



Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 6 (17), 2009

NOTA TÉCNICA

Efecto del alcohol y el hidróxido de sodio sobre la humectabilidad de la superficie de la madera de *Tectona grandis* L.F. de plantaciones de rápido crecimiento

Michael Garro Chavarría¹

Se determinó el efecto de la aplicación de dos soluciones químicas polares sobre la humectabilidad de la madera de *Tectona grandis* (teca). Las soluciones aplicadas fueron: solución concentrada de hidróxido de sodio y alcohol 90%. Se midió el ángulo de contacto entre la gota de agua y la superficie de la madera, en dos tipos de corte: tangencial y radial. Los resultados mostraron que el tratamiento de la superficie con hidróxido de sodio y alcohol aumenta significativamente la humectabilidad en la madera de teca. No obstante, el tratamiento con hidróxido de sodio produce los ángulos de contacto más bajos; por lo tanto, mayor humectabilidad en relación con el tratamiento con alcohol. La madera de corte tangencial posee mejor humectabilidad que la madera de corte radial. El tratamiento con hidróxido de sodio no presentó diferencia entre el tipo de corte tangencial y radial.

Palabras claves: Ángulo de contacto, Adherencia, Acabados, Madera de plantación, *Tectona grandis*, Costa Rica.

ABSTRACT

The effect of two solutions on wood humectability was evaluated on *Tectona grandis* (Teak) timber samples. The two solutions studied were sodium hydroxide (NaOH), and alcohol at 90%. The contact angle of a water drop and the timber surface was measured of two types of planes: tangential and radial. The results show that the hydroxide of sodium and the alcohol solutions increase significantly the humectability of the teak timber. However, the NaOH generated lower contact angles; therefore it increases more the humectability of the wood. Tangential cuts have greater humectability compared to the radial cuts, however there were not difference between both cuts when the NaOH was applied.

Keywords: Contact angle, Adherence, Wood finished Plantation wood, *Tectona grandis*.
Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La madera de teca es una de las especies que en la actualidad está siendo plantada en vastas regiones de clima tropical de América, Asia, África y Oceanía. Ello porque esta especie es de gran reconocimiento en los mercados internacionales por su excelente estabilidad dimensional, la propiedades decorativas de su madera y especialmente por su excelente durabilidad natural

¹ Estudiante de la Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, mgarro29@gmail.com

(Tewari, 1999). Debido a las limitaciones existentes para la extracción de árboles provenientes de bosques naturales en su región de crecimiento natural, es que la madera proveniente de plantaciones de rápido crecimiento está siendo muy utilizada actualmente en los mercados internacionales (FAO, 2006). Esta madera está siendo cada vez más utilizada en la fabricación de productos de madera sólida o bien productos encolados, tales como chapas encoladas tipo LVL, tableros de partículas de mediana densidad, tipo plywood, para miembros estructurales utilizados en la construcción civil (Moya y Pérez, 2007).

Por otra lado, se han señalado problemas de adhesión en la madera de teca, especialmente en la región del duramen, debido a que es una especie con bajas propiedades de humectabilidad (Zhaobin *et al*, 2009), que se ha atribuido a la presencia de caucho y de extractivos poco polares que afectan la relación madera adhesivo o acabado (Yamamoto *et al*, 1998).

En Costa Rica como en otras regiones, se dispone de una considerable cantidad de árboles de diámetros pequeños y de poca edad, provenientes de los distintos raleos. Sin embargo, información extensiva sobre una efectiva utilización de la madera de teca, proveniente de árboles creciendo en condiciones de rápido crecimiento en productos encolados, es limitado. Es conocido que la madera de teca proveniente de bosques naturales y de edades avanzadas presenta características diferentes a la madera proveniente de árboles jóvenes de plantaciones de rápido crecimiento (Moya, 1990).

El ángulo de contacto es uno de los métodos indicativos más antiguos que existen para medir el comportamiento de la madera ante las propiedades de adhesión de una especie (Freeman, 1959; Bodig, 1962). Este método es comúnmente aceptado porque la fuerza adhesiva es estrechamente dependiente de la humectación, la difusión y la tensión superficial de la cara adhesiva (Herczeg, 1965). Recientes investigaciones han mostrado la eficiencia de algunos métodos para mejorar la humectabilidad, principalmente la radiación o microondas de plasma en la madera de teca (Yamamoto *et al*, 1998; Gindl *et al*, 2006; Zhaobin *et al*, 2009). En un estudio llevado a cabo por Moya (1990), se encontró que la resistencia de la línea de cola se ve aumentada cuando se mejora la humectabilidad de superficie con solventes polares tales como acetona, alcohol o bien tratando esta con hidróxido de sodio. Otros estudios de humectabilidad en maderas tropicales también se han realizado al aire libre, por medio de desgaste artificial a maderas de diferentes especies. Masanori y Takato (2005) reportan que la humectabilidad de las especies disminuyó a partir de las veinte horas de exposición a desgaste artificial y sugiere que las diferencias en humectabilidad entre las especies se deben a cambios estructurales en la superficie durante el desgaste y el incremento en la humectabilidad es debido a cambios químicos.

