



ISTF NOTICIAS

5400 Grosvenor Lane
Bethesda, Maryland 20814, USA

Informe Especial, Diciembre 2009

MANEJO DE PLANTACIONES DE LA TECA PARA PRODUCTOS SOLIDOS */

William Ladrach, Presidente
Zobel Forestry Associates, Inc.
www.zfaforestry.com

Sumario

De las maderas finas para la fabricación de muebles, la teca es la especie que más se está manejando en plantaciones forestales a nivel mundial. La teca se manejaba antiguamente en turnos de ochenta a cien años, pero en la actualidad los turnos son de 20 a 25 años para la producción de madera comercial. Para el manejo de la teca es necesario tomar en cuenta algunas características únicas de la misma: Crece bien en suelos alcalinos, puede aguantar sequías fuertes, tiene una formación de una médula corchosa, produce chupones después de la poda de las ramas y puede existir variación en la veta y en el color de la madera de duramen según los sitios en donde

se plante. La madera de los árboles grandes proveniente de los bosques naturales se cotiza para su uso en la construcción de yates, pisos de naves de guerra, paneles decorativos y muebles finos. La teca producida en plantaciones jóvenes todavía no se ha aceptado completamente en tales mercados tradicionales y el precio de la teca joven es mucho más bajo que lo de la teca de los árboles viejos. Un desafío para los productores de la teca es la creación de mercados novedosos para la teca producida en plantaciones jóvenes e, igualmente, encontrar usos para la madera de bajo valor producida durante las entresacas.

La Sociedad Internacional de Forestales Tropicales es una organización sin fines de lucro, fundada en 1950 como respuesta a una preocupación mundial por el destino de los bosques tropicales y subtropicales y sirve como una red para difundir asuntos de interés relacionados con las disciplinas forestales tropicales.

ISTF Página Web: www.istf-bethesda.org

Consejo de Directores

Suree Bhumibhamon, Presidente y
Director Regional para Asia

Cornell O. Dudley, Vice Presidente y
Director Regional para Africa

Amaury P. De Sousa, Director Regional para América Latina

Gary S. Hartshorn, Director General

Chun K. Lai, Director General

José Joaquin Campos, Director General

Roger R. B. Leakey, Director General

ISTF Equipo de Redacción

Frank H. Wadsworth, Editor; Jenny Adams, Asistente al Editor;
Patricia Heaton Holmgren, Administradora; Alicia Bazán Jimenez, Traductora al español;
Jacob L. Whitmore, Director Asociado

*/Reimpreso con permiso de la Society of American Foresters (SAF). Actas, Convención Nacional de la SAF, Sección International Trade and Markets. 30 septiembre – 4 octubre del 2009. Orlando, Florida, USA. Copyrighted 2009 por la SAF.

Introducción

Entre las maderas finas para fabricación de muebles, la teca (*Tectona grandis*) es la especie que más se puede manejar en plantaciones forestales. Es una especie relativamente fácil de establecer en plantaciones y, debido a que la demanda mundial por madera fina es permanente, existe una buena oportunidad para que se pueda producir en plantaciones sin correr mucho riesgo.

Los bosques naturales ocurren el Sur de Asia, en la India, Myanmar (Birmania), Tailandia y Laos. Su distribución está entre las latitudes de 25°N y 9°N (White, 1991). La distribución natural no es continua, la población oriental de Indochina se considera distinta a la población occidental de India. El nombre común para el mercadeo internacional es *teak*, pero existen muchos otros nombres vulgares también: sagun, tegu, tegina, thekku (India); lyiu, kyun (Birmania); mai sak (Tailandia); jatí (Indonesia); fatí (Malasia); teca (América Latina); y teck (Francia) (Chudnoff, 1984; Keiding, 1985).

En 1856, al darse cuenta de la importancia comercial y estratégica de los bosques en el subcontinente indio, los colonizadores británicos trajeron a la India varios botánicos y forestales alemanes con el propósito de desarrollar planes de manejo sustentable de los bosques. Notable entre ellos fue el Dr. Deitrich Brandis quien desarrolló el plan de manejo silvicultural para los bosques naturales de la India que se llama “*Brandis Selection System*”, el cual incluye una intervención de raleo de árboles cada 30 años y una cosecha final entre los 120 y 150 años (Kahrl y otros, 2004). Actualmente, la edad de la cosecha final se ha reducido entre 30 y 60 años, con la regeneración por el método del cópice o con el replante de los tecales (Pandy y Brown, 2001). En 1881, Brandis

organizó el plan oficial de manejo de la teca en Birmania (Fernow, 1911) y de modo similar visitó a Indonesia para iniciar un plan de manejo de las plantaciones de la teca en Java, el cual se utiliza todavía, aunque con turnos más cortos.

Existe una larga historia sobre la plantación de la teca dentro de su distribución natural y, además, en todo el mundo. En el Siglo XIX, se inició el sistema *taungya* para la plantación de la teca en Birmania (ahora Myanmar) y en 1941, había un total de 47.000 ha en plantaciones en ese país. Myanmar volvió a estimular la plantación de la teca en la década de 1980 y para el 2002 había 307.000 ha de plantaciones de teca (Swe Swe Aye, 2003). El turno de crecimiento es de 40 años. Se cree que la teca fue plantada por primera vez en el archipiélago de Indonesia hace entre 300 ó 400 años en las islas de Madura y Sulawesi, en la actualidad se considera como especie *naturalizada* en ese país (Keiding, 1977). En la isla de Java, se han plantado más de un millón de hectáreas de la teca desde mediados del Siglo XIX (White, 1991).

La teca fue plantada en Africa por primera vez en Nigeria en 1902, en Togolandia (ahora Ghana) en 1905 y en la Costa de Marfil (Côte d'Ivoire) en 1929 (Horne, 1966; Kadambi, 1972). Para las plantaciones iniciales en el occidente de Africa se utilizaron semillas obtenidas de la India, pero muy pronto se cayó en cuenta que las procedencias de Birmania eran superiores en forma y crecimiento en los medios del occidente de Africa.

La teca fue introducida a las Américas en Trinidad en 1913, utilizando fuentes de semilla de Birmania (Streets, 1962). La teca fue planta por primera vez en Centro América en 1926 en el Jardín Botánico de Summit en lo que era entonces la Zona del Canal de Panamá (De Camino y otros, 2002). En los

años siguientes se iniciaron otras plantaciones en Centro América, incluyendo las de Honduras, Panamá y Costa Rica. Desde entonces se ha plantado la teca en casi todos los países de América tropical.

En el año 2000, había un total de 5,7 millones de hectáreas de plantación, o sea, el 3% de la reforestación del mundo (FAO, 2001). La gran mayoría de las plantaciones están en Asia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Area de plantaciones de teca en el año 2000 por región

<u>Región</u>	<u>Teca</u> ha
Asia	5.409.131
Africa	206.550
Centro America	76.000
Sur America	17.500
<u>Oceanía</u>	<u>7.022</u>
Total mundial	5.716.203

Asuntos del medio ambiente

Cuando se introduce una especie en plantaciones por fuera de su distribución natural, a menudo hay reclamos por aquellos que dicen que causan daños ecológicos. En el caso de la teca, se dice que las plantaciones dan como resultado la erosión del suelo por debajo de los árboles, particularmente cuando se planta en pendientes (Fonseca, 2004; Ugalde y Gómez, 2006). Ha habido críticas severas sobre la teca en Costa Rica, donde se ha plantado ampliamente en sitios en donde antes había ganado con sobrepastoreo y presencia de erosión superficial y de cárcavas en las pendientes, especialmente en la Provincia de Guanacaste en el Pacífico. Hay fotos de árboles jóvenes plantados en tales sitios mostrando las raíces expuestas de los árboles como prueba de que causaron la

erosión. Por otra parte, también hay plantaciones adyacentes de pochote (*Bombacopsis quinata*) de la misma edad y con la misma exposición de las raíces en la superficie del suelo. No se ha criticado el pochote, quizá porque es una especie autóctona (nativa) en Costa Rica, mientras que la teca es una especie exótica (introducida). La causa más probable de la exposición de las raíces de los árboles jóvenes es mal manejo de las plantaciones, en lugar de que una u otra especie pueda causar erosión del suelo bajo de sus propios pies (Ugalde y Gómez, 2006). Adyacente a algunas de las plantaciones de teca en Guanacaste hay potreros con erosión visible, mostrando claramente que la erosión existía antes de la plantación de la teca. Ha habido críticas similares a las plantaciones de pinos tropicales en Colombia, establecidas en sitios que fueron erodados debido al sobrepastoreo anterior, con fotos en la prensa de arbolitos de 2 o 3 años con la erosión visible y con el subtítulo explicando, erróneamente, que los pinos son la causa de esa erosión.

Es casi una certeza de que habrá reclamos de los ambientalistas cuando se establecen plantaciones forestales con especies foráneas en países tropicales. Esto ha ocurrido con frecuencia en el caso de los pinos tropicales, los eucaliptos, *Gmelina arborea*, y *Acacia mangium*, además de la teca. Una crítica común es que se destruyen los bosques naturales cuando se hacen plantaciones forestales comerciales. La realidad es que la mayor parte de las plantaciones que se han establecido en el trópico se han realizado en sitios marginados por la agricultura o en tierras degradadas por el sobrepastoreo. No obstante, hay excepciones, en los países en donde los gobiernos han creado incentivos para eliminar los bosques y convertir la tierra a usos agrícolas, como fue el caso ocurrido en el Brasil con los incentivos fiscales entre 1967 y 1977. Cuando hay suelos demasiados

pobres para sostener cultivos agrícolas o el pastoreo, estos son abandonados y algunos se vuelven a reforestar con plantaciones forestales. En Indonesia, los incentivos iniciados en 1988 fomentaron la conversión de bosques naturales marginales a nuevas plantaciones forestales jóvenes y productivas. Tales conversiones fueron más comunes en las islas de Borneo y Sumatra donde el programa duró diez años. Una gran porción de los bosques talados con incentivos fueron plantados con especies no maderables, incluyendo la palma de aceite y el caucho, mientras que otras áreas fueron plantadas con especies como *Acacia mangium* para la producción de celulosa, principalmente en la isla de Sumatra.

