

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluación del distanciamiento de siembra y otros factores en el desarrollo de las tensiones de crecimiento para teca (*Tectona grandis* L.f.) y pochote (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand) en dos plantaciones de Guanacaste, Costa Rica¹

Juan Manuel Millán Granados²
José Rafael Serrano Montero²

Resumen

La liberación de las tensiones de crecimiento mediante el proceso de volteo y troceado, especialmente de árboles de diámetros pequeños, puede causar rajaduras severas en las testas de las trozas y torceduras y rajaduras en las piezas de madera aserrada. Por tal razón, se planteó determinar el efecto del distanciamiento de siembra y otras variables en el desarrollo de las tensiones de crecimiento (TsC), con el interés de identificar aquellos factores que puedan contribuir en mayor medida al desarrollo de las mismas en dos especies latifoliadas. Las TsC son las fuerzas presentes en la madera de las plantas en crecimiento, las cuales fueron medidas por medio de las deformaciones unitarias longitudinales para determinar posibles diferencias significativas entre distanciamientos de siembra, los puntos cardinales, las calidades del árbol y la altura en el fuste. La investigación fue realizada en la provincia de Guanacaste, Costa Rica y las TsC fueron medidas para cada uno de los árboles utilizando un extensómetro. El trabajo de campo se desarrolló durante los meses de julio y agosto del 2001. Se determinó que la mayoría de las diferencias significativas de las tensiones de crecimiento fueron causadas por interacciones en las cuales el distanciamiento de siembra estaba presente, siendo las más importantes; distanciamiento - calidad del árbol y altura - calidad del árbol. Esto demuestra la complejidad del desarrollo de las TsC. Los mejores comportamientos en cuanto a menores niveles de TsC, fueron los encontrados en los distanciamientos de 3 x 3 m y 5 x 5 m. Se recomendó investigar más sobre este tema, ya que es el primer estudio sobre este tópico en Costa Rica.

Palabras claves: Tensiones de crecimiento, *Tectona grandis*; *Bombacopsis quinata*, Calidad de la madera, Madera aserrada, 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. jmmillan@costarricense.cr, jserrano@itcr.ac.cr

Abstract

Study of the effect of plant spacing and other factors on the development of growth stress of teak (*Tectona grandis* L.f.) and pochote (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand) from two plantations in Guanacaste, Costa Rica. Growth stress relief as a result of the cutting process, particularly in small diameter trees, can result in severe log end splitting and warping and splitting of lumber. For that reason and in order to identify factors for the development of growth stress in trees, the distance of planting and other variables were evaluated. Growth stresses (GS) are the stresses that develop in the wood of growing plants, which were measured as longitudinal growth strains to determine possible significant differences between plant spacing, polar points, quality of trees and height at the bole. The work was carried out in the province of Guanacaste, Costa Rica. From each tree evaluated, the GS were measured using an extensometer. Data were taken during July and August of 2001. It was determined that the majority of the GS were affected by interactions in which plant spacing was present. The most important interactions were; plant spacing – quality of tree and height at the bole – quality of the tree. This demonstrates the complexity of the development of the GS. The best responses because of the low level of GS were found in the planted distances of 3 x 3 m and 5 x 5 m. It was recommended to investigate more on the topic since this is the first study about this subject in Costa Rica.

Key words: Growth stress; Growth strain; *Tectona grandis*; *Bombacopsis quinata*. Lumber quality, sawn wood, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de especies forestales en Costa Rica se siembran habitualmente con un distanciamiento de 3 x 3 m. De esta manera se obtiene un total de 1111 árboles por hectárea. También existen otros distanciamientos posibles pero el anterior es el más utilizado. Al estar el árbol sometido a una gran competencia, éste puede llegar a torcer su eje de crecimiento (fuste), con el fin de lograr la mayor captación de luz solar. Si se llegan a presentar árboles torcidos, estos serán los primeros en cortarse en el primer raleo. Las características de la madera de estos árboles no serán las más adecuadas para poder ser utilizadas en productos de alta calidad.

