

**MANUAL PARA PRODUCTORES DE MELINA**  
***Gmelina arborea* EN COSTA RICA**



**Freddy Rojas Rodríguez**  
**Dagoberto Arias Aguilar**  
**Róger Moya Roque**  
**Alejandro Meza Montoya**  
**Olman Murillo Gamboa**  
**Marcela Arguedas**  
**Gamboa**

**Cartago, 2004**

# Contenido

## Capítulo 1: Botánica y ecología

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Resumen.....                      | 3  |
| Nomenclatura.....                 | 4  |
| Ecología y silvicultura.....      | 4  |
| Descripción de la especie.....    | 12 |
| Sitios óptimos de desarrollo..... | 15 |
| Usos recomendados .....           | 18 |
| Bibliografía.....                 | 21 |

## Capítulo 2: Establecimiento de plantaciones

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Resumen.....                           | 26 |
| Características de la semilla.....     | 27 |
| Mejoramiento genético.....             | 30 |
| Producción de plántulas en vivero..... | 35 |
| Selección de sitios de plantación..... | 38 |
| Preparación de sitio.....              | 41 |
| Bibliografía.....                      | 44 |

## Capítulo 3: Manejo de plantaciones

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Resumen.....                          | 50 |
| Deshijas.....                         | 51 |
| Podas.....                            | 51 |
| Aclareos.....                         | 54 |
| Evaluación de calidad de sitio.....   | 62 |
| Manejo de rebrotes.....               | 67 |
| Control de plagas y enfermedades..... | 70 |
| Edad de rotación.....                 | 77 |
| Estimación del volumen en pie.....    | 78 |
| Crecimiento y rendimiento.....        | 81 |
| Bibliografía.....                     | 83 |



## Capítulo 4: Aprovechamiento de plantaciones

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen.....                                                   | 89  |
| Aprovechamiento forestal como operación silvicultural.....     | 90  |
| Objetivo de la cosecha .....                                   | 90  |
| Sistema de cosecha.....                                        | 91  |
| Red vial.....                                                  | 93  |
| Corta dirigida.....                                            | 96  |
| Arrastre.....                                                  | 99  |
| Troceo, clasificación y apilado.....                           | 103 |
| Carga.....                                                     | 107 |
| Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema..... | 109 |
| Consideración final .....                                      | 109 |
| Bibliografía.....                                              | 110 |

## Capítulo 5: Industrialización y usos

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Resumen.....                                 | 113 |
| Propiedades de la madera.....                | 116 |
| Comportamiento en procesos industriales..... | 120 |
| Bibliografía.....                            | 131 |

## Capítulo 6: Mercadeo y comercialización de la madera

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Resumen.....                       | 138 |
| Mercado.....                       | 139 |
| Precios.....                       | 142 |
| Estándares de calidad.....         | 144 |
| Demanda de madera y productos..... | 146 |
| Canales de comercialización.....   | 147 |
| Productores y consumidores.....    | 149 |
| Costos e ingresos esperados.....   | 150 |
| Bibliografía.....                  | 151 |



## Créditos

El manual para productores de melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica correspondió a una consultaría efectuada por el Centro de Investigación en Integración Bosque Industria de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica para el Proyecto FORESTA del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

Participaron en la escritura, revisión y apoyo a la obra las siguientes personas:

- M. Sc. Freddy Rojas Rodríguez, Coordinador del equipo, escritura de los capítulos 1 y 2.
- Dr. Olman Murillo, colaborador en la escritura del capítulo 2.
- Dr. Dagoberto Arias Aguilar, Coordinador y escritura del capítulo 3
- M. Sc. Marcela Arguedas, colaboradora en la escritura del capítulo 3.
- M. Sc. Alejandro Meza Montoya, escritura del capítulo 4.
- M. Sc. Róger Moya Roque, escritura de los capítulos 5 y 6.

### Colaboraron en la obra

- Rosa Elena Navas, estudiante de la Escuela de Ing. Forestal del ITCR (recuperación de información).
- Heidy Chavarría, estudiante de la Escuela de Ing. en Biotecnología del ITCR (recuperación de información).
- Allan Montoya Maroto, estudiante de la Escuela de Ing. Forestal del ITCR (recuperación de información, corrección de estilo y diseño).
- Manuel Hernández Becerril (aporte de información).

**Fotografías:** M. Sc. Freddy Rojas, M Sc. Róger Moya, M. Sc. Marcela Arguedas, y Dra. Ana Abdelnour.



# Capítulo 1

## Botánica y ecología



Autores: M.Sc. Freddy Rojas Rodríguez  
Dr. Olman Murillo Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



# Contenido

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>Nomenclatura.....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>Ecología y silvicultura.....</b>      | <b>4</b>  |
| <b>Descripción de la especie.....</b>    | <b>12</b> |
| <b>Sitios óptimos de desarrollo.....</b> | <b>15</b> |
| <b>Usos recomendados .....</b>           | <b>18</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                 | <b>21</b> |



## Resumen

***Gmelina arborea*** Roxb. de la familia Verbenaceae, es una especie forestal de rápido crecimiento y una de las pocas que en nuestro país ofrece amplias posibilidades para el desarrollo de reforestaciones industriales, debido entre otros aspectos a su rápido crecimiento, su relativa facilidad de manejo, sus propiedades adecuadas tanto físicas como mecánicas y la versatilidad de usos de la madera.



## Nomenclatura

**Nombre científico:** *Gmelina arborea* (Roxb.)

**Familia:** Verbenaceae

**Sinónimos:** *Gmelina arborea* Linn

**Nombres comunes:** En América tropical se le conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yemane y en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir tree, malay beechwood, snapdragon, teca blanca, yemani (Birmania), so, so-maeo (Tailandia), kumhar, sewan (Pakistán), shivani (Indias central), gamar (Bangladesh).

**Variedades:** Han sido reportadas tres variedades de la especie: *Gmelina arborea* var. *arborea*, *Gmelina arborea* var. *glaucescens* y *Gmelina arborea* var. *canencens*, y su mayor diferencia está dada por su distribución natural.

**Observaciones taxonómicas:** El género *Gmelina* fue descrito por Linneo en 1742 y la especie *arborea* fue descrita por Roxburg en 1814.

## Ecología y silvicultura

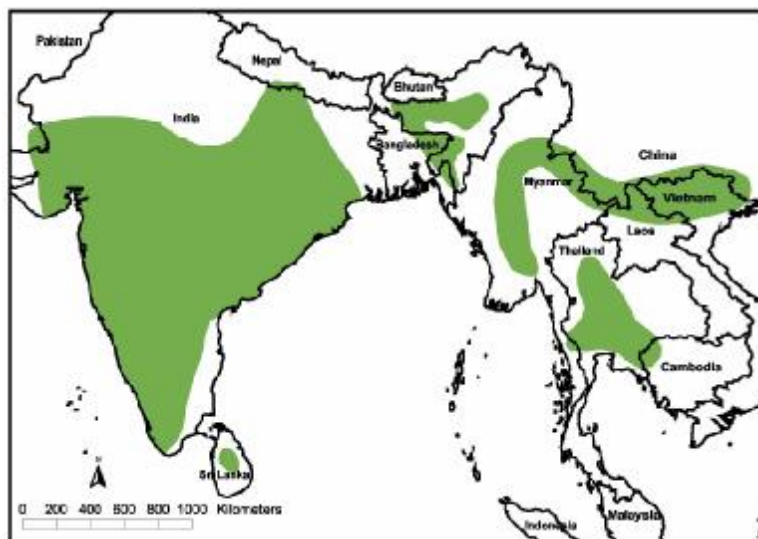
### Distribución natural:

En su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos. Se encuentra en forma natural principalmente en las selvas mixtas de Birmania, asociado con *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, varias especies latifoliadas y bambúes. Su máximo desarrollo lo alcanza en los bosques más húmedos de Birmania, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta los 1260 m de altitud.

La *Gmelina arborea* es nativa de India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, sur de China, Laos, Camboya y Sumatra en Indonesia y es una importante fuente maderera en las regiones tropicales y subtropicales de Asia.

Naturalmente se desarrolla entre las latitudes 5° N -30° N, desde el sudeste asiático, incluyendo Pakistán hasta Camboya y China meridional.





Rango de distribución natural de *Gmelina arborea*.

Fuente: (Dvorak, 2003)

### Lugares de introducción a nivel mundial:

La especie ha sido introducida en muchos países tropicales incluyendo Filipinas, Malasia, Brasil, Gambia, Costa Rica, Burkina Faso, Costa de Marfil, Nigeria y Malawi; también es común en Cuba, Colombia, Brasil, Venezuela, Guatemala y en la zona tropical de México.

### Lugares de introducción en Centroamérica

En América Central existe un total de 225 000 ha de plantaciones forestales, de las cuales 52 000 ha (23%) han sido plantadas con melina (*Gmelina arborea*). Esta ha sido plantada con propósitos comerciales tanto en Costa Rica como en Guatemala. (Alfaro y de Camino, 2002).

El proyecto Madeleña del CATIE promovió en la década de los 90 el establecimiento de plantaciones con la especie en Panamá, Nicaragua, El Salvador y Honduras, pero principalmente con propósitos demostrativos y para producir madera y leña para consumo local.

En Guatemala, la plantación más importante pertenece a la Compañía Simpson, la cual estableció sus plantaciones con la meta de producir virutas para hacer pulpa. El área total plantada es de 3 100 has, sin embargo, la compañía está analizando la posibilidad de cambiar sus objetivos y producir trozas para madera para aserrío.

Hasta el momento la madera de melina en América Central, no compite con las especies nativas de bosque. Sin embargo, el aumento en las restricciones en el uso del bosque nativo ha provocado una reducción de la disposición de esa materia prima, originando la necesidad de buscar fuentes de maderas alternativas y la melina podría ser una posibilidad.



### **Lugares de introducción en Costa Rica**

La primera plantación de melina en Costa Rica fue establecida en la zona Atlántica en 1966 en Manila de Siquirres por la empresa Celulosa de Turrialba. El área de esta plantación era de 2.000 has y la semilla usada fue traída por Daniel Ludwig, de 20 diversos sitios en donde el árbol crecía naturalmente (en especial en Asia), este trabajo era parte de un ensayo de procedencias realizado para una empresa brasileña ubicada en Jari, Brasil (Lega, 1988 ).

A partir de entonces, en Costa Rica se ha presentado una clara preferencia por usar melina en proyectos de reforestación por presentar una rotación corta (10 - 12 años) que se traduce en un período corto de tiempo para recuperar la inversión inicial (Alfaro y de Camino, 2002).

Desde 1979 con la creación del programa de incentivos estatales en Costa Rica, la melina se consolidó como una de las principales especies empleadas en los programas de reforestación, debido a su buen desarrollo silvicultural. A partir de 1986 la especie comenzó a ser utilizada en proyectos a gran escala hasta alcanzar su máximo en 1993 con 9.500 has. En 1997 ya existían en Costa Rica 49.300 has plantadas, lo que representaba el 94% del área total reforestada con la especie en América Central y el 22% del total reforestada en la región.

Durante 1994 - 1997 el área plantada con la especie disminuyó apreciablemente, debido entre otras razones a la incertidumbre en la disponibilidad de financiamiento para los proyectos de reforestación, el largo periodo de recuperación de la inversión, los bajos rendimientos, la mala calidad del producto final y problemas de mercadeo de productos y subproductos (Alfaro y de Camino, 2002).

Por otra parte, la utilización de la melina como combustible no resultó una solución viable, debido a la baja capacidad calórica de la especie y, además, porque en Costa Rica el consumo de leña es bajo: solamente el 5% de todas las fuentes energéticas utilizadas en el país (Arce, 2001 citado por Moya, 2004).



| <b>Año</b>   | <b>Area reforestada con melina<br/>(ha)</b> |
|--------------|---------------------------------------------|
| 1979         | 8.8                                         |
| 1980         | 37.1                                        |
| 1981         | 15.6                                        |
| 1982         | 45.1                                        |
| 1983         | 188.8                                       |
| 1984         | 208.2                                       |
| 1985         | 160.4                                       |
| 1986         | 561.3                                       |
| 1987         | 1 120.8                                     |
| 1988         | 1 540.4                                     |
| 1989         | 1 752.1                                     |
| 1990         | 5 692.0                                     |
| 1991         | 7 724.0                                     |
| 1992         | 7 433.5                                     |
| 1993         | 9 478.5                                     |
| 1994         | 4 476.4                                     |
| 1995         | 3 208.4                                     |
| 1996         | 3 236.4                                     |
| 1997         | 2 387.2                                     |
| <b>Total</b> | <b>49 274.9</b>                             |

**Área en hectáreas plantada con melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica**

Fuente: (Alfaro y de Camino, 2002)

La falta de mercado de pulpa y leña obligó a buscar otros usos, y quizás por ello, Costa Rica sea en la actualidad uno de los pocos países en donde la especie está siendo utilizada como fuente de materia prima para madera aserrada, madera laminada, madera contrachapada, producción de muebles y postes rollizos preservados.

La experiencia generada con la madera de la especie en la fabricación de muebles de melina y estructuras de madera para la construcción han corroborado las grandes fortalezas en la especie en lo que a facilidad para trabajar y aceptación de tintes se refiere.



## Proyectos de reforestación con *Gmelina arborea* en Costa Rica

### Celulosa de Turrialba

Como se mencionó anteriormente, esta fue la primera plantación de melina establecida en Costa Rica en Manila de Siquirres en 1966 por la empresa Celulosa de Turrialba y se señala que fue la principal fuente de germoplasma para la propagación de la especie a nivel nacional y centroamericano.

### Ston Forestal

Ston Forestal pretendió inicialmente plantar 24 000 has en la zona Sur de Costa Rica, pero aunque solamente plantó 14 000 has, desarrolló un programa de investigación para *Gmelina arborea* que incluyó estudios sobre clasificación de sitios, nutrición vegetal, control de malezas, manejo silvicultural intensivo (podas, raleos) y un programa de mejoramiento genético, el cual tenía como objetivo mejorar la melina para producción de madera.