Desde principios del Siglo XIX, hubo plantaciones de teca establecidas en la isla de Java en las numerosas colinas que existen dentro del área de tierras bajas dedicadas al cultivo de arroz, maíz y otras especies alimenticias. El manejo tradicional de la teca en Java ha continuado, obedeciendo los procedimientos formulados por los forestales alemanes durante el Siglo XIX y con el establecimiento de las plantaciones por el sistema *taungya*, en que los campesinos siembran cultivos entre las hileras de los árboles durante los primeros años. Con ese sistema, se siembran las semillas de teca en hileras de 5 o 6 m entre sí que permiten el cultivo de especies alimenticias entre la teca joven en los primeros dos años. Luego, se hacen entresacas precomerciales de los árboles, iniciándolas entre los 3 a 5 años y continuando cada cinco a 10 años hasta la edad de 45 años, cuando la densidad del rodal se ha reducido a entre 200 ó 300 árboles/ha. Según los planes iniciales de manejo, los árboles son manejados con turnos de 80 años. Ese sistema funcionó hasta finales del Siglo XX, pero la demanda de madera de teca ha sido tal que ha dado como resultado una reducción del turno de crecimiento a 40 años

y, actualmente, la demanda por el uso de la tierra para la agricultura está tomando prioridad sobre el replante de la teca. De los 1,2 millones de hectáreas de teca que existía en Java antes, se estima que en la actualidad hay menos de 350.00 ha de plantaciones remanentes.

Además de la producción de madera, otro propósito importante de las plantaciones de teca en Java era la protección de los suelos en las colinas con el fin de minimizar la erosión de suelo hacia los campos muy productivos del arroz en las planicies bajas. El uso de la teca para la protección de los suelos durante más de un siglo muestra claramente su valor para la conservación de suelos. Esta tradición larga de protección de suelos en Indonesia contradice en forma dramática los reclamos que se hacen sobre las plantaciones de la teca diciendo que causan la degradación y la erosión de suelos en pendientes.

En Tailandia el Departamento Forestal Real utiliza la teca como la especie principal para la reforestación de laderas que fueron aclaradas ilegalmente por colonos. Aunque el propósito principal de las plantaciones de teca es la protección de las cuencas contra la erosión, se manejan las plantaciones para la producción de madera también, utilizando turnos largos.

La habilidad de una especie forestal a transformar suelos gastados y marginales a la producción de madera comercial se basa en su capacidad de formar hojarasca rápidamente en la superficie del suelo y protegerlo contra la erosión superficial (Kanowski y Savill, 1992). En Darjeeling, India, se hicieron comparaciones de las propiedades edáficas debajo de plantaciones de teca, de caucho o hule (*Hevea brasiliensis*), y debajo de un bosque natural. La conclusión del estudio fue que había una mayor acumulación de hojarasca debajo de la plantación de la teca que debajo del caucho o

debajo del bosque natural (Krisnakumar y otros, 1991). No hubo diferencias significativas en las propiedades químicas de los suelos entre las tres coberturas forestales, la única diferencia sustantiva fue que hubo una mayor acumulación de calcio en la superficie del suelo debajo de las plantaciones de la teca.

La teca es caducifolia, por tanto, pierde sus hojas durante la temporada seca. La teca puede aguantar sequías severas, tales como las que ocurren en el oriente de Java, en donde hay muy poca precipitación durante cinco meses del año. Además, la teca se adapta bien a sitios húmedos y se planta exitosamente en la isla de Borneo en lugares en donde hay lluvia durante todo el año y no hay una verdadera temporada seca.

De manera similar a muchos pinos tropicales tal como *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*, la teca tiene una corteza bastante gruesa lo cual le permite resistir bien el calor de los incendios. Una vez que los árboles alcanzan alturas de 8 a 10 m y diámetros mayores de 10 a 15 cm, ya se han desarrollado lo suficiente como para tener una buena resistencia a los incendios (Centeno, 2004). La resistencia a los incendios es una ventaja importante para el manejo de la teca en turnos largos para aserrío y es un factor a tomar en cuenta cuando se contempla una inversión en plantaciones forestales.

Crecimiento y productividad

El crecimiento temprano de las plantaciones de la teca es bastante bueno, pero en turnos muy largos el crecimiento medio es bajo (Figura 1). Debido a la tradición de manejo de la teca en turnos muy largos, muchos inversionistas han descartado la teca de consideración. El manejo de la teca con turnos largos tiene su base en los conceptos forestales de otra época, cuando había

bosques extensos de teca en el Sur de Asia, donde los gobiernos eran los dueños de la tierra y antes del desarrollo de la tecnología moderna de la madera. Durante el período colonial, cuando había una abundancia de árboles viejos y grandes, el concepto del manejo de los bosques fue el de cultivar árboles en plantaciones que fueran similares a los árboles grandes de los bosques naturales y donde las consideraciones del costo del manejo forestal fue de baja prioridad. De mayor importancia fue asegurar una oferta estratégica y continua de la madera de teca para la construcción de naves, además de paneles decorativos y muebles finos para los edificios públicos y para los hogares de los aristócratas.

A pesar de su larga historia como una especie en plantación, hay una falta de información confiable sobre el crecimiento y la productividad de las plantaciones de teca. Los planes de manejo durante el Siglo XIX fueron diseñados con entresacas múltiples y turnos largos, donde hubo poco interés de generar información sobre el crecimiento y los rendimientos tempranos. Los modelos de crecimiento recientes en el Norte de Ghana reportan tasas de crecimiento en los mejores sitios de 14 m³/ha/año a los 24 años y con alturas de 20 m, mientras en los sitios de segunda clase, las



Figura 1. Una plantación de teca de 3 años en Guacaste, Costa Rica, con un buen crecimiento inicial.

tasas son de 9 m³/ha/año a los 24 años con alturas de 15 m (Oteng-Amoako y Sarfo, 2003). En Myanmar, las entresacas de la teca producen entre 12 y 17 m³/ha con un ciclo de entresacas de 30 años (FAO, 1999).

Una de las mejores fuentes de información con respecto al crecimiento y la productividad de la teca en plantaciones jóvenes se encuentra en Trinidad, donde se midió y registró el crecimiento de sus plantaciones jóvenes en forma rutinaria. Hay tres clases de productividad definidas en Trinidad y, con los datos disponibles, es posible generar curvas de crecimiento de teca durante los primeros veinte años de plantación (Miller, 1969) (Figura 2). El valor máximo del IMA ocurre a una edad relativamente temprana, entre los 7 y 12 años, según la clase de sitio (Miller, 1969; Fonseca, 2004). Las curvas siguen un patrón similar al de los pinos tropicales de rápido crecimiento, con ciclos de cultivo de entre 15 y 25 años de edad. Por tanto, cuando se maneja la teca con turnos relativamente cortos, los IMA a la edad de la cosecha pueden estar entre los 10 y 15 m³/ha/año.

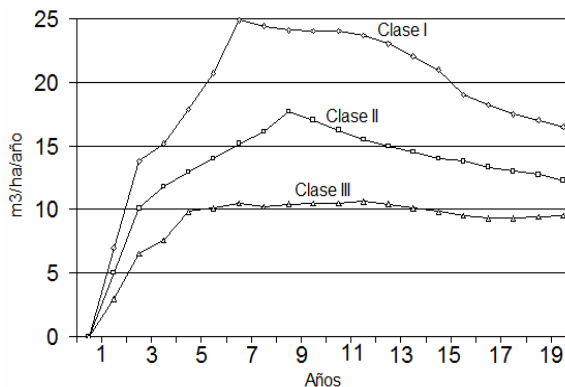


Figura 2. Incremento medio anual de plantaciones de la teca en Trinidad

En Costa Rica se han elaborado proyecciones de crecimiento con base en rodales jóvenes que surgen que los valores del IMA pueden

ser aun mayores en plantaciones en sitios de alta calidad (Picado, 1997; Fonseca, 2004). El turno de producción depende de la calidad del sitio y de los diámetros de trozas deseadas, además de las consideraciones financieras. No obstante, los turnos de entre 20 y 25 años son comunes para la teca en sitios de calidad media a buena. Los análisis financieros en Costa Rica muestran que con turnos de 25 años se pueden obtener tasas internas de retorno cerca al 12% (De Camino, 2002). Los turnos mayores de 25 años no son realísticos desde el punto de vista económico, debido a la acumulación de intereses sobre la inversión. Aún con turnos de 20 a 25 años, a menudo es necesario tener apoyo gubernamental para las inversiones en forma de reducción de las tasas de interés, reducciones de los impuestos prediales o de la venta de la madera, o por el aporte de subsidios para el establecimiento y el manejo de las plantaciones.

Normalmente, se utilizan densidades de siembra similares para las plantaciones bien sea para madera para aserrío como para madera para celulosa, con entre 1000 y 1100 árboles/ha siendo lo más común. Con tales densidades, se puede controlar la competencia por pastos y malezas rápidamente y, además, minimizar la tendencia de la teca a bifurcarse. Para plantaciones comerciales, lo común es utilizar espaciamientos de 3 m x 3 m, 3,5 m x 2,8 m o 4 m x 2,5 m. Cuando se establecen las plantaciones con métodos agroforestales, como el sistema taungya, es común dejar un mayor espacio entre las hileras de los árboles para dejar espacio a los cultivos agrícolas. Con el método taungya, es común dejar 6 m entre hileras de árboles y plantar más árboles en las hileras. Para la producción de aserrío, hay que hacer entresacas con el fin de eliminar los árboles mal formados o bifurcados, y reducir la densidad general a la de la cosecha final. Las densidades finales comunes

para la teca para aserrío están entre 200 y 300 árboles/ha.

Después de hacer la entresaca, la teca tiene la tendencia de formar ramas epicórmicas o retoños debido a la influencia de la luz del sol por estimular el rebrote de los capullos latentes en la corteza justamente por encima de las ramas podadas. El resultado es la formación de chupones suculentos. Con raleos fuertes hay una mayor tendencia de producir los chupones (Figura 3). Es necesario eliminar los chupones porque si se dejan, formarán ramas epicórmicas y formarán pequeños nudos, que son defectos en la madera. Una manera de minimizar el efecto de los chupones es hacer las entresacas a edades tempranas, para que los nudos formados se mantengan dentro del cilindro central de las trozas.



Figura 3. En una plantación de teca de 12 años en Venezuela, se eliminó una hilera de árboles para dar acceso para la extracción de la madera. Un año después, hay una profusión de chupones en los árboles a lado y lado de la hilera eliminada.

