

MANUAL PARA PRODUCTORES DE TECA
(*Tectona grandis* L. f) EN COSTA RICA



Ing. William Fonseca González



HEREDIA, COSTA RICA, 2004

Índice General

| Contenido | Pag. |
|--|-------------|
| Capítulo 1. Botánica y ecología | |
| 1.1 Nomenclatura ----- | 1 |
| 1.2 Nombres comunes ----- | 1 |
| 1.3 Distribución natural ----- | 1 |
| 1.4 Distribución artificial ----- | 1 |
| 1.5 Descripción botánica ----- | 2 |
| 1.6 Bibliografía ----- | 4 |
| 1.7 Sitios óptimos ----- | 6 |
| 1.8 Requerimientos ambientales y rango de distribución en Costa Rica ----- | 6 |
| 1.9 Factores limitantes ----- | 7 |
| 1.10 Bibliografía ----- | 9 |
| 1.11 Características y propiedades de la madera ----- | 13 |
| 1.12 Bibliografía ----- | 16 |
| 1.13 Uso en sistemas agroforestales ----- | 19 |
| 1.14 Uso recomendado de la madera y otros usos de la especie ----- | 20 |
| 1.15 Bibliografía ----- | 22 |
| Capítulo 2. Establecimiento ----- | 25 |
| 2.1 Selección de fuentes semilleras-orígenes-variedades ----- | 25 |
| 2.2 Características más importantes de la semilla ----- | 27 |
| 2.3 Producción de plántulas y reproducción artificial ----- | 28 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.4 | Fertilización en vivero ----- | 35 |
| 2.5 | Bibliografía ----- | 36 |
| 2.6 | Selección del sitio de plantación ----- | 41 |
| 2.7 | Preparación del suelo ----- | 41 |
| 2.8 | Densidad de plantación ----- | 42 |
| 2.9 | Técnicas de plantación ----- | 43 |
| 2.10 | Bibliografía ----- | 44 |
| 2.11 | Control de malezas ----- | 46 |
| 2.12 | Fertilización en plantación ----- | 47 |
| 2.13 | Costos de establecimiento (en US\$) ----- | 48 |
| 2.14 | Bibliografía ----- | 50 |

| | |
|---|----------------|
| Capítulo 3. Manejo | -----53 |
| 3.1 Deshijas | -----53 |
| 3.2 Raleos | -----53 |
| 3.3 Podas | -----57 |
| 3.4 Manejo de rebrotes y de la regeneración natural | -----58 |
| 3.5 Bibliografía | -----59 |
| 3.6 Evaluación de calidad de sitio | -----62 |
| 3.7 Evaluación de calidad de la plantación | -----64 |
| 3.8 Control y combate de plagas y enfermedades | -----66 |
| 3.9 Bibliografía | -----73 |
| 3.10 Edad de rotación | -----76 |
| 3.11 Estimación de volumen en pie | -----76 |
| 3.12 Factor de forma | -----76 |
| 3.13 Crecimiento y rendimiento | -----76 |
| 3.14 Bibliografía | -----81 |
| Capítulo 4. Aprovechamiento | -----84 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.1 | Técnicas de aprovechamiento | 84 |
| 4.1.1 | Arrastre forestal con animales de tiro | 84 |
| 4.1.2 | Transporte forestal con tractores | 85 |
| 4.1.3 | Extracción con cables | 86 |
| 4.2 | Costos de aprovechamiento (US\$) | 87 |
| 4.3 | Bibliografía | 88 |
| Capítulo 5. Industrialización y usos | | 89 |
| 5.1 | Técnicas de aserrío, secado, preservado y otras | 89 |
| 5.1.1 | Preservación | 89 |
| 5.1.2 | Secado | 89 |
| 5.1.3 | Aserrado | 90 |
| 5.1.4 | Cepillado | 91 |
| 5.1.5 | Torneado | 91 |
| 5.1.6 | Lijado | 91 |
| 5.1.7 | Moldurado | 91 |
| 5.1.8 | Taladrado | 92 |
| 5.2 | Costos y rendimientos de aserrío | 92 |
| 5.3 | Fabricación de paneles, vigas laminadas, finger-joint, etc. | 92 |
| 5.4 | Pulpado | 93 |
| 5.5 | Bibliografía | 94 |

Capítulo 6. Comercialización -----96

6.1 Mercado mundial y local -----96

6.2 Políticas y legislación -----97

6.3 Oferta mundial -----98

6.4 Oferta nacional y posibilidades de exportación -----100

6.5 Precios -----102

6.6 Demanda de madera y de productos -----104

6.7 Relación beneficio costo -----104

6.8 Estándares de calidad -----104

6.9 Sistemas de medida y canales de comercialización -----105

6.10 Bibliografía -----107

Anexo 1. Formulario de campo para la evaluación de la calidad

de plantaciones forestales -----109

CAPÍTULO 1. BOTÁNICA Y ECOLOGÍA

1.1 Nomenclatura

Tectona grandis L. f

Reino: Plantas

Filum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae (Verbenaceae)

1.2 Nombres Comunes

La especie es conocida ampliamente como Teca en la mayoría de los países donde se ha introducido. En la India, se le conoce como sagun, sagon, saguan, skhu, toak, shilp tru, Indian oak. Otros nombres son: Teck (Francia, India, Inglaterra y Holanda); jati, deleg y kulidawa (Indonesia); kyun (Birmania); sak y mai-sak (Laos y Tailandia), teca de Rangún, rasawa.

1.3 Distribución natural

Tectona consta de 3 especies, con una distribución natural del género discontinua, muchos autores citan que la especie es originaria del sureste asiático (Burma = Birmania, ahora Myanmar, Tailandia y de la India, Malasia, Java, Indochina, La República Democrática

Popular Laos), entre los 12 y 25° latitud norte y de 73 a 104° longitud este.

También se ha encontrado al sur del Ecuador en Java y en algunas pequeñas islas del Archipiélago Indonecio. Se menciona que la especie fue introducida en Java hace 400 o 600 años, donde se naturalizó.

En la zona de distribución natural, los bosques son de tipo monzónico, abarcando bosque seco tropical y bosque húmedo tropical. En la India se encuentra asociada con 76 especies, dentro de las que se citan: *Xylia dolabriformis*, *X. kerrii*, *Largeostremia caluculata*, *L. balasoe*, *Bombax insigne*, cinco especies de *Terminalia*, tres especies de *Stereospermum*, *Acacia*, *Cassia*, *Dipterocarpus*, *Cederia*, *Eugenia*, *Gmelina arborea*, *Vitex peduncularis*, *Dalbergia sp*, *Croton oblongifolius*, entre otras.

1.4 Distribución Artificial

Por la calidad de la madera, *Tectona* ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical, entre los 18 y 28° latitud norte. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka,

Vietnam, Malasia, Islas Soloman, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo, África y en muchos países de América Latina.

En América Tropical fue introducida primero en Trinidad en 1913 y en 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Antigua, Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y Méjico.

La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe. Las primeras plantaciones se establecieron en Costa Rica, entre los años 1926 y 1929. Otros países en donde se han establecido plantaciones son Brasil, Perú, Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica.

1.5 Descripción botánica

Tectona grandis L. f, es una especie latifoliada que pertenece a la familia

Verbenaceae. Es un árbol grande, deciduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen. En Costa Rica alcanza alturas superiores a los 35 m en los mejores sitios.

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas.

Las hojas son simples (**Figura 1.1**), opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos. Inflorescencia en panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. Estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico,

densamente pubescente, con cuatro celdas.

El fruto es subgloboso, más o menos tetragono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnosos cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo.

La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años, sin embargo, en algunos casos se da una floración temprana entre 5 y 8 años. La floración se da en los meses de junio a setiembre y la producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril.

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosas y fuertes raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se

encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados. En los primeros 30 cm de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina, mientras que la producción anual de biomasa radical fina es de 5420 kg/ha.

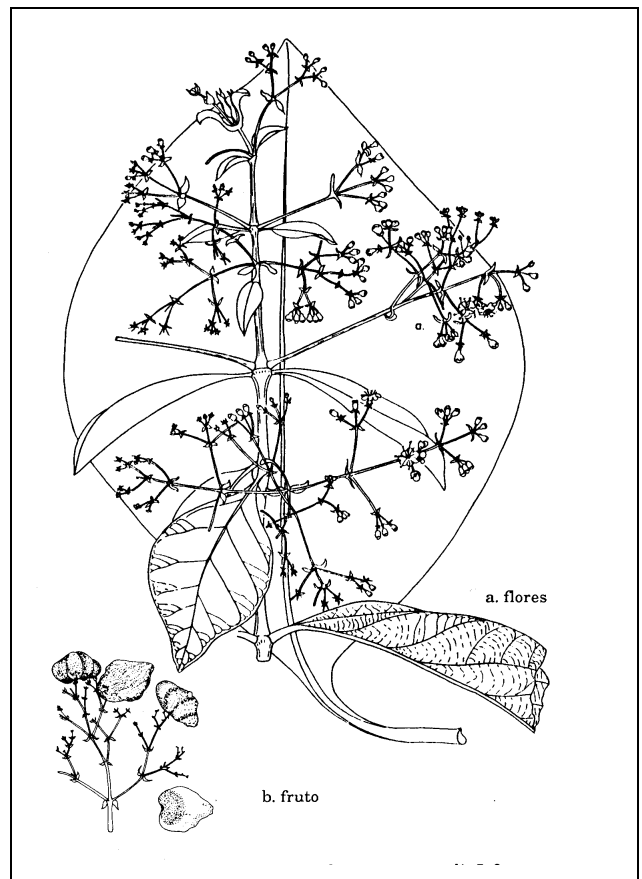


Fig. 1.1. Características morfológicas de teca (Chaves y Fonseca 1991)

1.6 Bibliografía

Aristeguieta, L. 1973. Familias y géneros de los árboles de Venezuela. Caracas, Ven., Instituto Botánico. 845 p.

Beard, J. 1943. The importance of race in teak, *Tectona grandis*. Caribbean Forester (PR) 4(3):135-139.

Benthall, AP. 1933. The trees of Calcuta and its neighbourhood. Calcuta, India, Thacker Spink & Co. 450 p.

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

Enters, T. 1999?. Terrenos, tecnología y productividad de las plantaciones de teca en Asia sudoriental: conclusiones y recomendaciones de un seminario regional organizado por TEAKNET y el Programa de apoyo a la investigación forestal para Asia y el Pacífico (FORSPA) de la FAO, en Tailandia a principios de 1999.

Daquinta, D; Ramos, L; Capote, I; Lezcano, Y; Rodríguez, R; Escalona, M. 2002. Morfogénesis in vitro de Teca (*Tectona grandis* L.). Invest. Agr.: Sist. Recur. For. (Cuba) 11(1): 137-144.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1975. Catálogo de semillas forestales. Roma, It., FAO. 283 p.

_____(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes n°55).

Goh, D; Monteuis, O. s.f. Vegetative Propagation of Teak. (en línea). Consultado 16 feb. 2003.

Grupo Tecnología Apropriada. 1984. Árboles para leña y madera combinados con cultivos anuales. Panamá, GTA-RENARE/CATIE. 24 p.

Keogh, RM. 1980. Teca (*Tectona grandis* Linn. f), procedencias del Caribe, Centro América, Venezuela y Colombia. In Simposio IUFRO/MAB/Forest Service, Producción de madera en los Neotrópicos por medio de plantaciones (1980, Río Piedras, PR). Actas Redactadas por JL. Whitmore. Río Piedras, Instituto Nacional Forestal. p. 356-372.

Little, EL; Dixon, R. 1969. Árboles comunes de la Provincia de Esmeraldas: estudio de Preinversión para el Desarrollo Forestal Noroccidente. Informe Final, Roma, It., FAO Tomo IV. 53 p.

López, PS. 1977. Flora de Venezuela Verbenaceae. Mérida, Ven., Talleres Gráficos Universitarios. 654 p.

Mahaphol, S. 1954. Teak in Thailand, Bangkok, Thailand, Ministry of Agriculture, Royal Forest Department. n° R.16. 30 p.

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Phengkhai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef, SM. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Standisch, R. s.f. Teak story. (en línea). Consultado 13 feb. 2003. Disponible en http://www.orgatechomegalux.com/orgatech_59.htm

Streets, RJ. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth Oxford, G.B., Clarendon Press. 750 p.

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven., Ficha técnica n° 28. 30 p.

Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical. Trad. IUFRO-SPDC Texbook Project n°3. EEUU, USDA. 603 p.

Webb, BD. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 275 p.

1.7 Sitios óptimos

La experiencia en Costa Rica demuestra que los mayores crecimientos se dan en sitios con altitudes menores a 500 msnm, con una estación seca marcada de 4 a 6 meses, entre 23 y 27 °C de temperatura y una precipitación de 1300 y 2500 mm/año. Los mejores sitios son aquellos con una pendiente media (menor al 25 %), al pie de monte o en el fondo de valles, con suelos de textura liviana, bien drenados, fértiles, neutros, con una profundidad efectiva mayor a 80 cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg).

Los sitios buenos deben tener entre 150 y 160 ppm de P total , al menos 15 ppm de manganeso (Mn), hasta 2 ppm de zinc (Zn) y más de 10 cmol/l de Ca +Mg + K/100 gr de suelo, en los primeros 10 cm profundidad del suelo; una relación Ca/CIC pH 7 mayor al 50% entre 20 y 30 cm de profundidad y una relación Mg/CICE superior al 15-20% en los primeros 10 cm profundidad del suelo. Bajo estas características, los

sitios buenos son aquellos que tienen un porcentaje de saturación de acidez menor a 5,8% y un porcentaje de saturación de calcio mayor a 67%.

El porcentaje de acidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Sat. Acidez (\%)} = \frac{\text{acidez (cmol/L)}}{\text{CICE}} * 100$$
$$\text{CICE} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{acidez extraíble}$$

1.8 Requerimientos ambientales y rango de distribución en Costa Rica

Temperatura: En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13° C y 40° C, con una media de 24° C. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25° C, con un rango 24-30° C. En Costa Rica se encuentra en clima seco y húmedo en donde la temperatura alcanza hasta 38 °C, pero con promedios anuales de 23 y 27 °C.

Precipitación: Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 1000 a 3750 mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5000 mm/año.

Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad.

En Costa Rica se ha plantado en la zona de vida de Bosque Tropical seco (Guanacaste) en donde la precipitación varía entre 1300 y 1710 mm/año, así como también en la zona de vida de Bosque tropical húmedo, que abarca gran extensión del territorio nacional (zona norte, atlántica, pacífico central y sur), en donde la precipitación oscila entre 3420 y 6840 mm/año.

Suelos: Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos planos, aluviales, de textura franco-arenosos o arcillosos, profundos, fértiles, bien drenados y con pH neutro o ácidos. Es exigente de elementos como calcio,

fósforo y magnesio.

En la región Chorotega de Costa Rica, se consideran sitios de alta calidad los que poseen suelos buenos, planos, profundos, bien drenados, con concentraciones de calcio mayores a 10 meq/100 gr de suelo en los primeros 20 cm de profundidad y precipitaciones mayores a 2000 mm/año.

Las plantaciones de teca mejoran la calidad de los sitios, en Tailandia se ha determinado incrementos de materia orgánica en plantaciones de cuatro años, y al año 15 había aumentado el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y el magnesio (Mg).

Altitud: *Tectona* crece desde 0 a 1000 msnm. En Centro América se ha ensayado desde 16 m hasta 600 m, mientras en Costa Rica las plantaciones más grandes en altura se encuentran a pocos metros sobre el nivel del mar.

1.9 Factores limitantes

Entre los factores limitantes más importantes para el crecimiento de teca se consideran los terrenos relativamente

planos, el suelo poco profundo (con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad), mal drenados, o sitios anegados (tipo Vertisoles de depresión), suelos compactados o arcillosos. Sitios planos con un estrato superficial de arena, suelos lateríticos duros, suelos profundos secos y arenosos no son recomendables.

En cuanto a las condiciones químicas, el bajo contenido de calcio, magnesio y fósforo, limitan el buen desarrollo de la especie, también el alto contenido de hierro (Fe) y de aluminio (Al) intercambiable. La especie es sensible al fósforo y las deficiencias producen bajo volumen de biomasa radicular que posiblemente afecta la producción y la salud de la planta. La restitución de elementos como fósforo y potasio al suelo a través de la hojarasca presenta niveles bajos comparados con otros elementos como nitrógeno, calcio y magnesio.

Altitudes mayores a 1000 m.s.n.m afectan negativamente el crecimiento, así como los sitios bajos con alta

precipitación (mayores a 3500 mm al año) o sin un período seco marcado de 3 meses no son recomendados para plantar la especie.

Deben evitarse sitios con una distribución de las lluvias en periodos muy cortos o que presentan un veranillo muy largo, aquí la especie tiende a botar las hojas dos veces con el consecuente gasto de energía.

La teca es una especie heliófita, con alta demanda de luz vertical total y requiere de un espacio amplio alrededor para el desarrollo apropiado. Se mencionan también como factores limitantes la presencia de malezas ya que es muy sensible a la competencia radical y los incendios. Se recomienda no plantar en lugares con:

- pendiente mayor al 30% para no causar problemas de erosión (Foto 1.1),
- en la parte media y en la cima de las laderas porque el incremento es pobre
- en sitios con fuertes vientos (Foto 1.2).



Foto 1.1 Erosión causada por la teca (Precious Woods)



Foto 1.2. Plantación afectada por el viento (Precious Woods)

1.10 Bibliografía

Alvarado, A. 2003. Escogencia de tierras y manejo de nutrición en plantaciones tropicales. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. ISBN 9968-9996-3-6. 1 disco compacto.

Bauer, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras; resúmenes. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR-CATIE. 42 p.

Bell, T. 1973. Erosión de las plantaciones de teca en Trinidad. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven) 44-45: 3-14.

Brooks, RL. 1941. Notes on pure teak plantations in Trinidad. Caribbean Forester (PR) 3:(1):25-28.

Carter, CJ. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. Caribbean Forester (PR) 2 (4):147-153.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. *Actualidad Forestal Tropical* 5(2):10-13.

Chavarría, I; Navarro P, L; Valverde R, JM; Ramírez N, F; Méndez C, D; Montero M, JL. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica. Ed. LA Ugalde. Turrialba, CR, CATIE – MIRENEN. (Serie técnica. Informe técnico n° 290).

Chaves, SE. 1989. Factores limitantes en el crecimiento de teca (*Tectona grandis* L. f) en la zona de Puntarenas, Costa Rica. *Guía Agropecuaria (CR)* 7(14):64-66.

Enters, T. 1999? Terrenos, tecnología y productividad de las plantaciones de teca en Asia sudoriental: conclusiones y recomendaciones de un seminario regional organizado por TEAKNET y el Programa de apoyo a la investigación forestal para Asia y el Pacífico (FORSPA) de la FAO, en Tailandia a principios de 1999.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1975. Catálogo de semillas forestales. Roma, It., FAO. 283 p.

Flinta, MC. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, It., FAO. 499 p. (Colección FAO: Montes n° 13, FAO: Cuadernos de Fomento Forestal n° 15).

García, JR. 1978. Evaluación preliminar de la plantación experimental con espacios forestales en las sabanas de la Estación Irel Barrancas, Estado de Barinas-Venezuela. *Revista Forestal Venezuela (Ven)* 18(28):97-139.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. *Unasylyva (It)*: 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Interiano, JD. 1974. Problemas que afectan la teca en el Salvador. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 13 p.

Magini, E; Tulstrup, NP. 1968. Notas sobre semillas forestales. Yugoslavia, FAO. Cuaderno de Fomento Forestal n° 5. 370 p.

Mahaphol, S. 1954. Teak in Thailand, Bangkok, Thailand, Ministry of Agriculture, Royal Forest Department. n° R.16. 30 p.

Mothes, M; Cuevas, E; Franco, W. 1991. Limitación nutricional por fósforo en plantaciones de teca (*Tectona grandis*), en los Llanos Occidentales venezolanos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 17:309-315. 1991. (en línea). Consultado 25 feb. 2003. Disponible en http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v17_14/v171a190.html

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It., FAO. 334 p. (Colección FAO-Cuaderno de Fomento Forestal n° 8).

Phengkhai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef, M.S.M. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Rodríguez, MA. 1963. El cultivo de la teca (*Tectona grandis*) en Venezuela: informe general y resultados preliminares de algunos ensayos de crecimiento. Revista Forestal Venezolana (Ven.) 6(8-9):49-72.

Ross, P. 1959. Teak in Trinidad. Economic Botany (EE.UU.) 13(1):3-40.

Salazar, FR. 1973. Zonificación ecológica de *Pinus caribaea* var *Hondurensis* y *Tectona grandis* para Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, IICA. 123 p.

Salazar, R; Albertin, W. 1973. Requerimientos edafológicos y climáticos para *Tectona grandis* L. Turrialba (CR) 24(1):66-71.

Seth, SK; Yadav, JPS. 1959. Teak soils. *Indian Forester (India)* 85(1):2-16.

Streets, RJ. 1962. *Exotic forest trees in the British Commonwealth* Oxford, G.B., Clarendon Press. 750 p.

Vallejos, IO. 1996. Productividad y relaciones de Índice de Sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f, *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven., Ficha técnica n° 28. 30 p.

Vásquez, W; Ugalde A, L. 1995. Rendimientos y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pino caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. (Serie técnica. Informe técnico n° 256. 33 p).

Wadsworth, FH. 2000. *Producción forestal para América tropical*. Trad. IUFRO-SPDC Texbook Project n°3. EEUU, USDA. 603 p.

Watterston, KG. 1971. Growth of teak under different edaphic conditions in Lancetilla Valley, Honduras. Turrialba (CR) 21(2):222-225.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Webb, BD. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 275 p.

Zech, W; Drechsel, P. 1991. Relationships between growth, mineral nutrition and site factors of teak (*Tectona grandis*) plantations in the rainforest zone of Liberia. *Forest Ecology and Management* 41:221-325.

1.11 Características y propiedades de la madera

La teca ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo.

La albura es amarillenta blanquizca o pálida, el duramen es de color verde oliva, moreno o dorado, con vetas más oscuras, al cortarse se torna café oscuro (Foto 1.3, 1.4). La madera es moderadamente dura, pesada, con mucha resistencia y presenta anillos de crecimiento.



Foto 1.3. Duramen y albura de teca (Precious Woods)



Foto 1.4. Duramen y albura de teca (Precious Woods)

La madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos. Su grano es recto, algunas veces ondulado, de textura gruesa, accidentada o irregular y anillo poroso.

La teca es una madera fina, a pesar de que contiene sílice es fácil de trabajar, no presenta problemas de secado, posee buena durabilidad natural y estabilidad dimensional, su carácter no corrosivo se debe a que posee aceites naturales, estos aceites la hacen resistente a termitas y a hongos.

Teca presenta buenas características de cepillado, moldurado, perforación, atornillado, clavado y lijado. Posee

buenas condiciones de trabajabilidad y de fácil aplicación de acabados, fácil de encolar y recibe bien el barniz, pinturas, tintes, selladores.

Las características más importantes y sus valores para Costa Rica se presentan en los Cuadros 1.1 y 1.2. Las cifras del Cuadro 1.1 son válidas para plantaciones entre 5 y 28 años, ubicadas en diferentes zonas del país y las del Cuadro 1.2 para edades entre 17 y 28 años. Los datos más altos pertenecen a las plantaciones de mayor edad, pero el sitio pareciera no mostrar diferencias en el valor de las mismas. Valores similares a los indicados se encuentran en la literatura a nivel Latinoamericano y mundial .