El presente estudio tiene como objetivo principal, determinar el efecto en la humectabilidad de la madera de teca en dos tipos de corte radial y tangencial, tras la aplicación de dos soluciones polares: alcohol al 90% de concentración y una solución saturada de hidróxido de sodio. Los resultados se obtuvieron a partir de la medición del ángulo de contacto, de una gota de agua con la superficie de madera en dos periodos de tiempo: 5 y 30 segundos, sobre madera proveniente de plantaciones de rápido crecimiento. Los resultados presentados en este estudio están dirigidos a generar nueva información de algunos factores que pueden influir en la humectabilidad de la madera de teca y así tener un mejor desempeño de los productos que se fabrican con esta especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección y procedencia de la madera

En el presente estudio fue tomada madera de tres árboles procedentes de la zona noroeste de Costa Rica, específicamente de la empresa Maderas Preciosas de Costa Rica (MACORI). La plantación en el momento del muestreo presentaba una edad de 15 años, una densidad de 320 árboles por hectárea, un diámetro promedio de 24,2 cm y una altura de 21,6 metros.

Características y preparación de las probetas

Las trozas fueron aserradas con el fin de tener madera de corte radial y de corte tangencial. Posteriormente estas muestras fueron colocadas en cámara de condiciones controladas de temperatura y humedad relativa para tener un contenido de humedad de equilibrio del 12% (temperatura de 22°C y 66% de humedad relativa). Luego, siete muestras por cada corte (radial y tangencial) de dimensiones de 7 cm de ancho, 2 cm de espesor y 55 cm de largo, fueron obtenidas. Esta muestra fue cepillada y lijada con lija de grano número 80 y luego con lija de grano número 100. Seguidamente la muestra fue dividida en tres secciones en su longitud, para aplicar dos soluciones que mejoraran la humectabilidad y una última sección que sirvió como testigo.

Tratamiento para mejorar la humectabilidad

Dos tratamientos que se ha comprobado que mejoran la resistencia de la línea de adhesivo fueron aplicados en la superficie (Moya, 1990), limpiando esta con una solución saturada de hidróxido de sodio y el otro tratamiento con alcohol de 90 grados. También se dejó una parte de la probeta de ensayo para medir el ángulo de contacto en una superficie sin tratamiento, que fue denominado como testigo. En el caso de los dos tratamientos utilizados, la superficie fue limpiada con una tela remojada con la solución y tres desplazamientos sobre la superficie fueron realizados.

Medición de la humectabilidad

El método utilizado fue el del ángulo de contacto, el cual consiste en tomar una medición del ángulo formado por la gota de agua (con un volumen equivalente a 0,05 ml) respecto a la superficie donde se deposita, este método fue propuesto de Wilhelmy (1863) y posteriormente fue mejorado por Mantanis y Young (1997).

El ángulo de contacto corresponde al ángulo formado entre la superficie de la madera y la línea tangente al vértice de la gota (Figura 1). La medición se realizó a cinco segundos después de depositada la gota en la superficie, y luego con el fin de verificar la diferencia del ángulo en el tiempo, se volvió a medir el ángulo de contacto a 30 segundos después de colocada la gota. La gota fue focalizada con un estereoscopio con una cámara digital para capturar la imagen. Posteriormente sobre esta imagen fue medido el ángulo de contacto, con la ayuda del programa de libre utilización Image Tool® (Figura 1).



Figura 1. Imagen tomada 5 segundos después de la aplicación de una gota de agua, en la superficie de una muestra sin tratamiento de *Tectona grandis*, ITCR, Cartago, Costa Rica (Image Tool®).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un arreglo factorial 2x3, en un diseño completamente aleatorio (DCA), en donde los dos tipos de corte (radial y tangencial) son el factor 1 en dos niveles y como factor 2 el tratamiento de la superficie en 3 niveles: limpiado de la superficie con una solución de Na (OH) al 100%, aplicación de alcohol al 90% y el testigo. La cantidad de unidades experimentales fueron 7, por lo que el diseño estadístico dio como resultado un total de 42 observaciones (2 tipos de cortes x 3 tipos de limpiados de la superficie x 7 repeticiones).