Es mejor pensar que las entresacas son un costo del manejo con el fin de agregar mayor valor al bosque remanente en pie, en lugar de que esta es una manera de obtener pronto réditos de la inversión forestal. Desde el

punto de vista volumétrico, la madera producida durante una entresaca cuesta aproximadamente del 40% al 50% más por metro cúbico que la madera de una tala rasa (Ladrach, 2004). En el caso de la teca, la madera pequeña producida durante la entresaca tiene usos muy limitados, sirve para usos locales, tales como varas de construcción, postes de cerca, leña o carbón vegetal. Cada vez que se hace una entresaca, existe el riesgo de hacer daños a los árboles residuales en pie al rasparlos y quitarles pedazos de corteza de la base, lo cual permite la entrada de hongos de pudrición por las heridas. Cuando se utilizan equipos mecánicos durante la entresaca, estos pueden producir la compactación del suelo y hacer daños a las raicillas alimenticias superficiales de los árboles, especialmente en sitios en donde el suelo está blando o húmedo. Tales prácticas pueden causar reducciones significantes en el crecimiento y del valor de los árboles en pie. Entre menos intervenciones para raleos, hay menos oportunidad de hacerle daño a los árboles residuales en pie.

Cuando se manejan las plantaciones de la teca con turnos de entre 20 y 25 años, se considera que dos entresacas son suficientes para eliminar los árboles de mala forma y alcanzar la densidad final de la cosecha para aserrío. La decisión de cuando se debe hacer la entresaca se basa en la altura de los árboles más bien que en la edad de la plantación. El momento óptimo para hacer la primera entresaca es cuando los árboles llegan a una altura de 6 m, altura para entonces ya estará formada la primera troza de 5 m y se puede juzgar su forma y rectitud (Figura 4). Cuando se hace la entresaca, lo importante es eliminar los árboles de peor forma, pero también hay que dejar una densidad uniforme de rodal. Cuando los árboles alcanzan una altura promedio de entre 10 y 12 m, se hace la segunda entresaca, dejando la densidad final deseada. En el ejemplo de la teca de

Trinidad, en sitios de clase 2, la primera entresaca se puede hacer a los 3 años y la segunda a los 7 años. A menos que exista un mercado local para varas o postes, la primera entresaca se considera como precomercial, dejando los árboles derribados en el suelo para que se descompongan y así reciclarlos. De esta manera, no se requieren camiones o tractores para sacar la madera lo cual evita la compactación del suelo o daños mecánicos a los árboles que quedaron en pie.

Otra razón para hacer las entresacas tempranas es aprovechar la tasa rápida de crecimiento de los árboles jóvenes. Cuando se hacen las entresacas jóvenes, se libera espacio adicional para que los árboles residuales puedan aumentar más rápidamente sus diámetros y el valor de las trozas. Cuando se hacen las entresacas tarde en la edad del rodal, cuando la tasa de crecimiento es menor, habrá menos diámetro agregado a los árboles de la cosecha final, resultando en una disminución del valor potencial de la madera para aserrío (Ladrach, 2004).

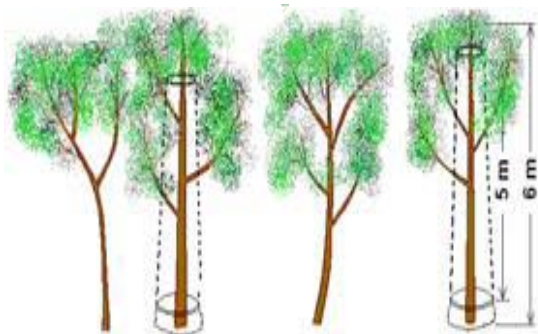


Figura 4. Se puede hacer la primera entresaca precomercial una vez que los árboles alcanzan los 6 m de altura y la primera troza de 5 m es aparente.

Se ha desarrollado un programa en hoja electrónica en MS Excel para calcular la producción de trozas y tablas aserradas para plantaciones de rápido crecimiento en el trópico (Ladrach, 1998). Con este programa y los datos de crecimiento de la teca de Trinidad (Miller, 1969), es posible calcular la producción de las tablas aserradas para los clases de sitio 1, 2 y 3 (Cuadro 2).

El modelo en la hoja electrónica para Cuadro 2 utiliza las siguientes suposiciones:

- La supervivencia antes de la primera entresaca es del 90%
- Las entresacas se hacen cuando la altura promedio del rodal sobre pasa 6 y luego 10 m
- La primera entresaca reduce la densidad del rodal a 550 árboles/ha
- La segunda entresaca reduce la densidad del rodal a 300 árboles/ha
- No hay mortalidad después de la primera entresaca, se asume que todos los árboles defectuosos se eliminan durante las entresacas
- La altura del tocón de la teca es 30 cm. Con la edad, la teca tiende de producir aletones en la base y se considera un tocón de 30 cm como altura mínima para árboles de 20 años de edad
- El largo de las trozas de aserrío durante la cosecha final es de 3,8 m (12½ pies)
- El tope mínimo para aserrío para la cosecha final es de 20 cm ssc (sólido sin corteza)
- Se considera que el 5% de los árboles de la cosecha final no son aptos para aserrío

- El volumen total de madera para astillas se calcula a un tope de cada árbol de 10 cm

- Se calcula el diámetro del tope de las trozas con la siguiente fórmula^{1/}:

$$\text{Diámetro (cm ssc)} = 1.0125 D((\text{Ht}-\text{Hc}/\text{Ht}-1.3))^{0.8351}$$

Donde D = DAP (cm), y 1,3 m es la altura del DAP

Ht = altura total (m), Hc = altura del diámetro calculado

- El volumen del aserrío se calcula con una regresión lineal de 3 variables con base en los datos tablares de volumen derivados de la *International 1/4" rule* (Dillworth y Bell, 1984), utilizando diámetros del tope entre 13 y 41 cm y largos de trozas de entre 2,4 y 5,5 metros

$$V = 5.28916 Dt - 88.9509 \log Dt + 10.3476 L - 0.49243$$

Donde: V = volumen de madera aserrada en pies tablares, *International 1/4" rule*

Dt = diámetro tope de la troza, cm (ssc)

log Dt = logaritmo (base 10) del diámetro tope de la troza de aserrío

L = largo de la troza de aserrío, m

- Se convierte el volumen de tablas aserradas a metros cúbicos con la relación: 1 m³ tablas = 424 pies tablares de tablas

El número de trozas de 3,8 m de largo se calcula por clases diamétricas de 5 cm

^{1/} Esta ecuación de conicidad de la teca fue generada por el Ing. Suhartono Wijoyo de Indonesia. Está basada en 500 muestras obtenidas de 48 árboles de teca apeados en Java y medidas en intervalos de 2 m por el largo entero de cada fuste, con valores de DAP entre 21 y 52 cm. La fórmula obedece al formato desarrollado por Omerod (1973) con 2 variables en una ecuación no lineal.

utilizando el mismo programa de hoja electrónica (Cuadro 3).

El éxito de la producción de trozas de aserrío para la teca está en la selección de sitios de buena calidad para tales empeños. De los cálculos presentados, se puede observar que los diámetros son mayores en los mejores sitios, pero aun mayores son las diferencias entre las producción de madera aserrada de los tres clases de sitio. La producción de tablas en el Sitio de Clase 2 es 67% la de la Clase 1. En la Clase 3, la producción de tablas es 44% de la de Clase 2. Además de los diámetros, el número de trozas se disminuye notablemente en las clases menores de sitio (Cuadro 3).

Cuadro 2. Producción de madera aserrada para la teca de Trinidad con un ciclo de crecimiento de 20 años

	unidades	Clase de Sitio		
		I	II	III
Plantación inicial	árboles/ha	1.100	1.100	1.100
<u>Edad de la primera entresaca</u>	años	3	3	4
Densidad a la edad de la 1ª entresaca	árboles/ha	990	990	990
IMA a la edad de la primera entresaca ²	m ³ ssc/ha/año	14	10	10
Volumen inicial, 1ª entresaca	m ³ ssc/ha	42,0	30,0	40,0
Arboles eliminados	no./ha	440	440	440
Arboles residuales dejados en pie	no./ha	550	550	550
Volumen eliminado durante la 1ª entresaca	m ³ ssc/ha	14,9	10,7	14,2
Volumen dejado en pie	m ³ ssc/ha	27,1	19,3	25,8
<u>Edad de la segunda entresaca</u>	años	7	7	8
Densidad a la edad de la 2ª entresaca	árboles/ha	550	550	550
IMA a la edad de la 2ª entresaca	m ³ ssc/ha/año	24	16	10
Volumen inicial, 2ª entresaca	m ³ ssc/ha	153,1	101,3	65,8
Arboles eliminados	no./ha	250	250	250
Arboles residuales dejados en pie	no./ha	300	300	300
Volumen eliminado durante a 2ª entresaca	m ³ ssc/ha	62,6	41,4	26,9
Volumen dejado en pie	m ³ ssc/ha	90,4	59,9	38,9
<u>Edad de la cosecha final</u>	años	20	20	20
Densidad a la edad de la cosecha final	árboles/ha	300	300	300
IMA, a la edad de la cosecha final	m ³ ssc/ha/año	17	13	9,5
Altura dominante a la edad de la cosecha final	m	21	18	15
Diámetro mínimo del tope, trozas de aserrío	cm ssc	20	20	20
Largo de las trozas de aserrío	m	3,8	3,8	3,8
Volumen inicial, cosecha final	m ³ ssc/ha	262	208	149
DAP promedio, cosecha final	cm	37,3	35,8	33,2
Arboles no aptos para aserrío	%	5	5	5
Arboles utilizables para aserrío	no./ha	285	285	285
Volumen de madera aserrada (mil pies tablares)	mbf ssc/ha	43,4	28,8	19,0
Volumen de madera aserrada	m ³ ssc/ha	102	68	45
Volumen de orillos (costaneras)	m ³ ssc/ha	100	69	50
Volumen de aserrín	m ³ ssc/ha	26	17	11
Sub-total, trozas de aserrío	m ³ ssc/ha	228	153	106
Volumen de madera rolliza para astillas u otros usos	m ³ ssc/ha	35	54	43
Recuperación de tablas por troza, %		45	44	42
Recuperación de tablas por la cosecha final, %		39	33	30
Recuperación de tablas de la biomasa total de plantación		30	26	24

^{2/} IMA = incremento medio anual, metros cúbicos por hectárea por año
 ssc = sólido sin corteza (diámetro debajo de la corteza)

Cuadro 3. Trozas por clase diamétrica, (cm sin corteza)

	Clase de Sitio		
	I	II	III
	trozas/ha	trozas/ha	trozas/ha
Menos de 20 cm	-	-	-
20 - 25 cm	228	185	165
25 - 30 cm	219	157	165
30 - 35 cm	168	148	57
35 - 40 cm	88	23	3
40 - 45 cm	29	-	-
Más de 45 cm	-	-	-
Total trozas/ha	732	513	390

La poda de la teca con turnos cortos

Cuando se maneja una plantación de teca con un turno corto, hay que hacer podas de las ramas inferiores con el propósito de producir madera clara en las trozas de la base del árbol. El objetivo de la poda es aumentar el valor de la madera para aserrío por concentrar la madera con nudos en un cilindro central del árbol y producir madera clara en la parte exterior (Figura 5). Por tanto, el calendario de las podas requiere coordinarse con el crecimiento del árbol para minimizar el diámetro del cilindro central con nudos. Un objetivo óptimo es hacer la poda de las ramas laterales cuando el fuste tiene 12 cm de diámetro. Esto produce un cilindro central nudoso de un diámetro mínimo práctico.