La teca presenta una proporción de duramen de 55% a los 30 años, aumentando logarítmicamente conforme avanza edad y consecuentemente conforme aumenta el diámetro. Valores de 33 a 37% de duramen se reportan para árboles de 10 años de edad en la región seca de Costa Rica, cifras similares se registran a la misma edad en la región húmeda.

La densidad básica de la madera aumenta con la edad y a mayor densidad de la plantación. También aumenta el porcentaje de duramen, las propiedades mecánicas y la razón de contracción.

Cuadro 1.1: Propiedades físicas de la madera en Costa Rica, según la Norma ASTM-143-83.

| Fuente | Edad (años) | Lugar | CH (%) | PEB | CV (%) | CR (%) | CT (%) | CR/CT |
|----------------------------|-------------|------------|--------|-----------|--------|--------|---------|-------|
| González 1979 | 28 | Quepos | | 0,61 | 5,7 | 2,3 | 5,4 | 1/2,3 |
| Moya y Córdoba 1996 | 8 | San Andrés | | 0,54 | | | | |
| | 7 | Pavón | | 0,50 | | | | |
| | 7 | Altamira | | 0,51 | | | | |
| Moya s.f | 5 - 7 y 9 | Atlántico | | 0,4 – 0,6 | 6 – 14 | 2 - 6 | 5 -10,5 | |
| Arce y Fonseca 2003 | 10 | Guanacaste | 93,4 | 0,53 | 6,96 | 3,35 | | |
| | | | 91,3 | 0,56 | 6,17 | 3,05 | | |
| Govaere <i>et al.</i> 2003 | 17 | Abangares | | 0,58 | 6,2 | 2,2 | 3,9 | 1/1,8 |

CH (%): Contenido de humedad, *PEB*: Peso específico básico, *CV (%)*: Contracción volumétrica, *CR(%)*: Contracción radial, *CT (%)*: Contracción tangencial, *CR/CT*: Razón de contracción.

Cuadro 1.2 . Propiedades mecánicas de la madera en Costa Rica.

| Fuente | Edad (años) | Lugar | Propiedades mecánicas | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------|--|------|--------|------|-----|-----|------|-------------|--------------|-----|------|
| | | | Flexión estática (kg/cm ²) | | | | | CP | CPG1 | Dureza (kg) | TLP extremos | TCM | |
| | | | ELP | MR | ME | TLP | TCM | | | | | | |
| Castro y Raigosa 2000 | 17 | Abangares | 345 | 767 | 99600 | 0,95 | 7,2 | 102 | 346 | 602 | 587 | 1,5 | 7,9 |
| Covaere <i>et al.</i> 2003 | 28 | Quepos | 753 | 1190 | 151000 | | | | | 536 | | 2,2 | 10,4 |

ELP: esfuerzo al límite proporcional, MR: módulo de ruptura, ME: módulo de elasticidad, TLP: trabajo al límite proporcional (kg-m/dm³), TCM: trabajo a la carga máxima), CP: cortante paralela en kg/cm², CPG1: compresión paralela en kg/cm², TLP: trabajo al límite proporcional kg-m/dm³, TCM: trabajo a la carga máxima kg-m/dm³.

Existen controversias sobre la calidad de la madera según la altura y el grosor del árbol; algunos investigadores no han encontrado diferencias en las características de la madera del duramen conforme aumenta la altura del árbol y hacia el exterior de la madera, mientras otros, determinaron diferencias marcadas en el peso específico de la médula hacia la corteza, lo cual puede traducirse en menor resistencia de la madera cerca de la médula. También se menciona que crecimientos muy acelerados al inicio pueden afectar negativamente la durabilidad.

También se ha originado discrepancias sobre la calidad de la madera de plantaciones y la de bosque natural. Se

afirma que las propiedades de la madera de plantaciones son menores a las mostradas en bosque natural, posiblemente debido a que se cortan los árboles a menor edad. Su durabilidad natural se ve reducida, es de un color más apagado, más clara y más uniforme, menos aceitosa a la vista y menos agradable al tacto.

Contrariamente, estudios recientes demuestran que la disminución del ciclo de corta no afecta las propiedades físicas, encontrándose características similares en densidad y resistencia en árboles de 13 a 21 años y de 55 y 65 años.

Estudios en Costa Rica con teca de diferentes sitios, han revelado que la madera procedente de la zona seca (Guanacaste) supera a la de zonas húmedas; tiene mayor lignina (31,3%), mayor cantidad de extractos totales (11,43%), contiene mayor cantidad de compuestos inorgánicos (4,86%) y solubilidades más altas en NaOH al 1%, en agua caliente y en agua fría, con valores de 14,02%, 4,86% y 3,03%

respectivamente. La composición química entre albura y duramen es muy semejante.

Plantaciones de teca de 5, 7 y 9 años, en la zona atlántica de Costa Rica, poseen una albura de 3,34 cm, 3,05 cm y 2,79 cm respectivamente, la médula presenta un diámetro que varía entre 0,8 y 1,5 cm y se mantiene casi constante a todo el largo del fuste y con la edad.

1.12 Bibliografía

Abarca, R; Blanco, ML; Solano, P. 2003a. Composición química de *Tectona grandis*. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 9 p. ISBN 9968- 9996-3-6. 1 disco compacto.

Altuve, LF. 1986. Estudio tecnológico exploratorio y promocional de la teca de aclareos (*Tectona grandis*). Mérida, Ven., Universidad de los Andes. 83 p. (Cuadernos Comodato ULA-MARNR. n° 11).

Arce, V. 2001. Relación albura-duramen y características físicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) en plantaciones de diez años con dos diferentes densidades de plantación en Playa Garza, Guanacaste. Práctica profesional supervisada, Heredia, CR, UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 36 p + 3 anexos.

Arce, V; Fonseca, W. 2003. Relación albura – duramen y características físicas de la madera de *Tectona grandis* L. f en plantaciones de diez años con diferente densidad de siembra, Guanacaste, Costa Rica. In Memoria de Seminario “La Industria de la Madera y Comercialización de Productos Forestales en Latinoamérica”, Heredia, CR, 9-10 y 11 de abril del 2003. Instituto de Investigación y

Servicios Forestales (UNA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (UCR). PP 125-133. ISBN 9968- 9996- 2- 8.

Betancur, C; Herrera, JF; Mejía, LC. 2000. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la teca (*Tectona grandis* L. f) de Puerto Libertador (Córdoba). Col., Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Col.) 53 (1) - 2000.

Blanco, ML; Stradi, B. 2003. Composición química de las especies de teca (*Tectona grandis* L. f) y melina (*Gmelina arborea* Roxb). In Memoria de Seminario “La Industria de la Madera y Comercialización de Productos Forestales en Latinoamérica”, Heredia, CR, 9-10 y 11 de abril del 2003. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (UNA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (UCR). PP 169-177. ISBN 9968- 9996- 2- 8.

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

Canessa, A. E. 1988. Resistencia a la pudrición en seis especies maderables de plantación. Cartago, CR, ITCR, Departamento de Ingeniería en maderas. 64 p.

Canessa, E; Sáenz, M. 2003. Biodeterioro y preservación de madera de Teca (*Tectona grandis*) de plantaciones de Guatemala, Costa Rica y Panamá. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 10 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Castro, CF. 1998. Propiedades tecnológicas de la madera de teca procedente de Colorado de Abangares. Tesis Licenciatura en Ingeniería Civil, UCR. San José, CR. 109 p.

Castro, F; Raigosa, J. 2000. Crecimiento y propiedades físicas de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f) de 17 años en San Joaquín de Abangares, Costa Rica. Agronomía Costarricense (CR): 24(2):7-23.

Govaere, G; Carpio, I; Cruz, L. 2003. Descripción anatómica y Propiedades físicas y mecánicas de *Tectona grandis*. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de

noviembre de 2003". Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 14 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Grupo Tecnología Apropriada. 1984. Árboles para leña y madera combinados con cultivos anuales. Panamá, GTA-RENARE/CATIE. 24 p.

Keogh, RM. 1979. El futuro de la teca en América Tropical; estudio sobre *Tectona grandis* en el Caribe, Centroamérica, Venezuela y Colombia. Unasyuva (It) 31(126):13-19.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Little, EL; Dixon, R. 1969. Árboles comunes de la Provincia de Esmeraldas: estudio de Preinversión para el Desarrollo Forestal Noroccidente. Informe Final, Roma, It., FAO Tomo IV. 53 p.

Moya, R. s.f. Características de la madera de teca (*Tectona grandis*) de 5, 7 y 9 años de edad creciendo en el atlántico de Costa Rica. (en línea). Consultado 21 feb. 2003. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/profesores/melinateca/congreso%20en%20nicaragua.pdf>.

Nathsuda, P. 1995. Dendrochronology with Teak. Thailand, Mahidol University, Bangkok 10700, Research, Faculty of Environment and Resource Studies.

Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef, SM. 1997. *Tectona L.* f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Pérez, LD; Kanninen, M. 2003. Hacia el manejo intensivo de la teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica. 11p.

Pérez, LD; Kanninen, M. 2003. Hacia el manejo intensivo de la Teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica. In Memoria del "Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003". Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 9 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Sarmiento, EM. 2002. Variaciones en las propiedades físicas, químicas, mecánicas y anatómicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica, causadas por el hongo *Rigidoporus sp* (Basidomicete). Tesis Maestría en Biología, UCR. San José, CR. 72 p.

Standisch, R. s.f. Teak story. (en línea). Consultado 13 feb. 2003. Disponible en http://www.orgatechomegalux.com/orgatech_59.htm

Torres, LA; Silverborg, S. 1972. Estudio sobre la durabilidad natural de la teca (*Tectona grandis* L. f) mediante ensayos acelerados de "soil-blocks" en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales en Mérida, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) 41-42:63-70.

Universidad de Costa Rica - Laboratorio de Productos Forestales (LPF). 1979. Propiedades y uso de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f) creciendo en Quepos, Costa Rica. San José, CR. 8 p.

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven., Ficha técnica n° 28. 30 p.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Webb, BD. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 275 p.

1.13 Uso en sistemas agroforestales

En casi todas las plantaciones en Java, las plántulas de la teca son plantadas como parte de un programa de agroforestería, se cultiva el arroz para que los agricultores locales puedan obtener un ingreso durante los años iniciales y a menudo también con *Leucaena leucocephala*.

En la india las plantaciones de teca resultaron muy remunerativas al establecerlas con cacahuete y soya. La Cúrcuma (*Curcuma longa* L) una fuente de condimento y agente colorante fue cultivada con éxito en plantaciones de 2 años. Otros cultivos fueron maíz, algodón y jengibre. En Trinidad, antes de 1962, se utilizó el sistema Taungya con cosechas anuales de arroz y maíz.

También teca se combina con *Dalbergia latifolia* (palo rosa) y *Swietenia macrophylla* (caoba) y con especies hortícolas como *Mangifera indica* (mango), *Carica papaya* (papaya) y *Psidium guajava* (guayaba).

En Tailandia, el proyecto “Save the Children”, fomentó la plantación de teca como parte de una estrategia de generación de ingresos a mediano y largo plazo y que no obligara a los agricultores a renunciar a las actividades inmediatas. Se combinaron así cultivos anuales, árboles frutales y especies arbóreas de uso múltiple y de crecimiento rápido, lográndose bajo este sistema hasta \$6480 más en un periodo de 10 años.

En Centro y Sur América, se ha cultivado con combinación con banano y con cultivos alimenticios tradicionales, durante un período de 2 o más años.

Trabajos de modelación en fincas ganaderas degradadas en Costa Rica, demuestran que la teca plantada en los linderos genera un ingreso adicional y es la opción más viable para maximizar los ingresos, mientras que el

establecimiento de plantaciones puras para luego usarlas en pastoreo parece ser una alternativa atractiva si el precio de la madera sube en un 10%. Los espaciamientos bajo este sistema han variado de los 2 m x 2 m hasta 5,33 m x 5,33 m.

1.14 Uso recomendado de la madera

La madera de teca por su solidez, resistencia, tabajabilidad y calidades estéticas, es la madera tropical más solicitada, es considerada una de las más valiosas y apetecidas del mundo para el mercado específico de aplicaciones suntuarias como mueblería, componentes decorativos, construcciones navales. Se le atribuyen además gran de variedad usos: en puentes, durmientes de ferrocarril, muebles internos y externos, carpintería en general, enchapado y contraenchapado, madera para parket, construcción de muelles o atracaderos, compuertas en agua dulce, pisos expuestos al tránsito de peatones, para postes de líneas de transmisión eléctrica y de cerca, instrumentos musicales, juguetes y es excelente para la fabricación de barriles para guardar productos químicos.

La madera inmadura en rollo extraída por medio de raleos de las plantaciones está siendo utilizada como postes y para madera laminada, puertas, pisos y otros productos.

El mobiliario de teca es usualmente clásico y sencillo en diseño, pero la apariencia natural de la madera se presta para diseños que sutilmente se mezclan con el paisaje y la arquitectura circundantes, por esta razón, en los últimos 10 años, los diseñadores y arquitectos se han enterado más de la versatilidad y durabilidad del mobiliario externo, aumentando el rango de estilos (aerodinámicos y contemporáneos), compitiendo en el mercado.

Otros usos

Estudios preliminares en la India mostraron rendimientos buenos para pulpa y con fortaleza apropiada para producir papel para envolver y escribir. De la corteza se extrae entre 8,3% y 15,6% de ácido oxálico, una sustancia utilizada industrialmente, además, de la corteza y hojas se obtienen taninos y las hojas secas se procesan para obtener fibra para el ganado ovino.

El aserrín de madera de la teca es utilizado como un incienso en Java. Una pasta del polvo de madera ha sido usada contra los dolores de cabeza, tumores y dermatitis.

La madera chamuscada remojada en jugo de la amapola se utiliza para hacer en una pasta que se usó para aliviar el tumor de párpados. El aceite de la madera ha sido utilizado como un tónico para el cabello. Las hojas se usan en Tailandia para envolver carne, para extraer tintes y hasta para fármacos.

También se puede extraer lignina y la vainillina. La vainillina se utiliza como saborizante en la industria alimenticia, en comidas y bebidas por la gran aceptación de su excelente sabor y aroma, principalmente en las industrias de helados, confiterías, reposterías. En la industria farmacéutica, es un componente de gran consumo que se utiliza principalmente como agente saborizante o como precursor de drogas como la L-Dopa (que se utiliza como tratamiento para el mal de Parkinson), el Aldomet y la dopamina.

Las flores se usan para tratar bronquitis y desórdenes urinarios. Las flores y

semillas son consideradas diuréticos. eficaces contra la tuberculosis
Los extractos de hojas pueden ser microbacteriana.

1.15 Bibliografía

Balooni, K. 2000. Programas de inversión en plantaciones de teca: perspectiva desde la India. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Botero, J; Ibrahim, M; Bouman, B; Andrade, H; Camargo, JC. s.f. Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo. Revista Agroforestería en las Américas. (en línea). Consultado 6 mar.2003. Disponible en http://www.catie.ac.cr/información/RAFA/rev23/nbote_1.htm#materiales

Castro, F; Raigosa, J. 2000. Crecimiento y propiedades físicas de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f) de 17 años en San Joaquín de Abangares, Costa Rica. Agronomía Costarricense (CR): 24(2):7-23.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

Chable, AC. 1967. Reforestation in the republic of Honduras Central América. Ceiba. (Hond) 13(2):1-56.

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

Cozzo, D. 1976. Tecnología de la reforestación en Argentina y América Latina. Buenos Aires, Arg., Hemisferio Sur. 610 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes 55).

Flinta, MC. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, It., FAO. 499 p. (Colección FAO: Montes nº 13, FAO: Cuadernos de Fomento Forestal nº 15).

Keogh, RM. 1979. El futuro de la teca en América Tropical; estudio sobre *Tectona grandis* en el Caribe, Centroamérica, Venezuela y Colombia. *Unasyuva* (It) 31(126):13-19.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. *Unasyuva* (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Little, EL; Dixon, R. 1969. Árboles comunes de la Provincia de Esmeraldas: estudio de Preinversión para el Desarrollo Forestal Noroccidente. Informe Final, Roma, It., FAO Tomo IV. 53 p.

Magini, E; Tulstrup, N P. 1968. Notas sobre semillas forestales. Yugoslavia, FAO. Cuaderno de Fomento Forestal nº 5. 370 p.

Maldonado, G; Louppe, D. 2000. Desafíos para la teca en Côte d'Ivoire. *Unasyuva* (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Mittelman, A. 2000. Plantación de teca por pequeños productores en Nakhon Sawan, Tailandia. *Unasyuva* (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Moore, D. s.f. The formation of teak (*Tectona grandis*) plantations by the group planting systems. In World Forestry Congress (6. 1966. Madrid, España). Proceedings. s.n.t. p. 2530-2534.

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. *Unasyuva* (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It., FAO. 334 p. (Colección FAO-Cuaderno de Fomento Forestal nº 8).

Peña, M. 1981. La teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Departamento de Investigación Forestal, Dirección General Forestal, San José, CR. Informe Divulgativo n° 34. 18 p.

Phengkhai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , SM. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Raets, GH. 1964. Informe preliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* L. f en la estación de Barinitas, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) (14):29-40.

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven. 30 p. (Ficha técnica n° 28).

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

CAPÍTULO 2. ESTABLECIMIENTO

2.1 Selección de fuentes semilleras – orígenes - variedades

La gran diversidad de condiciones ambientales dentro de la zona de distribución natural hace suponer que probablemente exista alta variabilidad genética entre las procedencias. Además, el prolongado cultivo en regiones fuera de su origen (Java, Indonesia) sugiere la posible existencia de variedades nativas adaptadas a las regiones en que se ha introducido.

En estudios de variedades procedentes de la India, Birmania, Java y Tailandia, se encontró que las mejores razas son respectivamente las de Tailandia y Birmania, y después las de Java. La teca de India resultó de inferior calidad cuando se cultiva en regiones fértiles y húmedas, pero puede resultar la más adecuada para el cultivo en zonas secas.

En Trinidad, la teca fue importada de Tenasserim en la baja Birmania en 1913. Posteriormente, en 1930 se estableció un ensayo con semilla de Travancore en el sur de la India, con resultados inferiores a la procedencia de

Tenasserim, en lo referente a la forma y al crecimiento. Por lo tanto, de estas parcelas no se hicieron recolecciones de semilla.

A partir de 1918, las plantaciones se establecieron con semilla de los árboles importados en 1913. De esa forma se fue mejorando la calidad genética con la eliminación de los árboles mal formados y en 1960 se demarcaron las masas semilleras en plantaciones mayores de 25 años con 200 o 250 árboles/ha.

En Ceilán (actualmente Sri Lanka), la semilla procedente de Tailandia ha producido árboles de mejor forma y fuste más recto que la semilla de la India, que ha dado árboles con ramas numerosas.

La procedencia de Tenasserim - Trinidad es considerada como la más importante y ha sido ampliamente distribuida en México, América Central, el Caribe, Venezuela y Colombia. También se identifica otra estirpe de importancia, la denominada “Ceilán-Panamá (Sri Lanka-Panamá)”. De esta procedencia se ha enviado semilla a

Honolulu, Ecuador, Brasil, Florida y Liberia, en los Estados Unidos, Costa Rica, Perú, México, El Salvador y Nicaragua.

Estudios en plantaciones en donde se ha observado deformación del tronco han revelado que la rectitud depende en gran medida de la procedencia y por lo tanto se hereda genéticamente.

La característica más importante que determina el valor de los troncos de teca es la longitud recta del mismo, que está determinada por la edad a la cual ocurre la primera floración. La floración sobreviene como respuesta a señales ambientales y el brote terminal va seguido por el inicio de la ramificación.

En Costa Rica, el Centro Agrícola Cantonal de Hojanha (CACH), inició el establecimiento de varios rodales semilleros y los ha venido manejando, creó el banco de semillas forestales y es el líder en el abastecimiento de semillas. Para 1999 había seleccionado 36 árboles plus en la península de Nicoya y estableció un ensayo de 25 familias (árboles plus), posteriormente

seleccionó más árboles ampliando la base genética a 45 árboles.

Actualmente el CACH trabaja en el establecimiento de los primeros huertos semilleros por medio de injertos del tipo lateral de doble contacto. En la primera evaluación de estos huertos, realizada a los 9 meses de edad, el 50% de la familias superó al testigo en un 21% para el incremento en diámetro y en 14,5% para la calidad.

Otra empresa, Macori (Precious Woods de Costa Rica), lidera la reforestación clonal. A este proceso se unió la empresa Costamadera S. A; ubicada en la zona de Upala, Costa Rica, desarrollando un programa de mejoramiento genético con la selección de 109 clones en un área de 53 ha en plantaciones de 4,5 años.

Actualmente Costamadera S. A. ha desarrollado y/o adaptado una tecnología de reproducción vegetativa masiva, logrando hasta un 85% de éxito en la fase de enraizamiento y una capacidad de suplir clones para plantar 5 hectáreas por mes.

A finales del 2001 se fundó el grupo GENFORES, compuesto por empresarios con mayor experiencia en el mejoramiento y conservación genética clonal y, dos años después logran establecer 218 árboles semilleros, un 80% en jardines clonales comerciales.

2.2 Características más importantes de la semilla

Los frutos maduran en Costa Rica de noviembre a enero y se recolectan de diciembre a febrero.

En Nigeria y en muchas otras partes, la producción de semilla se inicia después del quinto año, los frutos que se colectan, son secados y almacenados en sacos de yute en cuartos bien ventilados, en donde permanecen viables por dos años. La excesiva humedad atmosférica y el alto contenido de humedad de la semilla acortan el periodo de almacenamiento.

Tectona posee entre 800 y 2000 semillas/kg y pueden almacenarse en seco a 4 °C y la viabilidad es de 2 años. Un fruto usualmente produce varias semillas (generalmente 2). En semillas

frescas se reporta un porcentaje de germinación de 10 a 80 %, normalmente entre 60 a 80 %, después de un año de almacenamiento baja a un 15%. La germinación es epígea y comienza entre los 10 y 12 días después de la siembra sin ningún tratamiento.

Actualmente varios bancos de semillas (CATIE, Centro Agrícola Cantonal de Hojancha), ambos en Costa Rica, banco del ESNACIFOR (Honduras), banco CMG, banco DGRNR/CEDEFOR y el banco INAB/BANSEFOR, ponen a disposición semilla de la especie con precios que van desde US\$8,0/kg a US\$20,0/kg, con las siguientes características:

- Semillas viables/kg = 700 -1200
- % de germinación = 50 – 86
- % de pureza = 90 – 100
- % de humedad = 5 - 11,3
- Número de fuentes semilleras = de 1 a 5

También el CATIE ha desarrollado estudios con la semilla de teca, poniendo en servicio la semilla pretratada que tiene las siguientes ventajas:

- Menor peso y volumen de

transporte, ahorrándose hasta un 30% del costo del transporte.

- Hasta un 90% de germinación.
- Hasta 1800 frutos por kilogramo.
- Hasta 2200 plantas útiles para trasplante por kilogramo.
- No requiere tratamiento antes de la siembra, ahorrándose hasta 15 días de producción.
- Menor tiempo de germinación (6 a 20 días).
- Plantas más homogéneas en vivero.
- Ahorro de hasta el 17% en el costo de la semilla.
- Autorizada por la Oficina Nacional de Semillas de Costa Rica.

Estudios en la India han demostrado que: a) la semilla de sitios húmedos es de mejor calidad que la de lugares secos, b) la altura máxima alcanzada por los árboles está más relacionada con la calidad del sitio que con la semilla y c) la dormancia de las semillas es influenciada por un inhibidor soluble en agua que se encuentra en el mesocarpio.

Para mejorar y uniformizar el porcentaje de germinación se han utilizado varios tratamientos, en el Cuadro 2.1 se citan algunos de ellos.

El proceso de mojado y secado alterno puede hacerse extendiendo las semillas en plásticos de polietileno, o bien, sobre los bancales de germinación.