Es de suma importancia poder determinar el distanciamiento de siembra indicado para las especies utilizadas en reforestación, que conlleve a un desarrollo óptimo de los árboles en cuanto a calidad. Así, los fustes utilizados en las etapas de industrialización posteriores a la corta de la plantación, tendrán mayores posibilidades de éxito para producir madera de buena calidad.

Las TsC están presentes en todas las plantas leñosas, y son las fuerzas desarrolladas en la madera de árboles en crecimiento. Estas fuerzas son esenciales para mantener la verticalidad de los árboles, sin embargo, la magnitud de las mismas tiende a variar ampliamente. Fisiológicamente, las TsC se desarrollan cuando las células en crecimiento durante el proceso de diferenciación (lignificación) contraen en la dirección longitudinal y al mismo tiempo se expanden en la dirección transversal, contra las fuerzas de contención o sujeción de las células contiguas más viejas (Kubler, 1987).

Las TsC son generadas en tres direcciones en el fuste, ramas y raíces a saber: longitudinal, tangencial y radial. En la dirección longitudinal las TsC pueden ser hasta 10 veces mayores que las encontradas en la dirección tangencial. Los niveles más bajos están en la dirección radial. Las TsC longitudinales mantienen la zona externa del fuste en tensión mientras que la interna

en compresión, lo cual es vital para que el árbol pueda soportar las agresiones mecánicas a que se ve sometido durante su crecimiento (Kubler, 1987). Las fuerzas desarrolladas por las TsC presentan usualmente una mayor magnitud en las maderas latifoliadas (de hoja ancha) en comparación con las maderas coníferas. Además las consecuencias negativas debidas al proceso de transformación por corte son mayores en los fustes delgados que en las trozas de grandes diámetros (Hillis, 1984).

Algunas de las consecuencias negativas observadas durante el procesamiento de la madera pueden ser atenuadas mediante apropiadas prácticas silviculturales en plantaciones forestales y por medio de la manipulación genética. Dado que las TsC no pueden ser fácilmente aisladas, su estudio y conocimiento puede resultar un tanto difícil. Sin embargo, se han desarrollados técnicas para medir las TsC en los árboles en pie, en trozas y existen ciertas técnicas de procesamiento las cuales pueden ser empleadas para disminuir los efectos negativos que dichas fuerzas pueden causar al ser liberadas durante el proceso de corte (Serrano, 1999).

Las TsC longitudinales al ser liberadas contribuyen a los problemas de procesamiento de la madera, ejemplos típicos lo son las rajaduras y los agrietamientos en los extremos (testas) de las trozas al momento del proceso de volteo, variaciones de medida en piezas cortadas, así como las rajaduras y torceduras de cara y canto en piezas de madera recién aserrada (Serrano, 1999).

Las TsC no deben ser confundidas con los esfuerzos de secado que se generan conforme la madera se contrae al perder humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Sin embargo, dichas tensiones interactúan con los esfuerzos generados por el secado, además, con madera juvenil, madera de reacción y otros factores (Maeglin, 1987).

Dada la importancia que tienen las TsC para la obtención de madera de buena calidad durante el proceso de transformación, se realizó el presente estudio con el fin de establecer la magnitud de las TsC en árboles en pie de teca y pochote, así como determinar factores que contribuyen al desarrollo de las mismas en dos plantaciones de Guanacaste, Costa Rica.

METODOLOGÍA

En los Cuadros 1 y 2 se encuentran las referencias de cada uno de los lotes evaluados de teca y pochote.

Cuadro 1. Información básica para cada lote evaluado del Proyecto Forestal Garza. Guanacaste, Costa Rica, 2001.