También hay que considerar el largo de las trozas de aserrío que se contemplan a cosechar cuando se define un plan de podas. Para maximizar el retorno de la inversión de las podas, es importante que todo el largo de la troza potencial reciba la poda. Una poda parcial de una troza no aumenta su valor. Entonces, si las trozas a cosechar van a tener un largo de 3,8 m, la poda se haría a la altura de 4,3 m en el árbol para incluir la altura del tocón. Si se planea cosechar trozas de 5 m de largo, se haría la poda a 5,5 m en el árbol, etc.

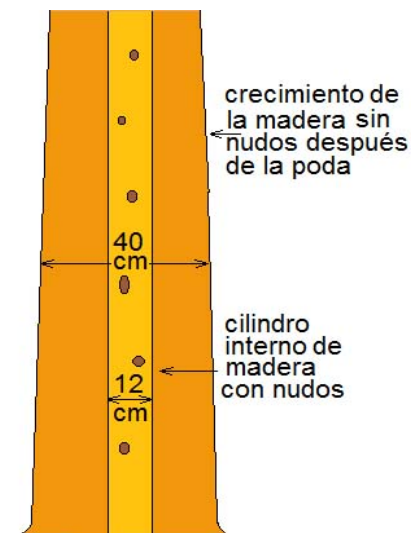


Figura 5. La poda temprana mantiene los nudos en un cilindro central y permite la producción de madera clara por encima.

Una poda que es demasiado fuerte reduce el crecimiento del árbol al eliminar demasiado follaje. Como regla general, cuando no se eliminan más del 40% de la copa viva (área de follaje) por lo bajo, no se causa una pérdida significativa de crecimiento. En el caso de la teca, las ramas delgadas cerca de la base del árbol tienden a morir y a caerse solas. El mejor método es de no podar las ramas delgadas y secas ya que es un costo adicional y puede resultar en una demora antes de que el árbol forme madera clara sobre el nudo al dejar el taquito de la rama seca metida en el árbol. Idealmente, la poda se hace solamente a los árboles que estarán en la cosecha final de trozas de aserrío. Por tal razón, en lo posible se debe coordinar la poda con las entresacas.

Los estudios de costos para varias especies muestran que, en términos generales, el valor de la troza base de 5 m en un árbol vale entre el 50% y 70% del valor total del árbol. La poda más arriba de 5 m aumenta el costo de la

mano de obra debido a que habrá que usar sierras montadas en varas de extensión, o escaleras para la poda de las ramas a mayor altura, además de que habrá una menor productividad del personal que hace una poda alta. En el caso de la teca, la madera de las ramas es relativamente dura y requiere mayor esfuerzo para la poda que para especies con maderas más blandas. Lo ideal es hacer la poda de las ramas antes de que vuelvan muy grandes para minimizar el costo y el tiempo de la poda.

Otra consideración que se debe hacer con respecto a la poda es el número de años que quedan después de la poda para que el árbol pueda producir madera clara por encima de

los nudos. Cuando se hace la poda temprana de la troza basal, hay más tiempo adicional para que el árbol crezca madera clara sobre los nudos, pero en el caso de una poda a mayores alturas, habrá menos tiempo a producir madera clara sobre el cilindro de nudos podados. Debido a las razones anteriores, la poda a mayores alturas es más cara y resulta en un menor aumento de valor de las trozas en la parte superior que la poda de la(s) troza(s) más baja(s).

Volviendo al ejemplo de las plantaciones de teca en Trinidad, se podrían postular las siguientes combinaciones de entresaca y poda para minimizar el costo de la poda:

Calendario de la poda para trozas de 5 m, Clase de Sitio 1, Trinidad

<u>Edad</u>	<u>Altura total</u>	<u>Entresaca</u>	<u>Altura de poda</u>	<u>Comentarios</u>
Años	m		m	
3	7,0	si	2,5	Podar todos después de la entresaca
5	10,0		5,5	Podar solamente la cosecha final
7	14,5	si		

Calendario de la poda para dos trozas de 2,8 m, Clase de Sitio 2, Trinidad

<u>Edad</u>	<u>Altura total</u>	<u>Entresaca</u>	<u>Altura de poda</u>	<u>Comentarios</u>
Años	m		m	
3	6,0	si	2,0	Podar todos después de la entresaca
6	10,0		4,0	Podar solamente la cosecha final
7	11,5	si	6,0	Podar solamente la cosecha final

Después de la poda, es común que la teca produzca chupones (ramas secundarias) que brotan de capullos adventicios justamente arriba de la rama podada. Esta situación hace que sea necesaria volver hacer una poda adicional para eliminar los chupones mientras están succulentos. Si no se eliminan, se volverán ramas leñosas y se derrota el propósito de la poda original.

Es importante entrenar y supervisar al personal que hace la poda para asegurarse de

que la poda se haga en forma correcta. El corte de la poda tiene que ser a ras con el fuste del árbol, pero hay que tener cuidado de no causar daños a los tejidos de la corteza adyacente. La poda se hace con una sierra de poda, no con un machete. En el caso de ramas pesadas o largas, primero se hace un corte unos 30 cm de distancia de la base de la rama para eliminar el peso de la misma. Luego, se hace la poda final a ras con el fuste del árbol (Figura 6). Si se hace la poda a ras sin eliminar el peso de la rama, existe el riesgo de

que la rama se desprenda y pele la corteza del fuste debajo del corte, la cual produce un defecto en el árbol y un punto de entrada para hongos de pudrición. Para la poda alta, es muy útil tener una podadora motorizada montada en una vara de extensión (Figura 7).

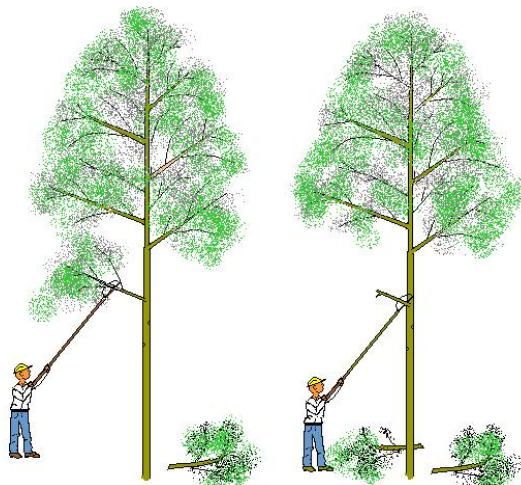


Figura 6. El primer corte elimina el peso de la rama y el segundo corte elimina el taco restante de la rama a ras del fuste.

La experiencia muestra que las prácticas de poda mal hecha, tales como de dejar tacos expuestos de ramas verdes, quitar la corteza del fuste debajo de la rama podada, o donde se utilizan machetes para eliminar las ramas a golpes, se producen focos para la entrada de infecciones y resultarán en la formación de pudrición de corazón que destruye el valor de las trozas ya podadas.

El efecto de la floración sobre el crecimiento de la teca

Por lo general, la teca inicia su floración entre el 6° y el 9° año, pero en algunas plantaciones se ha observado la floración muy temprano durante el 2° año (Keiding, 1985; White, 1991). La teca en plantaciones tiene la tendencia a florecer en abundancia y cuando esto sucede, el crecimiento de altura se

disminuye y las copas tienden a bifurcarse (Figura 8). Por tanto, cuando hay floración temprana, el largo del fuste comercial es reducido. La altura total de una plantación de teca con turnos de 20 a 25 años es menor que la de muchas otras especies tropicales tales como la *Gmelina*, las acacias y los pinos que pueden tener alturas dominantes promedio mayores de 25 m a la edad de cosecha³. Para los eucaliptos plantados para la producción de madera para celulosa, es común tener alturas por encima de los 30 m cuando se cosechan a los 6 o 7 años. En el caso de la teca de Trinidad, las alturas totales a los 20 años fueron de 21 m, 18 m y 15 m para las tres clases de sitio (Miller, 1969).



Figura 7. El uso de una podadora motorizada con una vara de extensión en Indonesia

³/ Turnos comunes para la *Gmelina* cultivado para aserrío son de entre 8 y 12 años; para los pinos tropicales la edad de cosecha es de entre 12 y 15 años para madera para celulosa y 20 a 25 años para aserrío; para las acacias tropicales, la cosecha para madera para celulosa se hace entre los 6 y 7 años de edad.



Figura 8. Una plantación de la teca en Colombia con una floración abundante (árboles con copas de color pardo).

Parece que las diferencias de la edad del inicio de la floración se deben a diferencias genéticas entre fuentes de semillas (White, 1991). La floración temprana de las plantaciones establecidas en el África Occidental y en Trinidad puede ser el resultado de la recolección de semillas de los árboles achaparrados y de floración temprana, fáciles de recolectar y con una alta producción de semillas (Keiding, 1985). Un rasgo importante a incluir cuando se hace la selección de árboles plus para un programa de mejoramiento genético es la floración tardía, con el fin de aumentar la altura de los árboles.