En 1992 la compañía tenía 3.400 clones seleccionados localizados en una finca de 15 has y ese mismo año comenzaron con pruebas de progenie, ya para 1993 la producción de semilla se mejoró porque empezaron a cosecharse los huertos semilleros, los cuales en 1994 produjeron 3.000 kilos de semilla y con ese material se establecieron las primeras plantaciones mejoradas; el resultado fue un volumen 22% mayor que el obtenido usando la semilla de los rodales semilleros; a partir de entonces la compañía solamente empleó semilla de los huertos semilleros para establecer nuevas plantaciones.

En 1995, melina de Tailandia, Birmania, la India y de una plantación en el Brasil fue introducida con el objetivo de ensanchar la colección genética de la compañía con el fin de mejorar la producción y la forma del árbol.

Según informes de Cooperativa de Mejoramiento Genético de México y Centro América (CAMCORE) la semilla producida por la compañía obtuvo los mejores resultados en ensayos en comparación con otras semillas de melina provenientes tanto de Costa Rica, como de Colombia, Venezuela e Indonesia.

Inicialmente esta compañía plantó melina para producir virutas, las cuales serían exportadas a los Estados Unidos en forma de astillas para la fabricación de papel; posteriormente hubo un cambio de dueños quienes orientaron el mercado a la madera aserrada, principalmente para suplir de material a la industria de tarimas y de materia prima a la compañía alemana Faber Castell, que comenzó a operar en el sur de Costa Rica en agosto de 1998.

La empresa ha pasado por varios períodos de inestabilidad financiera, además de varios dueños. A partir de 1999 es de capital costarricense y se vende madera en troza para tarimas y muebles a cualquier público.



### **Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A.**

Este proyecto pionero inicia en 1986 con el establecimiento de plantaciones de melina en el noreste de Costa Rica; actualmente posee 6.550 has de plantaciones (12.2% del área plantada en Costa Rica) y ha establecido en dicha región un complejo industrial para procesar la materia prima.

Cuando la compañía comenzó a cosechar en 1992, el producto fue utilizado para hacer las plataformas y para suplir las tarimas para la industria frutera de la región norte y atlántica del país.

En la actualidad la madera de mejor calidad es procesada en la industria de la compañía y vendida para la fabricación de muebles y construcción.

### **Centro Agrícola Cantonal de Hojancha**

Desde 1980, esta organización de productores ha incentivado la siembra, el manejo y la industrialización de plantaciones de esta especie en la península de Nicoya, centrando la atención en los siguientes cantones: Nicoya, Abangares, Santa Cruz, Nandayure, Hojancha y Jicaral.

Han sido grandes los esfuerzos que dicha organización ha realizado en materia de calidad de semilla y en mejoramiento genético y fue la primera en establecer varios rodales semilleros en la región.



**Árbol en rodal semillero de melina (*Gmelina arborea*) en Hojancha**





**Plantación de melina en la Zona Atlántica**



**Plantación de melina en la Zona Norte**





**Plantación de melina en Hojancha, Guanacaste**



**Plantación de melina mostrando regeneración natural**



## Descripción de la especie

La *Gmelina arborea* es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 m de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 m y con una copa cónica.

**Copa:** Presenta una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación su copa es densa y compacta.



**Árbol de melina creciendo a plena exposición**

**Corteza:** lisa o escamosa, de marrón pálida a grisácea; en árboles de 6-8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa.



**Corteza de melina**

**Raíz:** Presenta un sistema radical profundo, aunque puede ser superficial en suelos con capas endurecidas u otros limitantes de profundidad.

**Fuste:** Tiene un fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes pero en ocasiones engrosado en la base.

**Hojas:** Grandes (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes.

Usualmente, la especie bota las hojas durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen el marzo o a principios de abril.

**Hojas de árboles adultos de *Gmelina arborea*****Hojas de plántulas de *Gmelina arborea***

**Flores:** Numerosas, amarillo-anaranjadas, en racimos, monoicas perfectas, cuya inflorescencia es un racimo o panícula cimosa terminal, cáliz tubular, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario, de color amarillo brillante, cáliz 2.5 cm de largo y 4 estambres.

La floración ocurre justo cuando las hojas han caído o cuando las nuevas hojas comienzan a desarrollarse. En su área de distribución natural la melina florece los meses de febrero a abril.



En Centroamérica la floración se presenta, usualmente, entre diciembre y febrero pero en general, en América tropical florece de febrero a marzo, prolongándose en ocasiones hasta abril.

La *G. arborea* inicia su época de floración y fructificación entre los 6-8 años, sin embargo en algunas plantaciones en Costa Rica florece a partir del tercer año.



**Flores de *Gmelina arborea***

**Frutos:** Es un fruto carnosos tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnosos, succulentos, con pericarpo coriáceo y endocarpo óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en el que caen al suelo, lo que facilita su recolección.

Entre los frutos caídos naturalmente del árbol, los más indicados de recolectar son los de color verde amarillento, debido a que tienen el mayor porcentaje de germinación.



**Frutos verdes de *Gmelina arborea***



**Frutos maduros de *Gmelina arborea***



**Semillas:** Las semillas de esta especie se encuentran formando parte del endocarpo del fruto, son de forma elipsoidal, comprimidas, de 7-9 mm de largo; testa color café, lisa, opaca, membranosa, muy delgada; el embrión es recto, comprimido, de color amarillo-crema y ocupa toda la cavidad de la semilla; los cotiledones son dos, grandes, planos, carnosos y elipsoidales; la raíz es inferior y corta.



Semillas de *Gmelina arborea*

Hay de 1 a 4 semillas por fruto, con promedio de 2.2 semillas /fruto, aunque se ha demostrado que el número de semillas por fruto varía dependiendo del origen de la fuente semillera.

## Sitios óptimos de desarrollo

Los mejores sitios para melina se ubican en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes y los sitios con buenos contenidos de calcio y magnesio y los ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas.

Las plantaciones de melina no prosperan en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en esos sitios los árboles muestran características indeseables como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y aspecto arbustivo, por esta razón, se sugiere plantar esta especie en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical.



### Requerimientos ambientales

A continuación se presenta un cuadro que resume las necesidades ambientales para el buen crecimiento de la *Gmelina arborea* en nuestro medio.

| Parámetro ambiental                 | Ámbito                                                        |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Distribución altitudinal            | 0 – 900 (0-600) (msnm)                                        |
| Precipitación                       | 1000-4000 (2000-2500) (mm)                                    |
| Temperatura                         | 18-38 (24-29) (°C)                                            |
| Régimen de lluvia                   | 8-9 meses de lluvia con 3-4 meses secos                       |
| Temperamento                        | Heliófita                                                     |
| Zonas de vida                       | Bosque seco tropical, bosque húmedo y muy húmedo tropical     |
| Textura de suelos                   | Franca y franca arcillosa, no crece bien en suelos arcillosos |
| pH de suelos                        | 5-6                                                           |
| Topografía del terreno              | Terrenos planos a ondulados                                   |
| Pendientes del terreno              | No superiores a 30%                                           |
| Profundidad efectiva de suelos (cm) | Mínima de 60, óptima de más de 100                            |
| Pedregosidad                        | Preferiblemente en terrenos sin pedregosidad                  |
| Fertilidad                          | Prefiere suelos fértiles                                      |
| Resistencia a vientos               | Es una especie intolerante a vientos fuertes                  |
| Humedad del suelo                   | No soporta suelos inundados, ni siquiera en forma temporal    |

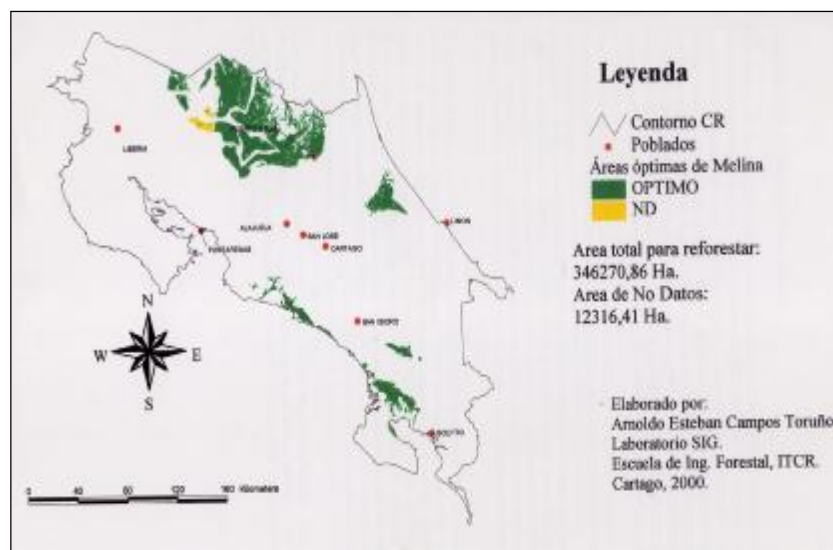
#### Necesidades ambientales para el buen crecimiento de la *Gmelina arborea*

Fuente: (Chavarría y Valerio, 1993, Webb, 1983)

Melina es una especie que geográficamente en nuestro país debería plantarse solamente en sitios como la región de San Carlos-Guatuso, Sarapiquí, en la parte central de la provincia de Limón, en la parte húmeda de la Península de Nicoya y en ciertas regiones de la zona sur del país.

Sin embargo, considerando factores económicos tales como la distancia máxima permitida a caminos, la distancia máxima permitida a industrias, la capacidad de uso de la tierra, la topografía y el uso actual, el área disponible para reforestaciones comerciales de la especie se circunscribe a las zonas señaladas en el mapa presentado a continuación.





### Zonas potenciales para plantaciones de *Gmelina arborea* en Costa Rica

ND: Zona no determinada por falta de datos.

Fuente: (Campos, 2000)



## Usos recomendados

**Características y propiedades de la madera:** La madera presenta un color amarillento pálido, en ocasiones con tonalidades blancas, amarillas, cremas y rosadas. Existe poca diferenciación entre albura y duramen, lo que hace que el color sea uniforme.



La melina muestra una escasa diferenciación entre albura y duramen

La madera de *Gmelina arborea* es relativamente liviana con una densidad de 420–640 Kg por m<sup>3</sup> y un valor calorífico de 4800 kcal por kg.

## Usos de la madera

La madera es utilizada para aserrío, construcciones rurales y construcción en general, tarimas, leña, muebles, artesanía, cajonería, pulpa para papel, contrachapados, embalajes, postes, tableros, carpintería, tableros y aglomerados.

En la construcción se utiliza en cerchas, columnas sólidas, pisos, molduras, mostradores, puestas, rodapié, tablilla, vigas sólidas, vigas laminadas, columnas laminadas, tableros laminados, marcos de puertas y ventanas y contrachapado (Moya, 2002).

En mueblería se utiliza en archivadores, bancas, camas, cómodas, juegos de comedor, juego de sala, mesas, sillas, sillones, trinchantes, escritorios y estantes para oficina.

Además se emplea para hacer artesanías, lápices, fósforos, paletas para helados y mondadientes.



### Otros usos de la especie

#### Asociaciones agroforestales

Por su virtud de rápido crecimiento, es una especie de uso múltiple que presenta gran potencial agroforestal, puede emplearse como cerca viva, cortina rompevientos y linderos maderables.

Por su ritmo de crecimiento tan acelerado no permite asociados con cultivos, a no ser que estos sean establecidos bajo la modalidad taungya, esto es que se siembren junto a la especie y por única vez, entre ellos destacan el maíz y el frijol.

Su leña es buena, quema sin humo pero deja muchas cenizas, su carbón es de calidad aceptable y es uno de los mejores árboles para pulpa y papel; sus hojas dan un forraje apreciado por el ganado, la corteza, raíces y frutos presentan propiedades medicinales, es una excelente especie melífera, y se puede plantar como ornamental.



**Tarimas de melina**





**Madera de melina para procesar**



**Diferentes tipos de juguetes y muebles contruidos con madera de *Gmelina arborea***



## Bibliografía

- Agrosoft Ltda. 2000. Gmelina arborea. Trees versión 2: Árboles tropicales y subtropicales de uso múltiple. Reporte de especie No. 4. Medellín, Colombia. 16 p.
- Alfaro, M. 2000. Melina la madera del futuro. En: Revista Forestal Centroamericana. Enero-Marzo. 29: 34-38 pp.
- Alfaro, M; de Camino, R. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central América. Editado por M. Varmola. FAO, Working Paper FP/20. Roma, Italia 18 p.
- Alizaga, R. y Herrera, J. 2001. Tratamiento pregerminativos en semillas de melina (*Gmelina arborea*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 14: N° 2. 52-58 pp.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). 1996. Latifoliadas zona baja. Santa Fe de Bogotá, DC, Colombia. 103 p.
- Dvorak, W. 2003. World view of Gmelina arborea, opportunities and challenges. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 18 p.
- Gamboa, J; Abdelnou, A. 1999. Micropopagación de Melina (*Gmelina arborea* ROXB). Agronomía Costarricense 23 (1): 69-76.
- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural. Vol 2. Santo Domingo, Rep Dom. Enda-Caribe y CATIE. 778p
- González, G, Moya, R. 2003. Proyecto Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales: Desarrollo tecnológico de vigas laminadas y encoladas en Costa Rica Panamá. 12 p.
- Instituto Nacional de Bosques. 2000. Manual técnico: Rendimiento y costos del procesamiento de frutos y semillas de 14 especies forestales. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 60 p.
- Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. 1992. Especies para reforestación: Melina *Gmelina arborea* Roxb. Verbenaceae Nota Técnica No. 4. Managua, Nicaragua. 3 p.
- Kijkar, S. 2002. Gmelina arborea Roxb. Association of South-East Asian Nations. Forest Tree Seed Center. Thailandia . Pág 476.