Parámetro	Especie/lote				
	Teca			Pochote	
	Lote				
	Cárdenas 1	Cárdenas 2	Cima 1 y 2	El Cruce	Simona 1A
Edad (años)	9	9	11	10	11
Distanciamiento de siembra (m)	3,5 x 3,5	5 x 5	6 x 2	5 x 5	6 x 4
Material utilizado	Pseudo estaca	Pseudo estaca	Plantón	Plantón	Plantón
Procedencia	Hojancha	Hojancha	Garza	Hojancha	Garza
Área total (ha)	5	8	5	25	11
Porcentaje de raleo (2001)	11	50	19	18	22
Promedio de árboles/ha	450	280	333	400	327
Promedio de dap (cm)	21,5	20,5	20,4	25,6	31,1
Promedio de altura total (m)	17,4	16,0	16,0	14,6	16,5
Promedio de área basal (m ² /ha)	16,8	9,2	14,4	21	25
Promedio de volumen/árbol (m ³)	0,34	0,33	0,37	0,31	0,42

Fuente: Maderas Preciosas, de Costa Rica S.A., 2001.

Cuadro 2. Información básica para cada lote evaluado del Proyecto Forestal Río Tabaco. Guanacaste, Costa Rica, 2001.

Parámetro	Especie/lote		
	Teca	Pochote	
	Lote		
	Gramma	Palmar Nuevo	Palmar Viejo
Edad (años)	10	10	10
Distanciamiento de siembra (m)	3 x 3	3 x 3	3 x 3
Material utilizado	pseudo estaca	pseudo estaca	pseudo estaca
Procedencia	Río Tabaco	Nicoya	Nicoya
Área total (ha)	18	18	43
Porcentaje de raleo (2001)	20	29	2
Promedio de árboles/ha	653	620	360
Promedio de dap (cm)	16,5	17,6	16,7
Promedio de altura total (m)	14,1	14,3	9,3
Promedio de área basal (m ² /ha)	13,9	15,1	8,5
Promedio de volumen (m ³ /ha)	88.6	99,7	40

Fuente: Maderas Preciosas de Costa Rica S.A., 2001.

Los árboles utilizados fueron escogidos en dos calidades, a saber; calidad **1** para árboles de buen porte en el fuste y buena distribución de copa y calidad **2** para árboles que presentaran algún defecto en su fuste ya fuera torceduras, enfermedades o asimetría en la copa.

Para teca se escogieron 5 árboles por tipo de calidad, para un total de 10 árboles (repeticiones) por lote y por calidad en dos parcelas de 100 árboles cada una. Este procedimiento se realizó por cada distanciamiento de siembra, para un total de 80 árboles medidos para los 4 distanciamientos de siembra evaluados. Para pochote se escogieron 3 árboles de una calidad y 2 de otra, seleccionados en forma alternada para un total de 5 repeticiones en dos parcelas de 50 árboles. El mismo procedimiento se realizó por cada distanciamiento de siembra, para un total de 30 árboles medidos para los 3 distanciamientos de siembra evaluados.

Las mediciones se llevaron a cabo en cada uno de los 4 puntos cardinales, tanto para la troza de la base a una altura (dap) de 1.3 metros como para la segunda troza a una altura de 4 metros.

Para las mediciones de las TsC se utilizó un extensómetro (Hugenberger tensotast) (Figura 1), tornillos Philips, destornillador, cincel y mazo como equipo. La medición se basó en el método descrito por Serrano, 1999 y Millán (2001).

El total de mediciones de TsC se realizó de acuerdo a un diseño de experimentos de tipo factorial de la siguiente manera:



Figura 1. Demostración de la medición de las tensiones de crecimiento con un extensómetro a 1,3 m de altura. Guanacaste, Costa Rica, 2001.

Proyecto Forestal Garza:

Teca

3 distanciamientos (6 x 2, 3.5 x 3.5 y 5 x 5) x 2 calidades x 2 alturas x 4 puntos cardinales x 10 repeticiones = 480 mediciones.

Pochote

2 distanciamientos (6 x 4 y 4 x 4) x 2 calidades x 2 alturas x 4 puntos cardinales x 5 repeticiones = 160 mediciones.