La combinación de densidades más amplias de plantación, junto con las entresacas oportunas pueden ser otros factores que ayudan a demorar la floración al minimizar

la competencia de las raíces entre los árboles, especialmente donde hay sequías fuertes. La periodicidad y la intensidad de las sequías pueden ser factores críticos en cuanto a la edad del inicio de la floración y la intensidad de la floración de la teca. Las observaciones que se han hecho de los árboles de teca indican que hay una tendencia a tener una mayor floración en los sitios marginales, como una reacción a las condiciones adversas (Keiding, 1985). Aunque la teca caduca su follaje durante la época seca, el árbol aún requiere que haya humedad en el suelo. El estrés causado por la falta de humedad en el suelo durante las sequías prolongadas puede contribuir a la estimulación de la abundante floración.

Reproducción, viveros y huertos semilleros

La teca rebrota fácilmente después de cortar el árbol. En Asia se han utilizado los retoños que salen de los tocones para regenerar los árboles con turnos largos (White, 1991). Rara vez es la regeneración por cópice una alternativa con turnos cortos de manejo intensivo, ya que no se dejan retoñar los árboles eliminados durante las entresacas, pues competirían por los nutrientes y la humedad del suelo y para la luz con los árboles residuales dejados en pie.

En esta presentación no se detallan la producción de semillas ni los procedimientos en los viveros, pero hay algunos puntos que vale la pena mencionar.⁴ La teca no produce semillas individuales, más bien produce una drupa que es un fruto leñoso, con cuatro cámaras para los gérmenes. Uno o dos de los iniciales pueden germinar, pero es muy raro que haya cuatro embriones viables dentro de una sola drupa.

Se puede producir la teca a raíz desnuda en el vivero y transplantar las plántulas al campo en forma de pseudoestacas. Cuando se producen plántulas para pseudoestacas, se utiliza un espaciamiento amplio en el vivero con el propósito de producir tallos de buen diámetro. Estos se levantan en el vivero, se podan las raíces y la punta superior. No obstante, en algunos lugares ha habido problemas con la plantación de pseudoestacas debido a la pudrición incipiente de corazón que aparece más tarde a medida que los árboles crecen.

⁴/ Dos buenas referencias para el manejo de las semillas de la teca son: Keiding. 1985. Seed leaflet No. 4, teak (*Tectona grandis*). Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Dinamarca y: CONIF, 2008, Desarrollo de un paquete tecnológico para la producción y certificación de material forestal reproductivo de teca (*Tectona grandis* L.f.).

Se producen estacas enraizadas de teca en jardines clonales (Kjaer y otros, 1999). Debido a los rendimientos relativamente bajos de yemas terminales en los árboles jóvenes, un método para aumentar la producción de material para enraizar es doblar los árboles jóvenes en el jardín clonal y fijar las puntas al suelo con varas.

La teca se propaga fácilmente por injertos para su uso en los huertos semilleros clonales (Suhaendi, 1998). Un método de injerto se conoce como *budding*, la misma técnica que se utiliza para los naranjos y las rosas (Kaosa-ard y otros, 1998). Otras técnicas como los injertos laterales o injertos de punta funcionan bien también. Se ha utilizado el cultivo de tejidos por embriogénesis somática como método para multiplicar las plántulas para su uso en la reforestación operacional (Kaosa-ard y otros, 1998).

Selección de los sitios para plantar la teca

La teca crece mejor en suelos bien drenados con texturas entre francos a franco-arcillosos y donde el pH esté por encima de 7,0 (alfisoles). También prospera en suelos ligeramente ácidos y menos fértiles (ultisoles), pero no crece bien en suelos arenosos con un drenaje excesivo. Se ha plantado la teca con éxito en suelos de texturas franco-arcillosas donde no se han formado los horizontes distintos, o sea, sin un horizonte "B" de acumulación (inceptisoles).

La teca aguanta sequías de hasta 7 meses, pero crece mejor cuando la época seca es corta. Para la producción de madera de aserrío, lo mejor es escoger sitios donde la duración de la época seca sea menor de 3 meses, con suelos franco-arcillosos, bien

drenados, con una profundidad de enraizamiento de 80 cm y con un pH entre 6,0 y 7,5. La teca prospera cuando la precipitación está entre 1500 mm y 2500 mm y donde los niveles de calcio en el suelo son mayores de 10 meq/100 ml suelo (*i.e.* suelos alcalinos) (De Camino y otros, 2002).

Calidad de madera

Además de su color y veta atractiva, la estabilidad de la madera hace que la teca sea apreciada para muchos usos, incluyendo la construcción de barcos, molduras, muebles, pisos, piezas labradas a mano, gabinetes y tornería (Chudnoff, 1984). La teca natural de Asia tiene un peso específico de 0.55 (Chudnoff, 1984). La madera es bien estable y se encoge poco durante el proceso de secado. La madera tiene resinas grasas llamadas tectoquinones que funciona como repelente natural contra el comején y ayudan a que la madera resista la pudrición (Steber, 1997). A pesar de las resinas grasas en la madera fresca, la madera seca se fija bien con pegantes.

Existe un mito común que dice que entre más rápidamente crezca un árbol, menor será su densidad. No obstante, en los estudios genéticos que se han realizado con muchas especies de árboles, se ha demostrado que rara vez existe una relación fuerte entre los dos rasgos. En los estudios efectuados con la teca llevados a cabo en el Instituto de Investigación Forestal en Dehra Dun, India, no hubo una relación significativa entre la tasa de crecimiento y la densidad de la madera (Sekar, 1972). En Nigeria, se llevaron a cabo estudios de plantaciones de la teca de 27 años de edad y no encontraron correlaciones significativas entre el tamaño de los árboles y la densidad de la madera (Sanwo, 1986).

En Costa Rica, se encontró que el peso específico de la madera de teca en plantación varía con la edad y también de adentro hacia afuera del fuste (Moya, 2001). Se encontró que el peso específico de la madera en el centro y en la base de los árboles varía entre 0,40 y 0,45 mientras que la madera en el exterior y en la parte superior del árbol tenía valores de entre 0,55 y 0,60 (Moya, 2001). En un estudio de la teca en el occidente de Venezuela, la densidad de la madera de plantaciones de 20 años varía entre 0,54 y 0,67 (Valero y otros., 2005). En otro estudio en Venezuela, el peso específico de la madera al DAP varía entre 0,45 y 0,52 en árboles de entre 10 y 20 años de edad, con las densidades mayores registradas hacia la parte exterior del fuste (Camcore, 2008). En Borneo, el peso específico de árboles de teca en plantaciones de 6 y 7 años varía poco entre el centro y la corteza, con valores de entre 0,44 y 0,45 (Camcore, 2008).

La teca forma una médula corchosa en el centro del fuste, la cual tiene un diámetro típico de 3 a 5 mm. Esta médula es un defecto en la madera aserrada y debe eliminarse. Aun cuando la médula no se observa en la superficie de una tabla de madera aserrada, puede estar expuesta después de pasar la tabla por una cepilladora. Las tablas con médula deben ser recortadas para eliminar la médula, o se deben descartar totalmente.

La teca forma una madera de duramen distinta, de un color café pardo, la cual se vuelve de un color café dorado al ser expuesta prolongadamente a la luz, mientras que la madera de albura es de un color marfil o cremoso. En árboles viejos del bosque natural, la porción de madera de albura es más bien pequeña, pero en árboles en plantaciones jóvenes la proporción de albura es significativa. La demanda del

mercado tradicional es para madera de duramen sin albura. Sin embargo, con trozas de menores diámetros de plantaciones más jóvenes, la inclusión de la madera de albura se vuelve más importante. El desafío para el manejo de plantaciones de teca es buscar la manera de maximizar el diámetro de madera de duramen de mayor valor, no solamente maximizar el diámetro total de los árboles.

Existen variaciones notables entre la veta y el color de la madera de la teca (Figura 9). En Indonesia, se identifican cuatro tipos de madera (Suhaendi, 1998):

- Color pardo, claro y con concretaciones de cal dentro de la madera; esta madera se encuentra en suelos calcáreos,
- Madera pesada, grasosa y brillante, debido a un alto contenido de tectoquinona,
- Una veta arrugada, rizada y cerosa,
- Madera rayada o veteada, con rayas de color café oscuro en la veta.



Figura 9. Dos chapas rebanadas de madera de teca proveniente de plantaciones en Colombia, donde se compara la veta de la teca dorada (izq.) y la rayada (der.).

En el mercado de Indonesia, se prefiere la madera de color más oscuro para muebles, pero la madera de color pardo dorado es más cotizada para su uso en paneles decorativos. En ensayos de progenie en dos sitios diferentes, se observó que las rayas oscuras de la teca se relacionan con el sitio mismo. En un sitio con suelos margalíticos (negros y calcáreos), el 100% de la madera tenía rayas oscuras, mientras que en los suelos de origen de cenizas volcánicas y ligeramente ácidos (andosoles) apenas un 37% de la madera tenía rayas oscuras (Suhaendi, 1998).

En Tailandia, la madera con rayas oscuras se conoce como teca “raya de tigre”. Existe una demanda para la madera raya de tigre para muebles, pero no es deseable para el uso en paneles interiores. Todavía no se sabe con seguridad ni hay una buena documentación adecuada sobre los mecanismos específicos que producen las diferencias entre las vetas de la madera de la teca. Parece que las diferencias entre los suelos son importantes para la formación de los patrones de la teca, pero las diferencias genéticas entre fuentes de semillas pueden ser importantes también.

Hay un sistema de calificación de las trozas de la teca de los bosques naturales en Myanmar. Las clasificaciones están en orden descendente:

- Segunda calidad
- Tercera calidad
- Cuarta calidad
- SG1
- SG2
- SG3
- SG4-SG6
- ER-1, ER2

Las trozas de calidades 2, 3 y 4 se usan para producir chapas rebanadas y son del mayor valor. Las trozas de calidad 4, y clases SG1 y SG2 tienen diámetros mayores de 48 cm.

Las trozas de clase SG3 tiene diámetros entre 30 cm y 48 cm. Las clases SG4 a SG6, más ER1 y ER2 son trozas para uso local y tienen un valor inferior a todas las demás.

Todavía no existen clasificaciones para trozas provenientes de plantaciones jóvenes. Se requiere un sistema estándar de calificación de trozas de pequeños diámetros y para tablas para facilitar el comercio internacional. Además, se requieren estándares de clasificación de la madera aserrada de la teca que incorpore información respecto al contenido de albura y la presencia de la médula, entre otros rasgos.