- Lega, F. 1988. Estudios de la forma de *Gmelina arborea* (Roxb). Análisis de las plantaciones de Manila. Tesis de MSc. CATIE. Turrialba. CR. 199 p.
- Murillo, O; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de Guías Silviculturales. CATIE. Turrialba, C.R. 69 p.
- Niembro, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y Estructura. LIMUSA. México, D.F. 285 p.
- Moya, R. 2000. Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales: Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*) ITCR. Cartago, CR. 120 p.
- Moya, R. 2002. Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales. ITCR, Cartago. 80 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* en Costa Rica. Bois et forêts des tropiques. No 279 (1) 47-58 p.
- Rojas, F. 2001. Viveros Forestales. San José, C.R. EUNED. 248 p.
- Pandey, S, Bisht, S, Jamaluddin. 2002. Pericarp colour: An indicator for seed quality in *Gmelina arborea* Roxb. *Indian Forester* 128 (4): 473-476
- Vásquez, W, Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No.256. Turrialba, Costa Rica. 33 p.
- Vozzo, J. 2002. Tropical Tree Seed Manual. United States of América. 899 p.
- Zeaser, D. 1998. Programa de mejoramiento genético de la Ston Forestal en la zona sur de Costa Rica. Seminario Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Zeledón, D. 2002. Evaluación de las características anatómicas de la madera de *Gmelina arborea* Roxb. creciendo en plantaciones de Costa Rica. Informe de Práctica de especialidad. ITCR. Cartago. 104 p.



## Capítulo 2

# Establecimiento de plantaciones



Autores: M.Sc. Freddy Rojas Rodríguez  
Ph. D. Olman Murillo Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                           | <b>26</b> |
| <b>Características de la semilla.....</b>     | <b>27</b> |
| <b>Mejoramiento genético.....</b>             | <b>30</b> |
| <b>Producción de plántulas en vivero.....</b> | <b>35</b> |
| <b>Selección de sitios de plantación.....</b> | <b>38</b> |
| <b>Preparación de sitio.....</b>              | <b>41</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                      | <b>44</b> |



## Resumen

En el establecimiento de una plantación de melina la selección del sitio es fundamental y se deben preferir aquellos suelos que sean profundos y con texturas areno-arcillosos.

Una estricta escogencia de la fuente de germoplasma (semilla o clon) determina en gran medida la productividad de la plantación.

El empleo de novedosos sistemas de producción de plantas (como el jiffy) y una adecuada preparación del sitio de plantación aseguran la sobrevivencia y la máxima productividad a nivel de plantaciones.



# Establecimiento de plantaciones de *Gmelina arborea*



## Características de las semillas

### Cantidad de semilla por kilogramo

Hay entre 900 y 1500 semillas por kilogramo, dependiendo de la fuente de germoplasma y se reportan 900 plantas reales por kilogramo de semillas a nivel de vivero.

### Calidad física de la semilla

Según la experiencia generada en el Banco de Semillas Tropicales (SETRO), en Honduras en cuanto a calidad física de semillas, se tiene que:

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Pureza:                       | 100%                             |
| Semillas puras por kilo:      | 1,500-1,600                      |
| Semillas viables por kilo:    | 1, 300-1, 400                    |
| Germinación:                  | 62% (promedio-semillas frescas). |
| Condiciones de almacenamiento | 4 <sup>0</sup> C, 60%.           |

### Almacenamiento de la semilla

La semilla de melina se considera ortodoxa, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del almacenamiento.

Para su almacenamiento se recomienda empacarla en bolsas plásticas selladas dentro de recipientes herméticos, ya que a temperatura ambiente la viabilidad se reduce rápidamente.

Se debe reducir su contenido de agua hasta un 6 y 10% (base húmeda) y almacenarla en un cuarto frío entre 3 y 5 °C para conservarla adecuadamente hasta por dos años.

La semilla de melina puede perder hasta 23% de su capacidad germinativa en 24 horas y reducirse prácticamente a 0% al cabo de una semana si las condiciones de transporte, manejo y acondicionamiento no son adecuadas.

### Fuentes de abastecimiento de semillas

En el país existen fuentes superiores de abastecimiento de semilla de calidad superior, por lo que de ningún modo se justifica la recolección de material de cualquier árbol.

El Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH), no solo vende semilla certificada a productores nacionales, sino también lo hace a grandes proyectos de reforestación a nivel nacional e internacional.



En la Zona Sur, la Compañía Ston Forestal tiene su propio programa de mejoramiento genético para producir la mejor semilla disponible de la región. La compañía exporta semillas de melina a diferentes países alrededor del mundo. El propósito principal del programa de mejoramiento es producir árboles con la mejor forma, de rápido crecimiento y alta densidad de la madera especialmente para productos sólidos.

### Recolección de la semilla

Al ser una especie barócora (la semilla madura cae por su propio peso) la recolección es muy fácil, pues simplemente con canastos se procede a la recolección de los frutos directamente en el piso de la plantación.

### Procesamiento de la semilla

Una vez que se recolectan los frutos, se procede de inmediato a procesarlos para obtener la semilla, esta actividad ya cuenta con una máquina confeccionada en el país y especializada para tal fin, muy similar a una chancadora de café, la cual da como resultado semilla limpia.

Una vez extraída la semilla se lava con agua limpia y se pone a secar; posteriormente se cura con un fungicida preventivo (Vitavax) y se procede al almacenamiento en cuarto fríos o a su uso inmediato (Jorge Vázquez, CACH, Comunicación personal, octubre 2003).



Semillas de *Gmelina arborea* en proceso de secado



### Tratamientos pregerminativos sugeridos

Es común en nuestro medio poner la semilla en agua por tres días y luego extenderla al sol, regándola todos los días hasta que inicie el proceso germinativo.

Una práctica recomendada en el Vivero Herpa SA. en Horquetas de Sarapiquí, consiste en dejar la semilla en agua durante la noche y ponerla al sol durante el día durante cinco días, luego de ese periodo, cuando las semillas muestren síntomas de pregerminación se procede a su siembra. Las semillas que floten en el agua deben ser descartadas del proceso.

El período de remojo no afecta de manera significativa el porcentaje, ni la velocidad de germinación de las semillas, sin embargo, las semillas grandes tienen un mayor porcentaje y velocidad de germinación que las semillas medianas y pequeñas, por lo que es recomendable sembrarlas separadas para reducir la variabilidad en el lote de plantas.

También se ha practicado sumergir la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y una vez fuera del agua se recubren con una capa de hojas secas de plátano o sacos de tela, previamente humedecidos y luego se debe remojar diariamente el lote hasta que la semilla muestre signos de germinación, la cual ocurrirá entre una a 3 semanas.

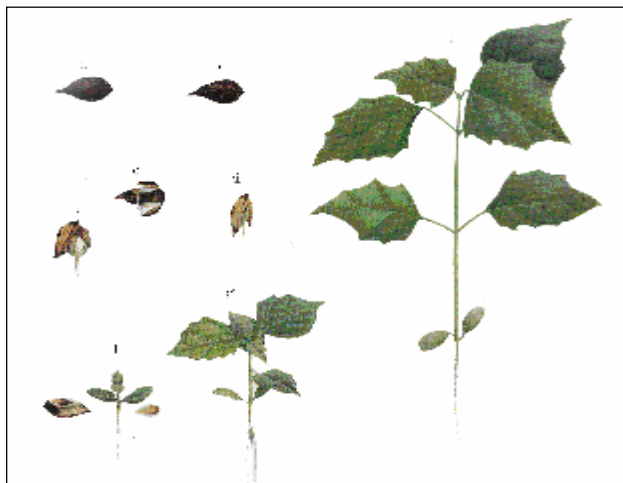
### Germinación de la semilla

La melina presenta una germinación epigea, primero emerge la radícula, luego surgen los cotiledones.

El porcentaje de germinación de la semilla fresca es elevado; sin embargo, después de estar almacenada por un año pierde un alto porcentaje de su viabilidad original. En la India se observó que el porcentaje de germinación de la semilla fresca fue de 90%, pero después de un año descendió hasta un 30%.

Para producir un kg de semilla de *melina* (*Gmelina arborea*) se necesitan aproximadamente 14 kg de frutos.





**Proceso germinativo de *Gmelina arborea*.**  
**a y b: fruto; c, d y e: proceso germinativo; f, g y h: desarrollo de plántula.**  
 Fuente: (Troup, 1921)

## Mejoramiento genético

### Mejoramiento genético de melina en Centroamérica

Los primeros programas de mejoramiento genético en la región centroamericana con esta especie fueron iniciados por el CATIE a finales de los años setenta. Este programa formó parte de un esfuerzo internacional para evaluar material procedente de procedencias nativas del sudeste asiático y razas locales desarrolladas en África y Brasil.

En Costa Rica, se había establecido un ensayo de procedencias en 1969, en Manila de Siquirres, en la zona Caribe del país, se presume que la mayor parte del material genético de esta especie existente en la región, provino de estas plantaciones

A finales de los años 80 el CATIE continuó con el mejoramiento genético de la melina y luego, el Centro Agrícola Cantonal de Hojancha, con el apoyo del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se convirtió en uno de los principales proveedores de semilla seleccionada en la región centroamericana, en donde el material producido provenía de una red de rodales semilleros.



A inicios de los años 90, algunas empresas reforestadoras de Costa Rica y Guatemala desarrollaron programas de mejoramiento genético a escala comercial, estableciendo los primeros huertos semilleros en la región y en los últimos 4 años se volvieron a retomar los programas de mejoramiento genético de melina en Costa Rica, donde la estrategia de mejoramiento cambió hacia la reforestación clonal.

### **Caracteres que pueden ser mejorados en melina**

La melina es una especie que responde muy bien a la selección estricta de árboles superiores o plus. Una vez que se ha realizado una cuidadosa selección de individuos, con buenas características de crecimiento, de calidad de fustes y de hábitos de ramificación, es posible lograr en una primera generación de mejoramiento progenies que superan en más de un 25% a sus progenitores.

Sin programas de mejoramiento genético, la melina presenta como una de sus principales limitantes, la baja calidad de fustes para la producción de madera sólida. Por lo tanto, un programa de mejoramiento genético con esta especie debe darle prioridad a mejorar características como la rectitud del fuste, ausencia de bifurcaciones, ausencia de reiteraciones, el ángulo de inserción de las ramas y el grosor de ramas. La tolerancia a enfermedades y la adaptación a suelos ácidos, deben también ser considerados como caracteres de la mayor importancia en todo programa de mejoramiento con melina.

En programas de mejoramiento es común que se incluyan caracteres relacionados con propiedades de la madera. Por lo general, se seleccionan árboles con base en su longitud de fibra y su peso específico básico, por ser los caracteres de mayor impacto económico.

### **Parámetros genéticos y potencial de mejoramiento genético**

#### **A nivel de procedencias**

Como primer paso en un programa de mejoramiento genético está la realización de ensayos de procedencias. Estos ensayos comprenden hoy día, por lo general, la evaluación de material procedente de poblaciones donde la especie habita en forma natural (denominadas procedencias o material de origen), así como material procedente de sitios donde la especie fue introducida con éxito (denominadas razas locales o procedencias derivadas).

#### **A nivel de árboles plus**

En programas de mejoramiento genético desarrollados en la India, se reporta que los árboles plus superaron en un 40% (altura total), 106% (altura comercial), 66% (dap) a la población original.



En la zona del Pacífico sur de Costa Rica, se seleccionaron 29 árboles plus de rebrotes de 3 años de edad, cuyas características superaron sustancialmente a la población base.



**Árbol plus de melina**

### **Edad de selección**

La edad de selección es de suma importancia por la posibilidad de reducir el tiempo de evaluación en campo del material. Se ha registrado con clones de melina, que es posible seleccionar con base en la altura total a los 9 meses de edad. Sin embargo, algunos caracteres cualitativos como rectitud, bifurcaciones y otros, aún podrían no haberse expresado satisfactoriamente a esa edad.

Si los objetivos de producción son el papel, combustible, tarimas u otros, con turnos de rotación esperados de 5-6 años, entonces sería posible seleccionar a los 2 años. Si los objetivos de producción son plywood, madera sólida para vigas, muebles u otros usos, con turnos de rotación esperados de 10-12 años, la recomendación es de seleccionar a los 3 años de edad.

### **Producción de material mejorado para establecer plantaciones comerciales**

La producción masiva de material mejorado para el establecimiento de plantaciones comerciales es posible realizarlo en dos vías:

- 1) Vía sexual (Huertos y rodales semilleros)
- 2) Vía asexual (jardines clonales)



En términos de mejoramiento, la vía clonal o asexual es la más indicada, dado que se logra capturar el 100% de la varianza genética. Además permite uniformizar la plantación y disminuir costos de manejo.

### **Vía asexual (reforestación clonal)**

La melina es una de las especies forestales de mayor facilidad de propagar vegetativamente. Es una especie con gran capacidad de rebrote y enraizamiento y no requiere de condiciones especiales para lograrlo.

En términos generales el protocolo de enraizamiento es como sigue:

1. Se cosecha cada quincena, los brotes tiernos del tocón o de los rametos de árboles plus establecidos en el jardín clonal.
2. En algún sitio a la sombra, de cada uno de los brotes cosechados, se obtiene una o más estaquillas uninodales de unos 4-6 cm de longitud, dejando solamente una hoja original, que es reducida hasta aproximadamente 1/5 de su lámina. La base de la estaquilla se sumerge en el regulador de crecimiento AIB (1%) para acelerar y homogenizar su enraizamiento.





Preparación de estaquillas de melina para su enraizamiento (izquierda). Estaquilla de 30 días, lista para ser plantada. (Grupo Los Nacientes, San Carlos).

3. Las estaquillas deben sembrarse en bandejas dentro de un invernadero con paredes y techo de zarán (50-60% de control de luz) en un sustrato preferiblemente de aserrín viejo de la misma melina. Puede utilizarse también la arena como sustrato para el enraizamiento.
4. El proceso de enraizamiento tarda unas 2-3 semanas, pero es importante aclimatar y homogenizar en tamaño y desarrollo el material por al menos 1-2 semanas. Todo el proceso de reproducción con este sistema tarda unos 28-35 días.
5. La tasa de enraizamiento oscila de un 70 a un 90%, según el clon, el manejo del jardín clonal y de las condiciones de enraizamiento en el invernadero.
6. Los jardines clonales se establecen en parcelas individuales, a un distanciamiento de 0,4 x 0,4 m y se fertilizan con fórmulas completas, unos 3 días después de cada cosecha de brotes.
7. Las dimensiones de cada una de las parcelas clonales en el jardín clonal dependen de la tasa de plantación anual de la organización, o de la demanda de material en la zona. De un rameto maduro y en plena producción (1 año de establecido) es posible obtener de 6-8 estaquillas útiles/mes. Por lo tanto, en una parcela con 13 x 14 rametos (182 en total), en un área de 5,2m x 5,6m (30 m<sup>2</sup>), es posible producir 1111 plantas/mes.