2.3 Producción de plántulas y repoblación artificial

La plantación artificial de teca puede hacerse por varias formas: por reproducción sexual (utilizando semillas) o por reproducción asexual o vegetativa (a través de tocones y esquejes enraizados, cultivo de tejidos e injertos).

La siembra directa de semillas en el campo es el método más antiguo, pero presenta alta mortalidad y poco crecimiento. Con la reproducción a través de semillas, mediante trasplante a bolsas o envases se produce plantas con un sistema radical apropiado en corto tiempo.

Cuadro 2.1: Tratamientos utilizados para aumentar el porcentaje y uniformizar la germinación.

| Fuente | Tratamiento |
|--|---|
| Bhargava y Khalatkar s.f. | Irradiación gama en semilla pura con dosis inferiores a 1,2 kr/mim, mejoró la germinación y produjo mayor cantidad de hojas y ramas y el crecimiento de la planta. |
| Agboola 1998, FAO 1975 | <ul style="list-style-type: none"> - Soluciones salinas al 0,2 molar (Sulfato sódico (Na₂SO₄), Permanganato potásico (KmNO₄), Cloruro de sodio (NaCl), ha sido exitoso sumergiendo la semilla por 36 horas. - Remojo H₂SO₄ concentrado durante 20-30 minutos. |
| CATIE 1986, Vásquez 1992, Bauer 1982, Trujillo, s.f., FAO 1975, Phengkklai <i>et al.</i> 1997, Lemckert 1980, Magini y Tulstrup 1968, CAB 2000, Weaver 1993 Parry 1957, Flinta 1960 y Laurie 1975 Gutiérrez 2003 | <ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en agua por períodos de 24 - 72 horas ó 24 - 48 horas. - Inmersión en agua con secado alterno en períodos de 24 horas, repitiendo el proceso por una o dos semanas o ciclos similares. - Inmersión en agua por la noche y secado al sol. - Remojo alterno en agua fría y tibia por 24 horas. - Mojado y secado alterno por 15 días. - Extender la semilla al voleo en el semillero y sin protegerla, manteniendo humedad constante y se deja secar al sol, repetir el procedimiento hasta que inicie la germinación, posteriormente se pone un poco de sombra. - Sumergir las semillas en agua corriente o en recipientes, cambiando el agua y removiendo las semillas durante 4 días. Después, sobre un plástico se coloca una capa de 3 cm de arena de río fina y lavada, se esparcen las semillas sobre la arena, cubriéndolas con un cm de arena, se satura la arena de agua y se cubre con un plástico negro, luego se cierra herméticamente para evitar escape de humedad. Dejar una semana tapado, a la semana se destapa y se extraen las semillas germinadas, el germinador se vuelve a tapar y se revisa cada tres días hasta por tres semanas. Después de este tiempo, se rechaza el resto de semillas sin germinar. |

La reproducción vegetativa a través de tocones y esquejes presenta varias ventajas: se pueden producir cuando se necesiten, se transportan a distancias considerables sin producir mortalidad, se planta con mayor facilidad y rapidez, el crecimiento posterior a la siembra es más rápido y vigoroso. El uso de auxinas (ácidos indol-butírico, indol-acético e indol-propiónico) ha mostrado mucha efectividad en la formación de raíces.

La reproducción asexual (clonal) está tomando mucho auge en Costa Rica, empresas como Precious Woods de Costa Rica, Costamadera S. A; Flor y Fauna S.A, han desarrollado mucha tecnología en esta dirección.

Reproducción sexual

La producción de plántulas a partir de semillas produce mucha variabilidad de crecimiento, mientras que con el uso material vegetativo (tocones y esquejes) se obtiene material uniforme y de calidad.

Las semillas se ponen a germinar en un bancal o germinador (Foto 2.1), para luego repicar o transplantar a recipientes

o potes (bolsas plásticas, tubos de cartón, tubets plásticos (para almácigos forestales), jiffy pellets (de 5 cm de diámetro por 10 cm de alto) (Fotos 2.2, 2.3). Una vez extraídas las plántulas del germinador, se lavan y se sumergen en un plato con agua mezclada con un fungicida sistémico. El transplante se



Foto 2.1. Semillero o cama de germinación (Precious Woods)



Foto 2.2. Producción en bolsa (Precious Woods)

realiza cuando las plantitas tienen raíces secundarias formadas, que se da generalmente cuando aparecen de 2 a 4 hojas verdaderas (Foto 2.4), luego debe colocarse sombra durante los primeros 15 días. Si se utiliza semilla pretratada y primeros 15 días. Si se utiliza semilla pretratada y con un alto porcentaje de germinación, la siembra puede hacerse directamente en el recipiente.



Foto 2.3. Producción en bolsa (E. Gutiérrez)



Foto 2.4. Repique de plántulas (E. Gutiérrez)

El uso de pseudoestacas no es recomendable porque se produce demasiado daño al sistema radicular y un lento prendimiento de las plántulas en el campo; así como alta probabilidad de que las raíces sean invadidas por insectos y hongos, traduciéndose en mayores costos por resiembra y mantenimiento de la plantación y un largo periodo de estadía en el vivero. En Costa Rica se han observado daños en la médula, cerca de la base, en árboles cortados en los primeros raleos, atribuidos al uso de pseudoestacas (Fotos 2.5).



Foto 2.5. Daño atribuido al uso de pseudoestaca (Precious Woods)

Actualmente se está utilizando para la producción plántulas de teca y de otras especies, tubos de cartón, tubets plásticos (bandejas) y jiffy pellets; con los tres sistemas se logran plantas sanas, con una excelente razón entre la masa radicular y la masa foliar, además de otras ventajas como:

- Un ciclo de vivero corto, relativamente fácil a programar.
- El vivero puede ubicarse en la misma finca.
- Las plantas son fácilmente transportadas.
- Disminuye las pérdidas de semilla y de plantas.
- Óptimo desarrollo del sistema radicular.

- Se requiere de poca infraestructura y de poca área para establecer el vivero.
- Alta sobrevivencia en plantación (mayor al 95%).
- Alto rendimiento por hectárea en el establecimiento de la plantación.

Producción en tubos de cartón y tubets plásticos:

son llenados con un suelo alto en materia orgánica pero bajo en nitrógeno mineralizado. Un sustrato puede ser: 60-70% de suelo orgánico, 12 - 30% de materia orgánica), 10-15% de granza de arroz. Si el suelo contiene 5 o menos cmol (Ca)/l agregue cal para que la mezcla contenga de 10 a 12 cmol (Ca)/l. No se aplica nitrógeno porque aumenta la tasa de descomposición del tubo de cartón.

Al inicio los almácigos deben ser protegidos de las lluvias fuertes con un plástico, cedazo o sarán de 30%. Cuando se utiliza sarán hay que removerlo durante el día para que las plantas puedan recibir sol.

Producción en jiffy pellets. Los pellets de Jiffy utilizan un medio de turba conocido como *Peat Moss* de la variedad *Sphagnum*,

con un porcentaje de fibra de madera para permitirle longevidad a la forma del recipiente durante su manejo en el vivero. Los pellets vienen empacados en bandejas plásticas de 140 *pellets* cada uno y se acomodan en una bandeja de vivero con la capacidad de 280 *pellets* Jiffy cada una. Para expandirlos puede hacerse de tres formas: por aspersión con una regadera manual, por micro aspersión con sistema de riego y por inmersión de los *pellets* en una capa de agua poco profunda.

Las bandejas con *tubets* o *pellets* son acomodadas sobre un marco colocado entre 30 y 50 cm del suelo para permitir el drenaje y la autopoda de las raíces. Los *pellets* pierden humedad rápidamente y deben ser regados una o dos veces al día para promover la germinación. Cuando las plántulas emergen, se puede reducir el riego hasta una vez por día para evitar el riesgo de daño por hongos.

La protección de las plántulas contra las fuertes lluvias siempre es importante durante los primeros días.

Las plantas de teca producidas bajo este sistema están listas para llevar al campo en

tres semanas después del trasplante (Fotos 2.3, 2.6).



Foto 2.6. Tamaño de planta óptimo para llevar al campo (E. Gutiérrez)

Reproducción asexual

Los métodos adecuados de propagación vegetativa son indispensables para el establecimiento a gran escala de plantaciones con árboles superiores. El cultivo del tejido fino a escala experimental ha mostrado resultados promisorios, pero es necesaria más investigación, especialmente en el comportamiento de los árboles que han resultado de esta forma de reproducción.

Experiencias con éxito en reproducción por cultivo de tejidos señalan que las raíces ocurren después de dos meses de

poner los explantes en un medio de cultivo, también se ha encontrado que los propágulos de teca plantados en maceta poseen una sobrevivencia más alta (86,4%) que las plantas enraizadas y establecidas a raíz desnuda, además presentan mayor crecimiento inicial.

Puede emplearse la reproducción vegetativa a través de injertos, en este caso, los mejores resultados los ha dado los de tipo escudete. Con material obtenido a través del injerto de escudete se establecieron huertos semilleros clonales a finales de los 60s e inicios de los 70s en Tailandia y la India. Utilizando el injerto de corteza con yema sobre árboles elegidos se logró el 80% de éxito, con un crecimiento de 1,8 m en altura al final de la primera etapa de crecimiento. También se han usado injertos de yemas en troncos en los huertos iniciales de semillas, con una sobrevivencia de 20 a 80%.

Cuando se utiliza el método de los rebrotes, los mismos aparecen después de 2 o 3 semanas de cortado el árbol. El proceso inicia con la selección de los árboles plus, tomando criterios como: rectitud, ángulo y grosor de las ramas,

bifurcaciones, altura total, sanidad y grano en espiral.

Para propagar un árbol adulto de teca, el método más eficiente a la fecha es la corta del individuo y cosechar posteriormente los brotes. Los brotes vigorosos y sanos deben cortarse con una podadora de mano, con un largo de 20 cm medidos desde el ápice.

Otra opción utilizada por la empresa BARCA S. A. en la zona del Pacífico Central del país (Parrita y Quepos), es la de cortar la rama más baja posible, cortarla en segmentos de 75 cm de largo y sembrarlas en camas de arena dentro de un invernadero.

Para lograr un buen enraizamiento de los rebrotes (**Foto 2.7**) es necesario reducir la actividad fotosintética, mantener una humedad relativa alta (mayor a 80%) y una temperatura ambiental entre 30 y 35 °C.

El sustrato utilizado para el enraizamiento debe tener la capacidad de retener la humedad: tierra con arena (50:50), o una mezcla de tierra (60 - 70), materia orgánica (20 - 30%) y



Foto 2.7. Reproducción vegetativa de teca (Precious Woods)

granza de arroz (0 a 15%).

El *pellet* de *jiffy* ha dado buenos resultados para el enraizamiento de *Tectona*.

2.4 Fertilización en vivero

El éxito logrado en la plantación depende, entre otras cosas, de la calidad de material obtenido del vivero. Con el fin de disminuir el tiempo de estadía de la planta en el vivero, mejorar su color y vigor, se recurre normalmente al uso de fertilizantes y más recientemente se están utilizando los abonos orgánicos.

Resultados de diferentes estudios han demostrado que niveles altos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mejoran el color, vigor y el crecimiento de los arbolitos, así mismo, se determinaron deficiencias de elementos como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). La mayor disponibilidad de N y P incrementó la absorción de N, P, Ca y Mg. En general, se recomienda la adición de 0,7 gr/planta de nitrógeno (sulfato de amonio) y 0,4 gr/planta de fósforo (triple superfosfato), aplicados de manera que no toque la raíz para no producir quema. También se usan fertilizantes líquidos, aplicados por aspersión o por goteo, una o dos veces por semana.

Además, la inoculación del suelo en el invernadero con micorrizas vesículo arbusculares produce incrementos en las plantas de teca, dando mejores resultados con el hongo *Glomus manihotis*.

2.5 Bibliografía

Alvarado, A. 2003. Escogencia de tierras y manejo de nutrición en plantaciones tropicales. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Agboola, D. 1998. Effect of saline solutions and salt stress on seed germination of some tropical forest tree species. (en línea). Consultado 23 feb. 2003. Disponible en <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/46-4/agboola.htm>

Bandara K, MA. 1997. Teak second rotation establishment experiment in dry zone of sri lanka. Forestry Symposium 1997. (en línea). Consultado 23 feb. 2003. Disponible en <http://ybiol.tripod.com/forest/sympo/9741band.htm>

Bauer, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras; resúmenes. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR-CATIE. 42 p.

Beard, J. 1943. The importance of race in teak, *Tectona grandis*. Caribbean Forester (PR) 4(3):135-139.

Bhargava, YR; Khalatkar, AS. s.f. Improved performance of *Tectona grandis* seeds with gamma irradiation. (en línea). ISHS Acta Horticulturae 215: Seed Research in Horticulture. Consultado 21 feb. 2003. Disponible en http://www.actahort.org/books/215/215_7.htm

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 2002?. Base de datos de semillas. (en línea). Consultado 6 mar. 2003. Disponible en <http://www.catie.ac.cr./proyectos/profesor/base/cons.asp>

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 2002? b. Semilla de teca (*Tectona grandis*) pretratada. (en línea). Consultado 6 mar. 2003. Disponible en <http://www.catie.ac.cr/información/rfca/rev35/pagina56/pdftratada>.

Carter, CJ. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. *Caribbean Forester* (PR) 2 (4):147-153.

Chalmers, WS. 1962. The breeding of pine and teak in Trinidad; some early observations. *Caribbean Forester* (PR)23(2):100-111.

Contreras, RV. 1996. Determinación del efecto de tropofisis en el enraizamiento de estacas de teca: *Tectona grandis*. In Memoria del IV Taller de investigación forestal y agroforestal. Guácimo, Limón, CR, 9-11 de diciembre de 1996. pp 35-37.

Enters, T. 2000. Terrenos, tecnología y productividad de las plantaciones de teca en Asia sudoriental. *Unasyuva* (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1975. Catálogo de semillas forestales. Roma, Italia, FAO. 283 p.

____ (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes 55).

Flinta, MC. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, It., FAO. 499 p. (Colección FAO: Montes nº 13, FAO: Cuadernos de Fomento Forestal nº 15).

Gupta, BN; Pattanath, PG. 1975. Factors affecting germination behavior of teak seeds of eighteen Indian origins. *Indian Forester*. 101(10):584-586.

Gutiérrez, E. 2003 Sistema para producción de teca (*Tectona grandis*). In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. ISBN 9968- 9996- 3- 6. 1 disco compacto.

Hassan, MN; Dey, NB. 1979. Studies on the nutritional requirements of forest trees optimum NPK doses tead seedlings. For. Rev. Inst., Chittagang, Blangladesh. 6 p.

Kaul, ON. 1972. Diagnosis of mineral deficiencias in teak (*Tectona grandis*) seedlings. Indian Forester (India) 98(3):173-177.

Keogh, R M. 1980. Teca (*Tectona grandis* Linn. f), crecimiento del volumen y prácticas de raleo en el Caribe, Centro América, Venezuela y Colombia. In Simposio IUFRO/MAB/Forest Service, Producción de madera en los Neotrópicos por medio de plantaciones (1980, Río Piedras, PR). Actas Redactadas por J.L. Whitmore. Río Piedras, Instituto Nacional Forestal. p. 62-75.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Laurie, MJ. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma, It., FAO. 203 p. (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal n° 19).

Lemckert, JD. 1980. Instalación y manejo de viveros forestales. San José, CR, EUNED. 105 p. (Serie de Educación Ambiental n° 2).

Luján, R. 1994. Manejo y crecimiento de linderos: Resultados de ensayos del proyecto Agroforestal CATIE/GTZ de tres especies maderables en la zona de Talamanca. Turrialba, CR. 94 p. Serie Técnica Informativa n° 224).

Magini, E; Tulstrup, NP. 1968. Notas sobre semillas forestales. Yugoslavia, FAO. Cuaderno de Fomento Forestal n° 5. 370 p.

Mahaphol, S. 1954. Teak in Thailand, Bangkok, Thailand, Ministry of Agriculture, Royal Forest Departament. n° R.16. 30 p.

Maun, MN. 1977. Survival and growth of four reforestation species applied with slow-release tablet fertilizer. *Philippines Silvatrop* 2(3):219-222.

Murillo, O; Badilla, Y. 2003. Potencial de mejoramiento genético de la teca en Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26, 27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 9 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Murillo, O; Badilla, Y. 2003. Propagación vegetativa de la teca en Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26, 27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 17 p. ISBN 9968-9996- 3-6 . 1 disco compacto.

Murillo, O; Rojas, JL; Badilla, Y. 2003. Reforestación clonal. 2 ed. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica., 36 p.

Nair, CTS ; Souvannavong, O. 2000. Nuevos temas de investigación en la ordenación de la teca. *Unasyuva (It)*: 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Nwoboshi, L. 1973. The effects of potassium supply on growth and nutrient composition of teak (*Tectona grandis*) seedlings. *Colloquim International Potash Institute Akidjan*. 513 p.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It, FAO. 334 p. (Colección FAO-Cuaderno de Fomento Forestal nº 8).

Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , SM. 1997. *Tectona L.* f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Picado, W. 1997. La teca en plantación. In Seminario “Teca: Mitos y realidades. San José, CR, 31 de julio y 1 de agosto de 1997. 16 p.

Raets, GH. 1964. Informe preliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* L. f en la estación de Barinitas, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) (14):29-40.

Rojas R, I. 1992. Efecto de la mocorización sobre el crecimiento de tres especies forestales en dos suelos de Guanacaste, Costa Rica. Tesis MsC, Universidad de Costa Rica. San José, CR. 73 p.

Ranasinghe, DM; Berlyn, GM. s.f. Vegetative propagation of *Tectona grandis* (Teak) by tissue culture. (en línea). Consultado 2 jun. 2003. Disponible en <http://ybiol.tripod.com/forest/sympo/9614rana.htm>

Sundralingam, P. 1982. Some preliminary on the fertilizer requeriments of teak. The Malaysian Forester (Malasia) 45(3):361-366.

Trujillo, N. s.f. Información básica y tratamientos pregerminativos en semillas forestales. Col., Ministerio de Agricultura, Subgerencia de Bosques, División de Fomento Forestal. 29 p.

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Venezuela. Ficha técnica N° 28. 30 p.

Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical. Trad. IUFRO-SPDC Texbook Proyect n°3. EEUU, USDA. 603 p.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Webb, BD. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres. G.B., Overseas Development Administration. 275 p.

2.6 Selección del sitio de plantación

Para cualquier cultivo, la selección del sitio es uno de los factores de suma importancia si se desea tener éxito. Las características ambientales (precipitación, temperatura, humedad relativa, horas luz, velocidad del viento) y los factores edáficos (fertilidad, textura, profundidad, drenaje), influyen sobre la calidad de la madera y en el crecimiento potencial de la especie. Si no se reconocen las restricciones de los sitios y los límites de adaptabilidad de las especies arbóreas los fracasos son comunes y a menudo grandes.

La selección incorrecta de especies continúa produciendo muchos fracasos en las plantaciones de los trópicos porque los encargados no toman en cuenta el clima y los patrones del suelo y la degradación del sitio causada por las prácticas previas de cultivo, pastoreo o incendios.

En el caso de la teca, debe tenerse presente los factores limitantes de la especie (**Capítulo 1, sección 1.9, Factores limitantes**), para reducir costos y obtener buenos crecimientos, un estudio detallado de suelos es fundamental para evitar problemas a futuro.

2.7 Preparación del suelo

Existen varios métodos y combinaciones entre ellos, que se utilizan para preparar el sitio en donde se establecerá la plantación; la elección del mismo depende de las condiciones del sitio y de los recursos disponibles para esta labor.

Normalmente se inicia con una limpia o chapia general, eliminando toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos, troncos y árboles sin valor comercial o para la fauna (**Foto 2.8**). Algunos terrenos con cultivos o pastos recién abandonados no requieren de esta labor. Dependiendo del tipo de vegetación y de la topografía del terreno, la limpia inicial puede hacerse manual, mecánica o combinada.



Foto 2.8. Preparación inicial del sitio (Precious Woods)

El uso del fuego, después de la limpia, es muy común porque resulta muy económico, sin embargo, no se considera como una buena práctica, aunque facilita las labores de plantación, controla la competencia y libera nutrientes.

Cuando las condiciones del sitio lo permitan y existan recursos suficientes, puede ararse el terreno. En suelos muy compactados es recomendable el subsoleo, labor que se realiza en la época seca. Los huecos profundos (45 cm) aumentan la sobrevivencia y el crecimiento de la planta. Cuando las plántulas son producidas en pellets jiffy, el uso del tubo plantador *pottiputki* (Foto 2.9) para establecer la plantación genera mucho rendimiento por hectárea.



Foto 2.9. Tubo plantador (E. Gutiérrez)

2.8 Densidad de la plantación

La manipulación de la espesura es el medio más eficiente de que dispone el silvicultor para lograr los objetivos del manejo de plantaciones forestales. El nivel de espesura (ocupación) del rodal afecta una serie de atributos del mismo, tales como su diámetro medio, volumen, conicidad media, longitud media de copa, tamaño de ramas, vigor de los árboles y longitud de la rotación. A la vez, estos atributos afectan la cantidad y calidad de la madera producida y por ende su valor comercial. Asimismo, el vigor del rodal y su resistencia a plagas y enfermedades también dependen del nivel de espesura. La elección de un régimen de espesura, es por tanto, una decisión crítica de la cual depende la consecución de los objetivos del manejo.

El buen precio de la madera de teca en el mercado internacional ha promovido el establecimiento y manejo de plantaciones para producir madera para aserrío, utilizándose espaciamientos de 3,0 x 3,0 m, esto favorece el establecimiento de un sotobosque que protege el suelo, evitando la realización de raleos muy tempranos, baja los

costos de establecimiento y, además, mejora el crecimiento.

En Costa Rica, la mayoría de las especies fueron establecidas a 3,0 x 3,0 m, pero recientemente este espaciamiento está aumentado para bajar costos de establecimiento y para hacer menos raleos, tomando también en cuenta los avances en mejora genética y con el empleo de técnicas de manejo más oportunas. Considerando que la teca tiene buena forma natural y que las altas densidades pierden el sotobosque y se erosiona el suelo, se recomienda distanciamientos de 3,5 m x 3,5 m.

2.9 Técnicas de plantación

La plantación puede hacerse manual o utilizando cierto grado de mecanización. La planta debe enterrarse derecha y hasta el cuello de la raíz y aprisionarse para que no queden espacios con aire en la zona de las raíces. La época recomendada para establecer la

plantación es durante la época lluviosa. La resiembra se justifica cuando la sobrevivencia es menor al 80%, y debe hacerse máximo un mes después de la plantación.

La especie fue plantada originalmente en Trinidad mezclada con otras especies, posteriormente, se decidió establecerla como plantación pura ya que las otras especies usadas fallaron o fueron dominadas por la teca. Generalmente, se planta después de una corta total, seguido de plantación artificial pura, pues la teca es exigente de luz y no admite competencia.

No se recomienda establecer plantaciones densas en terrenos de alta pendiente debido a que la sombra y las hojas caídas eliminan la vegetación del sotobosque. También, las hojas jóvenes concentran mucha agua durante las lluvias. Estos tres factores favorecen la erosión por escorrentía superficial.

2.10 Bibliografía

Bandara K, MA. 1997. Teak second rotation establishment experiment in dry zone of sri lanka.

Forestry Symposium 1997. (en línea). Consultado 23 feb. 2003. Disponible en

<http://ybiol.tripod.com/forest/sympo/9741band.htm>

Bauer, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras; resúmenes. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR-CATIE. 42 p.

Bell, T. 1973. Erosión de las plantaciones de teca en Trinidad. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven) 44-45: 3-14.