La cosecha y el mercadeo

En la mayoría de los países asiáticos, las tierras forestales son propiedad del estado. En algunos, los militares son la organización responsable del su manejo y cosecha. Por lo general, las prácticas de manejo y cosecha desarrolladas en el Siglo XIX continúan al presente. La teca se anilla dos años antes de su apeo con el fin de permitir que la madera se seque, para reducir el peso de las trozas y facilitar su manejo manual y el arrastre con bestias. A menudo, los árboles anillados son atacados por insectos barrenadores que les hacen agujeros grandes y devalúan la madera⁵

Los elefantes son utilizados para el manipuleo y el arrastre de las trozas de teca en Myanmar (Kloos, 1995). En Indonesia, es común utilizar el búfalo para arrastrar la madera. Métodos manuales o con animales y cables son comunes para cargar camiones pequeños.

En Java, las trozas y las ramas grandes se trasladan a patios de madera bajo sombra que son operados por Perum Perhutani, una empresa del Gobierno, donde se vendan trozas o, aun, pedazos de ramas a los compradores. Además del problema de los insectos barrenadores, es común encontrar problemas con la rajadura de las trozas en los patios, a pesar de tenerlas en sombra como método de control de la humedad en el ambiente. Existen pocos incentivos para modernizar los métodos de manejo y cosecha cuando el bosque está bajo control de agencias gubernamentales o del ejército. De modo similar, existe una gran demanda de pequeños pedazos de madera rolliza para ser usados en muebles, y para labrado manual de pequeñas piezas tradicionales. En Europa y Las Américas existe una gran demanda para obtener los muebles y productos labrados a mano producidos de la madera de la teca de Asia (Sinaga, 1998).

En 2004, se estimó que Myanmar tenía aproximadamente el 60% de los bosques primarios remanentes de teca en el mundo. En ese país el manejo forestal es controlado por los militares y los beneficios de las exportaciones de madera se devuelven al presupuesto militar. La cosecha y la manufactura de productos forestales en el país son controladas por la Empresa Maderera de Myanmar (*Myanmar Timber Enterprise*), la cual es una organización estatal. Según fuentes gubernamentales, la cosecha de la teca fue de 409.000 m³ en 2001 (Asian Timber, 2001). A pesar de prohibir la exportación de trozas a China en 1993, todavía continúa un movimiento grande de madera de teca desde el estado de Kachin en el norte que está frente a la Provincia de Yunnan en la China. En 1997, el mercadeo de madera rolliza de la China con Myanmar fue del 295.000 m³ y esta cifra creció a 948.000 m³ por 2002 (Kahrl y otros, 2004). No obstante, según los datos publicados por

^{5/} Los barrenadores comunes de la teca están del Orden *Lepidoptera*, Familia *Cossidae*.

la Aduana de Myanmar, el destino principal de madera fue la India, con el 76% (770.554 m³) de todas las exportaciones de maderas latifoliadas en 2001 (Kahrl y otros, 2004). Por otra parte, se reportó una exportación modesta a la China de apenas el 0,3% (3.237 m³) de las exportaciones oficiales de Myanmar. Sin embargo, en China, en 2001, la aduana reportó la importación de 513.574 m³ de madera rolliza de Myanmar. Esta discrepancia tan obvia sugiere que existe una explotación de madera masiva e ilegal a lo largo de la frontera de Myanmar con China (Kahrl y otros, 2004).

Los precios de la teca en Myanmar están basados en un sistema tradicional de calificación de trozas que separa las trozas de mayor calidad para chapas de las calidades menores de trozas para aserrío. La calificación se basa en la medición del diámetro tope, el largo de la troza, su rectitud y el número de defectos visibles. Los precios de las trozas en Myanmar se publican en Euros por tonelada hoppus⁶. En el Cuadro 4 se reportan los valores de las trozas FOB para 2008 y 2009 convertidos a US\$/m³. Se puede observar que hubo una caída de los precios después de la crisis económica mundial de Septiembre, 2008, pero que los precios iniciaron su recuperación nuevamente a principios de 2009.

De la totalidad de madera de teca importada a los Estados Unidos en el año 2000, el 73% fue de la teca natural de Myanmar, Malasia y Tailandia (U.S. Dept. of Commerce, 2001).

Las trozas de teca de plantaciones más jóvenes no rigen los precios de las trozas de Myanmar. Igualmente, hay menos compradores interesados en la madera de trozas de

plantaciones jóvenes fuera de Asia. En el año 2000, se reportaron los precios de las trozas de teca provenientes de plantaciones de Africa y América Tropical entre US\$140 y \$250/m³ FOB (Maldonado y Louppe, 2000). Tales precios son menores que los precios más bajos de la madera de exportación de Myanmar (grado SG-6) proveniente de los bosques naturales (Keogh, 2008). Entre 1997 y 1999, los precios de las trozas producidas a partir de entresacas de plantaciones de teca en la Costa de Marfil estuvieron entre US\$90 y \$100/m³ FOB para la exportación. Estas fueron trozas cosechadas durante las primeras entresacas de plantaciones de 10 años de edad con un mínimo de tratamiento silvicultural.

En Venezuela, hubo 5.000 ha de plantaciones de teca establecidas durante las décadas de los setenta y ochenta en las reservas forestales de Ticoporo y Bum-Bum en el estado de Barinas en el occidente del país. La mayoría de ellas no recibieron entresacas o podas. A los 20 años de edad, la mayor parte de los árboles tenían diámetros de entre 25 y 35 cm DAP. La madera fue vendida a compradores de Malasia a un precio de US\$200/m³. En la costa norte de Colombia, cerca de la ciudad de Montería, se vendían plantaciones de la teca en pie a compradores de India por US\$225/m³ pero el precio neto real después de contar defectos resultó ser de US\$168/m³.

En Costa Rica no se encuentran muchos precios publicados para la teca. La mayor parte de las plantaciones aún es muy joven y hay pocos datos confiables sobre las plantaciones de mayor edad (De Camino y otros, 2002). La Cámara Costarricense Forestal (CCF) publica alguna información sobre precios de mercado. En 1998, las trozas en patios de madera entre 14 y 25 cm de

⁶/ Una tonelada hoppus es una medida de volumen, no peso, que se utiliza en Myanmar, donde una tonelada hoppus equivale a 1,8 m³

diámetro se vendían alrededor de US\$160/m³ (CCF, 1998).

En América tropical, la teca se maneja principalmente en propiedades privadas. Los mercados para trozas de pequeños diámetros provenientes de plantaciones van a ser diferentes a las de los mercados tradicionales para trozas de mayores diámetros.

Muchos de los productores de teca en plantaciones están mostrando interés en la manufactura de productos de valor agregado para los consumidores y están entrando en el mercado propio de productos semiterminados y terminados, a diferencia de la venta simplemente de madera en pie o de trozas en un patio.

El desafío más importante para los terratenientes con plantaciones de la teca es la producción de madera que sea aceptable en los mercados internacionales (Figura 10). Sería importante y valioso para el mercadeo tener un sistema uniforme de calificación de trozas de teca de plantaciones y también un sistema de calificación de los productos como para madera aserrada y otros productos. Tales calificaciones estandarizadas ayudarían a los compradores a saber exactamente lo que se está ofrecido para la venta, sin necesidad de visitar a cada productor para inspeccionar sus productos personalmente.

Cuadro 4. Precios de trozas de la teca FOB en los remates mensuales en Yangon, Myanmar, durante 2008 y 2009

Clase de troza*	Tope mínimo.	Largo Mínimo	2008			2009	
			Feb	Nov	Dic	Feb	Mar
Para enchapes	cm	m	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³
2 ^a calidad	48	2.4	4 054	3 026	-	-	-
3 ^a calidad	48	2.4	3 687	3 134	2 736	3 281	3 438
4 ^a calidad	48	2.4	3 336	2 274	2 295	2 900	2 851
Para aserrío							
SG-1	48	2.4	2 215	1 679	1 770	2 063	1 992
SG-2	48	2.4	1 961	1 398	1 456	1 853	1 895
SG-3	33	2.4	1 577	-	-	1 593	-
SG-4	38	2.4	-	1 313	1 405	-	1 622
SG-5	38	2.4	-	1 160	1 126	1 243	1 237
SG-6	38	2.4	-	894	890	1 011	1 022
ER-7	33	2.4	-	777	752	811	797

*/ La falta de datos indica que no había ventas de esa clasificación durante el mes.

Fuentes: reportes de ITTO TTM 2008 y 2009

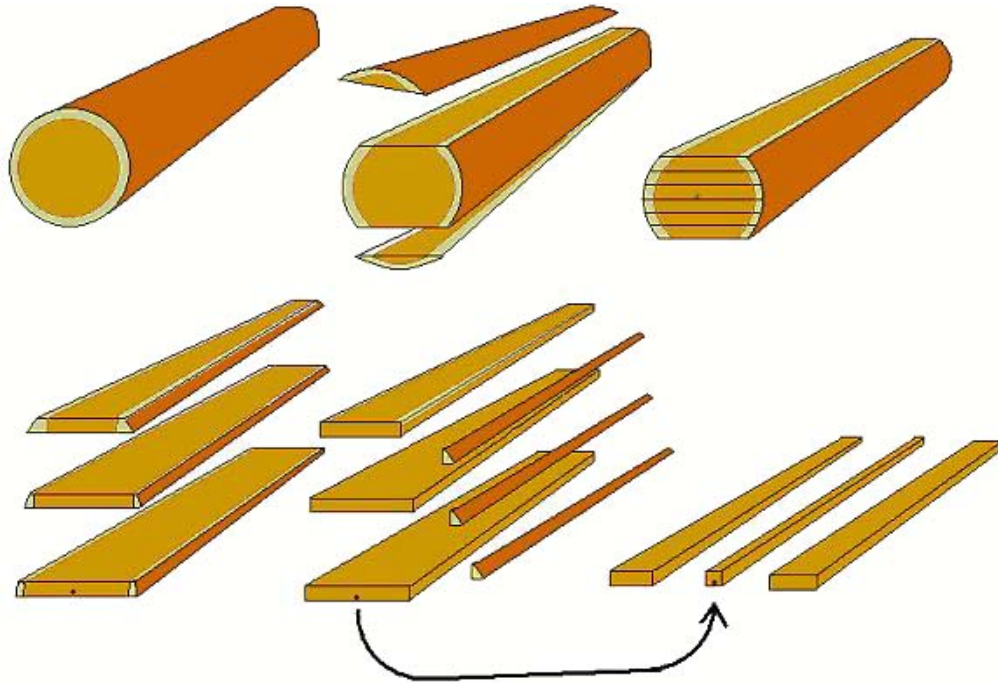


Figura 10. Al aserrar una troza pequeña de teca para calidad, se cortan las tablas y luego, se eliminan los orillos y la albura. También, hay que eliminar la médula de la tabla central.

