicar por la liberación de las tensiones de crecimiento, las cuales se manifiestan al aserrar la madera y provocan este defecto; el cual disminuye después del secado presumiblemente por los pesos utilizados durante el mismo. Según los resultados del número y longitud de la grieta más larga, se demuestra cómo afecta el secado la formación de grietas en la madera, probablemente por las contracciones que se presentan al ir disminuyendo la cantidad de agua en la misma. Después del moldurado también se dio este aumento, ya que las piezas, al ser molduradas, quedan con las grietas más visibles y por consiguiente más fáciles de medir.

Como se observa en la Figura 5, en la medida que disminuye el diámetro del fuste a lo largo árbol aumenta la encorvadura, pues se presume que a mayor altura en el árbol hay más tensiones de crecimiento, que se manifiestan a la hora del aserrío mediante torceduras. El hecho de que las torceduras se presenten en mayor cantidad en piezas radiales puede atribuirse a la madera cercana a la médula, la cual está presente en las piezas y puede favorecer este tipo de defecto por su alta contracción longitudinal y sus características inferiores, comparada con la madera adulta.

Las piezas radiales mostraron mayores cantidades y longitudes de grietas que las tangenciales, por tratarse de madera cercana a la médula, que usualmente presenta el problema de las grietas.

Según el estudio realizado por Millán (2001), sobre mediciones en árboles de teca en pie con respecto a las tensiones de crecimiento (para los mismos rodales del presente estudio), se presentó una diferencia significativa en la interacción distanciamiento con respecto a los puntos cardinales. El distanciamiento de 5 x 5 m mostró un comportamiento no uniforme en la distribución de las tensiones de crecimiento, alrededor de la circunferencia del fuste en los puntos cardinales opuestos, siendo el norte y el este los mayores. Por el contrario, el distanciamiento de 6 x 2 m presentó un comportamiento más uniforme de las tensiones alrededor del fuste. Esto podría explicar las torceduras y grietas en los diferentes lotes, ya que, al existir una menor uniformidad en las distribuciones de las tensiones de crecimiento, al momento de aserrar la madera se pueden

liberar las tensiones de manera desigual, lo cual podría favorecer la formación de torceduras y grietas en la madera.

Con respecto a los volúmenes y rendimientos de aserrío, con la madera aserrada sin sanear se obtuvo un porcentaje de rendimiento cercano al reportado por Serrano (2000), de 30% a 35% para teca con diámetros de 15 cm y largos de trozas de 2,5 m. Después del saneado y moldurado de la madera se dio una reducción del 11,17% del rendimiento, ya que, con el moldurado, las piezas pasan de un espesor de 27 mm a 19,3 mm. Además, en el saneado se elimina mucho material que presenta características no deseadas por la empresa para la elaboración del piso, como lo son los nudos que atraviesan la pieza, piezas con médula que afectan la apariencia, grietas, y otras.

CONCLUSIONES

La encorvadura y las grietas son defectos que afectan significativamente al producto, en este caso piso machi-hembrado de madera de teca.

El proceso de secado aumenta el número de grietas y su longitud en las piezas de madera de teca, pero al mismo tiempo se disminuye el alabeo y la arqueadura.

Para todos los casos de torceduras y grietas, el lote del distanciamiento 5x5 m presenta los mayores valores, tanto en verde, seco y moldurado. Este comportamiento podría ser atribuido a la gran variabilidad de la distribución de las tensiones de crecimiento encontrada en los árboles de dicho lote.

La madera de los árboles con distanciamiento de siembra de 3,5 x 3,5 m presenta los menores valores de alabeo y el de 6 x 2 m presenta los menores valores de arqueadura, así como el número de grietas y la longitud de las grietas.

Para la encorvadura el distanciamiento no resultó ser un factor significativo. En general, la posición de troza B (segunda troza), presenta los mayores valores, tanto en verde, seco y moldurado, para todos los casos de grietas y torceduras.

La posición de pieza radial de la madera cercana a la médula presentó los mayores valores para todas las mediciones de grietas y torceduras, tanto en verde, seco y moldurado.

Se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 28,48 % para la madera en verde sin sanear, y un 17,31 % para la madera moldurada y saneada.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer la colaboración recibida durante el desarrollo de este proyecto por parte del Ing. Ronald Guerrero, Gerente de Operaciones de la Empresa Maderas Preciosas de Costa Rica S.A. y del M.A.E. Andrés Martén, Director de Gestión de la empresa Panamerican Woods S.A.