Brooks, RL. 1941. Notes on pure teak plantations in Trinidad. Caribbean Forester (PR) 3:(1):25-28.

Carter, CJ. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. Caribbean Forester (PR) 2 (4):147-153.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

Chable, AC. 1967. Reforestation in the republic of Honduras Central América. Ceiba (Hond) 13(2):1-56.

Chavarría, I; Navarro P, L; Valverde R, JM; Ramírez N, F; Méndez C, D; Montero M, JL. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica. Ed. LA Ugalde. Turrialba, CR, CATIE – MIRENEN. (Serie técnica. Informe técnico n° 290).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1975. Catálogo de semillas forestales. Roma, Italia, FAO. 283 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes 55).

Hernández, A. 1984. Manejo de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en El Salvador. In Manejo y Aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Actas Reunión IUFRO, Guatemala. Ed. Rodolfo Salazar. p. 305-311.

Laurie, MJ. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma, It., FAO. 203 p. (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal n° 19).

Moore, D. (s.f.). The formation of teak (*Tectona grandis*) plantations by the group planting systems. In World Forestry Congress (6. 1966. Madrid, España). Proceedings. s.n.t. p. 2530-2534.

Mahaphol, S. 1954. Teak in Thailand, Bangkok, Thailand, Ministry of Agriculture, Royal Forest Department. n° R.16. 30 p.

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It., FAO. 334 p. (Colección FAO-Cuaderno de Fomento Forestal n° 8).

Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef, M.S.M. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical. Trad. IUFRO-SPDC Texbook Project n° 3. EEUU, USDA. 603 p.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

2.11 Control de Malezas

Tectona grandis es exigente de luz vertical y es sensible a la humedad y a la competencia por malezas, por eso la preparación del terreno y el control de malezas es vital si se desea obtener buen desarrollo inicial. Esta actividad puede hacerse manual, mecánica, química o mixta (Foto 2.10).



Foto. 2.10. Control de malezas por medio de rodajas en plantaciones jóvenes (Precious Woods)

Se recomienda al menos tres limpiezas el primer año, dos el segundo, una el tercero. Una aplicación de N, P, K al establecimiento puede mejorar el crecimiento permitiéndole a las plantas mayor capacidad para competir con las hierbas no deseables. En todo caso, debe permitirse el establecimiento y crecimiento de una cobertura vegetal

baja de especies nativas leñosas para proteger el suelo de la erosión.

Cuando los árboles de teca hayan alcanzado cierta altura y que las otras plantas no representen una amenaza por competencia (Foto 2.11), las limpiezas deben limitarse a la eliminación de lianas o bejucos.



Foto 2.11. Plantación de teca con sotobosque (Precious Woods)

El control de malezas también ayuda a disminuir el riesgo de incendios forestales en aquellas zonas con climas estacionales muy marcados, y aunque la especie es resistente al fuego (especialmente los árboles jóvenes se recuperan con facilidad después de un incendio) se pueden producir retrasos en el crecimiento.

2.12 Fertilización en plantación

La fertilización es una práctica silvicultural que representa un costo significativo en el establecimiento de plantaciones, y como tal, la respuesta de los árboles debe ser muy buena para que la práctica resulte económica. En muchos estudios esta respuesta ha sido contradictoria, por lo cual no puede recomendarse el uso de fertilizantes en forma rutinaria. El uso de los mismos dependerá en gran medida de la fertilidad del sitio, por eso, un buen estudio de suelos ayuda a tomar decisiones en este sentido.

Para que la fertilización sea viable, debe realizarse a bajo costo, el fertilizante debe ser de lenta solubilidad y estar disponible varios años en el suelo y proveer el mayor número de nutrimentos, como es la roca fosfórica. El abonado puede incrementar el crecimiento, bajo ciertas condiciones, pero en general no vale la pena la inversión si el sitio es apropiado.

Para establecer un programa de fertilización debe tenerse presente la devolución de nutrimentos que hacen los árboles al suelo a través de sus

partes que han cumplido su ciclo de vida (hojas, semillas, partes florales, ramas). Estudios en Nigeria con teca de 10 años han determinado una devolución anual de 90,5 kg/ha de nitrógeno (N), 9,5 kg/ha de fósforo (P), 71,7 kg/ha de potasio (K), 186,3 kg/ha de calcio (Ca) y 21,5 kg/ha de magnesio (Mg).

El crecimiento de teca está influenciado por las tasas de nutrimentos, los sitios mejores presentan altas tasas de nutrimentos foliares de Ca, manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), K, azufre (S), zinc (Zn) y (N). Teca es exigente en bases intercambiables Ca, Mg, K y sodio (Na), especialmente Ca, mostrando mayor crecimiento en sitios donde las tasas de este elemento son altas. El 90% de los nutrientes vegetales (N, P, K, Ca, Mg y Ca) está en la hojarasca, con requisitos mínimos anuales de nutrientes a los 15 años de edad en kg/ha de: 328 (N), 76 (P), 556 (K), 357 (Ca) y 62 (Mg).

Algunos investigadores han encontrado que el nitrógeno cuando se aplica acompañado de fósforo provoca, a menudo, un aumento en el crecimiento,

pero en algunas ocasiones al aplicarlo solo, más bien parece reducirlo, considerándose estos dos elementos como los más importantes para el crecimiento de la especie.

La fertilización debe hacerse de 15 a 30 días después de la plantación, con aplicaciones de NPK en dosis de 100 a 250 gr/árbol. También se sugiere dosis pequeñas al inicio (50 gr/árbol el primer año) y luego dosis anuales de 100 a 150 gr/planta. La combinación de ceniza (120 gr/árbol) más 100 gr de NPK (10-30-10) o aplicaciones de 120 gr/árbol de ceniza más 120 gr/árbol de estiércol (gallinaza) aumentan significativamente el crecimiento.

En la zona norte (región Huetar Norte) de Costa Rica, en suelos Ultisoles (Typic Haplohumult y Typic Dystropept), con una saturación de acidez de 6,68%, es necesario encalar para neutralizar el aluminio intercambiable, para precipitar el hierro y el magnesio y suplir calcio y manganeso. La dosis recomendada bajo las condiciones citadas es de 1,5 ton/ha/año de CaCO_3 o MgCO_3 durante tres años, seguidamente, aplicaciones

de fertilizantes de fórmula completa (N-P-K-Mg-B) y adiciones de N a razón de 250 kg/ha/año, debido a que este elemento se pierde por lixiviación.

El encalado ha demostrado gran eficiencia, mejorando el incremento en altura en un 59% y cuando se aplica también fertilizante el incremento ha superado el 216%.

2.13 Costos de establecimiento

Cuando se trabaja en plantaciones forestales, el costo de las diferentes actividades varía en función de aspectos como:

- el distanciamiento inicial de siembra, muy relacionado con la especie y el tipo de producto a obtener.
- de las características del sitio (cantidad de vegetación existente que se debe eliminar, topografía, acceso, grado de compactación del suelo, entre otros).
- de la especie, algunas se plantan a mayor distanciamiento, o tienen precio diferente por el material vegetativo utilizado. Un crecimiento inicial acelerado y una copa amplia favorecen el cierre del dosel

rápidamente, disminuyendo la frecuencia de las limpiezas.

- de la zona, aún dentro de un mismo país, la mano de obra (principalmente obreros para trabajos de campo), se cotizan diferente atendiendo a necesidades económicas, como a experiencia.
- la empresa o profesional encargado de hacer los estudios y en desarrollar el proyecto.

En el Cuadro 2.2 se presentan los costos de establecimiento para los 5 primeros años de la plantación. Las diferencias en las cifras obedecen a algunas consideraciones citadas anteriormente.

Cuadro 2.2. Costo (US\$) de establecimiento de plantaciones para los primeros 5 años.

| Actividad | Año | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Preparación del terreno | 102,16 286,25 | | | | |
| Chapia inicial | 50,25 | | | | |
| Plantación | 144,76 216,65 | | | | |
| Trazado, marcación, rodajea y hoyado | 19,54 | | | | |
| Siembra | 9,27 | | | | |
| Resiembra | 4,54 | | | | |
| Arbolitos | 100,22 | | | | |
| Insumos | 16,47 | | | | |
| Mantenimiento | 111,06 174,17 | 83,72 | 57,5 | 57,5 | 57,5 |
| Rodajeas y chapias | 38,34 | 65,31 | 34,69 | 17,04 | 11,36 |
| Protección | 20,49 8,85 5,68 | 20,49 5,15 5,68 | 20,49 5,15 5,68 | 20,49 5,15 4,26 | 20,49 5,15 4,26 |
| Tratamientos Podas de formación | 36,42 | 36,42 18,54 | 36,42 37,52 | 42,48 29,74 raleo 14,89 | 10,34 |
| Asistencia técnica | 13,59 56,99 | 13,59 22,8 | 13,59 17,1 | 13,59 11,4 | 13,59 5,70 |
| Cargas sociales | 63,27 | 21,75 | 15,98 | 13,59 | 13,59 |
| Administración | 53,14 29,74 21,2 | 26,57 | 23,91 | 21,52 | 21,52 |
| Total | 544,89 707,12 331,04 | 202,54 5,15 112,33 | 167,89 5,15 94,99 | 169,17 20,04 62,44 | 126,69 5,15 31,66 |

Nota: los valores en negro y azul son para Guanacaste y en rojo para la Zona norte.

2.14 Bibliografía

Alvarado, A. 2003. Escogencia de tierras y manejo de nutrición en plantaciones tropicales. In Memoria del "Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. ISBN 9968-9996-3-6. 1 disco compacto.

Bell, T. 1973. Erosión de las plantaciones de teca en Trinidad. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven) 44-45: 3-14.

Carter, CJ. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. *Caribbean Forester* (PR) 2 (4):147-153.

Cubero Moya, JA; Rojas Piedra, S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L. f) y pochote (*Bombacopsis quinatum* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Licenciatura en Ciencias Forestales. Heredia, CR, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales. 99 p.

Da Silva, D J; Da Silva, FJ; Dos Santos, FM; Solto, HJ. 1997?. Avaliação do estado nutricional, crescimento de teca (*Tectona grandis* L.): e suas relações com os fatores de sítio do solo em plantios no sudoeste de Mato Grosso, a partir da análise de componentes principais.

Davies, J. 1997. El sector forestal en la Zona Norte de Costa Rica: 1. la rentabilidad de sistemas de producción forestal. Ciudad Quesada, CR, Proyecto de Manejo Integrado de Bosque natural (DFID-CODEFORSA-MINAE-ITCR). 74 p. (Colección Técnica de Manejo de Bosque Natural n°6).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes 55).

Hase, H; Foelster, A. 1985. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management*. 6(1):33-57.

Laurie, MJ. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma, It., FAO. 203 p. (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal n° 19).

Ojo, G; Jackson, JK. 1974. The use of fertilizer in forestry in the drier tropics. Collage International Sur L' utilization des engrais en forest. (FAO/ISUFRO International Symposium on Forest Fertilization). Paris, France. 14 p.

Picado, W. 1997. La teca en plantación. In Seminario "Teca: Mitos y realidades. San José, CR, 31 de julio y 1 de agosto de 1997. 16 p.

- Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , M.S.M. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.
- Qhureshi, IN; Yadav, J. 1967. Use of fertilizers and manures in forestry. *Indian Forest (India)* 93:777-791.
- Raets, GH. 1964. Informe preliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* L. f en la estación de Barinitas, Venezuela. *Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.)* (14):29-40.
- Raigosa, J; Ugalde A, L; Alvarado, A. 1996? Respuesta inicial de *Tectona grandis* L. f (Teca) a la fertilización con estiércol, ceniza, KCl y NPK en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense (CR)* 218-227.
- Rodríguez, A; Paniagua, A. 2003a. Teca (*Tectona grandis*) en la región Huetar Norte de Costa Rica: suelos y necesidades nutricionales. In Memoria del “Seminario y grupo virtual de teca, 26,27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 5 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.
- Rodríguez, A; Paniagua, A. 2003b. Encalado y fertilización en *Tectona grandis* en la región Huetar Norte de Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo virtual de teca, 26,27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 7 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.
- Rodríguez, D; Fonseca, W; Mora, F. 1985. Ensayos de fertilización en *Tectona grandis* en la región de Guanacaste, Costa Rica. Heredia, CR, UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 57 p.
- Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical. Trad. IUFRO-SPDC Texbook Project n°3. EEUU, USDA. 603 p.
- Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

CAPÍTULO 3. MANEJO

En la actividad forestal, específicamente en el establecimiento y manejo de plantaciones para producción de madera para aserrío, la selección del sitio, la especie, el material vegetativo y la intensidad de manejo aplicada, así como el momento que se realicen las labores silviculturales, determinan el éxito o el fracaso, y la cuantía de estos normalmente se mide con la cantidad de dinero obtenida a final del ciclo de corta.

3.1 Deshijas

Esta práctica silvicultural, cuando sea necesaria, consiste en la selección del eje principal y se realiza cuando los brotes alcancen 50 cm de altura. Es normal que los brotes en la base del árbol aparezcan varias veces durante los dos primeros años y se recomienda eliminarlos para disminuir la competencia.

3.2 Raleos

El manejo de la densidad en plantaciones forestales es una actividad que se planifica para controlar la estructura, la productividad, el tamaño de los árboles y el tiempo transcurrido hasta la cosecha final, todo esto en función de la especie, de los

objetivos de producción y de la calidad del sitio

En el manejo de plantaciones, la aplicación de raleos o aclareos ha sido motivo de controversia para los propietarios de las mismas, por el alto costo de la operación, por la falta o ausencia de mercado para los productos a obtener y muchas veces se cuestiona el hecho de plantar muchos árboles, con un costo altísimo y tener que eliminarlos años después. En otras ocasiones, la falta de información para aplicar esta práctica es motivo de preocupación, si se desea aplicarla en el momento oportuno y con la intensidad adecuada para maximizar el crecimiento de la especie, esta preocupación aumenta cuando se trata de especies poco utilizadas en plantación.

El raleo es una operación realizada en una plantación de edad uniforme que consiste en la corta de árboles, su objetivo es redistribuir el potencial de crecimiento manteniendo el crecimiento en altura y en diámetro en niveles aceptables o mejorar la calidad de los árboles residuales (**Fotos 3.1, 3.2**).



Foto 3.1. Plantación sin poda y sin raleo
(Precious Woods)



Foto 3.2. Plantación sin poda y con raleo
(Precious Woods)

Actualmente, el incremento en salarios y la falta de personal está llevando a la necesidad de hacer los raleos más intensos y menos frecuentes y a la adopción de espaciamientos iniciales mayores para que los raleos sean los mínimos.

Existen cinco métodos clásicos de hacer un raleo: bajo, alto (copas), de selección, mecánico y libre. Este último es el método de mayor aplicación en nuestro medio y el que conlleva a mayor cuidado por parte de las personas encargadas de aplicarlo, ya que los árboles se cortan sin apearse a ningún esquema, considerando la opinión del técnico sobre cómo debe desarrollarse el rodal, tomando en cuenta criterios como:

clase de copa, vigor, espaciamiento, ramificación, forma, sanidad, entre otros.

El espaciamiento entre los árboles, la época y la intensidad de los aclareos influyen mucho sobre el ritmo de crecimiento y el rendimiento de la plantación. Si el aclareo se demora, las tasas de crecimiento descenden o se paralizan, mientras que si el aclareo es prematuro o demasiado intenso, los árboles tienen mayor tendencia a producir ramas laterales y brotes superficiales; esto reduce el rendimiento potencial de la plantación, ya que el crecimiento se desvía del tronco principal, que debería estar libre de defectos como los causados por ramas laterales y brotes superficiales. Un raleo

oportuno favorece más el crecimiento que la aplicación de fertilizantes.

Tectona responde bien a raleos fuertes sin que se afecte el crecimiento en altura y se favorece el incremento en diámetro. El programa de raleos depende de la densidad inicial, generalmente, el primero se debe realizar cuando las copas comienzan a entrar en contacto, aproximadamente a los 4 o 5 años de edad. En el caso de teca, no tolera la fricción de copas y es incapaz de mantener un dosel cerrado.

Uno de los métodos para diagnosticar el estado de la plantación con el fin de prescribir aclareos, es el uso del Índice de Densidad del Rodal (IDR), que expresa la relación entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal.

Varios sistemas de aclareo han sido propuestos basados en tres criterios: la altura de los árboles, el índice de espaciamiento relativo de Hart (S %) y el área basal. En el primer caso se propone realizar el primer aclareo cuando los árboles alcancen 8 metros de altura, cortando en forma semimecánica el 50 % de los árboles y la segunda intervención cuando la altura alcance los 15 m dejando

una densidad de 500 árboles/ha. Algunos autores han utilizado el índice de espaciamiento relativo de Hart (S %) para prescribir aclareos en un rango de 20 % a 28 %. Cuando se utiliza el área basal como criterio para realizar los aclareos, se deja que la plantación alcance 20-25 m²/ha y se corta hasta dejar 14-17 m²/ha. En el Cuadro 3.1 se presentan los esquemas de raleo más recomendados para Costa Rica.

A nivel mundial se mencionan otras opciones de aclareos muy similares, tienen en común el primer raleo entre el tercer y quinto año, eliminando aproximadamente el 50% de los árboles. También se propone el primer raleo cuando los árboles alcancen 8 m de altura y el segundo cuando lleguen entre 16 y 18 m.

Los espaciamientos estrechos con aclareos frecuentes parecen ser más productivos en cuanto a rendimiento total que los espaciamientos más amplios con pocos aclareos, en cambio, estos últimos permiten alcanzar diámetros mayores en tiempos más cortos. Los espaciamientos reducidos y la falta de aplicación de aclareos no conducen a plantaciones rentables. Espaciamientos relativamente reducidos (1110-1600 árboles /ha) con

Cuadro 3.1. Esquemas de raleos propuestos para *Tectona grandis* en Costa Rica.

| Opción | Raleos | Observaciones |
|--------|---|--|
| 1 | <p>Raleo 1: a los 5 años, cortar el 50% de los árboles, extraer 7,8 m²/ha de área basal (el 41%).</p> <p>Raleo 2: a los 9 años, cortar el 50% de los árboles, extraer 8,6 m²/ha de área basal (el 36%).</p> <p>Raleo 3: a los 13 años, cortar el 33% de los árboles, extraer 7,11 m²/ha de área basal (el 29%).</p> <p>Raleo 4: A los 18 años, cortar el 25% de los árboles, extraer 5,5 m²/ha de área basal (el 23 %).</p> <p>Raleo 5: A los 23 años, cortar el 33% de los árboles, extraer 5,8 m²/ha de área basal (el 24%).</p> | <p>Una densidad inicial de 1111 árboles/ha y la corta final de 125 árboles/ha, para obtener un volumen final de 328 m³/ha y 321,8 m³/ha en raleos.</p> |
| 2 | <p>Un primer raleo a los 4 o 5 años, eliminando el 40% de los árboles y los raleos posteriores cuando el área basal llegue a 21 m²/ha, eliminando 6 m²/ha.</p> | <p>Raleos hasta bajar el área basal a 17 m²/ha presentaron el mayor incremento en diámetro y altura.</p> |
| 3 | <p>Raleo 1: al año 4, cortando aproximadamente un 40% de los árboles, dejando en pie 660.</p> <p>Raleo 2: al año 8, cortando un 33% de los árboles, dejando en pie 440.</p> <p>Raleo 3: al año 12, cortando un 33% de los árboles, dejando en pie 220 para la corta final aproximadamente a los 25 años.</p> | <p>Una densidad inicial de 1111 árboles/ha y 220 para la corta final.</p> |

aclareos frecuentes a muy frecuentes (3 a 5) y con un primer aclareo temprano (5 a 6 años) son los de mayor rentabilidad.

Los raleos fuertes en teca favorecen la calidad de los árboles, el fuste es más cilíndrico, aumenta el volumen de

duramen, mientras que la densidad de la madera disminuye.

Estudios recientes indican que independientemente de la densidad inicial empleada, entre el año 5 y 6 deben existir entre 500 y 600 árboles por hectárea y en el año 10 ó 12 debe estar definida la densidad final. Estas densidades permiten

aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la especie y reducir los turnos de rotación.

3.3 Podas

Esta labor se realiza a edades tempranas, cuando las ramas aún son delgadas. El objetivo es minimizar en cierto grado el tamaño de las copas y de las ramas laterales para mejorar la calidad y el aspecto de la madera y en consecuencia su valor, con madera libre de nudos para aserrío y chapa. La poda debe realizarse a ras del tronco, sin causar heridas u otros daños. Generalmente se hace con herramientas convencionales como machete y sierras manuales, actualmente se están usando motosierras y podadoras con varas telescópicas, especialmente útiles para ramas gruesas y cuando la poda debe realizarse a mayor altura (Fotos 3.3, 3.4, 3.5).

Se aplica a los mejores árboles después del raleo, podando hasta un tercio de su altura o máximo al 50% de su copa viva y se cortan solo las ramas que el árbol no puede eliminar por si mismo; aunque la teca en densidades normales presenta buena poda natural.



Foto 3.3. Poda con serrucho (Precious Woods)



Foto 3.4. Plantación sin poda (Precious Woods)



Foto 3.5. Plantación sin poda (Precious Woods)

Se reporta para Costa Rica, específicamente en Macorí (Garza, Guanacaste) que la podas empiezan a los dos años, podando hasta 6 m de altura o 2/3 partes de la altura. También se recomienda en Costa Rica, independientemente de la calidad de sitio, realizar la primera poda cuando el árbol alcance de 3 m a 5 m de altura, podando de 1,5 m a 3,0 m; la segunda poda debe realizarse después del primer raleo o cuando los árboles hayan alcanzado una altura entre 9,0 y 10,0 metros, podando hasta una altura de 3,5 m a 5,0 m y la tercera, cuando los árboles alcanzan los 12,0 metros de altura total, eliminando las ramas hasta los 7,0 m. Después de la poda los árboles producen ramas adventicias a

partir o inmediatamente después adyacente a la cicatriz.

3.4 Manejo de rebrotes y de la regeneración natural

La especie tiene buena capacidad de rebrote, por lo que después de una corta total se ahorran los costos de plantación. En plantaciones después de raleadas, el crecimiento acelerado que muestran los rebrotes producen competencia a los árboles que quedan en pie. Su eliminación ha sido objeto de estudio, llegando a obtener hasta un 83% de efectividad, independientemente de la época lunar (creciente y menguante), al utilizar una mezcla de herbicidas: Aminacoop 72% dosis de 2-4D + tordón 101 + piclorán, tres onzas por bomba de espalda de 16 litros.

En la India, Myanmar y Tailandia, en el manejo de bosques naturales se ha utilizado el tratamiento de monte bajo con diferentes sistemas adecuados a las condiciones locales, particularmente en los bosques donde los árboles no alcanzan gran tamaño por la excesiva aridez u otras deficiencias de la estación. Un ejemplo es el sistema de “monte bajo con resalvos”, en el que se seleccionan de 25 a 50 árboles/ha y se mantienen como árboles seminales, el

resto se corta para producir brotes de cepa. La rotación oscila entre 30 y 60 años y muy raramente alcanza 80 años.

La regeneración natural de *Tectona* se da en forma aceptable si los frutos caen en

sitios libres de malezas y con buen sol. La especie brota vigorosamente de cepa y con frecuencia los incendios favorecen la regeneración natural de los árboles adultos.

3.5 Bibliografía

Arias, D; Camacho, P. 2003. Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* en el trópico. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 6 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Bell, T. 1973. Erosión de las plantaciones de teca en Trinidad. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven) 44-45: 3-14.