Para realizar el análisis estadístico primeramente se determinó la diferencia del ángulo de contacto entre los tiempos de medición. Para establecer estas diferencias se aplicó el análisis de variancia (ANDEVA); y posteriormente para establecer si los valores eran estadísticamente diferentes, se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para las comparaciones específicas, con una significancia (*alfa*) de 0,09. En el diseño del ANDEVA, dos factores fueron establecidos: tipo de corte (tangencial y radial) y tratamiento de la superficie (limpiado de la superficie con solución saturada de hidróxido de sodio y alcohol de 90 grados y el testigo) y diferencia en humectabilidad entre el efecto de la combinación de los dos factores (tipo de corte y solución), para esto se hizo uso del análisis factorial 2x3. Estos análisis se ejecutaron con las herramientas de análisis estadístico del programa EXCEL®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ángulos de contacto

El ángulo de contacto para la madera de teca es de 80 grados después de 5 segundos de aplicada la gota de agua y decae a 64 grados en 30 segundos en madera de corte radial. En la madera de corte tangencial los valores son de 67 grados en los 5 segundos y 44 grados en los 30 segundos (Cuadro 1). Los análisis estadísticos de los tiempos en cada uno de los tipos de corte mostraron que estos fueron estadísticamente diferentes (Figura 2). Algunas otras investigaciones reportan ángulos de contacto mayores medidos con agua, en relación a los datos que hemos obtenido. Por ejemplo, Zhaobin *et al* (2009) en madera de teca de china, no establecen la edad o tipo de corte de la madera utilizada, determinaron un ángulo de 104 grados, ángulo mayor al obtenido para el presente estudio. Gindl *et al* (2006) investigando en madera de teca, (sin establecer la edad o procedencia) encontraron un ángulo de 117 grados en piezas de corte radial y de 126 grados en madera de corte tangencial.

Cuadro 1. Ángulos de contacto promedio obtenidos en madera de duramen de *Tectona grandis* de 15 años de edad de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. ITCR, Cartago, Costa Rica. 2009.

Tipo de corte y tratamiento de la superficie	Ángulo medido	
	A los 5 segundos	A los 30 segundos
Radial		
Testigo	80,83 (72,67-86,13)	63,78 (57,27-70,20)
Alcohol al 90%	38,21 (7,17-71,93)	16,89 (7,70-51,10)
Solución saturada de Na(OH)	13,03 (6,73-21,40)	3,39 (2,53-4,77)
Tangencial		
Testigo	67,17 (45,03-77,80)	43,83 (25,67-58,67)
Alcohol al 90%	60,63 (36,37-74,23)	29,01 (5,93-44,63)
Solución saturada de Na(OH)	13,25 (7,40-26,63)	2,07 (1,23 -3,25)

Nota: Los valores entre paréntesis representan el mínimo y el máximo de cada muestra.

Se encontró que el ángulo de contacto disminuye con el tiempo, debido a que el agua tiende a esparcirse sobre la superficie. En la madera de tipo radial y en la madera de corte tangencial para los diferentes tratamientos, el ángulo de contacto disminuyó al pasar de 5 a 30 segundos (Figura 2), lo que indica que la madera presenta una ligera humectabilidad.