### Vía sexual (Huertos semilleros)

La reproducción con semilla ha sido ampliamente utilizada con esta especie en el país. Consiste básicamente en dos posibles categorías de fuentes semilleras: 1) Rodales semilleros a partir de plantaciones de muy alta calidad; 2) Huertos semilleros a partir de árboles plus a) injertados o clonados, ó b) ensayos de progenie.

Los Huertos semilleros son plantaciones especiales, cuyo objetivo principal es la producción abundante de semilla. Por lo tanto, deben establecerse en ambientes donde se favorezca la floración y formación de frutos. Se busca la conformación de una copa amplia para lograr un mayor potencial de aparición de flores. Se aplican podas al meristemo dominante para ampliar el área de copa y se plantan los árboles plus a distanciamientos desde 6 x 6m hasta 10 x 10 m.

En cualquiera de las categorías de fuente semillera descritas, con un buen manejo (podas y fertilización), los rendimientos esperados de semilla se estiman en 300 a 350 kg/ha/año. De un kg de semilla fresca es posible obtener alrededor de 900 plántulas útiles para plantación.

### Rebrotes de tocones

Esta técnica consiste en talar árboles seleccionados y esperar a que la especie rebrote. El corte del árbol debe hacerse lo más bajo posible debido a que los rebrotes más cercanos a la base serán los más juveniles.

La *G. arborea* es una especie que rebrota de forma prolífica y vigorosa, es decir, se puede obtener un gran número de rametos por clon desde el inicio, requeridos para ensayos clonales o incluso para iniciar las plantaciones operacionales.

### Rebrotes en pie

Consiste en estimular la regeneración de rebrotes en árboles en pie, cortando la corteza, normalmente en forma de V invertida, en la base del árbol, esta técnica funciona en *G. arborea* e incluso ocurre a veces en forma natural cuando se ocasionan heridas accidentales en la base del árbol.

## Producción de plántulas en viveros

### Sistemas de producción de plántulas

La propagación de *G. arborea* para el establecimiento de plantaciones puede realizarse por medio de semillas o estacas enraizadas. Los proyectos pequeños de reforestación y agroforestería tienden a usar semillas para establecer la plantación, mientras que los grandes proyectos con programas de mejoramiento desarrollan el uso de estacas enraizadas.



La viverización de melina en el caso de Costa Rica, ha pasado por cinco sistemas de producción significativamente importantes y muy diferentes. El primer modelo fue desarrollado en Hojancha y perdura hasta la fecha y consiste en producir las plántulas en pseudoestaca en la modalidad de almacigales, una tecnología muy práctica y muy aceptada en la región.

Un segundo sistema de producción fue desarrollado por Ston Forestal y consistió en el empleo de potes de papel, tecnología avanzada para la época, y exclusiva de dicha empresa.



**Almacigo de melina en Hojancha**

CODEFORSA en Pital de San Carlos gesta un tercer sistema, denominado bandejas de estereofón, el cual se mantiene en forma exclusiva por la empresa hasta la fecha.



**Vivero de melina en bandejas de estereofón en CODEFORSA**



Recientemente se introdujo en el país el sistema jiffy o pellets el cual está siendo empleado en la actualidad en aquellos proyectos de reforestación con altos niveles tecnológicos y con adecuada programación (silvicultura clonal).



**Vivero empleando el sistema de jiffy en Horquetas de Sarapiquí**

Mientras todo esto sucede, la producción en la bolsa negra de polietileno de aproximadamente 300 ml de capacidad se mantiene como opción en el mercado.

Por otro lado, se pueden utilizar otras técnicas de propagación, como lo son el injerto y la propagación de estaca o *in vitro*.

### **Cultivo in vitro**

Un estudio realizado en Costa Rica demostró que más del 50% de las trozas de melina (*Gmelina arborea*) producidas en plantaciones de pequeña y mediana escala, son de regular a mala calidad, esta situación se debe entre otras causas, a que la semilla utilizada en los proyectos de reforestación es de mala y dudosa calidad, aun cuando se conoce su procedencia, ante situaciones como ésta, surgen las técnicas de mejoramiento genético forestal que buscan maximizar la productividad, reducir los costos, establecer plantaciones de calidad y ofrecer así diferentes bienes y servicios.

Por cultivo de tejidos, es posible reproducir este material en cantidades suficientes para ser evaluado genéticamente en el campo y posteriormente, iniciar los programas de reforestación basados en la silvicultura clonal.

Con el uso de técnicas de cultivo in vitro, se reporta que de un nudo de *Gmelina arborea* se pueden obtener 144 plántulas en 3 meses.





**Potencial *in vitro* de *Gmelina arborea***

**Fotografía A Abdelnour**

**Fuente: (Gamboa y Abdelnour, 1999)**

- a. Muestra explantes de melina obtenidos a partir de diferentes concentraciones de sales inorgánicas
- b. Muestra una planta de melina enraizada bajo condiciones in vitro.
- c. Plántula producida por micropropagación, después de 4 semanas de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

### Siembra de las semillas

Aunque la siembra directa es factible, por la germinación múltiple que presenta (hasta 3 semillas por fruto) es conveniente la siembra de las semillas en camas con un sustrato que contenga tierra común de vivero y arena de río en partes iguales, previamente esterilizados ya sea con sol (solarización) o con un producto químico o natural. El sustrato debe estar constantemente húmedo pero jamás encharcado o reseco. Para ello se recomienda el riego por nebulización usando gotas muy finas.

Las semillas se siembran en surcos a una densidad baja. No debe sembrarse muy profunda y debe cubrirse con una capa delgada de sustrato.



## Repique

Cuando las plántulas presenten un tamaño cercano a los 5 cm (del tamaño de un palillo de fósforo) se debe proceder al repique en horas tempranas de la mañana. Para esta labor se debe regar y aflojar el semillero y luego proceder a extraer cuidadosamente las plántulas, tomándolas con los dedos por las hojas y evitando el contacto con el tallo.

## Limitantes a nivel de vivero

Independientemente del sistema de producción, los principales problemas de melina en vivero son las hormigas, la podredumbre de la raíz (mal del talluelo) y la heterogeneidad en su crecimiento, para lo cual se recomienda el empleo de gasolina en forma de rocío en los caminos y nidos de los hormigueros, un estricto control de la humedad, tanto de riego como de lluvia (evitando excesos y déficit) y la separación la semilla por tamaño.

## Selección de sitios de plantación

En general existen tres factores que en forma consistente se deben tomar en cuenta para la selección de nuevas áreas a reforestar, ellos son: la posición topográfica del sitio, los contenidos de calcio y magnesio en el primer horizonte y el uso anterior del suelo.

## Necesidades de suelo

Se sugiere plantar melina en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical. Aunque existen reportes de excelentes crecimientos en suelos pobres en bases, alcalinos o ligeramente ácidos y de textura arcillosa o franco arcillosa, esto debido al fuerte crecimiento inicial que tiene la especie de establecerse en cualquier tipo de suelo, pero para mantener la tasa de crecimiento elevada y llegar a dimensiones satisfactorias requiere las condiciones antes sugeridas.

Los contenidos de calcio y magnesio deben ser mayores de 10 y 6 miliequivalentes por cien mililitros de suelo (meq/100ml de suelo) en el primer horizonte y el pH se debe encontrar entre 5 ó 6 de acidez.

Aunque *Gmelina arborea* se adapta a una amplia variedad de condiciones edáficas y sobrevive con facilidad en una gran variedad de tipos de suelo; entre ellos ácidos, calcáreos limosos, suelos rojos o arcillosos; su mejor desarrollo lo alcanza en aquellos cuyas texturas varían de arenosas a francas, profundos, de origen aluvial, húmedos, bien drenados y aireados y ricos en bases.





Melina creciendo en suelos ricos aluviales e inundables en Limón

En subsuelos pedregosos o concentraciones que limitan el desarrollo del sistema radical en profundidad los árboles sufren muerte descendente.

La melina es una especie exigente de suelos fértiles y es muy sensible a las variaciones dentro de áreas pequeñas, por lo tanto, si se desea plantar esta especie, es recomendable realizar análisis del suelo de 15 a 30 centímetros y una evaluación de la finca para asegurar el futuro de la nueva plantación.

### **Topografía**

En cuanto a la topografía, los mejores sitios son los planos u ondulados con una pendiente no mayor al 30%, sin pedregosidad y una profundidad efectiva mínima de 60 cm y óptima mayor a 100 cm, de poca pendiente y con baja humedad.

### **Requerimientos lumínicos**

Por ser una especie esencialmente heliófita, es intolerante a la sombra y necesita gran cantidad de luz para lograr un buen desarrollo.





**Plantación de melina en San Carlos**

### **Factores limitantes para el desarrollo de la especie**

No crece bien en suelos arcillosos, en pendientes superiores al 30% con problemas de baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica ya poca profundidad del suelo.

El crecimiento también se ve afectado en suelos superficiales, con capas endurecidas, impermeables y pedregosas, así como en suelos ácidos muy lixiviados o arenas secas.

Las plantaciones que prosperan en suelos erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en estas condiciones los árboles presentan características indeseables tales como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y con aspecto arbustivo.

Se ha encontrado que el viento afecta negativamente el crecimiento, y que la especie crece mejor en sitios ubicados en terrenos planos, al pie de las lomas, donde hay mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Además, la preparación del terreno previo a la plantación es un factor importante para el éxito de la plantación.

### **Otros factores a considerar**

Es susceptible a la competencia de malezas, en especial de gramíneas y enredaderas, pero sobre todo a pastos como *Medriaria*, *Melinis* y *Bracearia*.

Muchas plantaciones de melina han sido afectadas negativamente en su crecimiento por efecto del fuego y no soporta suelos compactados o inundados, ni siquiera en forma temporal y esto causa pudrición en raíces, amarillamiento foliar y muerte.



## Preparación del sitio

El terreno se prepara arándolo y rastrillándolo. Cuando se usa la forma mecánica en suelos compactados por el uso anterior, ya sea cultivos o la ganadería, se recomienda el alomillado para propiciar un mayor desarrollo radicular al proveer de aire al sustrato y a la raíz.

Si la topografía no permite el uso de maquinaria, se deben hacer una adecuada preparación de los hoyos donde se plantarán los árboles.



Preparación mecanizada de sitios para plantar melina

## Densidad de plantación

El espaciamiento empleado depende del objetivo final del cultivo, pero por lo general se planta entre 2.5 x 2.5 y 3.5 x 3.5 metros. La distancia de siembra más aconsejable es de 2.5 x 2.5 metros cuando se quiere producir leña o pulpa, y de 3.0 x 3.0 metros para producción de madera, astillas, aserrío o desenrollado.

No se recomienda que se altere el espaciamiento de siembra arbitrariamente debido a que:

- Se aumentará el costo de mantenimiento, debido a que el dosel de la plantación tardará más tiempo en cerrar.
- Se aumentará el riesgo de daños serios a causa de los incendios.
- Se aumenta la producción de ramas gruesas y fustes mal formados.
- Se bajará la frecuencia relativa de árboles con fustes rectos que quedan en pie después de un raleo.



### Control de malezas

Probablemente el factor más importante para lograr un rendimiento superior de la melina es una buen control de malezas durante los primeros años de la plantación y de esta manera reducir la competencia por recursos como luz, riego, nutrientes, oxígeno y la interferencia química.

Antes de la siembra y durante los tres primeros años, se recomienda la eliminación de la vegetación indeseable (usualmente son suficientes tres limpiezas anuales). Después del cierre de copas, la melina controla muy bien las malezas, lo cual facilita el manejo y disminuye las limpiezas.

Aplicar herbicidas emergentes y preemergentes en una rodaja de 60 cm alrededor a cada punto a plantar evita la competencia de melina con las gramíneas y que se deforme el fuste inferior. Los factores a ser considerados antes de usar herbicidas son las condiciones del sitio y problemas de la aplicación; con respecto a las condiciones del sitio, es necesario evaluar la composición y cantidad de la vegetación, el tiempo de cosecha, el tamaño del bloque, la humedad y la presencia de áreas sensibles.

Eliminar manualmente la hierba y manejarla con químicos hasta liberar la melina de la competencia de la maleza es un excelente método de mantenimiento.

### Fertilización

No hay gran experiencia reportada en la literatura sobre el efecto de la fertilización sobre el crecimiento de la especie a nivel de plantación; sin embargo, algunos ensayos señalan que la aplicación de triple 15 (NPK) mejoró el crecimiento en plantaciones de un año cuando se aplicaron dosis de 150 g por planta.

La empresa Ston Forestal aplicó fertilizantes a un ensayo genético y la respuesta fue positiva. Esta empresa hizo aplicaciones de cal, potasio, y sobre todo, nitrógeno y sus estudios demostraron que los árboles de melina crecen vigorosamente cuando el nivel de nitrógeno (N) foliar es alrededor de 2.25% de la masa seca.

Es común aplicar fertilizantes ricos en fósforo y nitrógeno, antes de plantar los árboles, también, es recomendable fertilizar 15 días después de establecida la plantación.



## Bibliografía

- Agrosoft Ltda. 2000. Trees Versión 2: Árboles tropicales y subtropicales de uso múltiple. Reporte de especie No. 4. Medellín, Colombia. 16 p.
- Alfaro, M. y Villamizar, M. 1998. Análisis de la oferta actual y la demanda potencial de semilla mejorada de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* en Costa Rica y Centroamérica. En: Seminario. Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Alfaro, M. y R. de Camino. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central America. Forest Plantations Working Paper 20. Forest Resources Development Service. Forest Resources Division. FAO. Roma. 18 p.
- Alizaga, R. y Herrera, J. 2001. Tratamiento pregerminativos en semillas de melina (*Gmelina arborea*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha. 14: 2, 52-58 p.
- Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M; Obando, G. 2003. Avances en reforestación clonal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica. 12 p.
- Barquero, M. 1987. Establecimiento de rodales semilleros de *Gmelina arborea* Roxb. Hojanca, Guanacaste. In: Rojas, F.E. (ed.). Primer Taller Nacional de Semillas y Viveros Forestales. Memoria (25-29 Noviembre, 1985, San José, Costa Rica). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 141-153 p.
- Barrantes, G. 1999. Comercialización de semillas en el Banco de Semillas del Centro Agrícola Cantonal de Hojanca (CACH). En: Segundo simposio sobre Avances en la producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo, República Dominicana. 18-22 de octubre de 1999. 243-248 p.
- Bolstad, P. y S. Bawa. 1982. Self incompatibility in *Gmelina arborea* L. (Verbenaceae). *Silvae Genetica* 31:19-21
- Campos, A. 2000. Utilización de un SIG en la caracterización de zonas óptimas para la reforestación de siete especies en Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. ITCR: Cartago, Costa Rica. 75 p.