Proyecto Forestal Río Tabaco:

Teca

1 distanciamiento (3 x 3) x 2 calidades x 2 alturas x 4 puntos cardinales x 10 repeticiones = 160 mediciones.

Pochote

1 distanciamiento (3 x 3) x 2 calidades x 2 alturas x 4 puntos cardinales x 5 repeticiones = 80 mediciones.

RESULTADOS

Teca (*Tectona grandis*)

En la figura 2 se presenta en forma gráfica la interacción significativa ($p = 0,0239$) entre las calidades 1 y 2 del árbol y los distanciamientos de siembra con respecto a las TsC.

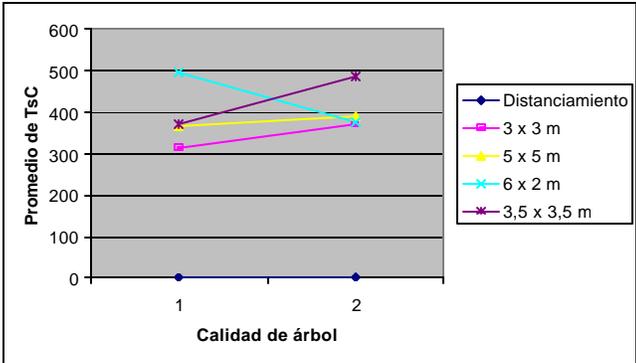


Figura 2. Interacción de las TsC con la calidad y los distanciamientos de siembra de teca, en los Proyectos Forestales Río Tabaco y Garza. Guanacaste, Costa Rica, 2001.

Nota: El distanciamiento de 3 x 3 m de este gráfico pertenece a la finca de Río Tabaco, mientras que los otros tres distanciamientos pertenecen a la finca de Garza.

Se nota que el distanciamiento de 3 x 3 m, es el que presentó el menor valor de TsC, para ambas calidades de árboles. Se observa también que los valores para ambas calidades (1, 2) en los distanciamientos de 3 x 3 m, 3,5 x 3,5 m y 5 x 5 m tienen un comportamiento esperado, en el cual los mejores árboles (calidad 1) son los que deben tener menores TsC y además su comportamiento es el más uniforme. Un comportamiento opuesto o sea la interacción sucede con las TsC para el distanciamiento de 6 x 2 m, donde los menores valores se dieron en los árboles de calidad 2.

Pochote (*Bombacopsis quinata*)

En la figura 3 se presenta la interacción significativa ($p = 0,034$) entre la calidad de árbol y los distanciamientos de siembra con respecto a las TsC.

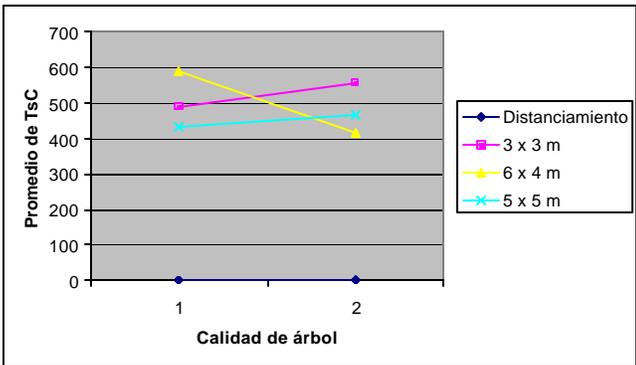


Figura 3. Interacción de las TsC con la calidad y los distanciamientos de siembra de pochote, en los Proyectos Forestales Río Tabaco y Garza. Guanacaste, CR, 2001.

Nota: El distanciamiento de 3 x 3 m de este gráfico pertenece a la finca de Río Tabaco, mientras que los otros dos distanciamientos pertenecen a la finca de Garza.