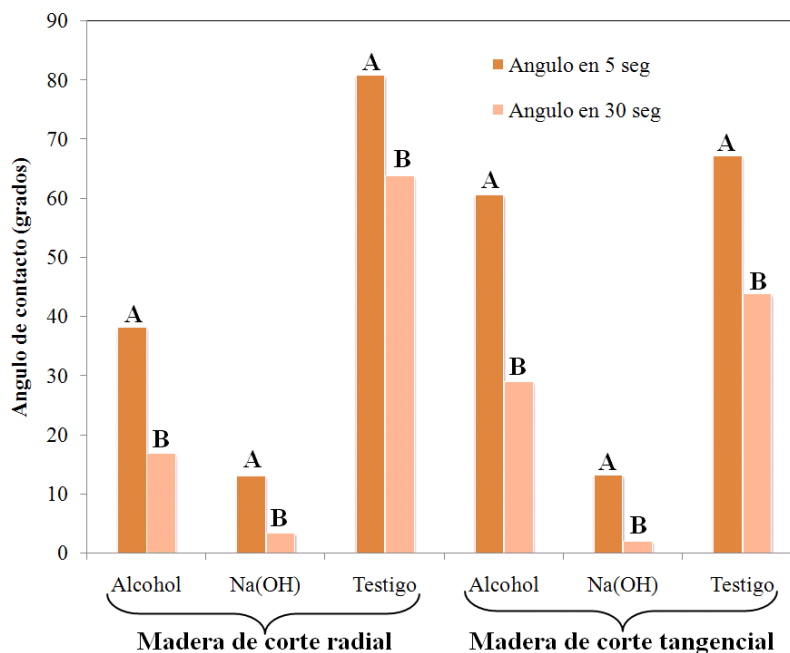


Figura 2. Ángulos de contacto medidos en madera de *Tectona grandis* de corte radial y tangencial tratados con diferentes solventes a los 5 y 30 segundos. ITCR, Cartago, Costa Rica.

Nota: Las letras diferentes para un mismo tratamiento significan que son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 99%.

Al limpiar la superficie, sea con alcohol o una solución saturada de Na(OH), se encontró que el ángulo de contacto disminuye tanto en la madera de corte radial como en la madera de corte tangencial (Cuadro 1). Esto significa que ambos tratamientos mejoran la humectabilidad de la madera cuando se quiera aplicar algún tipo de adhesivo o bien cuando se quiera dar acabado a la superficie de la madera. En el caso de limpiar la superficie con alcohol de 90 grados se tiene que el ángulo de contacto disminuye, pasa de 80,8 grados (superficie sin tratamiento) a 38,2 grados en la madera de tipo radial y cuando la superficie es de tipo tangencial esta disminuye de 67,2 a 60,9 grados (Figura 2). El tratamiento con una solución saturada de hidróxido de sodio provoca una gran disminución del ángulo de contacto, tanto en la madera de tipo radial como de tipo tangencial, el ángulo disminuye a 13 grados en ambos casos (Cuadro 1). Las mediciones a los 30 segundos después de aplicada la gota de agua, también mostraron que los tratamientos de la superficie con alcohol o hidróxido de sodio disminuyen el ángulo de contacto (Cuadro 1) y por lo tanto deberíamos tener una mejor humectabilidad de la madera ante un adhesivo o algún tipo de acabado, con al aplicación de alguna de las dos sustancias en estudio.

Diferencia entre tratamientos

Los análisis de varianza llevados a cabo para la diferencia en el ángulo de contacto medido a los 5 y 30 segundos, mostraron que tanto el tipo de corte como el tratamiento de la superficie afectan estadísticamente este ángulo ($\alpha \leq 0,09$) (tipo de corte: $F=0,504$, $p=2,876E-06$ y $F=0889$, $p=4,997E-07$ para medición a 5 y 30 segundos respectivamente; tratamiento de la superficie: $F=61,172$, $p=1,672E-08$, y $F=77,851$, $p=1,683E-09$ a 5 y 30 segundos, respectivamente). El análisis para la combinación de los dos factores estudiados (tipo de corte y solución) demostró

que también estas son significativas para los dos tiempos de medición ($F=30,676$, $p=4,954E-12$ y $F=37,299$, $p=2,859E-13$ a 5 y 30 segundos de medición).

En las pruebas para establecer las diferencias entre los dos tipos de corte (tangencial y radial) para los diferentes tratamientos de la superficie en los diferentes tiempos de medición (a los 5 y 30 segundos de aplicada la gota) se comprobó que, si la superficie no se ha tratado con ningún tipo de solución para mejorar la humectabilidad (testigo), la madera con corte tangencial presenta un mayor ángulo de contacto, por tanto menor humectabilidad, que la madera de corte radial, tanto a los 5 segundos (Figura 3a) como a los 30 segundos luego de aplicado la gota (Figura 3c). Por otra parte, al limpiar la superficie de la madera con alcohol para mejorar humectabilidad, se tiene que en la superficie con corte radial la humectabilidad mejora notablemente en relación a la madera de corte tangencial (Figura 3a y 3c). Dicho resultado es diferente al comportamiento de la superficie sin limpiar, puesto que en este caso, la humectabilidad no aumenta. Además, limpiar la superficie con hidróxido de sodio da como resultado que la humectabilidad de la madera de corte radial, tanto como la madera de corte tangencial, tenga valores similares de ángulo de contacto. Esto significa que las diferencias que existen cuando la superficie no ha sido limpiada llegan a desaparecer al tratar la superficie con hidróxido de sodio (Figura 3a y 3c).