BIBLIOGRAFÍA

- Archer, RR. 1986. Growth stresses and strains in trees, Springer-Verlag, Berlin. 240 p.
- Bailleres, H; Castan, M; Monties, B; Pollet, B; Lpierre, C. 1997. Lignin structure in *buxus sempervirens* reaction wood. *Phytochemistry*. 44(1):35-39.
- Boyd, JD. 1950. Tree growth stresses. II The development of shakes and other visual failures in timber. *Australian J. of Applied Sci.* 1(3):296-312.
- Cassens, D; Serrano, R. 2004. Growth stress in hardwood timber. In: Yaussy, D.; Hix, D.; Long, R.; Goebel, P.; editors. *Proceedings. 14th Central Hardwood Forest Conference; 2004 March 16-19; Wooster, Ohio.* Gen. Tech. Rep. NE-316., U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Northeastern Research Station, Newtown Square, PA: 539 p. [CD-ROM]. 106-115 p.
- Chafe, SC. 1979. Growth stress in trees. *Australian For. Res.* 9(3): 203-223.
- Hillis, WE. 1984. Wood quality and utilization. In Hillis, W.; Brown, A.; (editors). *Eucalypts for wood production.* CSIRO Camberra, Australia. 415 p.
- Hillis, WE. 1997. Timber management toward wood quality and end-wood product value: Australia's experience. In: Zhang, S.; Grosselin, R.; Chauret, G.(editors). *Proceedings Timber management toward wood quality and end-product value of the CTIA/IUFRO. International Wood Quality Workshop, August 18-22, 1997, Quebec City, Canada, Division III.* 47-53 p.
- Husch, B; Miller, C; Beers, T. 1972. *Forest mensuration.* John Wiley & Sons, Second edition. New York. 408 p.
- Jacobs, MR. 1939. Further studies on fiber tension. *Commonw. For. Bur. Aust. Bull. No.24.* 1-36 p.
- Jacobs, MR. 1945. The growth stresses of woody stems. *Commonw. For. Bur. Aust. Bull. No. 28.* 1-33 p.
- Jacobs, MR. 1965. Stresses and strains in tree trunks as they grow in length and width. Leaflet, For. and Timb. *Bur. Aust. Bull. No. 96.* 1-15 p.
- Koch, CB. 1986. The relationship between crook of green and seasoned yellow -poplar 2 by 4's. *Forest Prod. J.* 36(7/8):45-48.
- Kubler, H. 1987. Growth stresses in trees and related wood properties. *For. Abstr.* 48:131-189.
- Kubler, H. 1988. Silvicultural control of mechanical stresses in trees. *Can. J. For. Res.* 18:1215-1225.
- Lewark, S. 1985. Anatomical and physical differences between juvenile and adult wood. XVIII IUFRO World congress, Division V. 272-281 pp.
- Maeglin, R. 1987. Juvenile wood, tension wood, and growth stress effects on processing hardwood. *Proceedings of the 15th annual hardwood symposium of the Hardwood Research Council.* Memphis, TN. 100-108 p.
- Maeglin, R; Boone, R. 1983. Manufacture of quality yellow-poplar studs using the saw-dry-rip (S-D-R) concept. *Forest Prod. J.* 33(3): 10-18.
- Malan, FS. 1979. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. *South African For. J. No.* 109: 14-18.



- Malan, FS. 1997. Timber management toward wood quality and end-wood product value: S. Africa's experience. In: Zhang, S.; Grosselin, R.; Chauret, G.(editors). Proceedings Timber management toward wood quality and end-product value of the CTIA/IUFRO. International Wood Quality Workshop, August 18-22, 1997, Quebec City, Canada, Division III 3-16 p.
- Millán, JM. 2001. Efecto del distanciamiento de siembra y otros factores en el desarrollo de las tensiones de crecimiento para teca (*Tectona grandis*) y pochote (*Bombacopsis quinatum*) en dos plantaciones distintas en la empresa Maderas Preciosas de Costa Rica S.A. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de CR. Cartago, CR. 136 p.
- Munch, E. 1938. Statics and dynamics of the cell wall's spiral structure, especially in compression wood and tension wood. *Flora* 32, 357-424.
- Nicholson, J; Hillis, W; Ditchburne, N. 1975. Some tree growth-wood properties relationship of eucalypts. *Can. J. For. Res.* 5(3):424-432.
- Nicholson, JE. 1973. Effect of storage on growth stress in mountain ash logs and trees. *Australian For.* 36 (2):114-124.
- Okuyama, T; Sasaki, Y. 1979. Crooking during lumbering due to residual stresses in the tree. *Journal of the Japan Wood Research Society* 25(1):681-687.
- Okuyama, T; Yamamoto, H; Yoshida, M; Hattori, Y; Archer, R. 1994. Growth stresses in tension wood: role of microfibrils and lignification. *Ann Sci. For.* 51:291-300.
- Post, IL. 1979. An investigation of the growth stresses in trees. Ph.D. Thesis, U.S., N.Y., Syracuse, State Univ. of New York, College of Env. Sci. and For., 98 p.
- Rendle, BJ. 1960. Juvenile wood and adult wood. *J. Inst. Wood Sci.* 5:58-61.
- Senft, J; Bentsen, B; Galligan, W. 1985. Weak Wood: Fast-grown trees make problem lumber. *J. Forestry* 83(8):476-484.
- Serrano, J. 2000. Procesamiento industrial de teca. La Teca: Manejo de Plantaciones e Industrialización. San Salvador. CTCAP. CIIBI. ITCR. 26 p.
- Serrano, JR. 1996. Lumber recovery and production possibilities of value-added wood products from red oak bolts. Thesis M.Sc. West Lafayette, IN, US, Purdue University. 203 p.
- Serrano, JR. 1999. Longitudinal growth strain effect on lumber warp from small yellow poplar logs. Thesis Ph.D. West Lafayette, IN, US, Purdue University. 297 p.
- Simpson, WT. 1983. Methods of reducing warp when drying. *Asian timber* 2(5):80-81.
- Zobel, B; van Buijtenen, J. 1989. Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag, Berlin. 363 p.