Briscoe, CB; Nobles, RW. 1969. Efectos de la poda de teca (*Tectona grandis*). Mérida, Ven., Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. 29:29-34.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

Chavarría, I; Navarro P, L; Valverde R, JM; Ramírez N, F; Méndez C, D; Montero M, JL. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica. Ed. L A Ugalde. Turrialba, CR, CATIE – MIRENEN. (Serie técnica. Informe técnico n° 290).

Chaves, SE; Chinchilla, O. 1986. Ensayos de aclareo en plantaciones de *Tectona grandis* L. f en Cóbano de Puntarenas, Costa Rica. Ciencias Ambientales (CR) 7:65-74.

Chaves, SE; Fonseca, W. 2003. Ensayos de aclareo y crecimiento en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f) en la Península de Nicoya, Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 17 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Chaves, SE; Rodríguez, J. 1995. Ensayos de aclareo en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f) al sur de la península de Nicoya, Guanacaste. In Tercer Taller Nacional de Investigación Forestal y Agroforestal, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. pp 155-159.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, estudio de ejemplos de: India, África, América Latina y el Caribe. Roma, It., FAO. 180 p. (Estudio FAO Montes 55).

Flinta, MC. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, It., FAO. 499 p. (Colección FAO: Montes nº 13, FAO: Cuadernos de Fomento Forestal nº 15).

García, JR. 1978. Evaluación preliminar de la plantación experimental con espacios forestales en las sabanas de la Estación Irel. Barrancas, Estado de Barinas-Venezuela. Revista Forestal Venezuela (Ven) 18(28):97-139.

Interiano, JD. 1974. Problemas que afectan la teca en el Salvador. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 13 p.

Jerez, M; Vincent, L; Moret, Y; González, R. 2003. regímenes de espaciamiento inicial y aclareo en plantaciones de teca en Venezuela. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 13 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Lowe, RG. 1976. Teak (*Tectona grandis* Linn f) thinning experiment in Nigeria. Commonwealth Forestry Review (GB) 55(3):189-202.

Maldonado, G; Louppe, D. 2000. Desafíos para la teca en Côte d'Ivoire. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Mittelman, A. 2000. Plantación de teca por pequeños productores en Nakhon Sawan, Tailandia. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Osorio, O. 1997. Regímenes de Espesura y sus Efectos en la Rentabilidad de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Caparo, Venezuela. Tesis MsC. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. 121 p.

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It., FAO.

Pérez, LD; Ugalde, L; Kanninen, M. 2000. Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Revista Forestal Centroamerica (CR) 31: 16-22.

Pérez, L.D; Kanninen, M. 2003. Hacia el manejo intensivo de la Teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica. In Memoria del "Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003". Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 9 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Picado, W. 1997. La teca en plantación. In Seminario "Teca: Mitos y realidades. San José, CR, 31 de julio y 1 de agosto de 1997. 16 p.

Ramírez, F; Valverde, JM; Méndez, D. 1994. Eliminación de tocones en plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*) en la región Chorotega, Costa Rica. In Memoria del II Taller de Investigación Forestal, Cañas, Guanacaste, CR, 14, 15 y 16 de diciembre de 1994. 63-68.

Raets, GH. 1964. Informe preliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* L. f en la estación de Barinitas, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) (14):29-40.

Sage, LF; Quirós Herrera, R. 2001. Proyección del volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina y teca y de otras fuentes. San José, CR, FONAFIFO, Proyecto TCP/COS/006(a). (en línea). Consultado 2 set. 2003. Disponible en <http://www.fonafifo.com>.

Wadsworth, FH. 1960. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales y Centro y Sur América. *Caribbean Forester* (PR) 21 (Suplemento). p. irr.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

3.6 Evaluación de la calidad de sitio

La calidad del sitio o productividad de los terrenos comúnmente se expresa por medio del índice de sitio, que es la capacidad de un sitio para producir bosque u otro tipo de vegetación en un tiempo dado, como consecuencia de una interacción entre factores climáticos, edáficos, topográficos y bióticos.

La productividad de un sitio se ha venido estudiando en gran cantidad de países a través del establecimiento de parcelas permanentes de muestreo (PPM), análisis fustal y más recientemente se han utilizado las parcelas temporales, dando origen a tablas de manejo.

Para evaluar la calidad de sitio con especies forestales se han utilizado dos métodos: la estimación directa que considera principalmente la altura de los

árboles y la estimación indirecta, a través de variables climáticas, factores fisiográficos y aspectos edáficos.

Estimación directa del índice de sitio

Se han utilizado tres definiciones de altura en la evaluación del sitio: a) altura dominante considerada como el promedio de los 100 árboles más altos y bien distribuidos por hectárea, b) altura promedio de los codominantes y, c) dominantes y altura máxima definida como la altura promedio de los 100 árboles más gruesos y bien distribuidos por hectárea. De estas, la más utilizada es la altura dominante por considerar que no está influenciada por la densidad del rodal.

En Costa Rica, Mora y Meza (2003), con una base de investigación de aproximadamente 20 años desarrollaron el trabajo más reciente sobre calidad de sitio;

se basaron en la ecuación de Schumacher (1939) con la modificación de Bailey y Clutter (1974), para crear una familia de curvas como se muestra en la **Figura 3.1**.

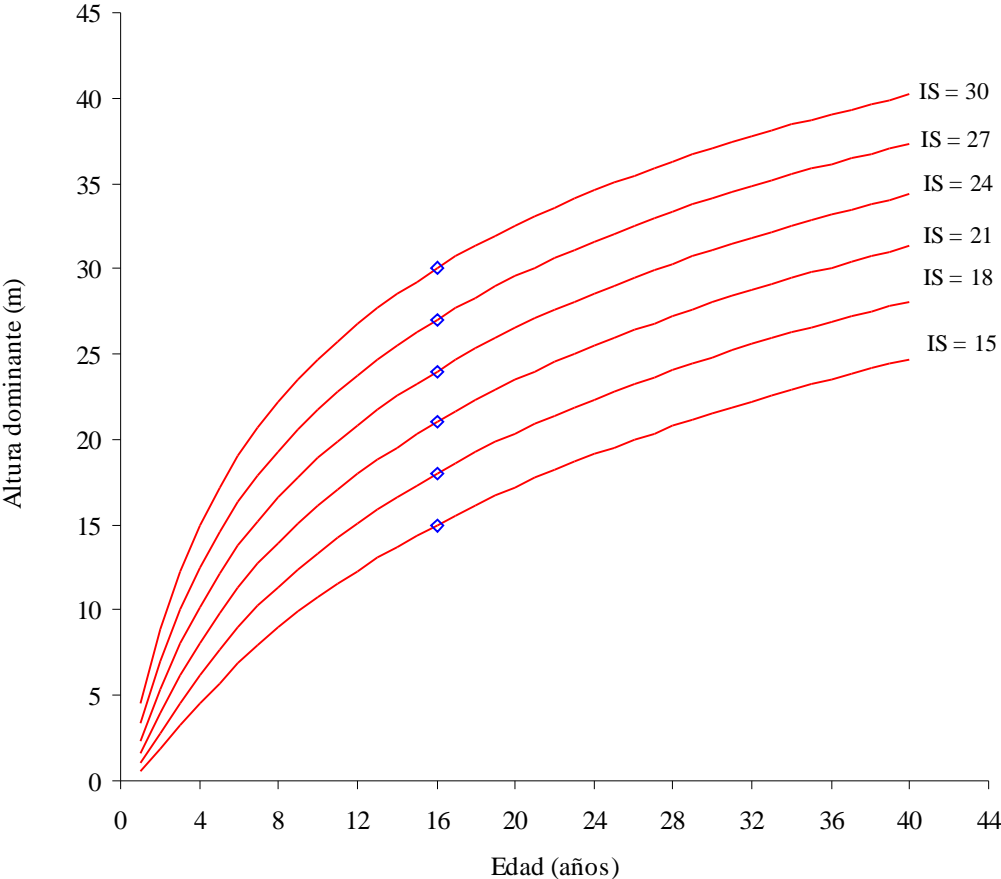


Figura 3.1. Curvas de Índice de Sitio generadas mediante el análisis fustal de árboles de Teca en la Vertiente del Pacífico, Costa Rica (Mora y Meza 2003). (Edad base 16 años).

La ecuación está dada por:

$$\ln(\text{Hdom}) = a - b \cdot (1/\text{Edad})^c$$

Donde:

Ln = logaritmo natural

Hdom = altura dominante (m)

a = 4,3739

b = -3,6279

c = 0,38893

Edad = edad de la plantación en años.

Los estadísticos que evalúan la bondad del modelo son: n (tamaño de la muestra)=777; R^2 (coeficiente de determinación) = 87,32; r (coeficiente de correlación)= -0,9345; SEE (error standarts)= 0,2695; SCE (suma de cuadrados del error)= 56,2835; CME (cuadrado medio del error)= 0,0726; F (F tabular)= 5337,2300.

Estimación indirecta con base en el medio ambiente físico

Dentro de los factores ambientales, la precipitación parece definir en gran medida el crecimiento de la especie, produciéndose los mayores incrementos en sitios donde esta variable oscila entre 2500-3000 mm/año, incrementos menores se dan por debajo de 2000 mm/año. También se ha encontrado que las mayores calidades de sitio se encuentran por debajo de los 100

msnm, pero bajo condiciones adecuadas de temperatura y precipitación puede crecer en altitudes mayores a los 600 msnm.

3.7 Evaluación de la calidad de las plantaciones

Las primeras plantaciones establecidas en el país están siendo aprovechadas en su turno final, para otras, de ciclos más largos, los raleos se convierten en una fuente de materia prima para una industria creciente basada en el aprovechamiento de trozas de pequeñas dimensiones, lo cual ha llevado a que la evaluación y valoración de plantaciones forestales haya tenido mucha importancia en los últimos años en el sector forestal.

En 1990 se iniciaron las investigaciones, dando origen a la primera metodología para evaluar la calidad de las plantaciones. La metodología tiene varias aplicaciones y facilita la toma de decisiones: en la valoración y comercialización de madera en pie, en el planeamiento industrial y principalmente para estimar a edad temprana si la plantación rendirá comercialmente lo esperado. Su mayor aporte está en que permite diferenciar, con un nivel alto de certeza, los efectos que

podieron haber ocasionado una mala asistencia técnica a la plantación (efecto silvicultural), y el uso de material inicial (semilla) de mala calidad (efecto genético).

Para su aplicación se realiza un inventario sistemático, utilizando parcelas circulares de tamaño fijo, que se ubican equidistantes a lo largo de fajas de muestreo. A los árboles presentes en las parcelas se les estima la calidad del árbol completo o de sus primeras 4 trozas comerciales (de 2,5 m de largo), en 4 categorías: Calidad 1 o sobresaliente, Calidad 2 o aceptable, Calidad 3 o marginal y Calidad 4 o árbol no aserrable. La asignación de la calidad se basa en 8-9 variables cuantitativas y cualitativas. Según sea la especie, se pueden adicionar otras características cualitativas que puedan afectar de forma importante la calidad y utilidad de la materia prima.

El Anexo 1 muestra el cuadro utilizado para la recolección de información y se transcriben las diferentes variables utilizadas para evaluar el estado de la plantación.

También se han desarrollado índices para determinar la calidad de las plantaciones

permitiendo hacer comparaciones entre una misma especie, en una misma zona o para distintas regiones e incluso entre especies. Estos índices permiten evaluar a futuro la mejoría del paquete silvicultural desarrollado con esa misma especie, también ayudan en la valoración económica de la plantación, así como a determinar el probable origen de su estado actual de calidad. Tres de estos índices son:

a. Índice de calidad general, debe utilizarse preferiblemente en plantaciones no raleadas, su valor oscila entre 1,0 y 4,0. Valores cercanos a 1 se dan en plantaciones de alta calidad.

$$I_{CGEN} = (N_1 * 1 + N_2 * 2 + N_3 * 3 + N_4 * 4) / (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)$$

b. Índice de calidad de cosecha, permite comparar plantaciones de diferente edad, manejo y composición de especies, etc. Está basado en la cantidad de individuos presentes por hectárea de calidad 1 y 2, ya que las categorías calidad 3 y 4, son eliminadas durante los raleos. Una plantación con 400 individuos de calidad 1+2 es excelente y con menos de 200 individuos es de mala calidad.

$$I_{CCOS} = N_1 + N_2$$

c. Índice de calidad de trozas, este es de mayor utilidad para la industria forestal. Plantaciones con más de 1600 trozas/ha de calidad 1+2 son excelentes y aquellas con menos de 800 trozas no son aceptables para la producción forestal. Se considera un largo de troza de 2,5 m.

$$I_{\text{CTROZ}} = T1 + T2$$

Aplicando esta metodología en plantaciones de teca con edades entre 4 y 10 años en diferentes zonas de del país, se encontró que los principales defectos en los árboles son: un 26% presentan ramas de reiteración, el 27% fustes inclinados, el 40% con torceduras leves, 5% con bifurcaciones, el 6,7% posee problemas sanitarios y el 3,3% grano en espiral, se concluye que las plantaciones presentan una calidad promedio aceptable (254 árboles/ha de calidad uno y dos, con 843 trozas comerciales/ha) con gran potencial de avance en la calidad y productividad a través de mejoramiento genético y silvicultural.

3.8 Control y combate de plagas y enfermedades

La teca se encuentra relativamente libre de plagas y enfermedades y es considerada como muy resistente al ataque de hongos e


insectos. Los ataques registrados en bosques naturales, plantación o madera en uso, han sido de poca importancia, aunque la madera joven no dura más de 5 años si está en contacto con el suelo, la albura es susceptible al ataque de hongos, básicamente *Lyteus* iniciándose el ataque después del año.

La resistencia está correlacionada con la cantidad de extractos o aceites en la madera. El duramen es resistente a las termitas de la madera seca, moderadamente resistente a las termitas subterráneas y es atacado fácilmente por la polilla de mar. La albura es muy poco resistente a las termitas.

Al comparar la resistencia de teca a los hongos *Ustulina deusta* Fr, *Polyporus versicolor* (Linn) y *Lenzites traber* (pers) se ha encontrado que la albura es poco resistente a los hongos *Ustulina* y *Polyporus* y el duramen altamente resistente debido al contenido de extractivos que posee. Es atacada por varias enfermedades criptogámicas y una pudrición de la raíz, que solo afecta con gravedad en sitios muy pobres o muy húmedos.

En el Cuadro 3.2 se presentan los principales patógenos y los síntomas que atacan a la planta y a la madera.

Cuadro 3.2. Plagas y enfermedades detectadas para *Tectona grandis*.

| Fuente | Agente | Síntomas |
|----------------------------|---|--|
| Hoching y Jaffer 1972 | <i>Helicobasidium compactum</i> Boedijn | Hongo que causa la pudrición de las raíces. El primer síntoma foliar es una abigarrado clorótico y translúcido y solo aparece cuando la pudrición ha destruido más de 3/4 partes del cuello de la raíz. Posteriormente, se presenta un amarillamiento y secado completo de las hojas, por último la defoliación, cayendo de último el par de hojas más jóvenes. |
| FAO 1975 | <i>Rigidopurus lignosus</i> | Hongo posible causante de la pudrición de la raíz en la sabana africana, se puede combatir con una solución de Tillex (compuesto órgano mercúrico), pero la mejor forma de prevenirla es eligiendo terrenos profundos y bien drenados. |
| | <i>Stemphylium</i> | Hongo que causa la marchites de los brotes terminales y avanza hacia abajo. |
| | <i>Armillaria mellea</i> | Hongo que produce la pudrición radical y hasta la muerte del árbol, es frecuente en zonas húmedas. |
| Luján 1994, Arguedas 2003 | (<i>Phomopsis</i> sp.) | Hongo que produce la enfermedad denominada como “quema de los brotes” o “mancha de la teca”, afecta el follaje, ataca los brotes de árboles jóvenes de 6 a 24 meses de edad. La infección comienza en el meristemo apical, las hojas inmaduras se tornan pardo oscuro y después se desvanecen (Foto 3. 6).  |
| Bauer 1982, Interiano 1974 | | Reportan la defoliación por zompopas durante los primeros años |
| Keogh 1987 | <i>Phthirusa adunca</i> , <i>Phoradendron piperoides</i> y <i>Viscum</i> | Epífitas, como medidas de control recomendó la poda y quemado de las ramas afectadas, antes de que los epífitas fructifiquen. Árboles fuertemente invadidos por el matapalo se deben cortar en los aclareos. |

| | | |
|--|-----------|--|
| | <i>sp</i> | |
|--|-----------|--|

Continuación cuadro 3.2

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Carter 1941 | Melolonthidae | Larva detectada en Trinidad, causante de daños en la semilla y el ataque a árboles viejos por una amplia variedad de escarabajos de la corteza, el ataque es de importancia secundaria. |
| | <i>Plemotus commisciloilis</i> | Hongo que ataca el corazón de la raíz principal principalmente cuando el árbol ha sido afectado por otra causa anteriormente. |
| Chable 1967 | Lepidoptero | Larva de un barrenador en Honduras que perfora el tronco entre 3 ó 4 pulgadas. Esta larva aparentemente se desarrolla de huevos depositados en puntos susceptibles del tallo, causados principalmente por heridas del machete al hacer las podas. El diámetro de la galería varía entre 3/8 y 1/2 pulgada y puede llegar hasta la médula; la entrada al túnel o galería es tapada con aserrín observándose a cierta distancia, aspecto que facilita su reconocimiento. |
| CATIE 1991 | <i>Plagiohammus spinipennis</i> | Insecto, que barrena el xilema y la médula, ataca a árboles jóvenes menores de tres años y de mayor edad en forma esporádica, presenta un problema crónico y en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicas. |
| | <i>Orthogeomys underwoodi</i> (taltuza) | Animal vertebrado que produce la destrucción de raíces, ataca a plantas en vivero y a árboles jóvenes menores de tres años, el ataque es poco frecuente. |
| | <i>Corynespora sp.</i> | Afecta el follaje de árboles jóvenes mayores de tres años, el ataque es poco frecuente. |
| Phengkklai et al. 1997 | <i>Lyctus sp.</i> | Escarabajo que puede atacar la albura. |
| | <i>Machaeralis Neotermea Tectonae</i> | Termita que puede dañar los árboles, aunque muchas procedencias de teca tienen una resistencia alta. |
| | Lepidoptera y Coleoptera | Larvas que pueden afectar a las semillas. |
| Arguedas 2003 | “Malla de la Teca” por <i>Pseudomonas</i> | Afecta a árboles pequeños (menos de 1,5 m de altura), los árboles afectados presentan un leve amarillamiento y flacidez del follaje, el cual posteriormente comienza a necrosarse desde los bordes, hasta cubrir toda la lámina foliar y matarla. La infección comienza a afectar también los tejidos corticales del tallo, produciendo la muerte de todo el individuo. El sistema radical se encuentra totalmente deteriorado, la corteza se desprende fácilmente de las raicecillas finas y en las más gruesas estos tejidos se encuentran podridos. Es una bacteria que mata el arbolito y puede contaminar el suelo. Se ha manejado eficientemente eliminando desde la raíz los individuos afectados, los cuales se extraen de la plantación. |
| | <i>Pseudoepico custectonae</i> | Conocida como la mancha tiro al blanco, ataca el follaje. |
| | | |

Continuación cuadro 3.2

Arguedas
2003

Defoliador
Rabdopterus sp.

Pertenece a la familia Chrysomelidae (Orden Coleoptera). Los adultos se alimentan de follaje, produciendo perforaciones características de forma elongada y curva de aproximadamente 1,3 de largo y 0,16 cm de ancho (Foto 3.7).



Foto 3.7. Hoja de *Tectona grandis* “perforada” por *Rabdopterus sp.* (Arguedas 2003)

Defoliador
Walterianella sp.

Los adultos se alimentan del follaje produciendo pequeñas raspaduras de la cutícula superior y del parénquima de aproximadamente 10 x 2 mm. Los daños dentro de las plantaciones se concentran en grupos de árboles o foco (Foto 3.8).



Foto 3.8. Daño producido por *Walterianella sp.* en hojas de *Tectona grandis* (Arguedas 2003)

Defoliador
Automeryx

De la familia Saturniidae, Orden Lepidoptera (Foto 3.9).





Foto 3.9. Defoliador de *Tectona grandis*, larva de *Automeryx sp.* (Arguedas 2003)

Continuación cuadro 3.2


| | | |
|---|------------------------------------|---|
| <p>Arguedas 2003</p> <p>Saltamontes identificados</p> | <p><i>Oxidia spp</i></p> <p>no</p> | <p>De la familia Geometridae, Orden Lepidoptera, conocidas como los “medidores gigantes de la Teca (Foto 3.10).</p>  <p>Foto 3.10. Defoliador de <i>Tectona grandis</i>, larva de <i>Oxidia</i> sp. (Arguedas 2003)</p> <p>Orden Saltatoria, pueden alimentarse de los brotes terminales (Foto 3.11).</p>  <p>Foto 3.11. Defoliador de <i>Tectona grandis</i>, daños producidos por saltamontes (Arguedas 2003)</p> |
| <p><i>Phytophthora spp</i></p> | | <p>Hongos que producen pudriciones.</p> |
| <p><i>Plagiohammus spenipennis</i></p> | | <p>Barrenadores del xilema, atacan el fuste.</p> |
| <p><i>Nectria nauritiicola,</i></p> | | <p>Produce un cancro en la base del fuste donde se observa un área ovalada de la corteza de color oscuro, la corteza podrida se puede desprender manualmente y observar los tejidos del xilema expuestos. Se ha observado también que los cancos pueden permanecer mucho tiempo en el árbol, el cual comienza a producir tejidos de defensa como callos y posiblemente corteza subepidérmica, provocando grandes áreas abultadas y deformes principalmente en la base del árbol. En árboles jóvenes el cancro puede ser longitudinal y ampliarse en la base, provocando en algunos casos la muerte del árbol por anillamiento</p> |


Continuación cuadro 3.2

| | | |
|------------------|--|---|
| Arguedas 2003 | <i>Dothiorella</i> sp <i>Botryosphaeria</i> | <p>Produce chancros</p> <p>Produce cancro múltiple, cada cancro representa un abultamiento de 3 a 20 cm de largo y de 2 a 23 cm de ancho a lo largo del fuste; la corteza se abre en dichos sitios y se ubican principalmente en los puntos de poda (Foto 3.12).</p>  <p>Foto 3.12. Cancro múltiple en <i>Tectona grandis</i> producido por <i>Botryosphaeria</i> sp. (Arguedas 2003)</p> |
|------------------|--|---|


| | | |
|----------------------------------|---|--|
| <p>Arguedas 2003, CATIE 1991</p> | <p><i>Agrobacterium tumefaciens</i></p> | <p>Es una bacteria de la familia Rhizobiaceae que produce una enfermedad denominada "corona de agallas", la cual causa tumores a más de 80 familias de plantas herbáceas y forestales. Afecta el tallo de árboles jóvenes menores de tres años y de mayor edad, el ataque es poco frecuente. En teca se forman agallas o tumores, principalmente en la base de los tallos a nivel de la superficie del suelo (Foto 3.13).</p>  <p>Foto 3.13. La "corona de agallas" (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>) en <i>Tectona grandis</i> (Arguedas 2003)</p> |
|----------------------------------|---|--|

Continuación cuadro 3.2

| | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| <p>Arguedas 2003, CATIE 1991</p> | <p><i>Neoclytus cassicus</i></p> | <p>Conocido con el barrenador de tucas, es un insecto que barren el xilema, ataca a árboles jóvenes menores de tres años en forma esporádica. Se presenta también trozas almacenadas en patios, provenientes de raleos (Foto 3.14).</p>  <p>Foto 3.14. Adulto de <i>Neoclytus cassicus</i>, barrenador de trozas de <i>Tectona grandis</i> (Arguedas 2003)</p> |
|----------------------------------|----------------------------------|--|

| | | |
|--|---|--|
| <p>Arguedas 2003, Phengkklai et al. 1997</p> | <p><i>Hyblaea puera</i> y <i>Pyrausta</i></p> | <p>Orugas que comen las hojas, pueden deshojar las ramas. Conocido como el esqueletizador de la teca, ataca el follaje durante el período de sequía (Foto 3.15).</p>  <p>Foto 3.15. Hoja de <i>Tectona grandis</i> comida por <i>Hyblaea puera</i> (Arguedas 2003)</p> |
| <p>CATIE 1986, CATIE 1991, Arguedas 2003</p> | <p><i>Fusarium oxysporum</i></p> | <p>Afecta la raíz y el tallo de plantas en vivero y de árboles jóvenes menores de tres años, el ataque es poco frecuente.</p> |

Continuación cuadro 3.2

| | | |
|--|------------------------------|--|
| <p>CATIE 1 1986, CATIE 1991, Arguedas 2003</p> | <p><i>Phyllophaga</i> sp</p> | <p>Se le conoce como el comedor de raíces, el insecto, destruye la raíces de plantas en vivero y de árboles jóvenes menores de tres años, presenta un problema crónico y en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicas (Foto 3.16). Las larvas de muchas especies del género <i>Phyllophaga</i>, pueden ser consideradas como las plagas más importantes de suelo que se alimentan de tubérculos y raíces. Los daños son producidos por las larvas en su tercer instar, las cuales son conocidas en la región como “jogotos”, “fogotos” o “gallinas ciegas”. Los adultos son los conocidos “abejones de mayo”.</p> |
| | |  |
| | | <p>Foto 3.16. Raíces secundarias de <i>Tectona grandis</i> dañadas por <i>Phyllophaga</i> sp. (Arguedas 2003)</p> |

3.9 Bibliografía

Altuve, LF. 1986. Estudio tecnológico exploratorio y promocional de la teca de aclareos (*Tectona grandis*). Mérida, Ven., Universidad de los Andes. 83 p. (Cuadernos Comodato ULA-MARNR. n° 11).