- Chavarría, M., Valerio, R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. MINAE; Costa Rica 202 p.
- Cornelius, J. y Hernández, M. 1995. Variación genética en crecimiento y rectitud del fuste en *Gmelina arborea* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales N°10. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 9 p.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). 1996. Latifoliadas zona baja. Santa Fe de Bogotá, DC, Colombia. 103 p.
- Espinoza, J. 2003. Site Selection, Site Preparation, and Weed Control for *Gmelina arborea* in Western Venezuela. In: Recent Advances with *Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 11 p.
- Galán-Larrea, R; Vargas-Hernández, J; Rodríguez-Laguna, R. 2000. Tratamientos para estimular y homogenizar la germinación en semillas de *Gmelina arborea* Roxb. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6 (1): 21-28.
- Gamboa, J. y Abdelnour, A. 1999. Micropropagación de melina( *Gmelina arborea* ROXB). Agronomía Costarricense 23(1). 69-76pp.
- Hodge, G. y W. Dvorak, 2003. The CAMCORE International Provenance/Progeny Trials of *Gmelina arborea*: genetic parameters and potential gain. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 20 p.
- Kumar, A. y A. Matharoo. 2003. Genetic improvement of *Gmelina arborea* in India. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 10 p.
- Laudridsen, E. 2003. Features of some provenances in an international Provenance experiment of *Gmelina arborea*. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Lega, R. 1988. Estudio de la forma de *Gmelina arborea* Roxb. Análisis de las plantaciones de Manila, Siquirres. M.Sc. Tesis. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 146 p.



- Meltcafe, J. 2002. Strategic feeding, vigorous seedlings, healthy trees. In: *Parteners in research for development*. Vol. 15: Mayo.23-30 pp.
- Mesén, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 156. Turrialba, Costa Rica. 12 p.
- Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No.30. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Morales, G. 2003. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: Potencial of *Gmelina arborea* for Solid Wood Products. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 7 p.
- Murillo, O. 1992. Diseño de un huerto semillero de *Gmelina arborea* para la producción de semilla certificada en la zona norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol 11 (3): 51-58 p.
- Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. y Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una cooperativa de mejoramiento genético forestal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica. 12 p.
- Murillo, O.; Rojas, J.L. y Badilla, Y. 2003. Reforestación clonal. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.
- Murillo, R. 1996. Evaluación de algunos factores ambientales que afectan la calidad de sitio a nivel de micrositio para melina (*Gmelina arborea* Roxb), plantada en suelos planos en la zona sur de Costa Rica. Tesis Lic. UNA. Heredia, Costa Rica. 111 p.
- Osorio, L. 2003. Provenance results of *Gmelina arborea* in southwest Colombia at three years of age. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Padua, E. 2003. Juvenile selection of *Gmelina arborea*. Clones in the Philippines. In recent advances with *Gmelina arborea*. (eds W.S Dvorak, G.R. Hodge, W.C. Woodbridge and J.L Romero) CD- ROM CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. 7 p.



- Pandey, S, Bisht, S, Jamaluddin. 2002. Pericarp colour: An indicator for seed quality un *Gmelina arborea* Roxb. *Indian Forester* 128 (4): 473-476
- Romero, J. 2003. A review of propagation programs for *Gmelina arborea*. In recent advances with *Gmelina arborea*. (eds W.S Dvorak, G.R. Hodge, W.C. Woodbridge and J.L Romero) CD- ROM CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. 12 p.
- Rojas, F. 2001. Viveros Forestales. San José, C.R. EUNED. 248 p.
- Sánchez, L, Romero, J. 2003. plantations of *Gmelina arborea* in Southeastern Mexico. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 6 p.
- Stock, J.; M. Vargas; K. Angarita y R. González. 2003. Seed production of *Gmelina arborea* by controlled pollination. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Trujillo, E. 2003. Manual de árboles. 2 ed. El semillero. Bogotá, Colombia. 158-160 pp.
- Vásquez, W. 1996. Clasificación y selección de sitios para reforestar en la Región Chorotega Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 7. Turrialba, Costa Rica. 43 p.
- Zeaser, D. sf. El uso óptimo de la semilla de melina mejorada de Ston Forestal ( documento interno). 3 p.
- Zeaser, D. 1998. Programa de mejoramiento genético de la Ston Forestal en la zona sur de Costa Rica. En: Seminario. Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Zeledón, D. 2002. Evaluación de las características anatómicas de la madera de *Gmelina arborea* Roxb. creciendo en plantaciones de Costa Rica. Informe de Práctica de especialidad. ITCR. Cartago. 104 p.



## Capítulo 3

# Manejo de plantaciones



Autores: Ph. D. Dagoberto Arias Aguilar  
M. Sc. Marcela Arguedas Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                          | <b>50</b> |
| <b>Deshijas.....</b>                         | <b>51</b> |
| <b>Podas.....</b>                            | <b>51</b> |
| <b>Aclareos.....</b>                         | <b>54</b> |
| <b>Evaluación de calidad de sitio.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Manejo de rebrotes.....</b>               | <b>67</b> |
| <b>Control de plagas y enfermedades.....</b> | <b>70</b> |
| <b>Edad de rotación.....</b>                 | <b>77</b> |
| <b>Estimación del volumen en pie.....</b>    | <b>77</b> |
| <b>Crecimiento y rendimiento.....</b>        | <b>78</b> |
| <b>Costos de establecimiento.....</b>        | <b>81</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                     | <b>83</b> |



### Resumen

Posterior al establecimiento de una plantación forestal, el productor deberá implementar, bajo la asistencia técnica de un profesional forestal, un conjunto de tratamientos silviculturales que buscan generar modificaciones en la estructura de la plantación. Entre los tratamientos más necesarios que se deben realizarse en una plantación están la deshija, las podas y los aclareos. A lo largo de la vida de la plantación será necesaria más de una intervención que deberá basarse en el principio de “*justo a tiempo*” y que permitirá alcanzar los objetivos de producción propuestos. Adicionalmente será necesario el control de malezas, el control de plagas y enfermedades, el control de rebrotes y el manejo de la nutrición mediante la incorporación de los nutrientes retenidos en la biomasa. Cuando estos tratamientos son aplicados a una plantación forestal, se cumple con los principios de manejo de plantaciones. En el presente capítulo se brindan las recomendaciones de cómo llevar a cabo cada uno de estos tratamientos silviculturales para el cultivo de melina.



## Manejo de Plantaciones



## Deshijas

En Costa Rica, para la propagación de melina y otras especies, se ha generalizado el sistema de producción en pseudoestaca. En la actualidad existen otras técnicas de producción de árboles en vivero que han combinado la propagación vegetativa o asexual y se ha denominado silvicultura clonal. Cuando se establecen plantaciones utilizando pseudoestaca se hace necesario eliminar los brotes laterales del árbol para favorecer el desarrollo de un eje principal. Esta eliminación de brotes se conoce como deshija y se realiza posterior al establecimiento de la plantación cuando los brotes alcanzan 50 cm de altura. Esta práctica se lleva a cabo durante los dos primeros años de la plantación.

## Podas

La forma en que las ramas de los árboles se ordenan dentro de la copa se conoce como patrón arquitectural de un árbol. Cada especie presenta un patrón de distribución de ramas característico. Fisiológicamente las ramas juegan un papel muy importante ya que albergan las hojas, lugar donde se lleva a cabo la conversión de la energía del sol en carbohidratos a través de la fotosíntesis. Desde el punto de vista industrial, en donde interesa la obtención de madera como materia prima, se busca la obtención de madera libre de nudos, esto se puede lograr mediante la eliminación artificial de las ramas o esperando la eliminación natural de las ramas (Ohland, 2000). Esta eliminación de ramas se conoce como poda y en plantaciones forestales consiste en la eliminación principalmente de ramas cuya actividad fotosintética es reducida o nula (ramas muertas). Como operación silvicultural, la poda es una inversión que se hace en los mejores individuos de la plantación y cuya retribución se espera con el mejoramiento de la calidad de la madera. En todo caso siempre se va a obtener de un árbol madera con nudos, lo que se busca con la poda es maximizar la proporción de madera libre de nudos y en las secciones nudosas la obtención de madera con nudos vivos.

Los árboles de melina se caracterizan por la presencia de ramas relativamente gruesas. Esto puede verificarse cuando se estudia la relación entre el grosor promedio de las tres ramas más gruesas con respecto al diámetro del árbol (Struck y Dohrenbusch, 2000). Esta relación ha sido denominada índice de grosor de ramas y puede variar entre especies, ya sean latifoliadas nativas y exóticas y también entre coníferas (Arias 2002). Utilizando el índice de grosor de ramas se obtuvo que el grosor de las ramas de melina en árboles de 6 años de edad creciendo en la Zona Sur puede llegar a representar hasta el 60 % del diámetro a la altura del pecho. Para esta especie se encontró una tendencia de aumento del índice de grosor de ramas conforme mejoran las condiciones del sitio. Como referencia, una especie de conífera *Pinus caribaea* presenta valores muy estables y el grosor promedio de las ramas más gruesas representan tan solo el 16% del grosor del árbol.

La especie melina también se caracteriza por la pérdida total o parcial de la dominancia apical, esto significa que en un árbol una o más ramas se desarrollan y el eje principal pierde dominancia. Por lo anterior es recomendable iniciar con las podas edades tempranas.





### **Pérdida de dominancia apical del eje principal en árboles de *Gmelina arborea*.**

#### **Cuáles árboles podar?**

Se recomienda la operación de poda de ramas vivas en aquellos árboles cuya forma, sanidad y calidad del fuste permiten clasificarlos como los árboles de la cosecha futura. La poda de ramas relativamente gruesas se recomendaría en árboles levemente torcidos, siempre y cuando presenten un crecimiento vigoroso. No se recomienda invertir en la poda de árboles cuyo fuste es de mala calidad o defectuoso, ya que son árboles potenciales para ser eliminados en los aclareos

Una consideración importante para la poda en esta especie, es el riesgo de ocasionar retrasos en el crecimiento al reducir el área foliar (fotosíntesis). Algunos reportes en Costa Rica sugieren que una intensidad de poda del 25 % estimuló el crecimiento de los árboles, mientras que intensidades del 50% tuvieron un efecto negativo.



### **Cuándo iniciar la poda?**

La poda ideal sería aquella que se realiza en etapas tempranas del desarrollo de la plantación cuando el índice de grosor de ramas es bajo.

Ohland (2000) propuso un esquema específico de poda para melina basado en la obtención de madera libre de nudos según su posición en la troza. Este esquema es independiente de la calidad del sitio.

#### La primera poda:

Una primera intervención podría aplicarse cuando la altura media del rodal sea de 4 metros y el diámetro promedio de 5 cm. En este caso se aplica poda hasta 2 m.

#### La segunda poda:

Esta poda puede efectuarse cuando la altura media del rodal alcance los 8 metros y el diámetro promedio sea de 11 cm. Aquí se recomienda combinar la poda con el primer raleo, tratando de favorecer solamente árboles destinados para la cosecha final. La altura de poda recomendada varía desde 3.5 a 4 metros.

#### La tercera poda:

Recomendada cuando la plantación alcance 12 m de altura promedio, donde se espera dejar un fuste libre de ramas hasta los 6 metros de altura, en aquellos individuos que constituyen la cosecha final.

La aplicación de este esquema permitiría la obtención de una primera troza de 2.55 m para utilización en chapas o madera para aserrío, una segunda troza de 3.35 m para madera para aserrío y una tercera troza o más para productos que utilicen madera de menores dimensiones y defectos por nudos.

Sobre la época más apropiada para efectuar la poda se sugiere realizar esta operación a finales de la época seca, ya que se reduce el riesgo de infecciones por hongos y ataque de insectos en los cortes de las ramas, además con la llegada de las lluvias se espera una mejor cicatrización de las heridas.

### **Cómo efectuar la poda en ramas gruesas?**

Para realizar la poda se deben utilizar herramientas bien afiladas. En la primera poda se pueden emplear serruchos o sierras de arco y también cuchillos. Cuando la rama es gruesa se debe realizar un primer corte de abajo hacia arriba y luego concluir con un corte en sentido contrario. Para la segunda y tercera poda, cuando la extensión de la plantación lo justifique se podrían emplear podadoras con motosierra con largo ajustable.





a.



b.

**a. Plantación de melina con poda, b. Detalle de la poda de una rama gruesa**

### Aclareos

Posterior al establecimiento de una plantación, los árboles de melina inician un período de rápido desarrollo, durante el cual los individuos utilizan la energía proveniente del proceso de fotosíntesis en diferentes procesos fisiológicos, que en orden de importancia podrían resumirse en: respiración, producción de biomasa foliar y raíces finas, floración y fructificación, crecimiento primario (altura) y crecimiento secundario (diámetro). Desde el punto de vista silvicultural, los árboles en la plantación comienzan a ocupar el sitio, esto es utilizar las reservas de agua, nutrientes y luz. Sin embargo, conforme los árboles acumulan biomasa, sus copas y su sistema radical crecen hasta entrar en competencia y la tasa de crecimiento en volumen puede reducirse rápidamente.

Cuando los árboles en la plantación entran en competencia, el silvicultor haciendo uso de criterios e indicadores, recomienda la ejecución de aclareos para ejercer control sobre la capacidad de carga del sitio, la estructura de la plantación, la productividad, el tamaño de los árboles y el tiempo transcurrido hasta la cosecha final (Arias, 2004). El objetivo final de los aclareos será concentrar el potencial de crecimiento en los individuos de mayor desarrollo y mejor calidad de fuste.