Finalmente al observar el comportamiento del ángulo de contacto de la madera de corte radial y tangencial, se tiene que dichos cortes de la madera reaccionan diferentes ante el tratamiento con alcohol e hidróxido de sodio. El tratamiento con hidróxido de sodio logra tener igual humectabilidad en madera de teca, sin importar que esta sea de tipo radial o tangencial, debido a que se logra similar ángulo de contacto (Figura 3b y 3d). Dicho resultado es importante cuando se tienen tablas de madera compuestas de madera tangencial y radial, comúnmente llamado de corte oblicuo o combinado, donde se logrará que toda la superficie tenga la misma humectabilidad si se trata con hidróxido de sodio. Este efecto no se observa en el tratamiento con alcohol; es decir, se logra aumentar de manera significativa la humectabilidad de la madera en el corte radial al tratar la superficie con alcohol, pero si la superficie es de tipo tangencial se logra un aumento de la humectabilidad de menor magnitud (Figura 3b y 3b).

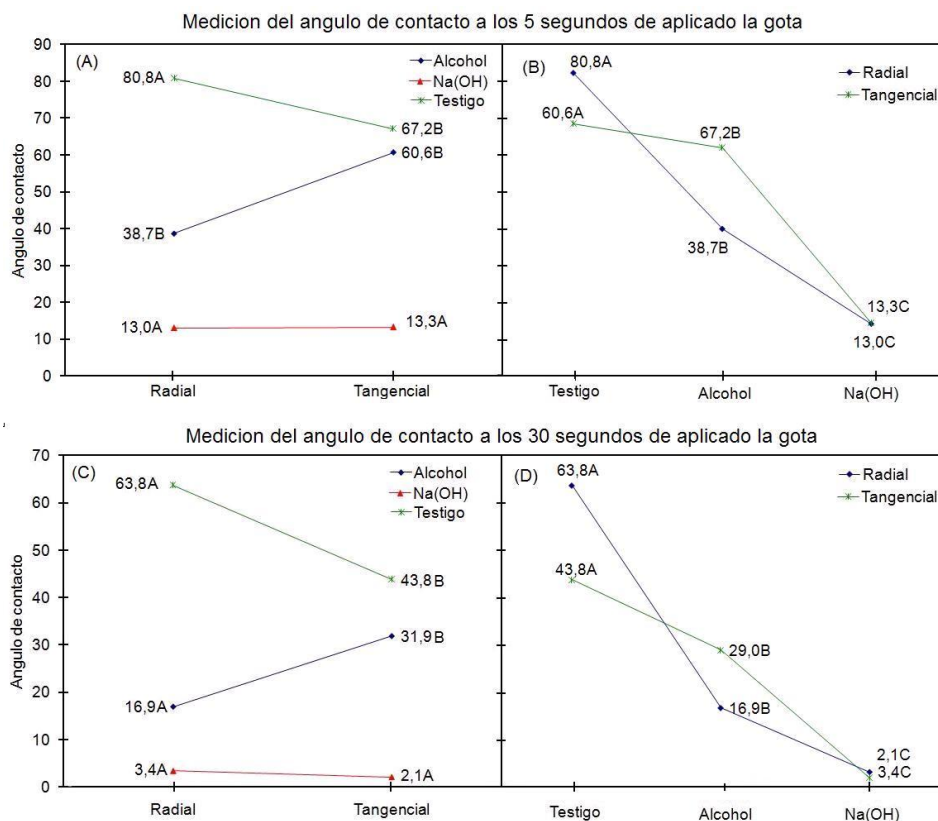


Figura 3. Medición del ángulo de contacto en la madera teca proveniente de plantaciones de rápido crecimiento en diferentes tipos de tratamientos y diferentes cortes de la madera de *Tectona grandis*. ITCR, Cartago, Costa Rica.

Nota: Las letras diferentes para un mismo color de línea significan que son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 99%.

Moya (1990) en un estudio con madera de teca de plantaciones de rápido crecimiento, menciona que la humectabilidad aumenta con el limpiado de la superficie de la madera con una solución de hidróxido de sodio, debido a que esta operación sobre la superficie habilita la solubilidad de los componentes de la superficie de la madera o bien extrae ciertos componentes que hacen que la superficie se abulte. Así mismo, dicho autor encontró que la aplicación de una solución de hidróxido de sodio produce mayores valores en el índice de humectabilidad, que cuando la superficie es tratada con agua destilada.