Arguedas, M. 2003. Problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L. f.) en América Central: Nuevos reportes. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 11 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Badilla, Y; Murillo, O. 2003. Calidad de las plantaciones de Teca en Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 26 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Bauer, J. 1982. Especies con potencial para la reforestación en Honduras; resúmenes. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR-CATIE. 42 p.

Carter, CJ. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. *Caribbean Forester (PR)* 2 (4):147-153.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico n° 86).

Chable, AC. 1967. Reforestation in the republic of Honduras Central América. *Ceiba. (Hond)* 13(2):1-56.

Chaves, SE; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L. f) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 60 p. (Serie técnica. Informe técnico/CATIE, n° 179).

Daniel, T; Helms, J; Backer, F. 1982. Principios de silvicultural. 2 ed. McGraw-Hill. México. 492 p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 1975. Catálogo de semillas forestales. Roma, Italia, FAO. 283 p.

Hoching, D; Jaffer, AA. 1972. Observaciones de campo sobre la pudrición radical de la teca en Tanzania. FAO, *Boletín Fitosanitario* 15(1):10-14.

Interiano, JD. 1974. Problemas que afectan la teca en el Salvador. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 13 p.

Keogh RM. 1987. The care and management of teak (*Tectona grandis* L. f) plantations. Heredia, CR, UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 48 p.

Luján, R.1994. Manejo y crecimiento de linderos: Resultados de ensayos del proyecto Agroforestal CATIE/GTZ de tres especies maderables en la zona de Talamanca. Turrialba, CR. 94 p. (Serie Técnica Informativa n° 224).

Mora, F; Meza, VH. 2003. Curvas de índice de sitio para Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 26 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Murillo, O. 2003. ¿Cómo estimar la calidad de la materia prima desde el árbol en pie?: el caso de la Teca en Costa Rica. In Memoria del Seminario “Industria y comercialización de productos forestales en Latinoamérica”. Heredia, CR, 9-10 y 11 de abril del 2003. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (UNA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (UCR). pp 91-100. ISBN 9968-9996-2-8.

Parry, MS. 1957. Métodos de plantación de bosques en África Tropical. Roma, It., FAO. 334 p. (Colección FAO-Cuaderno de Fomento Forestal nº 8).

Phengkhai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , SM. 1997. *Tectona* L. f . (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Rodríguez, MA. 1963. El cultivo de la teca (*Tectona grandis*) en Venezuela: informe general y resultados preliminares de algunos ensayos de crecimiento. Revista Forestal Venezolana (Ven.) 6(8-9):49-72.

Torres, LA. 1972. Durabilidad relativa de la teca (*Tectona grandis*) procedente de una plantación de la región de Barinitas, Estado Barinas, Venezuela. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 14 p.

_____; Silverborg, S. 1972. Estudio sobre la durabilidad natural de la teca (*Tectona grandis* L. f) mediante ensayos acelerados de "soil-blocks" en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales en Mérida, Venezuela. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) 41-42:63-70.

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

3.10 Edad de rotación

Un aspecto muy importante que se debe definir es el ciclo o turno de corta para la cosecha final. Periodos muy largos, generalmente conllevan altos costos financieros de las actividades que se realizan durante los primeros años y tienden a desestimular a muchos inversionistas, principalmente a pequeños productores, de tal forma, que los sistemas de manejo intensivo, basados en mejoras en el rendimiento, mayor uniformidad de las plantaciones y rotaciones más cortas están tomando auge.

Sumado a lo anterior, las diferencias poco marcadas en las características de la madera adulta (más de 50 años), comparada con maderas de 15, 20 o 25 años, conllevan a la utilización de turnos cortos, recomendándose de 25 a 40 años para producir madera de calidad y obtener un balance entre costos e ingresos.

Debe tenerse también presente que la especie a partir del año 20 disminuye significativamente el crecimiento en diámetro, de tal forma, que la elección del turno de corta va a depender de qué diámetro se quiera obtener.

3.11 Estimación del volumen en pie

Diversos trabajos se han realizado con el fin de determinar el volumen en pie, los esfuerzos realizados en Costa Rica por diversos investigadores, han permitido acumular un total de 18 ecuaciones en un periodo de 25 años. Una compilación y evaluación de los mismos permitió elaborar nuevos modelos para reducir la incertidumbre y mejorar la precisión en el cálculo del volumen (Cuadro 3.3).

3.12 Factores de forma

En Costa Rica para la vertiente del pacífico, el cambio del factor de forma impropio en relación a la edad está dado por la siguiente fórmula:

$$Fm = 0,39043 + (0,24857) * e^{-0,32596 * (E - 0,639)}$$

Donde:

Fm= factor de forma impropio

E= edad en años

Los resultados estadísticos del ajuste del modelo son: $R^2=0,514$ y $CME= 0,0017$

3.13 Crecimiento y rendimiento

Crecimiento

Existen gran cantidad de tablas de crecimiento para teca a nivel mundial, todas tienen como característica que el Incremento Medio Anual (IMA) máximo se alcanza entre los 6 y 20 años y, además,

sobreestiman la producción. Como ejemplo, se menciona que en Indonesia se han obtenido en la corta final 100 m³/ha y una cifra similar en raleos, resultando un IMA de 3 m³/ha/año y no de 13 m³/ha/año en turnos de 40 a 90 años.

En la India se han logrado IMAs de 2,5 m³/ha/año en rotaciones de 70 años, entre 8 y 11 m³/ha/año en Benin y Costa de Marfil con una edad entre los 6 y 20 años. Para Costa Rica se da cifras de 6,9 m³/ha/año con una rotación de 40 años.

Existen diferencias marcadas en crecimiento, como consecuencia de las diversas calidades de sitio, edad y densidad de plantación. En general, se reporta un Incremento Medio Anual que varía entre 10 y 25 m³/ha/año. El Cuadro 3.4 revela

valores de IMAs para Costa Rica y algunas características sobre manejo.

También para Costa Rica otros autores brindan rangos de crecimiento, como se muestra en los Cuadros 3.5 y 3.6.

Rendimiento

Se han realizado diversos esfuerzos para predecir el crecimiento y rendimiento de las plantaciones de teca en Costa Rica. Al respecto, se propone un esquema de manejo bajo diferentes escenarios, considerando dos densidades de siembra inicial (1111 y 816 árboles/ha) y el área basal máxima de 18 y 20 m²/ha (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.3. Ecuaciones para estimar el volumen en pie de árboles de *Tectona grandis* en Costa Rica.

| Modelo | R² (%) | r (m³) | SCE (m³) | CME (m³) |
|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| vtcc = 0,0124845- 0,00345137*(dap)+0,00045169*(dap ²)+0,00000994466*(dap ³) | 98,0459 | 0,9902 | 0,16294 | 0,02654 |
| vtsc = 0,00490326- 0,00191846*(dap)+0,000288891*(dap ²)+0,0000090281*(dap ³) | 98,0011 | 0,9899 | 0,13444 | 0,01807 |
| Vcomcc = 0,00854761+0,000293333*(dap ²)+0,0000200591*(dap ² *h)- 0,00340548*(h) | 95,6264 | 0,9779 | 0,24745 | 0,06123 |
| Vcomsc = 0,000482297*(dap ²)- 0,000421815*(dap ² *h)+0,000729311*(dap*h ²)- 0,00163111*(h ²) | 98,5575 | 0,9928 | 0,06449 | 0,00416 |

Dap: diámetro a la altura del pecho en centímetros medido a 1,30 m sobre el nivel del suelo.
H: altura total en metros.
h: altura comercial determinada en metros, para un diámetro mínimo de 7 cm en la punta delgada.
vtcc: volumen total con corteza en m³.
vtsc: volumen total sin corteza en m³.
vcomcc: volumen comercial con corteza en m³.
vcomsc: volumen comercial sin corteza en m³.
R²: coeficiente de determinación.
r: coeficiente de correlación.
SCE: suma de cuadrados del error.
CME: cuadrado medio del error.

Fuente: Gómez y Mora (2003a)

Cuadro 3.4. Incremento medio anual para *Tectona grandis* en Costa Rica.

| Fuente | IMA | Observaciones |
|--------------------------------|---|---|
| Pérez <i>et al.</i> 2002 | IMA (m ³ /ha/año): 25,1; 21,3; 20,7; 18,7 | Con una densidad inicial de 1100 árboles/ha (3x 3m) y un área basal máxima de 24, 22, 20 y 18 m ² /ha respectivamente m ² /ha. |
| | IMA (m ³ /ha/año): 22,8; 21,3; 20,1; 17,9 | Con una densidad inicial de 816 árboles/ha (3,5 x 3,5 m) y un área basal máxima de 24, 22, 20 y 18 m ² /ha respectivamente. |
| Schmincke s.f. | IMA (m ³ /ha/año): 15 y hasta 12 sin corteza | En plantaciones establecidas a 3 x 3 m. |
| Chaves y Chinchilla 1990 | IMA altura (m): de 2,62 a 3,06 y de 1,83 a 2,24 | A los 5 años y 9 años. Estas diferencias son marcadas debido principalmente a la cantidad de calcio, capacidad de intercambio catiónico, profundidad y textura del suelo. |
| Chaves y Araya 1992 | IMAdg (cm./año): de 1,41 a 1,91 | A edades de 10 a 13 años, en Cóbano y Cabuya, Puntarenas. |
| Ugalde 1990 | IMA altura (m): 1,71 | Para edades mayores a 2 años. |
| Chaves y Fonseca 1991 | IMA altura (m): entre 0,29 y 2,41 y un promedio de 1,5. De 1,06 a 3,21 y un promedio de 1,69 | Para edades de 3 a 5 años, alturas mayores a 2,0 m se encontraron en Costa Rica y Panamá. Para edades entre 5 y 10 años. |

Cuadro 3.5. Rango de crecimiento para Costa Rica.

| Clase | IMA dap (cm./año) | IMA altura (m/año) | IMA altura dominante (m/año) | Área basal (m ² /ha) | IMA Área basal (m ² /ha/año) | IMA Vol. m ³ /ha/año |
|-------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
| Alto | ≥ 2,0 | ≥ 2,0 | > 2,8 | ≥ 20,0 | ≥ 2,5 | ≥ 18,0 |
| Medio | 1,51 – 1,99 | 1,51 – 1,99 | > 1,7 - 2,8 | 15,1 -19,9 | 1,6 – 2,4 | 12,1 – 17,9 |
| Bajo | ≤ 1,5 | ≤ 1,5 | < 1,7 | ≤ 15,0 | ≤ 1,5 | ≤ 12,0 |

Cuadro 3.6. Rango de crecimiento para Costa Rica (Alvarado 2003).

| Clase de calidad | Índice de sitio | IMA altura (m) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Marginal | ≤13,3 | ≤1,3 |
| Bajo | 13,3 – 17,4 | 1,3 – 1,7 |
| Medio | 17,4 – 19,8 | 1,8 – 2,0 |
| Alto | 19,8 – 22,9 | 2,1 – 2,3 |
| Excelente | ≥ 22,9 | ≥ 2,3 |

Cuadro 3.7. Predicción del crecimiento y del rendimiento en plantaciones de *Tectona grandis* en Costa Rica (Pérez *et al.* 2002).

| AB (m ² /ha) | Arb/ha | Edad (años) | Raleo | N rem. | Int. raleo (%) | Dap (cm) | Ht (m) | AB (m ² /ha) | AB-ext (m ² /ha) | AB-ext (%) | Vol.total rem. (m ³ /ha) | Vol.total ext. (m ³ /ha) | Vol.total rem.+ ext. (m ³ /ha) | IMA vol. (m ³ /t) |
|-------------------------|--------|-------------|-------|--------|----------------|----------|--------|-------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------|
| 18 | 1111 | 4 | 1 | 556 | 50 | 13,5 | 13,0 | 8,0 | 4,9 | 38 | 46,6 | 18,6 | 65,2 | 16,3 |
| | | 8 | 2 | 308 | 45 | 21,5 | 17,5 | 11,2 | 7,1 | 39 | 88,0 | 51,6 | 139,6 | 18,6 |
| | | 11 | 3 | 193 | 37 | 28,1 | 21,3 | 12,0 | 5,9 | 33 | 115,2 | 52,5 | 167,7 | 15,3 |
| | | 16 | 4 | 145 | 25 | 35,1 | 25,3 | 14,1 | 4,0 | 22 | 160,2 | 42,1 | 202,3 | 13,1 |
| | | 20 | 5 | 109 | 25 | 40,5 | 28,4 | 14,0 | 4,2 | 23 | 179,7 | 51,1 | 230,8 | 11,5 |
| | | 26 | | 109 | - | 46,8 | 32,0 | 18,7 | - | - | 269,4 | - | 485,3 | 10,4 |
| 18 | 816 | 5 | 1 | 431 | 47 | 16,0 | 14,4 | 8,7 | 5,3 | 38 | 56,6 | 30,1 | 86,4 | 17,3 |
| | | 9 | 2 | 249 | 42 | 24,2 | 19,1 | 11,4 | 7,0 | 38 | 99,1 | 56,1 | 155,2 | 17,1 |
| | | 13 | 3 | 158 | 36 | 31,5 | 23,3 | 12,3 | 6,1 | 33 | 129,1 | 59,8 | 188,9 | 14,5 |
| | | 19 | 4 | 119 | 25 | 38,5 | 27,3 | 13,8 | 4,1 | 23 | 169,8 | 48,4 | 218,2 | 11,8 |
| | | 25 | | 119 | - | 44,4 | 30,6 | 18,4 | - | - | 253,8 | - | 448,1 | 10,2 |
| 20 | 1111 | 4 | 1 | 556 | 50 | 13,5 | 13 | 8,0 | 4,9 | 38 | 46,6 | 18,6 | 65,2 | 16,3 |
| | | 8 | 2 | 306 | 45 | 22,1 | 18,1 | 12,1 | 8,0 | 40 | 98,2 | 60,5 | 158,7 | 19,8 |
| | | 12 | 3 | 185 | 40 | 29,9 | 22,3 | 12,9 | 7,3 | 36 | 130,0 | 68,6 | 198,6 | 16,6 |
| | | 18 | 4 | 138 | 25 | 38,0 | 27 | 15,7 | 4,7 | 23 | 190,7 | 54,2 | 244,9 | 13,6 |
| | | 23 | 5 | 103 | 25 | 43,3 | 30 | 15,2 | 4,8 | 24 | 205,5 | 62,8 | 268,3 | 11,7 |
| | | 28 | | 103 | - | 50,4 | 34 | 20,6 | - | - | 315,1 | - | 579,9 | 11,3 |
| 20 | 816 | 5 | 1 | 445 | 45 | 16,0 | 14,4 | 9,0 | 5,0 | 36 | 58,1 | 28,3 | 86,4 | 17,3 |
| | | 10 | 2 | 258 | 42 | 25,0 | 19,6 | 12,7 | 7,8 | 38 | 111,6 | 64,1 | 175,7 | 18,5 |
| | | 14 | 3 | 172 | 33 | 32,3 | 23,7 | 14,1 | 6,0 | 30 | 150,3 | 60,4 | 210,7 | 15,6 |
| | | 19 | 4 | 129 | 25 | 39,0 | 27,5 | 15,5 | 4,6 | 23 | 191,5 | 54,8 | 246,3 | 13,0 |
| | | 25 | 5 | 97 | 25 | 44,8 | 30,8 | 15,3 | 4,8 | 24 | 211,6 | 65,2 | 276,8 | 11,1 |
| | | 29 | | 97 | - | 51,3 | 34,6 | 20,0 | - | - | 311,5 | - | 584,2 | 10,9 |

3.14 Bibliografía

Alvarado, A. 2003. Escogencia de tierras y manejo de nutrición en plantaciones tropicales. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Araya, J; Chaves, SE. 1992. Ensayos de aclareo y rendimiento en plantaciones forestales. In II Congreso Forestal Nacional: la actividad forestal al servicio de un país en desarrollo, 25,26 y 27 de noviembre de 1992. San José, CR. ISBN 9977-47-160-6. pp 69-71.

Bhat, KM. 2000. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Indian plantations. Bois Et Forêts des Tropiques 263 (1):5-29.

Bhat, KM; Priya, PB; Rugmini, P. 2001. Characterization of juvenile wood in teak. Wood Science and Technology (34):517-532.

CAB internacional. 2000. *Tectona grandis* L. f. Forestry Compendium Global Module. Wallingford, UK: CAB International. 1 disco compacto, 8 mm.

Camacho, P; Blanco, M. 1997. Ecuaciones de volumen preliminares para *Tectona grandis*. In III Congreso Forestal Nacional: unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; 27,28 y 29 de agosto 1997. Eds Etilma Morales y Franko Cartín. San José, CR. ISBN 997-50-026-6. pp 131-133.

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

Chavarría, I; Navarro P, L; Valverde R, JM; Ramírez N, F; Méndez C, D; Montero M, JL. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica. Ed. LA Ugalde. Turrialba, Costa Rica, CATIE – MIRENEN. (Serie técnica. Informe técnico n° 290).

Chaves, SE; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L. f) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR; CATIE. 60 p. (Serie técnica. Informe técnico/CATIE, n° 179).

Gómez, M; Mora, F. 2003a. Comparación de modelos y unificación de ecuaciones de volumen para árboles individuales en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn) en Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 24 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Gómez, M; Mora, F. 2003b. Ecuaciones y tablas de volumen para árboles individuales en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn). Vertiente del Pacífico, Costa Rica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 22 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Henao, IO. 1982. Estudio de rendimientos y rentabilidad en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f) del Departamento de Córdoba, Colombia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente (Col) 2(1-2):1-78.

Mora, F. 1997. Factores de forma para teca, a diferentes edades, en la vertiente pacífica de Costa Rica. In III Congreso Forestal Nacional: unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; 27,28 y 29 de agosto de 1997. San José, CR. Eds Etilma Morales y Franko Cartín. ISBN 997-50-026-6. pp 137-139.

Pandey, D; Brown, C. s.f. La teca: una visión global.. Unasyuva (It): 201. 2 disco compactos, 8 mm.

Pérez, LD; Kanninen, M. 2002?. Estimación del volumen comercial a diámetros y alturas variables para árboles de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. 12 p. (por publicar).

Pérez, LD; Ugalde, L; Kanninen, M. 2000. Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Revista Forestal Centroamérica (CR) 31: 16-22.

Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef, SM. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Schmincke, KH. 2000. Plantaciones de teca en Costa Rica: la experiencia de la empresa Precious Woods. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Ugalde, AL. 1990. Resumen de crecimiento de las especies prioritarias del Proyecto MADELEÑA en América Central (Informe Interno). Turrialba, CR, CATIE. 7 p.

Vallejos, IO. 1996. Productividad y relaciones de Índice de Sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f, *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.

Vásquez, W; Ugalde A, L. 1995. Rendimientos y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pino caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. (Serie técnica. Informe técnico n° 256. 33 p).

CAPÍTULO 4. APROVECHAMIENTO

4.1 Técnicas de aprovechamiento (operaciones de saca o arrastre)

El arrastre de madera es el proceso de transporte de los árboles o trozas desde la zona de corta hasta un cargadero o un patio en la carretera donde serán convertidos en trozas o apilados para transporte a la industria.

Existen varios sistemas de arrastre: con animales de tiro, por arrastre, con vehículos que transportan la carga levantada del suelo, extracción con cables, entre otros. El equipo utilizado dependerá del tamaño de las trozas (diámetro y largo), de las distancias de arrastre, de la topografía y de facilidades y medios económicos existentes.

Independientemente del sistema empleado, la saca es una operación difícil y riesgosa, que puede causar graves daños a los suelos.

4.1.1 Arrastre forestal con animales de tiro

Los animales que más se adaptan para el transporte de madera son: bueyes, caballos y mulas, búfalos. Todos tienen como característica en común que su capacidad de arrastre disminuye cuando aumenta la

velocidad o la distancia de arrastre, las jornadas de trabajo son de 3 a 5 horas, además son sensibles a las altas temperaturas y fuertes pendientes.

Arrastre con bueyes: tienen una vida de trabajo de aproximadamente 10 años y una velocidad de 2,5 km/hora sin carga. Su fuerza de tracción equivale a la cuarta parte de su peso, la cual puede duplicarse o triplicarse si la distancia es corta y cuando las características del terreno son favorables. Sus pezuñas anchas y grandes le permiten atravesar terrenos suaves y fangosos por ejercer baja presión sobre el suelo.

En Costa Rica el empleo de bueyes en la extracción de madera de plantaciones forestales va en aumento porque existe experiencia en su manipulación y se adaptan muy bien al tamaño de las trozas. Su rendimiento varía de 1,52 a 3.68 m³/hora y distancias de arrastre de hasta 80 m.

Arrastre con caballos: su fuerza de tracción se considera en la mitad de su peso y varía con la velocidad y el tiempo, pues la fatiga hace que disminuya para velocidades altas y después de un largo recorrido. Las ventajas de los caballos

sobre los bueyes y las mulas son su mayor rapidez, mayor inteligencia y adaptabilidad a climas fríos.

Arrastre con mulas: tienen características similares a los caballos, pero poseen algunas ventajas: son más resistentes al calor, se excitan menos que los caballos, son menos exigentes a la alimentación, su costo inicial es más bajo, tiene más años de trabajo.

4.1.2 Transporte forestal con tractores

A nivel mundial, la extracción de madera se lleva a cabo, generalmente, mediante sistemas de arrastre con tractores de orugas, tractores con ruedas o "skidders", y tractores agrícolas. Se prefieren los tractores con llantas a los tractores de orugas, los neumáticos de caucho y la gran maniobrabilidad permiten que los skidders reduzcan los daños a los árboles y al suelo.

- Arrastre con tractores forestales articulados con llantas

Tractores arrastradotes: transportan la madera arrastrándola sobre suelo y solo son económicos a distancias cortas. Están dotados de un arco integral que levanta el extremo delantero de la troza para facilitar

el arrastre y poseen una capacidad de arrastre superior a la tonelada.