En los trópicos ha sido una práctica común iniciar una plantación forestal con un mayor número de árboles (en el cultivo de melina en Costa Rica se han utilizado densidades iniciales desde 1100 hasta 1600 árboles por hectárea). Es así como a lo largo de la vida de una plantación se manipula el número de individuos tratando de mantener la densidad de la plantación dentro de rangos que permitan el crecimiento del rodal o bien el crecimiento individual de los árboles remanentes, siempre tomando en consideración el objetivo final para la obtención de productos específicos.

Las relaciones entre el crecimiento de una plantación y el número de árboles fueron descritas en la década de los años 50 y pueden ser aplicadas para prescribir programas de aclareo para melina. La interpretación de estas relaciones permiten definir las zonas en las cuales una plantación forestal debería mantenerse para maximizar el crecimiento individual o para maximizar la producción de biomasa total. En el manejo de la densidad del rodal se reconocen cuatro zonas de densidad:

- Zona 1 (Zona de sub-utilización del sitio): La densidad del rodal dentro de esta zona es baja y los árboles crecen en forma aislada. El crecimiento por árbol es máximo y el crecimiento por hectárea se incrementa conforme se aumenta el número de árboles por hectárea. El límite superior de esta zona debería coincidir con el momento del cierre de copas.

- Zona 2 (Zona de transición): aquí el crecimiento del árbol empieza a disminuir a medida que se incrementa la densidad. El crecimiento por hectárea sigue aumentando al incrementar la densidad. El manejo de rodales dentro de esta zona permite concentrar en los fustes la producción de madera.

- Zona 3 (Zona de máximo crecimiento por hectárea): El crecimiento por árbol continúa disminuyendo conforme aumenta la densidad, mientras que el crecimiento por hectárea alcanza su máximo. El manejo de rodales dentro de esta zona permite maximizar la producción de madera para pulpa y biomasa.

- Zona 4 (Zona de autoraleo): El crecimiento por árbol y por hectárea disminuye a medida que se incrementa la competencia. Rodales dentro de esta zona están sometidos a una competencia intensa y hacia el límite superior de esta zona se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia.

En el campo de la ecología, la densidad ha sido comúnmente definida como el número de individuos por unidad de área; sin embargo, en el campo forestal esta definición no es de mucha utilidad, ya que en una plantación los árboles cambian en dimensiones y en la habilidad para utilizar los recursos disponibles (luz, agua, nutrientes) en función de los árboles adyacentes (competencia). Han surgido varios métodos para evaluar y controlar la densidad de un rodal, entre los más conocidos se pueden mencionar: el área basal, el índice de espaciamiento relativo, el índice de densidad del rodal y el factor de competición de copas. En la práctica forestal de nuestro país ya se han realizado algunos trabajos que evalúan estas metodologías (Pineda 1990).



La Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica ha promovido desde 1986 el uso del Índice de Densidad del Rodal (IDR), que a nivel internacional ha sido considerado como una de las herramientas más útiles para traducir objetivos de manejo dentro de un programa de aclareos.

La utilización de este índice es una herramienta que dispone el ingeniero forestal para asesorar al productor de melina y recomendarle los aclareos en la plantación. El IDR expresa en forma matemática la relación entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{IDR} = N \cdot (d/25)^{-b}$$

donde N es el número de árboles por hectárea, d es el diámetro promedio de la plantación y “b” es una constante definida empíricamente con un valor de -1.605 y utilizada extensivamente en muchos trabajos sobre densidad del rodal. Hay evidencia que el valor de la pendiente de la curva puede variar entre especies; por lo tanto, los trabajos basados en este índice deben analizar estadísticamente si el valor de la pendiente encontrado para una especie en particular difiere significativamente del valor teórico dado por Reineke.

Conociendo el valor de “b” y utilizando la información proveniente de rodales bajo condiciones extremas de competencia (autoraleo), se llega a establecer el IDR máximo para la especie. Este límite establece el punto en el cual la única manera que los árboles incrementen sus dimensiones es a través de la reducción natural del número de individuos (mortalidad o autoraleo). Determinando el IDR máximo para la especie es posible definir diferentes bandas para el manejo de la densidad del rodal (aclareos) que se ajustan a los objetivos de producción planteados por los reforestadores (producción de biomasa para pulpa, postes, madera para aserrío).

En el ámbito internacional, el manejo de la densidad basado en el IDR ha sido ampliamente utilizado para especies forestales en Japón, Norteamérica y Europa. En la literatura internacional son especialmente escasos los estudios en latifoliadas tropicales, se conoce únicamente el trabajo de (Kumar *et al*, 1995) para teca en India. En Costa Rica, el Índice de Densidad del Rodal ha sido desarrollado para las especies más utilizadas en los programas de reforestación: destacan aquí los trabajos en *Pinus caribaea*, *Gmelina arborea*, *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinatum* y *Tectona grandis* (Méndez, 1990; Pineda, 1990 y Arias, 2004).

Específicamente para melina, el IDR fue desarrollado por primera vez en 1988 y tomando como referencia un número limitado de parcelas en autoraleo se determinó un IDR máximo para la especie de 986. Una nueva validación del IDR para melina fue realizada por Arias (2004). En este estudio se utilizó información de 592 parcelas, 20 de las cuales definieron la línea de autoraleo. El valor de la constante en la ecuación del IDR fue similar a la reportada por Arias y Campos (1988) y cuyo valor es igual a -1.989; sin embargo, con la información de las 20 parcelas en autoraleo se obtuvo un IDR máximo para la especie de 1057.



## Cómo utilizar el IDR para melina?

### Aprender a interpretar las zonas de densidad según el objetivo de la plantación

Para melina, los límites de las zonas de densidad basada en el IDR pueden resumirse en función de porcentajes con respecto al IDR máximo para la especie.

Límites de las zonas de densidad para la prescripción de aclareos en plantaciones forestales de melina

| Zonas de Densidad                                | Límite inferior | Límite superior                    |
|--------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Zona 1 (Zona de sub-utilización del sitio)       | 0               | 264<br>(25% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 2 (Zona de transición)                      | 264             | 423<br>(40% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 3 (Zona de máximo crecimiento por hectárea) | 423             | 634<br>(60% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 4 (Zona de autoraleo)                       | 634             | 1057<br>(100% IDR <sub>max</sub> ) |

Para el manejo de melina con fines industriales, la mayoría de los objetivos de una plantación forestal se logran cuando la densidad de la plantación se mantiene en la segunda y tercera zona de densidad. Aquí se debe considerar que plantaciones que se mantengan dentro de la Zona 2 posibilitan la producción de madera para aserrío y la Zona 3 es recomendada para maximizar la producción de biomasa.

En ningún caso se recomienda que las plantaciones se ubiquen dentro de la Zona 4, ya que dentro de esta zona los árboles están sometidos a una competencia intensa y hacia el límite superior de esta zona se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia. melina es una especie particularmente sensible la recesión de copas, se cita por ejemplo rodales en Guanacaste de 3.6 años de edad sin raleo y plantados a 2.6 x 2.6 m; en donde la proporción de copa viva es tan solo del 20 % (Galloway *et al*, 2001).

### Muestreo del estado de competencia en la plantación

El objetivo básico del muestreo es determinar si una plantación requiere o no de un aclareo y con qué intensidad debe ejecutarse según los objetivos de la plantación. La información básica requerida será el diámetro promedio de la plantación, el número de árboles por hectárea, la distribución diamétrica del número de árboles por hectárea y además información sobre la calidad de los fustes. Adicionalmente podrían evaluarse la presencia de sotobosque, el índice de área foliar (LAI-2000), la radiación fotosintética activa (PAR-Sensor) si se tuvieran disponibles estos instrumentos.



Previo al muestreo es necesario contar con un mapa que brinde información sobre el área plantada. Con ayuda de este mapa es posible definir la necesidad de estratificación en la plantación buscando unidades homogéneas: lotes de una misma edad, diferentes calidades de sitio, diferentes espaciamientos iniciales y otros criterios. También este mapa ayudará en la definición del número de parcelas, la intensidad del muestreo y el diseño del muestreo.

Un sistema de muestreo recomendable es del tipo sistemático con parcelas circulares. En este caso se define algún borde de la plantación sobre el cual pueden ubicarse líneas de muestreo perpendiculares con arranque aleatorio. Para plantaciones entre 600 y 800 árboles por hectárea se recomienda utilizar parcelas de 8.92 m de radio, de 750 a 1000 árboles por hectárea utilizar parcelas de 7.98 m de radio, de 1000 a 1400 árboles por hectárea se pueden demarcar parcelas de 6.91 m de radio y para densidades entre 1400 y 2000 árboles por hectárea se pueden emplear parcelas de 5.64 m de radio (Murillo *et al*, 2003). Aquí el principio es tratar de obtener una muestra de al menos 20 individuos por parcela.

Con respecto a la intensidad del muestreo, esta dependerá de la variación de la variable a evaluar dentro de la plantación y del error de muestreo aceptado. Utilizando parcelas de 5.64 m de radio, se podría utilizar una intensidad de muestreo del 2.5 % en plantaciones menores a 3 has, intensidades entre 1 y 2 % para plantaciones entre 3 y 20 has y en plantaciones de más de 20 has intensidades de muestreo entre 0.5 y 1 % (Murillo *et al*, 2003).

### **Cálculo del IDR y ejemplo de cómo definir la necesidad e intensidad de un aclareo**

La información de cada parcela debe procesarse y en una hoja de cálculo se deben obtener los valores correspondientes del diámetro promedio de la plantación y el número de árboles por hectárea. Con ayuda de la siguiente ecuación se obtienen los valores del IDR en cada parcela:

$$\text{IDR} = N \cdot (d/25)^{1.989}$$

El promedio de los valores de IDR para todas las parcelas muestreadas en el estrato o plantación se interpreta como el IDR actual de la plantación, de aquí la necesidad de tomar varios puntos de muestreo.

A manera de ejemplo, una plantación de melina cuyo objetivo es la producción de madera para aserrío con un diámetro promedio de 19.39 cm y cuyo número de árboles por hectárea es de 824, aplicando la ecuación correspondiente se obtiene que su IDR actual es de 496. Esta plantación se ubica dentro de los límites de la zona de densidad 3 y para cumplir con el objetivo de la plantación (madera para aserrío) deberá mantenerse dentro de los límites de la zona 2, por lo tanto es necesaria una intervención que lleve a la plantación hacia un estado de densidad muy cercano al límite inferior de la zona 2 (IDR deseado de 264).



Como se mencionó anteriormente, la información sobre defectos en los árboles entendidos como aquellos individuos suprimidos, bifurcados, torcidos en diferentes grados, enfermos o dañados; resulta aquí de especial importancia por cuanto son los árboles a eliminar en una primera intervención. Conociendo la distribución diamétrica del rodal y el número de árboles con defectos es posible definir cual sería el diámetro del rodal si estos individuos son eliminados en un aclareo. Esta información del diámetro promedio del rodal después del aclareo y el número de árboles por hectárea remanentes después del mismo, permite calcular el IDR después el aclareo.

Si después de realizados estos cálculos en donde se ha considerado eliminar los árboles defectuosos no se llega al IDR deseado será necesario establecer un valor diamétrico de referencia bajo el cual serán eliminados todos los individuos en la plantación hasta alcanzar el IDR deseado.

### Otros esquemas de aclareos propuestos para melina

En la literatura se han sugerido esquemas de aclareos para melina basados en el potencial del sitio y dinámica del crecimiento, en los cuales la edad precisa del aclareo estará en función de la calidad del sitio y crecimiento de la plantación. Ohland (2000) propone un esquema de aclareos para melina partiendo de una densidad inicial de 1080 árb/ha.

Así por ejemplo el esquema 50-50-50% sugiere aplicar un primer aclareo del 50% cuando la plantación alcance un diámetro promedio de 10,4 cm y la altura media del rodal sea de 9,4 m, lo que equivale a un IDR=189. Un segundo aclareo del 50 % será aplicado cuando el diámetro promedio de la plantación alcance 22 cm y la altura media sea de 16 m, o cuando el IDR=419. El tercer aclareo eliminará la mitad de la masa remanente cuando el diámetro promedio alcance 32 cm y la altura del rodal sea de 19,4 m, con un IDR cercano a 441. Este esquema sugiere una cosecha final basada en 135 individuos por hectárea con diámetros promedio de 45 cm y una altura media del rodal de 22 m.