De la figura anterior se puede apreciar que el distanciamiento de 5 x 5 m y 3 x 3 m tienen menos TsC en promedio para los árboles de calidad 1, al compararlo con los árboles de calidad 2. Un comportamiento opuesto (interacción) sucede con las TsC para el distanciamiento de 6 x 4 m, en donde los menores valores se dieron en los árboles de calidad 2. Es interesante hacer notar que un comportamiento similar se dió para el distanciamiento de 6 x 2 de teca del proyecto Garza (Figura 2) que es el distanciamiento de siembra más cercano en dimensión al evaluado en el caso de pochote.

La figura 4 presenta la interacción entre la altura de fuste y la calidad para los tres distanciamientos de siembra correspondientes a pochote en los Proyectos Forestales Garza y Río Tabaco.

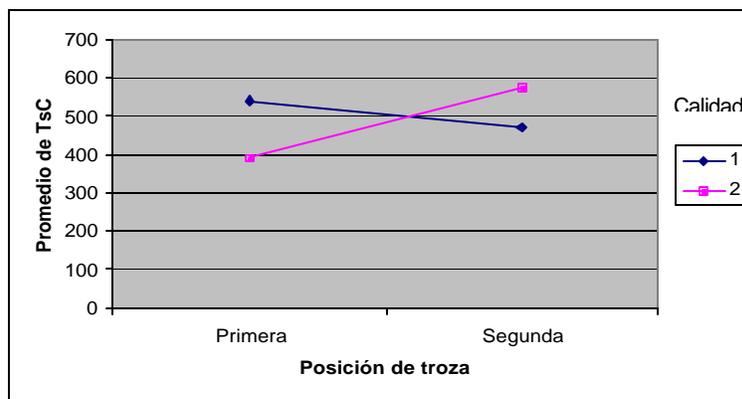


Figura 4. Interacción entre la posición de la troza y calidad del árbol para los tres distanciamientos de siembra correspondientes a pochote en los Proyectos Forestales Garza y Río Tabaco. Guanacaste, Costa Rica, 2001.

De la figura anterior se puede observar que hay una marcada diferencia entre los valores de la primera y la segunda troza de los árboles de calidad 2 y un comportamiento opuesto (interacción, $p = 0,002$) para los árboles de calidad 1.

Con respecto a los valores promedio de las TsC para las dos especies evaluadas, se determina que el pochote presenta valores de TsC significativamente mayores ($p = 0,000$) que la teca. El promedio de TsC para el pochote fue de 513 $\mu\epsilon$ con una desviación estándar de 391 $\mu\epsilon$ y para la teca el promedio fue de 397 $\mu\epsilon$ y una desviación estándar de 354 $\mu\epsilon$.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores más bajos de TsC para el distanciamiento 3x3 m (Figura 2) se debe presumiblemente a condiciones propias del sitio de crecimiento en la finca de Río Tabaco, ya que los otros tres distanciamientos pertenecen al Proyecto Garza. No se contó con el distanciamiento de 3 x 3 m en esta finca (Garza), con lo cual quizás se hubiera podido aislar el efecto del mismo, al tener un sitio de crecimiento relativamente semejante para todos los distanciamientos de siembra.

Cuando se analizó el efecto de los puntos cardinales, calidad de árbol y altura de fuste considerando únicamente el distanciamiento de 3 x 3 m del Proyecto Río Tabaco, no se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los niveles de los factores evaluados. Esto significa que hay muy poca variabilidad en la distribución de las TsC alrededor del fuste y en altura.

A partir de observaciones realizadas en el campo, se esperaba que el distanciamiento de 3 x 3 m llegara a tener los menores valores de TsC, ya que estos árboles están sembrados en una zona donde el viento se desplaza con cierta intensidad, pero sin tener una dirección dominante. Al no haber una dirección dominante del viento (Instituto Meteorológico Nacional, 2001 y Torres, 1992), se puede decir que las TsC tenderán a presentar un patrón relativamente uniforme alrededor del fuste y en altura, ya que la distribución de las fuerzas no está concentrada en uno o dos puntos solamente. Es de esperar entonces, que al ser liberadas las tensiones de crecimiento en el momento de la corta, estos árboles generen menos problemas de rajaduras durante el volteo y troceado del fuste, así como menos torceduras en las piezas aserradas.