Los tractores forestales están equipados con un winche para el arrastre de trozas, un escudo protector de las llantas traseras, una pala frontal para apilar trozas y para apoyar la máquina durante el arrastre.

Los winches más sofisticados poseen cables hasta de 50 m y una especie de pala en donde se monta la carga, de manera que parte del recorrido la carga se transporta suspendida, lo cual hace más rápida la actividad y causa menores daños al suelo.

En Costa Rica está en aumento el uso de tractores agrícolas para la extracción de madera de plantaciones, para este equipo, además de existir diversidad marcas, modelos y capacidad, se posee bastante experiencia humana. Tienen la ventaja de su versatilidad a las actividades en las fincas.

Estos tractores equipados con winch, cadenas y deslizadores y una buena planificación de la extracción, producen un rendimiento de 2.4 a 5 m³/hora a distancias de 20 a 100 metros.

Tractores con remolque: con estos tractores la carga se transporta sobre el remolque o carreta (algunas equipadas con una grúa), transportan más volumen que los tractores arrastrados, por lo que pueden operar económicamente a distancias más largas (Fotos 4.1, 4.2). Sin embargo, al no existir plantaciones de donde se transporte madera constantemente, la información brindada sobre rendimiento de este equipo es poco precisa. Otro aspecto importante de señalar es la diversidad en tamaños de remolques, adaptados casi siempre a la capacidad del tractor agrícola utilizado, y casi siempre, el valor de rendimiento dado no se acompaña de información adicional como: tamaño del remolque, capacidad del tractor, topografía del terreno, estado de los caminos, distancia de transporte, etc.



Foto 4.1. Transporte de trozas de diámetro menor en remolques (Precious Woods)



Foto 4.2. Transporte de trozas de diámetro menor en remolques (Precious Woods)

4.1.3 Extracción con cables

Consiste en utilizar uno o más cables suspendidos para transportar las trozas desde la zona de corta hasta los puntos de carga. El transporte de madera con cables puede aplicarse con gran eficiencia bajo las siguientes condiciones:

- Alto volumen de madera aprovechable por hectárea.
- En sitios donde la construcción de caminos sea difícil por razones técnicas y/o económicas.
- En terrenos muy quebrados y rocosos.
- En zonas pantanosas.
- En terrenos susceptibles a la erosión.

- En cuencas hidrográficas para evitar contaminación y acumulación de desechos.

De acuerdo a sus características y modo de operar, la extracción con cables se clasifica en:

- Extracción con cables terrestres, denominado así porque las trozas son arrastradas sobre el suelo.
- Extracción con cables aéreos, mediante líneas suspendidas a cierta altura del suelo. La carga se desliza por gravedad o por medio de potencia mecánica si el transporte se realiza cuesta arriba.

La empresa Panamerican Woods, con plantaciones en Carrillo de Hojancha, Costa Rica, posee un moderno sistema de extracción con cables, equipados con una torre acoplada a un tractor agrícola (Foto 4.3).



Foto 4.3. Sistema de extracción con cables aéreos (H. Tanner)

4.2 Costos de aprovechamiento

La información referente a este punto es escasa y la existente no precisa las condiciones bajo las cuales se ha trabajado (equipos, modelos, condiciones ambientales, topográficas, etc.), pero ha sido obtenida de plantaciones forestales, en la extracción y transporte de productos de los primeros raleos (diámetros menores). Al respecto se mencionan cifras que varían

entre US\$10,72 y US\$14,17/ m³, para los incluye costos de cosecha (voltea, desrame, arrastre y apilado a orilla de camino en la plantación) y costos de transporte de

plantación a industria (considerando una distancia promedio entre 50 y 70 km) de US\$11,31 a US\$14,17/ m³.

4.3 Bibliografía

Anaya, H; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal: análisis de apeo y transporte. San José, CR, IICA. 246 p.

Davies, J. 1997. El sector forestal en la Zona Norte de Costa Rica: 1. la rentabilidad de sistemas de producción forestal. Ciudad Quesada, CR, Proyecto de Manejo Integrado de Bosque natural (DFID-CODEFORSA-MINAE-ITCR). 74 p. (Colección Técnica de Manejo de Bosque Natural n° 6).

Meza, A. 1998. Técnicas apropiadas para el aprovechamiento de raleos de plantaciones forestales. Material del curso del Proyecto APRO. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Quepos, C R. 56 p.

Meza, A; Guzmán, J. 1999. Evaluación de alternativas tecnológicas para el arrastre de trozas de diámetros menores. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, C R. 44 p.

Sage, LF. 2003. Análisis comparativo de competitividad: aplicación práctica. Desde el Bosque (CR) 11:12-15.

CAPÍTULO 5. INDUSTRIALIZACIÓN Y USOS

5.1 Técnicas de aserrío, secado, encolado, entintado y preservado

5.1.1 Preservación: Se utiliza para alargar la vida útil, principalmente cuando la madera está en contacto con la intemperie o con el suelo. El porcentaje óptimo de contenido de humedad para aplicar el preservante por el método de doble difusión está entre 85% y 100%. En Venezuela la madera redonda de albura para postes y estantillos tratada por el método de doble difusión absorbió casi el 100% del preservante, mientras que el duramen tiene poca penetración.

En Trinidad, el método más utilizado es a presión atmosférica, es un método de inmersión en baño caliente y frío, utilizando la creosota como preservante.

Tectona es considerada como una madera muy difícil de tratar con inmunizantes y aun con vacío vapor tiene penetración incompleta, ya que el duramen es muy resistente a la penetración. La albura también tiene baja permeabilidad y responde mejor al tratamiento con sulfato

de cobre al 6%, seguido por borax al 7 %, en inmersiones de tres días y periodos de difusión de tres semanas.

5.1.2 Secado: La madera de teca seca bien al aire, pero lentamente y presenta daños mínimos. Las piezas de 1 cm de grueso a los 15 días al aire secan de un 40% a 15% de contenido de humedad, las piezas de 2,5 cm de grueso tardan 30 días y las de 4 cm, 50 días. Madera de 6 años secada al aire ha bajado la humedad de 58% a 18% en 20 días.

El secado al horno es bueno y no presenta tendencias a rajaduras y alabeos. Las piezas de 2,5 cm de grueso pueden secarse al horno bajando la humedad de 40% a 10% en 5-6 días a una temperatura de 60-80 °C y una humedad relativa correspondiente de 80%.

La madera cambia de color con temperaturas iniciales altas por lo que deberían evitarse. Durante el secado al horno se produce un condensado de ácido butírico que puede corroer los hornos de metal (a menos que sean de aluminio o acero inoxidable).

En general, debido al comportamiento mostrado por *Tectona grandis* en los diferentes procesos de secado, se recomienda el secado al aire libre y cuando se utilizan cámaras de secado es oportuno la aplicación de un programa suave, ya que en horarios de secado moderado y severo la madera presenta colapso, endurecimiento y grietas internas que disminuyen en gran medida la calidad.

5.1.3 Aserrado: La madera es bastante abrasiva y contiene hasta un 1,5% de sílice, por lo que debe aserrarse en estado verde y utilizar sierras reforzadas con estelita o con carburo de tungsteno. Cuando se trabaja con herramientas con buen filo tiene baja resistencia al aserrado.

La madera proveniente de aclareos posee muchas tensiones que dificultan el aserrado. Es necesario aserrar las trozas eliminando dichas tensiones en forma equilibrada, es decir, remover costanera y la tabla de un lado y posteriormente el lado opuesto, seguidamente los otros dos lados. Las piezas de albura removidas para disminuir tensiones deben ser piezas de 2 cm a 2,5 cm para que al secar

puedan enderezarse por efecto del peso de la pila.

El uso de sierras dobles reduce el tiempo de volteo de las trozas para eliminar tensiones. En el aserrío de trozas de pequeñas dimensiones, la teca produce mayor rendimiento comparado con melina, ciprés y jaúl, lográndose porcentajes de 40,9% en trozas de un diámetro entre 10 y 15 cm y un 47,2% para trozas con diámetro entre 15 y 25 cm, esto se debe a mejor calidad de trozas, poca presencia de nudos, poca curvatura y baja conicidad.

Para trozas de pequeñas dimensiones actualmente se está utilizando equipo de fabricación nacional, principalmente para elaborar bloques a partir de dos cortes opuestos simultáneos (Fotos 5.1 y 5.2).



Foto 5.1. Equipo de aserrío de fabricación nacional, con hoja y cadena de motosierra (Precious Woods)



Foto 5.2. Equipo de aserío de fabricación nacional, con hoja y cadena de motosierra (Precious Woods)

5.1.4 Cepillado: Cepilla con facilidad. En ensayos de cepillado con madera de teca de 15 a 32 años se han obtenido defectos por grano grueso de un 56,29% del área de la pieza, el defecto más grave es el de grano arrancado con un 8,7%, considerado como leve y está asociado principalmente con la presencia de nudos. Para evitar el grano arrancado, la velocidad de alimentación debe oscilar entre 6 y 12 m/min. Además, se requiere que las herramientas estén bien afiladas debido al contenido de sílice. También se presenta el grano veloso (5,44%) y el grano levantado (0,43%).

Los resultados anteriores se obtuvieron trabajando con una cepilladura molduradota marca Weinig, modelo

Profimat de 22 N con funciones de cepillado de cuatro caras, molduras, listoneado y machihembrado; además tiene las siguientes características:

- Número de eje 5
- Diámetro de eje 40 mm
- Rpm de eje 6000
- Ancho de corte 220 mm
- Altura de corte 120 mm
- Potencia (5.5 Kw ejes verticales, 4 Kw ejes horizontales, 2.2 Kw y 3 Kw en rodillos de avance).
- Velocidad de avance 5.22 m/min

5.1.5 Torneado: La Teca se tornea con facilidad a un 30% de humedad, además se disminuye el desgaste de herramientas y se facilita el corte.

5.1.6 Lijado: Presenta buenas características de lijado, aunque a mayor edad aumenta la temperatura y las dificultades de remoción, atribuidas a mayor dureza de la madera. El polvo es irritante, las sustancias responsables de las reacciones alérgicas deben ser lapachol y desoxylapachol, aunque no están siempre presentes en la madera.

5.1.7 Moldurado: La madera no presenta ningún grado de vellosidad en el grano y

muestra buena calidad de las superficies, sin embargo, por la presencia de materiales abrasivos, debe trabajarse con cuchillas calzadas con carburo de tungsteno, lo cual eleva los costos de producción.

En ensayos de trabajabilidad realizados en madera seca al aire (contenido humedad menor a 15%), para evaluar la respuesta al cepillado, moldurado y taladrado, los defectos que se presentaron en cepillado fueron grano arrancado, grano velloso y en relieve, siendo de mayor importancia el último, debido a que los demás se pueden eliminar fácilmente mediante lijado.

En ensayos de moldurado se detectaron defectos de grano arrancado, grano velloso y astillado, los cuales ocurrieron en mínimo grado y extensión, propiciando un buen acabado.

5.1.8 Taladrado: En ensayos de taladrado, la respuesta de la madera fue excelente al dejarse penetrar fácilmente por la broca. Cuando se requiera una excelente calidad del orificio se recomienda el uso de brocas metal adaptadas para de madera y el uso de

brocas de metal para mejorar la eficiencia del taladrado especialmente cuando los orificios no expuestos visiblemente.

5.2 Costos y rendimientos de aserrío

El aserrío en madera joven de 6 años ha dado como resultado un rendimiento de 35,38% cuando se procesa como tablilla y de 50,14% cuando se obtiene piso y molduras, con un rendimiento final (menos defecto) de 19,43% y 33,79% respectivamente. Los defectos más comunes en el proceso de aserrío son los nudos (vivos o muertos), la corteza y la médula.

Se reporta un costo de US\$20,1/m³ para el aserrío de madera en troza proveniente de los primeros raleos.

5.3 Fabricación de paneles, vigas laminadas, *finger-joint*

Los acabados finales con lacas y barnices, pueden causar pérdida del aspecto natural. En muebles de uso externo, el recubrimiento con una capa de cera para tapar los poros puede ser útil para evitar manchas. En este tipo de muebles la madera se envejece a causa de los rayos ultravioleta, pero puede tratarse con jabón

y un cepillo suave y agregar sal al agua para mejorar el color.

En Venezuela se han logrado tableros aglomerados de partículas de excelente calidad con una densidad de 0,600 a 0,800 gr/cm³, con teca de nueve años, o de teca mezclada con melina, sobrepasando las normas para la construcción de los mismos. En la **Foto 5.3** se muestran algunos productos contruidos a partir de *Tectona grandis* de raleo de plantación.



Foto 5.3. Columna, viga y panel contruidos a partir de *Tectona grandis* de raleo de plantación (Carpio 2003).

obtiene una pulpa de color *beige* claro a una temperatura de 160 °C, un tiempo de cocción de 45 minutos y una concentración de hidróxido de sodio al 7%, con un rendimiento másico de pulpa de 45,5% y una deslinificación del 98%. La pulpa extraída puede ser utilizada para papel de impresión, bond, sobres, cuadernos, utilizando una etapa de blanqueo posterior o en papeles de mayor calidad mezclada con pulpas de fibras más finas.

5.4 Pulpado: De trozas de pequeñas dimensiones, producto de aclareos tempranos es posible extraer pulpa. Con el método de soda antraquinona se

5.5 Bibliografía

Abarca, R; Blanco, ML; Solano, P. 2003b. Obtención de pulpa a la soda antraquinona a partir de *Tectona grandis*. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 15. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Altuve, LF. 1986. Estudio tecnológico exploratorio y promocional de la teca de aclareos (*Tectona grandis*). Mérida, Ven., Universidad de los Andes. 83 p. (Cuadernos Comodato ULA-MARNR. n° 11).

Betancur, C; Herrera, JF; Mejía, LC. 2000. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la teca (*Tectona grandis* L. f) de Puerto Libertador (Córdoba). Col., Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Col.) 53 (1) - 2000.

Blanco, LM; Stradi, B. 2003. Composición química de las especies de teca (*Tectona grandis* L. f) y melina (*Gmelina arborea* Roxb). In Memoria de Seminario “La Industria de la Madera y Comercialización de Productos Forestales en Latinoamérica”. Heredia, CR, 9-10 y 11 de abril del 2003. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (UNA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (UCR). pp 169-177. ISBN 9968- 9996- 2- 8.

Castro, CF. 1998. Propiedades tecnológicas de la madera de teca procedente de Colorado de Abangares. Tesis Licenciatura en Ingeniería Civil, UCR. San José, CR. 109 p.

Garay, D; Durán, J; Moreno, P. 2003. Tableros aglomerados de partículas a partir de las especies Teca y Melina. In Memoria del Seminario “Industria y comercialización de productos forestales en Latinoamérica”. Heredia, CR, 9-10 y 11 de abril del 2003. UNA, INISEFOR – UCR, INI. pp 109-116. ISBN 9968-9996-2-8.

Moya, R. 1996. Aprovechamiento en aserrío de un segundo raleo, en una plantación de Teca *Tectona grandis*, de 8 años de edad ubicada en Monterrey de San Carlos. Cámara Costarricense Forestal, Desde el Bosque (CR) 4 (20).

Moya, R. 1996. Comportamiento en aserrío de las especies de Melina, Teca, Ciprés y Jaúl. PP173-179. In IV Taller Nacional de Investigación Forestal y Agroforestal, Guácimo, Limón, CR, 9,10 y 11 de diciembre de 1996.

Phengkklai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , M.S.M. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Sage, LF. 2003. Análisis comparativo de competitividad: aplicación práctica. Desde el Bosque (CR) 11:12-15.

Serrano, JR; Sáenz, MM.2003. Trabajabilidad de teca (*Tectona grandis*) de Costa Rica y Panamá. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 10 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.

Standisch, R. s.f. Teak story. (en línea). Consultado 13 feb. 2003. Disponible en http://www.orgatechomegalux.com/orgatech_59.htm

Vásquez, I. 1992. Teca. Serie maderas comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). Mérida, Ven. 30 p. (Ficha técnica n° 28).

Weaver, P. 1993. *Tectona grandis* L. f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

CAPÍTULO 6. COMERCIALIZACIÓN

6.1 Mercado mundial y local

La región asiática desde hace mucho tiempo domina la producción y comercialización de maderas tropicales, especialmente en el caso de la teca, en la que se encuentra la mayor parte de las plantaciones existentes en el mundo.

Asia posee el 88 % de las existencias mundiales y solamente Indonesia tiene más del 40% de las plantaciones mundiales de teca. Con estas cifras, es de esperar que el mercado seguirá estando muy influenciado por las políticas forestales de los principales países productores (Myanmar, Indonesia, la India y Tailandia), y de los consumidores, dentro de los que figura también la India, Tailandia y Singapur, países en donde existe preocupación por el futuro del suministro de teca, como consecuencia de una serie de interrogantes desde la óptica ambiental.

Algunos cuestionamientos ambientales que plantean los grupos ecologistas, los defensores del medio ambiente y las organizaciones no gubernamentales son:

- La causa principal de la desaparición o degradación de la mayor parte de los bosques naturales de teca de Tailandia, la República Democrática Popular Lao y la India, ha sido la tala indiscriminada e incontrolada. En Myanmar, la aplicación del sistema de entresaca ha contribuido a evitar esta controversia y ha garantizado la sostenibilidad ambiental.

- Aunque las plantaciones pueden evitar algunos conflictos ambientales, se le atribuyen otros, como la degradación del sitio a través de la erosión y la lixiviación, promovidas por la excesiva limpieza del sotobosque y la eliminación de restos de cosecha.

- Las plantaciones (monocultivos forestales), en general, han tenido campañas en su contra por la tendencia a presentar niveles más bajos de biodiversidad y pueden ser más susceptibles a sufrir daños severos por efectos de las plagas y enfermedades, por el viento, las tormentas y los incendios.

- Muchos habitantes locales de los bosques se verían privados de su medio

de sustento al ser excluidos de las nuevas zonas de plantaciones y perder la diversidad de plantas nativas utilizadas por ellos.

Una gran parte de la controversia por motivos ambientales en contra de las plantaciones de teca por se origina en las prácticas inadecuadas de manejo, más que en las características estructurales de las plantaciones. En algunos países, el abandono de esas prácticas ha contribuido a conservar la fertilidad del suelo, también se están estableciendo plantaciones mezcladas para conseguir una mayor cobertura del suelo, para dotarla de mayor estabilidad, aumentar la biodiversidad y reducir los riesgos comerciales.

Otra problemática que surge a partir de 1991 en torno a la teca, promovida por los altos precios de mercado y que pone en duda el futuro de los programas de inversiones en plantaciones de teca principalmente en la India, ha sido la promoción de plantaciones con turnos cortos (20 años), con crecimientos exagerados y precios irreales para los productos. Esta situación se dio también en Costa Rica.

Las restricciones de los mercados Europeos y el de América de Norte por adquirir productos certificados pueden afectar el suministro de teca. Plantaciones certificadas con base a las normas establecidas por el Consejo de Administración Forestal, se localizan en cuatro países (Costa Rica, Indonesia, Panamá y Sri Lanka) de los 35 en los que se cultiva actualmente la teca. La certificación puede ser un incentivo para reforestar por tener la opción de lograr acceso a mercados que paguen mejores precios por los productos, pero las posibilidades de lograr mejores precios son limitadas y los costos de la certificación pueden desmotivar principalmente a los pequeños productores.

6.2 Políticas y legislación

A partir de 1990 se han dictado directrices y se ha adecuado la legislación para prohibir o restringir la explotación de los bosques naturales en todos los países comprendidos en el área de distribución de la especie, con la excepción de Myanmar, en donde el aprovechamiento se desarrolla a través del sistema de entresaca, considerado como bueno en lo referente a la

sostenibilidad ambiental. Sin embargo, recientemente en los Estados Unidos se ha producido una campaña dirigida por los consumidores en contra de la adquisición de teca procedente de Myanmar.

Desde 1990 la exportación de madera aserrada de teca de Indonesia ha estado restringida para abastecer la industria local de muebles. En Tailandia, la teca fue por mucho tiempo la madera de exportación más importante, hasta que en 1989 la extracción de madera del bosque natural fue abolida, mientras que en la República Democrática Popular Lao, la oferta de trozas se restringió fuertemente a partir de 1989, en espera de una reevaluación del potencial productivo.

En algunos estados de la India, la oferta nacional de madera está limitada por restricciones o prohibiciones sobre la extracción de bosques naturales impuestas en 1976. El aprovechamiento del bosque natural sólo se puede realizar con los planes de trabajo de los gobiernos estatales, lo cual ha provocado un aumento impresionante de las importaciones de teca.

El gobierno de Costa de Marfil a partir de 1999 prohibió la exportación de trozas, incluso de teca. Otros países productores como Filipinas, Vietnam, Malasia Peninsular, Ghana y Nueva Guinea han puesto restricciones o impuestos a la exportación de trozas.

Otros factores que están afectando el cultivo y el comercio de la madera de teca son los aranceles nacionales a la importación, las medidas no arancelarias como la certificación de productos exigidas por los importadores y los boicoteos impuestos por los minoristas y los grupos de consumidores.

6.3 Oferta mundial (Consumidores y productores)

La oferta mundial de madera de teca madura de bosque natural actualmente está siendo suplida por los países productores tradicionales (Myanmar, India e Indonesia). Sri Lanka, Bangladesh, Trinidad y Tabago y algunos otros países producen madera en rollo madura procedente de plantaciones. Sin embargo, la oferta disminuye progresivamente debido a las restricciones impuestas por los

gobiernos en casi todos los países dentro de la zona de distribución natural de la especie, consecuentemente, muchas industrias forestales han iniciado el establecimiento de plantaciones en tierras privadas, con la ayuda de agricultores a los que proporcionan asistencia financiera y técnica.

Para la última década, la inversión privada en el establecimiento de plantaciones en países como India, Ghana y en América tropical (Costa Rica, Brasil, etc.), fue favorecida por el desarrollo de una estrategia de comercialización adaptada a productos procedentes de madera joven y de pequeñas dimensiones y por el aumento escalonado de precios, lográndose montos hasta de US\$1000/m³ en el mercado norteamericano para productos como parquet, componentes de muebles y mobiliario.

Estimaciones recientes de la FAO, calculan en 5,7 millones de hectáreas (ha) reforestadas a nivel mundial para el año 2000. En la India existen más de 9,77 millones de ha de bosque natural de teca con severas restricciones para la

explotación a partir de 1997, limitando la oferta nacional e internacional. Además posee más de 500000 ha de plantaciones de teca y está en marcha un amplio programa para plantar casi 50000 ha anualmente.

En Tailandia el bosque natural de teca se estima en 2,5 millones de ha y 170000 ha en plantaciones. En otros países asiáticos del sudeste como New Guinea y en Malasia Peninsular, la especie es plantada a escala pequeña, sin embargo; las plantaciones reciben gran interés por los buenos precios y por resultados muy alentadores de las plantaciones a nivel experimental.

Estimaciones recientes de la FAO indican que la tasa anual de reforestación es superior a las 100000 ha, pero el aumento neto mundial en área reforestada es insignificante desde 1990. Las plantaciones establecidas son en la mayoría en la India, Tailandia e Indonesia, en Asia tropical, y en Costa Rica y Panamá en la América tropical.

Entre los principales países exportadores de madera aserrada de teca está Indonesia con 800000 m³ para

el periodo de 1984-1988, aunque también Tailandia y Costa de Marfil exportan un volumen significativo.

Myanmar es el único productor asiático que permite la exportación de teca en trozas con pocas limitaciones, dominando este mercado, el otro exportador importante de trozas es Costa de Marfil. Varios países africanos y algunos de América Latina (Trinidad y Tabago y el Ecuador) exportan volúmenes bajos de madera en troza.