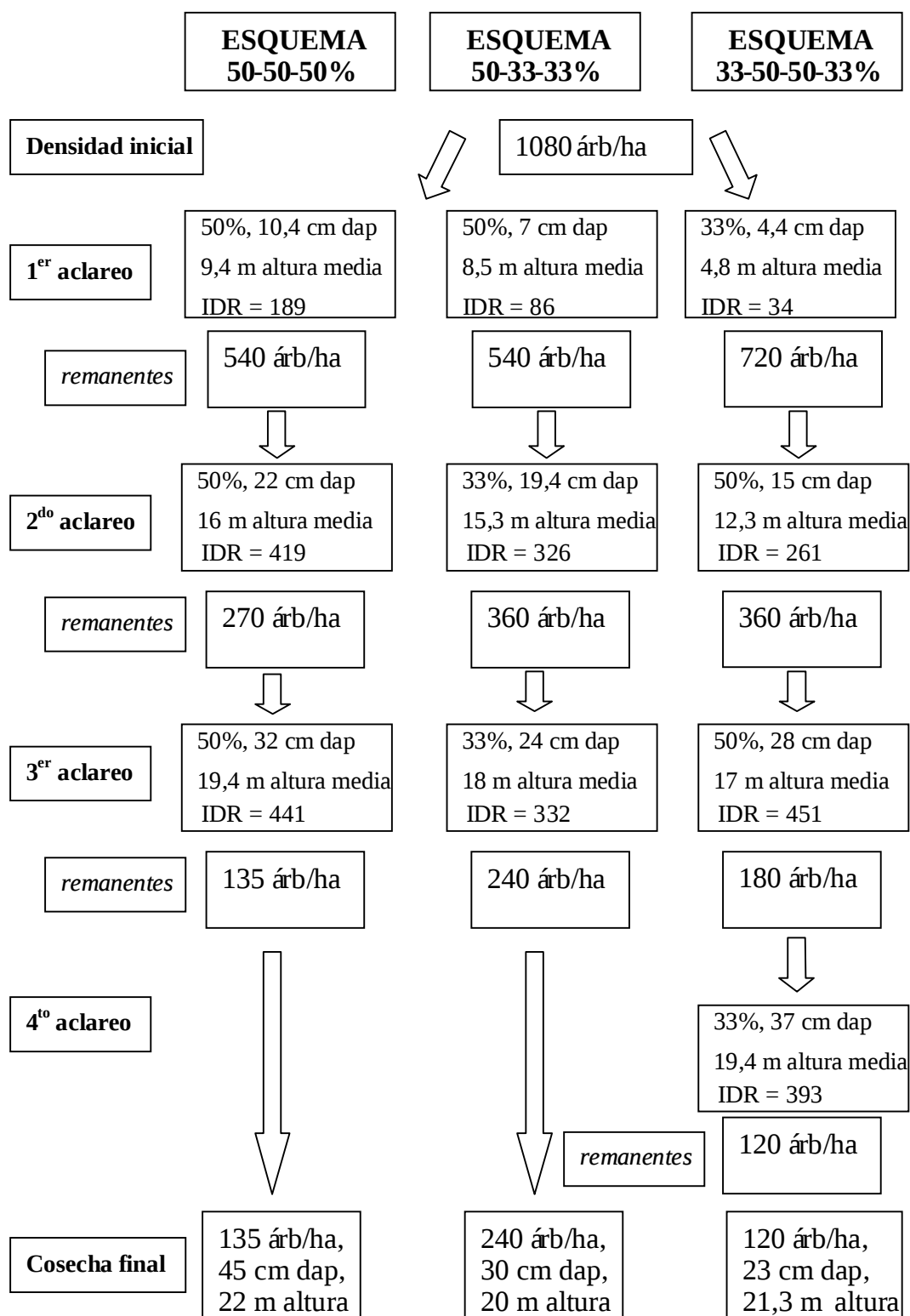
Otros autores sugieren para plantaciones establecidas a 3 x 3 m, un primer aclareo del 50 % de la masa cuando la plantación alcance una altura promedio entre 7 y 9 m (Salazar y Pereira, 1998; Muziol y Sánchez, 1992).

Para plantaciones en la región de Guanacaste se sugiere un segundo aclareo nuevamente del 50 % de la masa remanente cuando la plantación alcance una altura promedio entre 14 y 16 m.

Empresas reforestadoras como Los Nacientes han llevado a cabo el segundo aclareo cuando el diámetro promedio de la plantación alcanza los 20 cm, aplicando una intensidad de aclareo entre 33 y 50 % (Salazar y Pereira, 1998).

Por su parte, Centeno (1997) recomienda la aplicación de un segundo aclareo cuando la altura dominante del rodal alcance entre 17 y 18 m, lo cual considera consistente con las experiencias en el manejo silvicultural de melina en Centroamérica.





Esquemas de aclareos para plantaciones de melina plantadas a 3 x 3 m.

Modificado a partir de Ohland (2000)



### **Recomendación para el marcaje y ejecución del aclareo**

En la práctica de ejecución de aclareos se ha reportado que uno de los principales problemas está relacionado con el marcaje de los árboles a cortar (Ohland, 2000). Normalmente el primer aclareo es del tipo selectivo en donde el objetivo del marcaje se concentra en aquellos individuos de mala forma, bifurcados, dañados, enfermos, suprimidos. Un principio básico en la ejecución del aclareo es garantizar una distribución uniforme de los árboles remanentes, esto es nuevamente asegurar que cada árbol obtenga similar espacio de crecimiento. Para facilitar esta labor se recomienda el empleo de la técnica de “marcación en cajas”. Si se define que la intensidad del aclareo es del 50 % significa que en una caja compuesta por cuatro árboles se deben eliminar dos. Si el aclareo busca reducir el 25% de la masa, de cada cuatro individuos se buscará eliminar el más defectuoso.

Para la ejecución del primer aclareo se recomienda utilizar herramientas manuales, podrían emplearse cuchillos o sierras manuales. Cuando se trate de plantaciones muy extensas se podría justificar el uso de motosierras pequeñas para hacer más eficiente la operación.

Conforme se avance en un programa de aclareos, la masa remanente tiende a ser más uniforme en dimensiones y calidades de los fustes. Esto significa que los aclareos siguientes deberán seguir un patrón de marcaje sistemático, siempre garantizando una distribución uniforme de los árboles. Después del primer aclareo será necesario el uso de motosierras de dimensión adecuada según el diámetro de los árboles para la operación de corta.

### **Eliminación de rebrotes después del aclareo**

Una consideración especial aplicable a plantaciones de melina es la capacidad de rebrotes que tiene la especie. No es conveniente permitir el desarrollo de rebrotes en plantaciones que están siendo manejadas para fines industriales, ya que se altera el control que se tiene de la densidad de la plantación. Se considera que los árboles eliminados en los primeros aclareos son genéticamente inferiores y no vale la pena mantener remanentes de material genético no deseable.





### Rebrotes de melina y regeneración natural posterior al aclareo

Se reportan trabajos tendientes a encontrar herbicidas capaces de eliminar los rebrotes de melina. En plantaciones de dos años de edad y durante la época lluviosa, se evaluaron cuatro herbicidas: Tryclopir (Garlon 4E), Dicamba (Banvel S), Dicamba+2,4-D (Banvel D) y Glyphosato (Roundup), todos mezclados con aceite quemado y canfín agregados en igual proporción. En este estudio se encontró que el producto Garlon 4E al 7% de concentración aplicado con brocha sobre el corte fresco del cambium vascular y la corteza del tocón, elimina el 100% de los tocones de melina. Adicionalmente se reporta que este producto no presentó ningún problema de toxicidad en los árboles adyacentes (Barrantes, 1997).

### Evaluación de calidad de sitio

#### Calidad de sitio

En su lugar de origen, melina se desarrolla naturalmente en forma óptima en suelos arcillosos profundos y en regiones donde el rango de la precipitación media anual es alrededor de 2000 mm. A pesar que se desarrolla en un amplio rango de suelos, la especie es muy sensible a los suelos pobres pero es capaz de sobrevivir en forma arbustiva bajo condiciones adversas.

En Centroamérica, el cultivo de la melina requiere suelos profundos, bien drenados, con una textura de limo a limo arcillosa, buen contenido de bases y posiciones topográficas desde plano a moderadamente ondulado. La productividad de plantaciones de la especie es afectada principalmente por factores limitantes como: viento, texturas arcillosas, suelos compactados, suelos mal drenados y competencia con malezas (Alfaro y De Camino, 2002).



La producción potencial de madera (biomasa) en un sitio específico, expresa la calidad de ese sitio para la producción forestal. Para una especie en particular existen factores ambientales (clima, suelo, fisiografía y biota) que interactúan entre si y cuando se combinan bajo un esquema de manejo dado, se define la capacidad productiva del sitio. Melina es una de las especies de más rápido crecimiento y en los primeros años de la plantación puede resultar engañoso el desarrollo de la plantación, ya que en sitios de fertilidad media y baja, cuando la reserva de nutrientes (capacidad de carga del sitio) es alterada, las plantaciones de esta especie disminuyen drásticamente el ritmo de crecimiento.

Para el cultivo y manejo de melina se han recomendado varios métodos para clasificar la calidad de sitio. Para un productor que quiere invertir en plantaciones forestales, resulta muy útil saber si su plantación estará en un sitio bueno, regular o malo y cuáles factores ambientales son determinantes en la productividad del sitio.

Zeaser (1999) clasifica directamente la calidad de sitio para el cultivo de melina en la Zona Sur de Costa Rica en seis categorías. Utilizando una edad base de 5 años se definieron clases de sitio para la producción de madera sin corteza hasta la altura del diámetro de 8 cm. El uso de esta clasificación es limitada ya que no se proporciona una ecuación que relacione el crecimiento con la edad, sin embargo es un intento para clasificar productividad.

Clasificación de sitios para la región del Pacífico Sur de Costa Rica (Zeaser, 1999).

| Clase de sitio | Incremento medio anual del volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha/año) <sup>1/</sup> |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 55±5                                                                                |
| 2              | 45±5                                                                                |
| 3              | 35±5                                                                                |
| 4              | 25±5                                                                                |
| 5              | 15±5                                                                                |
| 6              | 5±5                                                                                 |

<sup>1/</sup>Volumen sin corteza hasta la altura del diámetro de 8 cm

Bajo las indicaciones de esta clasificación, se considera que las clases de sitio de 1 hasta 3 son factibles para plantar melina con fines de producir madera para aserrío. Sitios clase 4 resultan marginales para la siembra de melina con objetivos de producción de madera. Sitios en las clases 5 y 6 no son aceptables para programas de reforestación con melina.

Otra clasificación que sigue el mismo principio fue planteada por Vallejos (1996). Este autor define 5 clases de productividad para plantaciones de melina en Costa Rica, basadas en el potencial de crecimiento de la especie.



**Clasificación de sitios para melina en Costa Rica según (Vallejos, 1996)**

| <b>Clasificación</b> | <b>IMA en<br/>diámetro<br/>(cm/año)</b> | <b>IMA en<br/>altura<br/>(m/año)</b> | <b>IMA en área<br/>basal<br/>(m<sup>2</sup>/ha/año)</b> | <b>IMA en<br/>volumen<br/>(m<sup>3</sup>/ha/año)</b> |
|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Excelente            | > 4.63                                  | > 3.91                               | > 4.64                                                  | > 37.78                                              |
| Bueno                | 3.61 - 4.62                             | 3.21 - 3.90                          | 3.40 - 4.63                                             | 24.50 - 37.77                                        |
| Medio                | 2.91 - 3.60                             | 2.33 - 3.20                          | 2.21 - 3.39                                             | 15.34 - 24.49                                        |
| Bajo                 | 1.91 - 2.90                             | 1.23 - 2.32                          | 1.54 - 2.20                                             | 6.79 - 15.33                                         |
| Marginal             | < 1.90                                  | < 1.22                               | < 1.53                                                  | < 6.78                                               |

Una limitación de las clasificaciones anteriores es que no se puede predecir el potencial productivo de un sitio con anterioridad al establecimiento de una plantación.

Otro de los métodos más utilizados para clasificación de sitios según su productividad es mediante el índice de sitio. Este índice es definido como el promedio de altura de los 100 árboles dominantes del rodal a una edad determinada (edad base). Dependiendo del estudio existen variaciones en la definición del concepto de altura dominante. En la literatura internacional se menciona el trabajo de Greaves (1978) como el primer estudio sobre curvas de índice de sitio para plantaciones de melina sin manejo en Nigeria. En Costa Rica se han realizado diversos estudios sobre curvas de índice de sitio para melina, en una escala más local. Se pueden mencionar los trabajos de Obando (1989) para la Zona Pacífico Sur de Costa Rica; Rojas (1993), Vásquez y Ugalde (1995) y Vásquez (1996) para la Región Chorotega, Guanacaste, Vallejos (1996) para las dos vertientes del país y Arias (2002) para la Zona Sur de Costa Rica.

Sin embargo, el trabajo tomado como referencia por silvicultores para la clasificación de la productividad de plantaciones forestales de melina en Costa Rica es el de Hughell (1991). El modelo propuesto para estimar matemáticamente el índice de sitio de una plantación de melina es el siguiente:

$$\text{Ln}(\text{IS}) = a + (\text{Ln}(h_d) - a) * (E/E_b)^K$$

donde:

Ln = logaritmo natural

$h_d$  = altura dominante (promedio de altura de los 100 árboles más altos por ha)

$a = 4.4277$

$k = 0.3277$

$E$  = Edad de la plantación en años

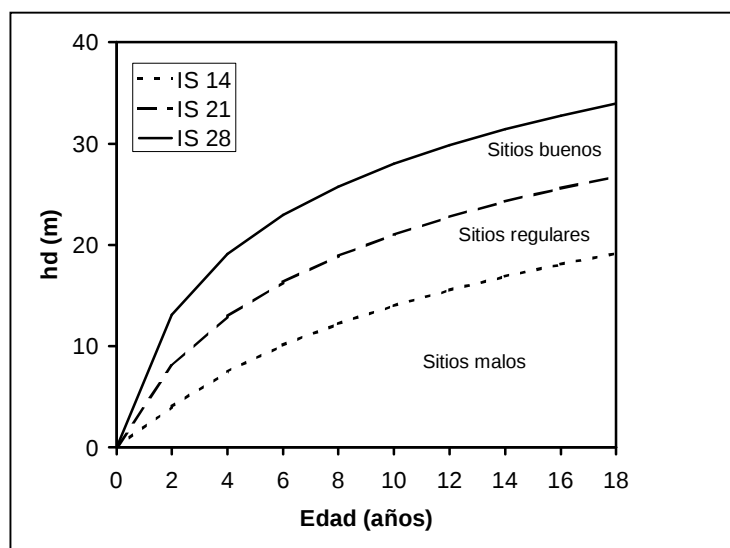
$E_b$  = Edad base (10 años)

IS = Índice de sitio



Para conocer el índice de sitio del lugar donde se encuentra la plantación, se establecen parcelas de muestreo y se obtiene el promedio de altura de los 100 árboles más altos por hectárea y conociendo la edad de la plantación se despeja el valor del índice de sitio según la ecuación anterior.

Existe también la manera gráfica de interpretar la productividad en función del índice de sitio. En un gráfico se definen claramente las zonas de productividad y tomando como referencia pares de datos de altura dominante y edad se puede ubicar la plantación dentro de alguna de las zonas definidas. Sin embargo, estos resultados deber ser validados y su aplicación se limita a plantaciones con edades entre 1 y 21 años con alturas dominantes entre 2.3 hasta 30.3 m.



**Clasificación gráfica de la calidad del sitio para plantaciones de melina en América Central a partir de la ecuación de Hughell (1991).**

Se han efectuado algunos intentos de correlacionar el índice de sitio con variables ambientales, pensando en la posibilidad de ofrecerle al productor un dictamen previo de su finca y el pronóstico de la productividad que podría brindar una plantación forestal de melina. Sin embargo, la mayoría de estos estudios de clasificación indirecta no han mostrado validez para ser aplicados mas allá de la propia base de datos con que fueron generados (Arias, 2002).