De acuerdo con Miranda y Nahuz (1999), se hubiera esperado que el distanciamiento con menores magnitudes de TsC debía ser el de 5 x 5 m por la mayor cantidad de área (25 m^2) disponible del árbol, y un resultado contrario se debió esperar en el distanciamiento de 3 x 3 m, el cual presenta la menor área (9 m^2), y en el cual los árboles están expuestos a una mayor competencia por captación de luz, por lo que se esperaría que los mismos presenten una mayor tensión durante su crecimiento regular.

Lo interesante es notar que el comportamiento lógico si se dio en el análisis individual del Proyecto Forestal Garza (menores TsC para el distanciamiento de 5 x 5 m), pero al comparar los lotes de ambos proyectos, los valores de TsC para el distanciamiento de 3 x 3 m del Proyecto de Río Tabaco fueron los menores, lo que constituyó un resultado poco esperado. De acuerdo con esto, en el desarrollo de la TsC pareciera ser más importante que los árboles crezcan en sitios relativamente protegidos de vientos dominantes, que tener un mayor distanciamiento de siembra. Se podría decir que en la evaluación de las TsC para diferentes distanciamientos de siembra, las condiciones del sitio de crecimiento tienen un peso bastante importante, lo que se pudo notar por las diferencias que provocó el distanciamiento de 3 x 3 m procedente del Proyecto de Río Tabaco, con condiciones de crecimiento favorables desde el punto de vista de la generación de bajas magnitudes de TsC (estrés).

En cuando al comportamiento de la calidad del árbol de acuerdo con el distanciamiento de siembra (Figura 3), confirma que los árboles de mejor forma (rectos y de copas más simétricas), tienden a presentar una condición de tensión (estres) más bajo, lo cual será favorable para producir madera aserrada de mejor calidad con menos rajaduras y torceduras.

Cuando hay diferencias marcadas de TsC entre la primera y segunda troza (Figura 4), es usualmente perjudicial debido a las mayores distorsiones generadas durante el procesamiento. La mayor diferencia en magnitudes de TsC en los árboles de calidad 2 con mayor pendiente, se presume que generen mayores rajaduras durante el volteo y troceado del fuste, así como más torceduras en las piezas aserradas.

Respecto a las diferencias significativas de la teca y del pochote con mayores TsC, se debe principalmente a las diferencias propias de cada especie. Con este resultado es de esperar más problemas de rajaduras y distorsiones a la hora de procesar (al voltear y aserrar) para el pochote en comparación con la teca, al menos en este caso particular y para árboles plantados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El distanciamiento de siembra por sí solo no explica las tensiones de crecimiento (TsC). En el caso de la teca del Proyecto Forestal Garza, el distanciamiento formando interacción con otras variables fue determinante en las TsC.

Para la interacción distanciamiento-calidad del árbol, a mayor distanciamiento de siembra, menores valores de TsC, a su vez en los mejores árboles (calidad 1), se obtuvo menores magnitudes de TsC, excepto para el distanciamiento de 6 x 2 m.

En el caso del distanciamiento de 3 x 3 m para la teca del Proyecto Forestal Río Tabaco, las condiciones propias del sitio de crecimiento y en especial la ausencia de vientos con dirección dominante, parecen influir positivamente en los árboles al generar bajas TsC, y bastante uniformes. Este distanciamiento, presentó los valores más bajos de TsC y lo mismo pareciera atribuirse a condiciones de crecimiento propias del Proyecto de Río Tabaco. Dichas condiciones son favorables para producir piezas aserradas de mejor calidad, ya que se presume que las mismas exhibirán menos rajaduras y torceduras. En vista de lo anterior, se recomienda el establecimiento de plantaciones forestales preferentemente en sitios poco ventosos y de ser posible con vientos sin una dirección dominante.