Los principales fabricantes de productos de teca son Indonesia, Tailandia, la India y China. La India a pesar de ser uno de los países con mayor producción de teca, importa grandes cantidades de madera en troza y aserrada, procedente de África y América Latina para satisfacer la demanda interna de la industria de chapas y contrachapados, también produce madera aserrada (para la construcción y usos decorativos) y tableros decorativos casi exclusivamente para su utilización en el mercado nacional.

Las industrias de elaboración de teca de China y Tailandia funcionan con madera en rollo importada, mientras Indonesia procesa toda la teca que cultiva en plantaciones y gran parte de la producción en forma de artículos acabados se exporta a Europa y América del Norte.

6.4 Oferta nacional y posibilidades de exportación

En Costa Rica existen aproximadamente 40000 ha de teca en varios lugares del país, incluidos algunos menos favorables con abundante pluviosidad y sin una clara estación seca, así como en pequeñas explotaciones agrícolas. La mayoría de estas plantaciones se encuentran certificadas o en un proceso bastante adelantado para lograrla, lo cual puede considerarse como una ventaja para vender con más facilidad y a mejores precios.

En general, el 50% de las trozas obtenidas de aclareos en plantaciones de pequeña y mediana escala son de regular a mala calidad y de poco diámetro, de ahí que las trozas se clasifican como de grado 4 (en escala

de 1 a 4), según el sistema de clasificación internacional de la ITTO, principalmente por el diámetro mínimo establecido. Para mejorar este grado de clasificación, la madera proveniente de plantaciones forestales debe ser de mayor calidad (madera libre de nudos y otros defectos, menor conicidad, mayor duramen, entre otros) y de una mayor dimensión y edad (diámetros mayores de 30 cm y edades mayores de 15 años).

La mayoría de las plantaciones de teca se establecieron en el periodo de 1987 a 1997, estimando un ciclo de corta de 25 años. Sobre esta base se proyectó la oferta de madera para el periodo 2001 - 2012, calculándose en una producción anual de 113000,0 m³ de madera proveniente de raleos comerciales (segundo y tercer raleo), en trozas de 15 a 24 cm en la punta delgada, equivalente a 1,06 millones de trozas/año. Sin embargo, la baja edad de las plantaciones, el diámetro pequeño de las trozas actualmente utilizadas y la considerable presencia de defectos, médula y de albura, hacen que la materia prima tenga un bajo valor de mercado.

Sumado a lo anterior, el país posee una estructura de producción para productos de primera transformación (madera aserrada, chapa plana, tableros) y de segunda transformación (puertas, ventanas, muebles, molduras, embalaje) dirigida, casi en su totalidad, al mercado doméstico. También el transporte interno es ineficiente y con costos elevados, tanto para materia prima, como para productos semielaborados, lo cual hace muy difícil una exportación económica, en contraste, los precios de venta para algunos productos en Europa son hasta la mitad de los precios predominantes en Costa Rica.

A pesar de las dificultades existentes, los grandes avances de Costa Rica en el manejo de la especie, programas de mejoramiento genético, sistemas de reproducción, investigación en el establecimiento y manejo de plantaciones, comercialización de productos, los sistemas de incentivos para la reforestación, los avances en certificación, etc., son reconocidos a nivel mundial. Esto debe utilizarse para que Costa Rica construya una imagen diferenciada de la teca, que le permita a

los productores mayor facilidad para vender sus productos y lograr mejores precios.

6.5 Precios

Son muchas las razones por las cuales la madera de teca es una de las más cotizadas a nivel mundial: su estabilidad dimensional, durabilidad natural, resistencia, belleza, trabajabilidad, diversidad de usos, entre otras. Las restricciones impuestas a la madera proveniente de bosque natural y los aranceles en los países exportadores son también factores que han promovido un aumento significativo en el precio de la madera de esta especie.

Existen grandes diferencias de precios, originadas por diversas condiciones en cada país y hasta por el tipo y calidad de producto, por ejemplo, es conocido que la teca más cotizada es la de Asia, con un 20% más de valor que la teca de las plantaciones de África. La madera de África por la cercanía al mercado Europeo tiene un 20% más de valor unitario FOB que la teca de Centroamérica. La madurez de la madera también constituye un factor determinante del precio, la teca de 20

años o más tiene el mayor precio en el mercado y se constituye en el precio referencial, la madera proveniente de árboles de 16 años se cotiza a un precio de un 15% más bajo y la de 12 años un 30% menos.

En Sabah la exportación de madera aserrada en 1992 fue de 12 m³ con un valor de US\$ 383/m³, mientras Java en 1989 exportó a US\$640/m³ aserrado. Los países asiáticos tradicionalmente productores, ante las restricciones para el aprovechamiento del bosque natural de los últimos años, han aumentado la demanda interna importando teca en troza de las plantaciones de África y América Latina a un precio inferior

De US\$150 a US\$250/ m³ (US\$140 a US\$150 en febrero de 2000).

La India compra el 99% de las trozas de teca que exporta Costa de Marfil. El precio FOB de la teca procedente de Costa de Marfil subió de US\$60/ m³ en 1993 a más de US\$300/ m³ a finales de 1997. En la India el precio en troza aumentó en un 970% de 1975 a 1990. Se mencionan precios de US\$1300 en Estados Unidos y de US\$2000 en Europa por m³ de madera aserrada, en

bloques, seca y de bosque natural, de US\$1200 y US\$3000/m³ para madera de primera calidad de bosque natural y de US\$400 a US\$600 para teca de inferior calidad.

En Costa Rica existen empresas que procesan trozas de teca de pequeñas dimensiones, comercializan parquet, componentes de muebles y mobiliario a precios que alcanzan hasta US\$1000/m³ (el equivalente en madera en rollo) en el mercado norteamericano. También se cita para Costa Rica precios FOB de US\$110 a US\$550 en troza y de US\$550 a US\$770/m³ en madera aserrada, sin secar y con parte de albura. Para 1996 se mencionan precios FOB que oscilan entre US\$500 y US\$810 dependiendo de las dimensiones de trozas.

El Cuadro 6.1 muestra precios para la especie en Costa Rica, según diámetro de troza, en pie, en patio de industria y aserrada. Los datos originales son fueron suministrados por la Cámara Costarricense Forestal para el 2003 en colones (¢) por pulgada maderera tica (PMT) y se convirtieron a metros cúbicos (1 m³= 330 PMT en troza y 460 PMT aserrada) y a dólares (US\$= ¢405).

En el año 2000 se registraron precios de US\$1200/m³ para madera en troza de 24 años, mientras que organismos internacionales estiman que la madera en general en los últimos 30 años registra una inflación del 6% anual y esperan que esta situación se agudice.

Cuadro 6.1. Precio para madera de teca en Costa Rica. 2003.

| Diámetro (cm) | Zona | En pie (\$/m ³) | Patio de industria (\$/m ³) | Aserrada sin cepillar | |
|---------------|------------|-----------------------------|---|----------------------------|---------------------------|
| | | | | Verde (\$/m ³) | Seca (\$/m ³) |
| 10-15 cm. | Guanacaste | 57,04 | 73,33 a 97,78 | 454,32 | - |
| 15-30 cm. | | 65,19 | 97,78 a 101,85 | 567,90 | - |
| ≥30 | | 65,19 | 97,78 a 122,22 | 567,90 a 1135,80 | - |
| 10-15 cm. | Zona norte | 50,52 | 65,19 | 227,16 | - |
| 15-30 cm. | | 83,11 | 97,78 | 283,95 | - |
| ≥30 | | 105,93 | 122,22 | 397,53 | - |
| 10-15 cm. | Pacífico | 6,52 a 24,44 | 24,44 | 159,01 | 204,44 |
| 15-30 cm. | | 6,52 a 24,44 | 24,44 a 97,78 | 170,37 a 244,20 | 244,20 a 396,17 |
| ≥30 | | 81,48 | 118,15 | | |

6.6 Demanda de madera y de productos

Tailandia tiene una fuerte dependencia de importaciones de teca de plantación para la industria del mueble en rápido crecimiento y orientada a la exportación, logrando desde 1945 popularizar los muebles de teca en todo el mundo. La India es uno de los mayores productores de teca en el mundo, pero su producción no basta para cubrir la demanda interna, convirtiéndose esta en el principal importador de madera.

También otros países asiáticos productores han aumentado la demanda interna importando teca de las plantaciones de África y América Latina.

Mercados importantes son Norteamérica, Europa y Japón, en donde usan esta madera para la construcción de casas sometidas a condiciones ambientales extremas, muebles lujosos, muebles de exteriores

y en el recubrimiento de superficies exteriores e interior de yates, etc.

6.7 Relación beneficio costo

Las conclusiones del seminario regional de teca realizado en Tailandia en 1999, indican que las plantaciones con un IMA de 3 m³/ha/año (corta final más raleos) y rotaciones largas (más de 50 años), dan una tasa de rendimiento del 15%. Esta tasa es alta debido a varias razones:

- El establecimiento de plantaciones presenta inversiones iniciales bajas.
- A la posibilidad de comercializar productos desde los primeros raleos.
- A la exclusión del costo de oportunidad del terreno.
- Alto precio de la madera.

6.8 Estándares de calidad

Entre las principales normas técnicas para la madera de teca a nivel internacional se citan:

- 1- Tiempo para corte: edades entre 10 y 40 años para productos de plantación.
- 2- Madera libre de albura o con una pequeña tolerancia de albura.
- 3- No se permiten ataques de insectos y plagas.
- 4- No se permiten ataques de hongos.

5- No se aceptan costaneras ni defectos mecánicos.

6- No se aceptan nudos vivos, ni muertos.

7- Secado al horno con un máximo de 16% de humedad relativa.

También se citan otras condiciones para exportar productos de un continente a otro, como son:

- Mercancía de primera calidad.

- Mercancía de características técnicas que no se encuentran en el lugar

- Mercancía con medidas que no se encuentran en el lugar.

- Mercancía de mejor estética que la local.

- Mercancía de precio más bajo que el local.

En Costa Rica se establecen requisitos para la compra de la madera de teca, en función del mercado y del precio. El Cuadro 6.2 resume la situación actual.

6.9 Sistemas de medida y canales de comercialización

En Costa Rica toda la madera de teca en troza exportada ha tenido como fin mercados en los Estados Unidos y Asia, donde se utiliza el volumen Hoppus para su

comercialización. La fórmula Hoppus considera solamente el volumen útil para la industria, es decir, no toma en cuenta los costeros. La fórmula se expresa como:

$$\mathbf{a)} \text{ Volumen m}^3 \text{ Hoppus} = ((G/4)^2/10000) \times L$$

Donde:

G= circunferencia medida en el centro de la troza en centímetros.

L= longitud de la troza en metros.

Además, se impone un castigo mínimo fijo al diámetro de la troza de 3 cm o de 9,5 cm a la circunferencia y un castigo a la longitud de la troza. Con estos dos castigos la fórmula queda expresada así:

$$\mathbf{b)} \text{ Volumen m}^3 \text{ Hoppus} = (((G-Ga)/4)^2/10000) * (L-La)$$

Donde:

G= circunferencia medida en el centro de la troza en centímetros.

Ga= castigo aplicado a la circunferencia de la troza en centímetros.

L= longitud de la troza en metros.

La= castigo aplicado a la longitud de la troza en metros.

El cálculo del volumen de esta manera y aplicando la fórmula **a** reduce en un 25,5% en volumen real del cilindro y con la aplicación de los castigos de la fórmula **b**

Cuadro 6.2. Requisitos dimensionales y cualitativos, precios y rendimientos de producción para la comercialización de trozas *Tectona grandis* en Costa Rica. 2003.

| Mercado | Requisitos | Precio (US\$/m ³) | Producto | Rendimiento (%) |
|--------------------------|--|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Nacional | Mínimo 20 cm de diámetro en cara menor, de 4 a 5 m rectos, mayor de 2 años, médula solo de un lado | 63 – 160 | Pisos, cielo raso, vigas, etc. | 50-60 (pérdida por médula 20-50%) |
| Internacional + Nacional | - Edad > 20 años | 160 – 530 | Muebles (solo duramen) Parquet (consumo local) | 15 – 45 |
| Internacional + Nacional | - Edad > 18 años | 130 – 360 | Parquet exteriores (solo duramen) Tablilla (consumo local) | |

entre un 10 y 25%, la suma de ambos significa que el vendedor entrega 100 unidades y el comprador paga entre 53,5 y 68,5 unidades.

A nivel nacional se comercializa la madera en troza utilizando la Pulgada Maderera Tica (PMT), mediante la siguiente fórmula:

$$PMT = (C/4)^2 * L/4$$

Donde:

C: circunferencia de la troza medida en la punta más delgada en pulgadas

L: largo de la troza en varas

Actualmente se está equiparando el cálculo del volumen expresado a través de la Pulgada Maderera Tica con el

volumen Hoppus por medio de la aplicación de castigos por concepto de corteza y albura, estos castigos oscilan entre 1 y 2 pulgadas por troza y pueden aumentar dependiendo de la proporción de albura.

En el caso de compra y venta de madera cuadrada o aserrada no existen diferencias en el cálculo del volumen, para este se usa la fórmula mundialmente conocida: alto x ancho x largo.

El Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH) está procesando madera de teca como una forma de obtener un mejor precio y de evitarse los castigos al vender madera en troza. Gran parte de su producción en forma

de artesones, tablilla, madera para mueblería y productos acabados los vende a hoteles en la misma zona. Por su parte, la Junta Nacional Forestal Campesina (Junaforca), también está tratando de implementar entre los

pequeños productores un esquema en donde la madera se venda (para consumo interno o para exportación) con cierto grado de procesamiento para obtener mayor valor agregado.

6.10 Bibliografía

Alfaro, M. 2002. Los sistemas de medición de madera. Desde el Bosque (CR) 4 (10): 11-14.

Balooni, K. 2000. Programas de inversión en plantaciones de teca: perspectiva desde la India. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Bianchi, H. 1997. Situación actual, potencial y expectativas. In Seminario “Teca: Mitos y realidades”. San José, Costa Rica, 31 de julio y 1 de agosto de 1997. 11 p.

CCF (Cámara Costarricense Forestal (CR). 2003. Lista de precios de las especies melina y teca en distintas zonas de Costa Rica: anexo 2. San José, CR. 1 p.

Centeno, JC. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. Actualidad Forestal Tropical 5(2):10-13.

De Camino, R. 1997. Teca: mitos y realidades. In Seminario “Teca: Mitos y realidades”. San José, CR, 31 de julio y 1 de agosto de 1997. 11 p.

De Vriend, J. 1998. Teak: an exploration of market prospects and the Outlook for Costa Rican plantations based on indicative growth tables. San José, Costa Rica, CATIE - Wageningen Agricultural University – MAG (CR). 77 p.

Enters, T. 2000. Terrenos, tecnología y productividad de las plantaciones de teca en Asia sudoriental. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 2000. Global Forest Resources Assessment 2000. Forestry Paper 140. pp. 23-38.

Gardino, P. 2001. Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales: Estudio de mercado de productos Forestales: Posibilidades de exportación de melina y teca de Costa Rica, San José, CR, FONAFIFO, Proyecto TCP/COS/006(A). (en línea). Consultado 2 set. 2003. Disponible en <http://www.fonafifo.com>.

Krishnapillay, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Maldonado, G; Louppe, D. 2000. Desafíos para la teca en Côte d'Ivoire. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Mittelman, A. 2000. Plantación de teca por pequeños productores en Nakhon Sawan, Tailandia. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Pandey, D; Brown, C. 2000. La teca: una visión global. (disco compacto). Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Pérez, LD; Kanninen, M. 2003. Hacia el manejo intensivo de la teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica. 11 p . Email: dperez@primeforestry.com - diegoperez@costarricense.cr
www.primeforestry.com , www.costarricense.cr/pagina/diegoperez

Phengkhai, C; Smitinand; T; Kartasubrata, J; Laming, PB; Lim, SC; Sosef , M.S.M. 1997. *Tectona* L. f. (en línea). Consultado 13 feb. 2003.

Sage, LF; Quirós Herrera, R. 2001. Proyección del volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina y teca y de otras fuentes. San José, CR, FONAFIFO, ProyectoTCP/COS/006(a). (en línea). Consultado 2 set. 2003. Disponible en <http://www.fonafifo.com>.

Schmincke, KH. 2000. Plantaciones de teca en Costa Rica: la experiencia de la empresa Precious Woods. Unasyuva (It): 201. 1 disco compacto, 8 mm.

Anexo 1

FORMULARIO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES

Propietario: _____

Ubicación geográfica _____

Ubicación de la finca _____

Anotador _____ Especie _____

Fecha de siembra _____ Fecha de medición _____ Área de proyecto _____

Estrato/Lote _____ Parcela No. _____ Tamaño de parcela (m²) _____

Distancia entre hileras (m) _____ Distancia entre árboles _____

| Árbol | dap (cm) | Ht (m) | Posición Sociológ | | | | Bifurc. Reiter. | Inclina ción | | Rec Titud | Daño mecán | | Angulo Ramas | Estado fitosan | Gambas aletones | | Grano espiral | Calidad de trozas | | | | Calidad del árbol | |
|-------|-------------|-----------|-------------------|---|---|---|--------------------|-----------------|---|--------------|---------------|---|-----------------|-------------------|--------------------|---|------------------|----------------------|---|---|---|----------------------|---|
| | | | D | C | I | S | | B1 a B4 | 1 | | ó | 2 | | | 1 | a | | 3 | 1 | ó | 2 | | 1 |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Murillo 2003.

DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Nota: Al tratarse de una metodología que utiliza muchas variables, categorías para cada una, así como muchos criterios, para no crear confusión, eliminación o suprimir algunos conceptos, se optó por transcribir cada una de ellas conforme lo hizo el autor.

Calidad de cada troza o pieza comercial:

Se refiere a la calidad de las primeras trozas en unidades de 2,5 m cada una, dejando 10 cm de tocón. Normalmente se evalúan únicamente las 3-4 primeras trozas del árbol, ya que son las de mayores dimensiones, mejores características físico-mecánicas, y por ende, de mayor impacto económico. Para algunas especies, como los Pinos y algunos Eucaliptos, es perfectamente posible evaluar hasta 6 ó más trozas, según proceda. Cada troza se deberá evaluar en forma independiente y será calificada bajo alguna de las siguientes clases de calidad:

Calidad 1: Troza completamente recta o muy levemente torcida. Ausencia de plagas y enfermedades, heridas, nudos grandes, grano en espiral, rabo de zorro. En especies con ramas en verticilos, con

menos de 2 verticilos por metro y con 4-5 ramas por verticilo. La troza de calidad 1 es únicamente aquella que presenta no menos de 25 cm de diámetro con corteza en su cara menor y se presenta absolutamente libre de ramas. Por lo tanto, la sola presencia de ramas descalifica inmediatamente la troza de la calidad 1. Así también una troza con menor de 25 cm en su cara inferior, será también calidad 2 hasta tanto no alcance las dimensiones mínimas.

Calidad 2: Troza con el fuste aceptablemente recto o aserrable, con ramas que se insertan en el fuste en ángulo de 60°. Presencia o evidencia de la existencia de ramas gruesas, presencia de muchas ramas y fuste levemente inclinado. Se sabe, que para la mayoría de las especies, las propiedades físico mecánicas disminuyen en relación con la altura del fuste. En plantaciones maduras, se incluyen en esta categoría también, todas aquellas trozas que no alcanzan un diámetro de 20 cm., (este valor de diámetro está directamente relacionado con niveles más altos de productividad y rentabilidad en el procesamiento de la madera). También todas aquellas trozas que a pesar de sus excelentes características no alcancen los 25 cm de

diámetro en su cara inferior. Este tipo de trozas son potencialmente calidad 1 pero en el momento presente deberán ser calificadas como de calidad 2. Aquí también se incluyen todas aquellas trozas que por su sola presencia de alguna(s) rama, ya no podrán producir madera de calidad 1 o totalmente libre de nudos.

Calidad 3: Troza que presenta al menos una de las siguientes características o condiciones que le permiten un aserrío de tan solo un 50% del fuste: torceduras severas, grano o hilo en espiral, árbol muy inclinado, con bifurcaciones, ramas muy gruesas, abundantes o insertando en ángulo de menor de 45° ; heridas importantes en el fuste por podas, presencia de ramas viejas, o daños por plagas y enfermedades; con un diámetro sin corteza en su cara menor cercano o ligeramente inferior a los 10 cm, y que no tiene las medidas mínimas de comercialización (2,5 metros de largo).

Calidad 4: Troza no aserrable. Son trozas totalmente no aserrables, tanto por sus características físicas como por sus dimensiones (menores a 10 cm de diámetro sin corteza). Su utilidad es exclusiva para leña, en postes rollizos o biomasa.

Calidad del árbol completo: se refiere a la evaluación de la calidad de un árbol en su totalidad, utilizando simplemente los mismos principios descritos para la evaluación de trozas en forma individual. Esta es una calificación relativamente más rápida y puede tener utilidad en muestreos con niveles de precisión menor u otros objetivos. Por ejemplo, en plantaciones con fines diferentes al aserrío, la estimación de la calidad al detalle de trozas no es tan importante. Pero sí lo sería la determinación de otros parámetros como los del estado fitosanitario, posición sociológica, daño mecánico, entre otros. Así también cuando se desee solamente tener una estimación rápida del potencial de aserrío de una plantación. Cuando se quiera obtener la calidad total del árbol a partir de la evaluación de sus trozas individuales, entonces se procede simplemente a asignarle al árbol la calificación menor obtenida en las primeras 2 trozas.

Comparación con otras plantaciones en la misma zona ecológica o región.

Por ejemplo, si una plantación presenta 250 árboles/ha con bifurcaciones, y el promedio para su región indica 150

árboles/ha, quiere esto decir que esta plantación está con más árboles bifurcados que el promedio regional, y por tanto, esta plantación ha sido establecida y manejada con un paquete tecnológico muy inferior al existente en esta región. Dependiendo del tipo de característica evaluada, esto tiene explicaciones en el manejo de la plantación o en la calidad del material utilizado (para aquellas variables de alta heredabilidad). En este caso particular, esta plantación ha sido sometida a un régimen de manejo (raleos) ineficiente, ya que presenta aún demasiados árboles bifurcados. Por otro lado, significa también, que la semilla de donde provinieron los árboles era de muy mala calidad, puesto que desarrollaron más individuos con bifurcaciones de lo esperado. Para facilitar el análisis e interpretación de estas variables, se presenta a continuación cuales de estas variables cualitativas se relacionan más directamente con mala calidad de semilla utilizada: árboles bifurcados; con ángulo de rama indeseable; con torceduras severas en el fuste; con grano o hilo en espiral; con excesiva ramificación (aunque también el mal manejo de la densidad de la plantación puede aumentar

la ramificación); con verticilos muy juntos y abundantes y con presencia del fenómeno conocido como rabo o cola de zorro.

Las siguientes variables cualitativas se relacionan directamente con mal manejo de la plantación, en especial de la densidad: árboles con ramas muy gruesas; con excesiva ramificación (aunque parcialmente se debe también a mala calidad de la semilla); con excesiva conicidad de fuste; con rebrotes basales; enfermos (aunque dependiendo del tipo y severidad del problema fitosanitario, pueda haber también algún efecto de mala calidad de semilla); inclinados y con daños mecánicos.

Cuando no se cuenta con índices de calidad en la misma zona.

En estos casos debe basarse el análisis con los datos de la misma plantación. En forma general, se utiliza el número mínimo de árboles deseables por hectárea al momento de la cosecha final como criterio. Si una plantación en desarrollo presenta menos de 250-300 individuos por hectárea con buenas características (calidades 1 y 2), entonces

deben tomarse decisiones de manejo inmediatas.