Dr. Raymond Keogh sugiere las siguientes pautas para el desarrollo de un mecanismo estándar para la fijación de precios de trozas de plantaciones (Keogh, 2008).

- Desarrollar reglas de calificación estándar para la teca en pie y para madera rolliza
- Incluir en las calificaciones las dimensiones de las trozas (clases diamétricas de 5 cm y largos estándar de mercado)
- Descripción de la forma redonda de las trozas (deformación por aletones y/o conicidad de las trozas)
- Calidad de la madera (porcentaje de madera duramen, color, anillos por cm, densidad)
- Defectos (nudos, rajaduras, cebolladas, pudrición de corazón)

Además se requieren descripciones estandarizadas de la madera aserrada (grosor, ancho, largo), la madera rebanada (espesor, ancho, largo), además de descripciones de piezas parcialmente elaboradas, tales como tableros formados de piezas pegadas (*blockboard*), madera pegada por la unión *finger* y piezas pegadas para tornería y para muebles.

Con el propósito de que la estandarización se convierta en realidad, sería muy útil establecer una asociación internacional de productores de teca. Debido a que los productores de teca son muchos y muy variados en el mundo y que cada uno tiene prioridades diferentes de inversión, apoyo gubernamental, problemas técnicos etc., el empeño de crear una asociación a nivel internacional no es nada fácil. Sin embargo, le estandarización los favorecería a todos en el proceso de mercadear la madera en sus diversas formas.

Un modelo que vale la pena considerar para organizar una asociación de productores de

teca es lo de las cooperativas de mejoramiento genético forestal. Tales programas tienen una larga historia de cooperación entre universidades, industrias forestales y agencias gubernamentales, destacando los ejemplos de las cooperativas de mejoramiento genético en Estados Unidos y en Brasil. La Cooperativa CAMCORE con sede en la Universidad Estatal de Carolina del Norte fue fundada en 1980, ya tiene 37 miembros en 21 países (Camcore, 2008). En 2009, Camcore está iniciando la investigación genética de fuentes de semilla de teca. Este modelo de acción cooperativa es un ejemplo claro de que no solo es posible, sino muy exitoso, contar con la cooperación internacional de varias entidades. Una asociación de productores de la teca con base en un modelo similar de cooperación mutua podría ser el mecanismo para establecer procedimientos estándares de calificación de la teca para el mercadeo, además de un centro para la investigación y desarrollo de productos novedosos partiendo de su madera.

Conclusiones: ¿Ahora, donde vamos?

En los primeros ensayos de plantación en Africa y América Central, se descubrió que las fuentes de semilla originaria de Myanmar producían árboles con mejor forma y crecimiento que las fuentes de India. En 1930 en Indonesia, se inició una serie de ensayos de procedencia utilizando fuentes locales de semilla y, posteriormente, se inició un programa de selección de los mejores árboles que se incorporaron en huertos semilleros clonales durante la década de setenta (Suhaendi, 1998). En Tailandia, se iniciaron actividades de mejoramiento genético a principios de los sesenta y en 1965 se fundó el Centro de Mejoramiento de la Teca (TIC) en Ngao, Provincia de Lampang (Kaosa-ard y otros, 1998). Ese trabajo continuó en la década de los setenta entre DANIDA (Centro

Danés de Semillas Forestales) y el TIC y, como resultado, produjo semillas para ensayos internacionales de procedencia de teca, con el apoyo financiero de la FAO (Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas). La participación de DANIDA continuó a través de los ochenta mientras que se evaluaron los ensayos internacionales (Keiding y otros., 1986). La investigación Tai continuó en los noventa (Kaosa-ard y otros, 1998).

Ha habido ensayos internacionales de procedencia de semillas en algunos países. En los ensayos en Tailandia, la heredabilidad media para la rectitud del fuste fue del 0,83, o sea, está fuertemente controlada por la base genética (Kaosa-ard, 1999). No obstante, todavía hay una falta notable de investigación sobre la procedencia de semillas de teca en su distribución natural. Es necesario hacer ensayos para evaluar el crecimiento y el desarrollo de la teca en plantaciones exóticas además de plantaciones dentro de su distribución natural.

Vale la pena observar que la mayor parte de las plantaciones para la producción de madera que se encuentran en el trópico son el resultado de inversiones hechas por las grandes empresas de celulosa y papel. Hay un volumen considerable de investigación forestal llevado a cabo por las universidades, las cooperativas y por empresas particulares con el fin de mejorar la calidad y la productividad de las plantaciones forestales dedicadas a la producción de fibra. Por otra parte, el interés del ramo silvicultural y el mejoramiento genético de la teca ha sido muy limitado y existe muy poca colaboración entre los productores de teca para mejorar la calidad de las plantaciones y los productos de madera. Para que la madera de la teca proveniente de plantaciones se convirtiera en un producto con una mayor rentabilidad y más atractivo para los inversionistas, debe

haber un mayor enfoque en la investigación forestal y en la tecnología de maderas.



Figura 11. Los aletones basales pueden reducir los rendimientos del árbol en forma significativa.

Es necesario hacer investigaciones para minimizar el crecimiento de aletones en los árboles de teca. La formación de aletones es común en árboles viejos pero también se encuentra en plantaciones jóvenes (Figura 11). Los aletones rebajan la utilidad de la madera de la base del árbol donde están los mayores diámetros y la mayor cantidad de madera de duramen. Si se pudiera reducir la altura del tocón por minimizar la formación de aletones, habría una mejora notable sobre los réditos de la teca. El tocón alto no solo es una pérdida de madera sino también presenta un costo adicional de preparación del sitio para la reforestación y el manejo de las próximas plantaciones.

La floración temprana y abundante reduce el crecimiento de la altura de los árboles de teca. Las recolecciones iniciales de semillas de los árboles con una alta producción de semilla tuvo el efecto indeseable de una selección disgénica de la forma y la altura de los árboles. Los ensayos de procedencia, además de la selección de los mejores árboles

individuales, deberán tener un impacto positivo sobre los réditos de la inversión forestal en plantaciones de teca.

Hay muy poca investigación entre la relación de la madera de duramen y la fuente de semilla. Un estudio en la India encontró una correlación positiva entre el porcentaje de duramen con el ancho de los anillos de crecimiento y el diámetro de los árboles (Bhat, 1997). Esto implica que al aumentar la tasa de crecimiento, se aumentaría el porcentaje de duramen en árboles jóvenes, lo cual es contrario a la creencia popular. Este tipo de investigación no ha sido de importancia para las especies para la producción de fibra para celulosa, pero es sumamente crítico para el cultivo de los árboles para productos de madera sólida.

En Costa Rica se hizo un estudio para determinar si el espaciamiento de plantación podía afectar el porcentaje de duramen de la teca. Se ensayaron espaciamientos de 6m x 2m (830 árboles/ha) y 3m x 3m (1100 árboles/ha). Al finalizar los diez años, no hubo diferencias significativas entre los espaciamientos con respecto a la formación del duramen, ni en la relación del duramen al diámetro de los árboles (Ledezma y Moya, 2001).

En algunos países, importadores de productos de teca, existe una reacción negativa por parte de los ambientalistas quienes hacen campañas para bloquear la importación y el mercadeo de productos de esta especie. Los ambientalistas aseveran que al comprar productos de la teca, aún de la teca cultivada en plantaciones, se fomenta la causa de daños ecológicos a los lugares tropicales en donde crecen (Rainforest Relief, 2002). Los productores de teca tiene que ofrecer puntos de vista alternos y explicar a las empresas importadoras los aspectos positivos del cultivo de la teca y su silvicultura, además explicar el impacto positivo

que tienen las plantaciones de la teca en el medio ambiente y para las economías locales. Se requiere hacer una evaluación bien hecha y proponer argumentos fundados en la realidad para explicar el valor de las plantaciones de la teca para la conservación de las cuencas hidrológicas, la estabilización de los suelos, la creación de empleo y el bienestar de las personas que viven en las comunidades locales donde se cultiva la teca.

Es imperativo que se creen estrategias de mercadeo a través del desarrollo de productos novedosos. Un método para hacer esto es por medio de una cooperación entre los productores de teca y las facultades de tecnología de maderas y diseños de productos de madera en las universidades. Debido a que es una madera fina y estable, además de ser una especie de rápido crecimiento que se puede manejar en plantaciones, la teca muestra promesa para la manufactura de productos como pisos de parquet, artefactos de cocina, muebles finos, muebles de patio, además del uso de chapas de maderas tranchadas para hacer laminados para pisos, paneles y caras para puertas huecas (Figuras 12-13). Existen tranchas que cortan chapas a lo largo de los cantos cuadrados de pequeñas dimensiones. Las tranchas que cortan a lo largo son de costo capital bajo en comparación con las tranchas tradicionales que producían madera rebanada de cuartos de trozas grandes. Tales tranchas son ideales para producir chapas de maderas cosechadas en plantaciones jóvenes y para su empleo en industrias pequeñas y locales (Krishnapillay, 2000).

Otra área de investigación requerida es la evaluación de la teca para su uso en ciertos grados de celulosa y productos de papel, o para su uso en la manufactura de carbón vegetal para uso casero o en industrias locales. La industria siderúrgica brasilera está basada exclusivamente en la fundición de

lingotes de hierro utilizando carbón vegetal en los hornos. El carbón de la teca podría ser un destino importante para madera de pequeñas dimensiones y desperdicios de los aserraderos. En algunas localidades, se utilizan varas de teca en los techos de las casas y para postes de transmisión; vale la pena explorar el potencial de fomentar tales usos a mayor escala.