Para pochote, en ambos proyectos forestales, los factores en los que se obtuvo diferencias significativas fueron las interacciones distanciamiento-calidad del árbol y calidad-posición en altura de la troza (primera y segunda troza). El mayor distanciamiento de siembra (5 x 5 m) fue el que presentó las menores TsC.

Al analizar las TsC para la interacción calidad del árbol y altura de troza, se sospecha que las trozas de mejor calidad (calidad 1) mostrarán menos dificultades en el procesamiento industrial (rajaduras y torceduras en madera aserrada) debido a una menor diferencia entre los valores de las TsC de la primera y segunda troza.

Una comparación de ambas especies, indica que el pochote de plantación, posee valores de tensiones de crecimiento significativamente mayores que la teca, por lo que se espera que el pochote presente más dificultades durante su procesamiento industrial debido a mayores magnitudes de rajaduras y torceduras en operaciones tales como volteo, troceado y aserrio.

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.

BIBLIOGRAFIA

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1991. Pochote: *Bombacopsis quinatum* Jacq. Dugand, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico N° 173. 68 p. (CATIE. Colección de guías silviculturales).
- Chávez, E; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico N° 179. 60 p. (CATIE. Colección de guías silviculturales).
- Ferrand, JC. 1982. Growth stresses and silviculture of Eucalyptus. Aust. Para. Res. (FR). 13:75-81.
- Hillis, W. E. 1984. Wood quality and utilization. In Eucalyptus for wood production. W. E. Hillis and A. G. Brown Eds). Canberra, CA, CSIRO. 415 p.
- Hoon, M.; Malan, F. 1992. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal. 163:13-20.
- Instituto Meteorológico Nacional, CR. 2001. Promedios mensuales de datos climáticos. Estación Ferco Garza. N° 72135, Estación Nicoya. N° 72101, Estación Santa Cruz. N° 74003. San José, CR, IMN. sp.

- Kitara, R; Wilkins, A. 1991. Relationship between growth strain and rate of growth in 22 year-old *Eucalyptus grandis*. Aust Para. 54 (1-2):95-98.
- Kitara, R; Wilkins, A. 1991. Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and wood properties in 12.5 year-old *Eucalyptus grandis*. Aust Para. 54 (1-2):99-104.
- 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. Para. Res. 18:1215-1225.
- Maeglin, R. 1987. Juvenile wood, Tension wood, and growth stress effects on processing hardwood. In Proceedings of the 15th annual hardwood symposium of the Hardwood Research Council. Memphis, US. 100-108 p.
- Malan, F. 1991. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* with special reference to the effect of the rate of growth. South African Paraestry Journal. 157:16-23.
- Millán, J.M. 2001. Efecto del distanciamiento de siembra y otros factores en el desarrollo de tensiones de crecimiento para teca (*Tectona grandis*) y pochote (*Bambacopsis quinatum*) en dos plantaciones distintas de la empresa Maderas Preciosas de Costa Rica S.A. Informe de Práctica de Especialidad, Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. 124 p.
- Miranda, M; Nahuz, M. 1999. Study of the influence of plant spacing of *Eucalyptus saligna* Smith on the end split rate after sawing and after drying. Scientia Forestalis. 55:107-116.
- Serrano, J.R. 1999. Longitudinal growth strain effect on lumber warp from small yellow poplar logs. Ph.D. Dissertation, West Lafayette, Indiana, US, Purdue University. 297 p.
- Torres, S. 1992. Proyecto de reforestación Río Tabaco. Liberia, CR. Multiservicios Agrícolas de Guanacaste S.A. 8 p.
- Wayiudi, I; et al. 2001. Relationship between released strain and growth rate in 39 year old *Tectona grandis* planted in Indonesia. Holzforschung. 55:63-66.