Los métodos utilizados en el presente estudio para activar la superficie, y así lograr una mejor humectabilidad, son fáciles de aplicar en los centros de manufactura de muebles o productos a base de madera de teca. No obstante, recientemente se han probado métodos más modernos para activar la superficie de la madera de teca y lograr mejor humectabilidad de la misma. Por ejemplo, Zhaobin *et al* (2009) demostró que la utilización de microondas de plasma mejoran la humectabilidad de la madera en teca hasta en un 74%. En tanto que Gindl *et al* (2006) logran también un aumento de la humectabilidad de la superficie de teca al someter la madera a una exposición de rayos ultravioleta. En el presente estudio, se obtuvo un aumento en la humectabilidad de la primera a la segunda medición (a los 5 y 30 segundos respectivamente), del 63%, resultado de la aplicación de alcohol en la madera de corte radial, con respecto al mismo tratamiento en madera tangencial de teca.

CONCLUSIONES

Las diferencias significativas entre el corte radial y tangencial en la humectabilidad de madera de teca demostraron que el corte radial presenta la mejor humectabilidad.

El ensayo demostró que la aplicación de las soluciones propuestas de hidróxido de sodio saturado y una solución de alcohol 90% mejora humectabilidad en la madera de teca, aunque a un nivel inferior con el alcohol.

La madera de corte radial y la de corte tangencial presentan diferente humectabilidad, siendo la cara radial de mejor humectabilidad que la madera que presenta una superficie tangencial. No obstante, cuando se trata la superficie con hidróxido de sodio se logra equiparar la humectabilidad de las dos superficies, situación que no se logra con el tratamiento de alcohol.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio se realizó con los recursos materiales del Centro de Investigación en Integración Bosque Industria (CIIBI), del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se agradece la guía y colaboración en el desarrollo del presente trabajo a los profesores Róger Moya Roque, Marcela Arguedas Gamboa y Edgar Ortiz Malavasi.

BIBLIOGRAFÍA

- Bodig, J. 1962. Wettability related to gluability of five Philippine mahoganies. *Forest Products Journal* 12:265-270.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2006. Global planted forest thematic study: results and analysis. Rome, IT, FAO. 168 p.
- Freeman, HA. 1959. Relation between physical and chemical properties of wood and adhesion. *Forest Products Journal* 9:451-458.
- Gindl, M; Gerhard, S; Stanzl-Tschegg, S. 2006. The effects of ultraviolet light exposure on the wetting properties of wood. *J. Adhesion Sci. Technol* 20(8):817-828.
- Herczeg, A. 1965. Wettability of wood. *Forest Products Journal* 15(11):499-505.
- Mantanis, GI; Young, RA. 1997. Wetting of wood. *Wood Science and Technology* 31(5):339-353.
- Masanori, K; Takato, N. 2005. Artificial weathering effects on wettability of tropical woods for outdoor purposes (en línea). *Journal of the Hokkaido Forest Products Research Institute* no. 05A0297875. Consultado 14 mar. 2009. Disponible en <http://sciencelinks.jp/j-east/article/200508/000020050805A0297875.php>
- Moya Roque, R. 1990. Rendimiento y evaluación de adherencia en madera de Teca (*Tectona grandis*) para la fabricación de veleros. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR, ITCR, Escuela de Ingeniería Forestal. 149 p.
- Moya Roque, R; Pérez, D. 2007. Processing and marketing of teakwood products from fast-grown teak plantations in Costa Rica. *In* Regional Workshop Products and Marketing of Teak Wood Products of Planted Forest. (2007, Peechi, IN). Abstracts Products and Marketing of Teak Wood Products of Planted Forest. Edited by Nair, K.K.N; K.V. Bhat and V. Anitha. Peechi, IN, S.E. p. 24-25. (Disponible además en <http://www.iufro.org/download/file/2237/1895/india07-report.pdf/>)
- Tewari, DN. 1999. A monograph on teak (*Tectona grandis*). Dehra Dun, IN, International Book Distributors. 125p.
- Yamamoto, K; Simatupang, MH; Hashim, R. 1998. Caoutchouc in teak wood (*Tectona grandis* L. f.): influence on sunlight irradiation, hydrophobicity formation, location, and decay resistance. *European Journal of Wood and Wood Products* 56(3):201-209.

Zhaobin, S; Guanben, D; Linrong H. 2009. Effect of microwave plasma treatment on surface wettability of common teak wood. *Frontiers of Forestry in China* 4(2):249–254.