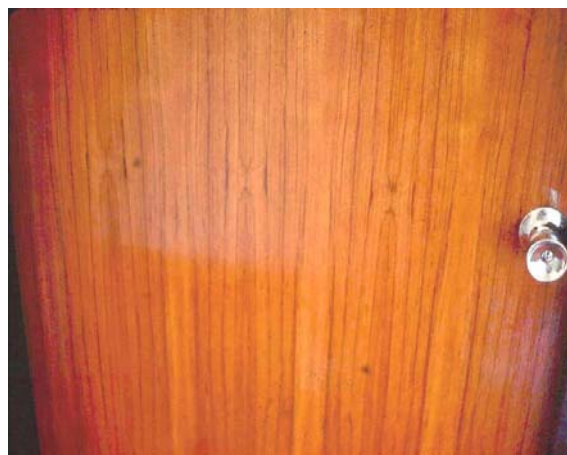


Figura 12. Una cara de una puerta producida de teca de plantación en Tailandia, con chapas rebanadas de 10 cm de ancho pegadas en serie



Figura 13. Una mesa construida de teca de entresacas de plantaciones jóvenes en Colombia

Sin lugar a dudas, la teca es la especie de mayor importancia para la producción de madera fina en cultivo en plantaciones. A pesar de ser una de las especies más probadas en plantaciones forestales y por tener una larga historia de plantación en el trópico, todavía existe la necesidad de hacer investigaciones adicionales para poder desarrollar su potencial total. La teca comercial de los bosques naturales está desapareciendo en el Sur de Asia y existe una gran oportunidad de aumentar la importancia de la teca en plantaciones para los mercados internacionales. La clave del éxito de las plantaciones de teca para los inversionistas es aunar sus esfuerzos trabajando en conjunto para desarrollar ese potencial.

Referencias

- Asian Timber. 2001. Country focus: Myanmar, beyond the teak trade. Asian Timber, March, 2001, pp 12 - 14.
- Bhat, K.M. 1997. Characterization of juvenile wood in tropical hardwood teak. Paper presented at the Conference on Forest Products for Sustainable Forestry, 7-12 July, 1997, Pullman, Washington.
- Camcore, 2008. Camcore Annual report. North Carolina State University.
- CCF. 1998. Lista de precios de madera en pie, en patio de industria y aserrada de las especies más comercializadas en las distintas zonas de Costa Rica. Precios a enero-febrero de 1998. Revista Desde El Bosque, Año 1, NO. 2. San José, Costa Rica.
- Centeno, Julio C. 2004. Summary of management plan, Floresteca. Mato Grosso, Brazil. (www.floresteca.com.br)
- Chudnoff, Martin. 1984. Tropical timbers of the world. USDA Forest Service Agriculture Handbook no. 607. Washington, D.C. 464 p.
- CONIF, 2008. Propagación por semilla de la teca (*Tectona grandis* L.f.). Proyecto: Certitica (346/06) Desarrollo de un paquete tecnológico para la producción y certificación de material forestal reproductivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) para la Costa Atlántica Colombiana. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y Refocosta, Bogotá, Colombia. 32 p.
- De Camino, R. V; MM. Alfaro and L. F. M. Sage. 2002. Teak (*Tectona grandis*) in Central America. Forest plantations working paper 19, Forest Resources Development Service, Forest Resources, Division, FAO, Rome (28 p).
- Dilworth, J.L., and J. F. Bell. 1984. Log scaling and timber cruising. Oregon State University Book Stores, Corvallis, Oregon. 468 p.
- FAO, 2001. Global Forest Resources Assessment 2000, FAO, Forestry Department, Main report 140, Rome.
- FAO. 1999. Global Fiber Supply Model. Rome.
- Fernow, Bernhard E. 1911. A brief history of the forests of Europe, the United States and other countries. University Press, Toronto. 506 p.
- Fonseca G. William. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- Horne, J.E.M. 1966. Teak in Nigeria. Nigerian Information Bulletin (New Series) No. 16.
- ITTO. 2008. Tropical Timber Market Report November, 2008. Volume 13 Number 22, 16-30.
- ITTO. 2008. Tropical Timber Market Report December, 2008. Volume 13 Number 12, 16-31.
- ITTO. 2009. Tropical Timber Market Report, February, 2009. Volume 14 Number 3, 1-15.

- ITTO. 2009. Tropical Timber Market Report March, 2009. Volume 13 Number 6, 16-31.
- ITTO. 2009. Tropical Timber Market Report, April, 2009. Volume 14 Number 8, 16-30.
- Kadambi, K. 1972. Silviculture and management of teak. Bulletin No. 24, School of Forestry, Stephen F. Austin State University, Texas, USA.
- Kahrl, Fredrich; Horst Weyerhaeuser and Su Yufang. 2004. Navigating the Border: An Analysis of the China-Myanmar Timber Trade. In: China and forest trade in the Asia-Pacific region: Implications for forests and livelihoods. Forest Trends. (<http://www.forest-trends.org>)
- Kanowski, P. J. y Savill, P. S. 1992. Plantation forestry. In: N. P. Sharma (Ed.), Managing the World's Forests. Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, p. 375-401.
- Kaosa-ard, A. 1981. Teak, *Tectona grandis*, its natural distribution and related factors. Natural History Bulletin, Siam Soc. 29:55-74, Thailand.
- Kaosa-ard, A; Verapong Suangtho and Erik Kjaer. 1998. Genetic improvement of teak (*Tectona grandis*) in Thailand. Forest Genetic Resources, No. 26, 22-29.
- Kaosa-ard, A. 1999. Gain from provenance selection. Paper presented at the Regional Seminar on Site, Technology and Productivity of Teak Plantations, 25-29 January, 1999, Chiang Mai, Thailand.
- Keiding, H. 1977. A review of contributions on provenance trials and breeding programmes in teak. In: Joint IUFRO Workshop of S2 02 08, S2 03 01, Brisbane, Queensland.
- Keiding, H. 1985. Seed leaflet no.4, teak, *Tectona grandis*. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark. 21 p.
- Keiding, H.; H. Wellendorf, and E. B. Lauridsen. 1986. Evaluation of an international series of provenance trials. Danida Forest Seed Centre, Denmark.
- Keogh, R. 2008. International pricing mechanism for plantation teak: a proposal to bring transparency to log markets. ITTO Tropical Forest Update 18/2:24-26.
- Krisnakumar, A.K.; C. Gupta; Sinha, R. R.; Sethuraj, M. R.; Potty, S. N.; T. Eappen; D. Das 1991. Ecological impact of rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations in northeast India: Soil properties and biomass recycling. Indian Journal of Rubber Research 4(2)134-141.
- Kjaer, Eriki; Apichart Kaosa-ard and Verapong Suangtho. 1999. Domestication of teak through tree improvement. Options, possible gains and critical factors. In: Teak plantation: site, technologies and productivity, January 26 – 29, 1999., Chiang Mai, Thailand.
- Kloos, Simon. 1995. Teak – down but not out. Asian Timber Vol. 14 No. 11.
- Krishnapillay, B. 2000. Silviculture and management of teak plantations. In: Teak, Unasyuva No 201 - vol.51.
- Ladrach, W. E. 1998. Modelos para calcular la producción de madera aserrada y madera para enchapes en plantaciones forestales de rápido crecimiento. Actas: Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI. Tema 5, Productos Forestales. Valdivia, Chile, en CD, 10 p.
- Ladrach, W. E. 2004. Harvesting and comparative thinning alternatives in *Gmelina arborea* plantations. New Forest 28: 225-268.
- Ledesma, V. A. y R. Moya. 2001. Efecto del espaciamiento de plantación sobre el porcentaje de duramen en la Madera de teca (*Tectona grandis*). Boletín Kuru 31. ITCR, Costa Rica.
- Maldonado G. and D. Louppe. 2000. Challenges of teak in Côte d'Ivoire. In: Teak No. 201, Unasyuva Vol. 51- 2000/2
- Miller, A. D. 1969. Provisional yield tables for teak in Trinidad. Government Printery, Trinidad/Tobago. 21 pp.
- Moya, Roger. 2001. Propiedades de la madera de teca (*Tectona grandis*) perteneciente a la

- reforestadora el Buen Precio, S. A. En: Las maderas de plantaciones forestales, Vol. 1 No. 1. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 8 p.
- Omerod, D. W. 1973. A simple bole model. *Forestry Chronicles* 49(2):136-138.
- Oteng-Amoako, A; and D. Sarfo. 2003. Development of teak plantations in Ghana: propagation, processing, utilization and marketing. In: International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management, December, 2003. Kerala Forest Research Institute International, Peechi, India.
- Pandey, D. and C. Brown, 2001. Teak: a global overview in: *Teak No. 201*, Unasylyva Vol. 51- 2000/2
- Picado, Walter. 1997. La teca en plantación. En: Memorias del seminario realizado el 31 de junio y 1 de agosto, 1997, Recursos Naturales Tropicales, S. A., San José, Costa Rica, pp. 13-27.
- Rainforest relief, 2002. Why not to buy teak. www.rainforestrelief.org/newsnotes/teak2
- Sanwo, S.K. 1986. The relationship between rate of growth and strength in plantation grown teak (*Tectona grandis* L.f.). *Journal of Tropical Forest Resources*, 2: 9-17.
- Sekar, A.C. 1972. A comparative study of strength properties of timber from natural and man-made forests. In: Proceedings of the Symposium on Man-Made Forests in India: 5: 29-32, Dehra Dun.
- Singa, Simon. 1998. Jepara goes international amid the country's gloom. *Asian Furniture*, October, 1998. p 55-57.
- Steber, R. 1997. Return on investments from plantations. *Asian Timber* Vol 16, no. 10: 16 – 20.
- Streets, R. J. Exotic trees of the British Commonwealth. Clarendon Press, Oxford, 1962.
- Suhaendi, Hendi. 1998. Teak improvement in Indonesia. In: *Teak for the Future*, Proceedings of the Second Regional Seminar on Teak, 29 May - 3 June 1995, Yangon, Myanmar. FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAP) Bangkok, Thailand RAP publication 1998/5
- Swe Swe Aye, Daphne Khin. 2003. GAIN Report #BM3015, Burma, Solid Wood Products Annual 2003, Foreign Agricultural Service, Global Agriculture Information Network, 5/29/2003, USDA, Rangoon, Burma
- Ugalde A., Luis y Manual Gómez F. 2006. Perspectivas económicas y ambientales de las plantaciones de teca bajo manejo sostenible en Panamá. USAID-Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá.
- U. S. Department of Commerce. 2001. Import statistics. Washington, D. C.
- Valero, S. W.; E. C. Reyes y D. A. Garay. 2001. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la unidad experimental de la reserva forestal Ticoporo, Estado Barinas. *Revista Forestal Venezolana* 49 (1) 61-73.
- White, K. J. 1991. Teak, some aspects of research and development. RAPA Publication 1991/17. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, FAO, Bangkok. 69 p.