Como procedimiento matemático es factible generar modelos para predecir el índice de sitio basado en una o más variables predictoras. Por ejemplo Stuhmann *et al* (1994) encontró para plantaciones de melina de tres años en la Región Atlántica de Costa Rica relaciones entre crecimiento y variables edáficas. Para suelos rojos (ultisoles) un 75 % de la variación en el crecimiento en altura puede ser explicado por la profundidad del horizonte orgánico y la relación Potasio-Magnesio (K/Mg). En suelos grises (inceptisoles) un 82 % de la variación en el crecimiento en altura puede ser explicado por la concentración de Aluminio (Al).



Vallejos (1996) analizó una base de datos y encontró que un 59 % de la variación en el índice de sitio para plantaciones de melina en Costa Rica puede ser explicado por el siguiente modelo:

$$IS = 15.5096 + 2.0845*PTOP - 2.3347*Viento + 0.1887*Ca$$

donde:

$$IS = \text{Índice de sitio} = \ln(h_d) + 1.5830 (1/\text{edad}^{0.6533} - 1/\text{edad base}^{0.6533})$$

$h_d$  = altura dominante

edad base = 10 años

PTOP = Posición topográfica

Ca = Concentración de calcio en la profundidad de 0-20 cm

Rojas (1993) encontró que la variación del índice de sitio para plantaciones de melina en Guanacaste puede ser explicado en un 29 % por la posición topográfica del terreno.

Por su parte, Arias (2002) no encontró correlaciones significativas entre altura dominante y más de 32 variables ambientales y edáficas en plantaciones experimentales de melina de 6 años de edad en 15 sitios de la Zona Sur.

A pesar que la mayoría de estos modelos poseen una aplicabilidad limitada, se considera que en Costa Rica se han realizado esfuerzos para identificar los factores que limitan el desarrollo de la especie (Alfaro y De Camino, 2002). Por ejemplo, Vázquez y Ugalde (1995) estudiaron 28 sitios localizados en el Pacífico Norte y encontraron lo siguiente:

- El viento afecta en forma negativa el crecimiento de la especie.
- La especie crece mejor en terrenos planos y en el fondo de los valles donde la disponibilidad de nutrientes es mayor.
- Una adecuada preparación del sitio antes de plantar garantiza éxito en la reforestación (manejo de la compactación del suelo).

Por su parte Vázquez (1996) menciona que los mejores sitios para melina se ubican en suelos cuyo contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el primer horizonte son mayores a 10 y 6 (meq/100ml) respectivamente. Los sitios sobre-pastoreados muy compactados y erosionados deben excluirse para la reforestación con melina. También sitios con suelos inundables no deberían ser tomados en cuenta.



### Manejo de rebrotes

Es bien conocido que melina tiene una excelente capacidad de rebrote, este potencial puede ser utilizado después de la cosecha final, para dar inicio a una nueva plantación. Este esquema resulta especialmente apropiado cuando lo que se busca es maximizar la producción de biomasa en rotaciones muy cortas.



**Capacidad de rebrote de árboles de melina recién cortados**

En melina es común la presencia de múltiples rebrotes, por lo que es necesaria una selección para concentrar el potencial de crecimiento en el o los mejores ejes. Se recomienda efectuar esta selección una vez que los ejes hayan mostrado diferencias marcadas en vigor y rectitud. Si el objetivo es producir postes o puntales con determinadas dimensiones, la selección de rebrotes deberá ser más estricta dejando únicamente el mejor eje.

Actualmente se considera que el manejo de rebrotes de melina con fines de producción de madera para aserrío podría presentar serios inconvenientes. A continuación se detallan algunas consideraciones al respecto:

- **Calidad genética de la plantación original:** Muchas de las plantaciones de melina establecidas en el país presentan gran variabilidad en características como forma del fuste y pérdida de la dominancia apical. Es probable que el manejo de rebrotes bajo densidades de plantación irregulares incrementen la presencia de defectos y ramas muy gruesas.
- **Control de la densidad del rodal:** Manejar rebrotes en una plantación después de la corta final significa iniciar con un número muy reducido de individuos por hectárea, lo que dificulta el control de la densidad de la plantación.



- **Pérdida de productividad:** A pesar que se insista en el manejo de los rebrotes, la productividad que se podría esperar estará por debajo de la productividad obtenida al establecer una nueva plantación. El esquema de aprovechamiento actual favorece la pérdida de nutrientes contenidos en la corteza y el fuste sin que se tomen medidas para su reposición.
- **Pérdida de oportunidad:** Actualmente en el país existe disponibilidad de material genético de mejor calidad, incluso para dar inicio a plantaciones clonales.
- **Control de rebrotes indeseables:** Para el eventual manejo de los rebrotes, por cada tocón se deberá seleccionar el mejor rebrote, esto significa incremento en los costos del control periódico de rebrotes indeseables.

A pesar de estos inconvenientes muchas plantaciones especialmente de pequeños productores están siendo aprovechadas para suplir madera de bajo valor agregado (tarimas). En el mejor de los casos, estas fincas se le entregan al productor relativamente limpias, con los desechos del aprovechamiento acordonados. En el peor de los casos se realizó el aprovechamiento de los mejores fustes y los residuos de aprovechamiento quedaron dispersos en el terreno. A muchos productores no se les ha recomendado qué hacer con sus fincas y los rebrotes de melina así como la misma regeneración natural de la especie crecen sin ningún tipo de manejo planificado. Retomar en el futuro estas fincas para dar algún tipo de manejo será una tarea muy difícil y las posibilidades de generar ingresos para los productores serán muy limitadas.



a.

b.

a. Finca recién aprovechada y desarrollo de rebrotes a nivel del tocón

b. Residuos dejados en el terreno después de la tala rasa en plantaciones de melina.



Entre las alternativas que se le pueden ofrecer al productor están:

- Cuando la productividad obtenida en la primera cosecha fue buena, se podría recomendar eliminar los tocones y dar inicio a una nueva plantación con material genético mejorado. En este caso se debe prever la remoción de nutrientes durante la cosecha y su reposición mediante un programa de nutrición forestal.
- Cuando la productividad obtenida en la primera cosecha fue baja porque el sitio no era apto para melina, se podría recomendar eliminar los tocones y dar inicio a una nueva plantación con la utilización de otra especie forestal (posiblemente nativa). También podría sugerirse abandonar el sitio y dar paso a la regeneración natural.
- Una tercera alternativa que se podría plantear es la eliminación de los tocones, dejar descansar el terreno durante uno o dos años y posteriormente implementar algún cultivo agrícola y más adelante dar inicio con una nueva plantación forestal.

Estos esquemas no han sido documentados y no se cuenta con la información sobre la factibilidad técnica y financiera. No obstante, para efectos del presente manual, el autor ofrece a manera de sugerencias posibles opciones para la planificación de la segunda rotación.

### Control y combate de plagas y enfermedades

Hasta el 2004 se informa en Costa Rica de 36 agentes causales produciendo daños en melina, de los cuales 16 (44%) son insectos, 12 (33%) patógenos y 8 (22%) vertebrados. El 33% de los daños se reportan a nivel del fuste (corteza y xilema) y el 33% en el follaje (Arguedas, 2004).

#### Problemas fitosanitarios de *Gmelina arborea* en Costa Rica.

| Parte del árbol atacada | Insecto <sup>1</sup>                     | Patógeno                            | Vertebrado <sup>2</sup>                                                                                                                                     |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Semilla                 |                                          | <i>Aspergillus</i> sp.              | <i>Aratinga canicularia</i><br>(Psittacidae, ave)                                                                                                           |
|                         |                                          | <i>Penicillium</i> sp.              |                                                                                                                                                             |
| Plántula                |                                          | <i>Septoria</i> sp.                 | <i>Basiliscus basiliscos</i><br>(Iguanidae, SAU)<br><i>Dasypus novemcinctus</i><br>(Dasypodidae, EDE)<br><i>Sylvilagus brasiliensis</i><br>(Leporidae, LAG) |
| Follaje                 | <i>Apatelodes</i><br>(Apatelodidae, LEP) | sp. <i>Pseudocercospora rangita</i> | <i>Alouatta palliata</i><br>(Cebidae, PRI)                                                                                                                  |



*Atta* sp. (Formicidae, HYM) *Colletotritum* sp.

*Automeris* sp. (Saturniidae, LEP)

*Eacles imperialis decoris*  
(Saturniidae, LEP)

*Hylesia* sp. (Saturniidae, LEP)

*Lonomia electra*  
(Saturniidae, LEP)

*Schistocerca piceifrons*  
(Acrididae, SALT)

*Tarchon* sp. (Lymantriidae, LEP)

*Zanola impedita*  
(Apatelodidae, LEP)

Sp. no id.  
(Microlepidoptera, LEP)

|         |                                                                                                                              |                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ramas   | <i>Nasutitermes corniger</i><br>(Termitidae, ISO)                                                                            |                                                                                                                                                        |
| Corteza | Sp. no id. (Scolytidae, COL)                                                                                                 | <i>Coendou mexicanum</i><br>(Erethizontidae, ROD)<br><i>Odocoileus virginianus</i><br>(Cervidae, ART)<br><i>Sigmodon hispidus</i><br>(Cricetidae, ROD) |
| Xilema  | <i>Aepytus</i> sp. (Hepialidae, LEP)<br><i>Coptotermes testaceus</i><br>(Rhinotermitidae, ISO)<br>Sp. no id. (Cossidae, LEP) | <i>Agrobacterium tumefaciens</i><br><i>Botryodiplodia</i> sp.<br><i>Corticium salmonicolor</i><br><i>Nectria</i> sp.<br>Sp. no id. (bacteria)          |
| Raíz    | <i>Phyllophaga</i><br>(Scarabaeidae, COL)                                                                                    | sp. <i>Fusarium</i> sp.<br><i>Rosellinia</i> sp.                                                                                                       |



<sup>1</sup>Orden: Coleoptera (Col.), Hymenoptera (Hym.), Isoptera (Iso.) y Lepidoptera (Lep.).

<sup>2</sup>Orden: Artiodactyla (ART), Edentata (EDE), Primates (PRI), Rodentia (ROD.) y Sauria (SAU.) (Fuente: Arguedas, 2004).

Se describen a continuación los problemas fitosanitarios de mayor importancia:

### Follaje

A nivel de follaje, los problemas más severos son producidos por la “hormiga zompopa” o “arriera” (*Atta* spp.) y las larvas de varias especies de mariposas de la familia Saturniidae (Cuadro 4). En América Central existen tres especies de estas hormiga: *Atta cephalotes*, *A. sexdens* y *A. colombica*. Los obreros de las colonias cortan hojas en trozos más o menos circulares, que transportan hasta sus nidos, donde los trituran y usan como sustrato para cultivar un hongo (*Rozites gongylophora* Moeller) que constituye su alimento principal; las defoliaciones son generalmente muy severas y pueden causar la muerte de árboles recién establecidos (CATIE, 1991; Saunders *et al.*, 1998; Holldobler y Wilson, 1990).



**Cortes en forma de media luna, realizados por *Atta* sp. en hoja de melina.**

Los nidos son subterráneos y presentan túneles extensos, provistos con respiraderos; externamente aparecen montículos de tierra en los puntos de ingreso al nido. Estos nidos son generalmente grandes, pueden medir de 10 a 15 m de diámetro y hasta 4 metros de profundidad. Al comienzo de la época lluviosa se nota gran cantidad de individuos con alas y en estado reproductivo, los cuales participan en el vuelo nupcial; las hembras o reinas fecundadas inician nuevas colonias, las cuales tienen inicialmente la apariencia de pequeños “volcanes” (Cibrián *et al.*, 1995; Holldobler y Wilson, 1990).





Nidos o “zompoperos” de *Atta* sp. recién establecidos.

Los satúrnidos que han producido los mayores daños son *Automeris* sp. y *Eacles imperiales decoris*. Las larvas de *A. rubrensis* son verdes con una ancha raya blanca en ambos lados, tienen un cepillo grueso de espinas verdes y muy urticantes en el dorso; son larvas solitarias. Pupa en un capullo de seda y hojas sobre el suelo o la vegetación. Los adultos tienen las alas anteriores de amarillo a pardo claro o pardo anaranjado; en las alas posteriores presentan un patrón de dibujo común consistente en una mancha central en forma de ojo (Janzen, 1982; Gara 1989).



A



B

*Automeris* sp. (Saturniidae, Lepidoptera) a. larva; b. adulto



Las larvas de *E. imperiales decoris* son siempre café cuando eclosionan y presentan una fuerte armadura espinosa, la cual es absolutamente inofensiva. Al entrar al cuarto estadio larval, se mantienen café o se tornan de color verde claro, dependiendo, aparentemente de la intensidad de luz recibida en los primeros estadios de desarrollo. Sin embargo, la mayor parte de las larvas observadas en plantaciones forestales son de color verde claro brillante. En el último estado larval, la armadura se ha simplificado notoriamente. Presenta solamente cuatro “scoli”, o pequeñas espinas no urticantes de color rosado en los dos últimos segmentos torácicos y un par en cada segmento abdominal. Además, el cuerpo se cubre de pelos largos blancos distribuidos en forma separada. Pueden medir hasta 14 cm de largo y 1,20 cm de grosor (Arguedas y Quirós, 1996; Janzen, 1982; Lemaire, 1988).

La pupa es de color pardo oscuro y mide en promedio 4,4 cm de largo y se alberga en el suelo a aproximadamente 10 cm de profundidad. La mariposa es muy llamativa por su gran tamaño y sus colores fundamentalmente amarillo y morado; presenta dos manchas distales como un círculo (discocelulares) en ambos lados de las alas anteriores y una en ambos lados de las alas posteriores; el centro de estas manchas es color gris violáceo; en ambos pares de alas se presenta una línea morada ligeramente ondulada (Janzen, 1982; Lemaire, 1988). Durante los años 1993 y 1994, larvas de la mariposa *Eacles imperialis decoris*, defoliaron en forma continua y severa, aproximadamente 80 ha de una plantación de melina de cinco años de edad, en Palmar Norte de Puntarenas, Costa Rica (Arguedas y Quirós, 1996).



***Eacles imperialis decoris* (Saturniidae, Lepidoptera). a. larva en su último instar; b. pupa; c. adulto.**

### Ramas

En plantaciones de melina es muy común observar termiteros acartonados de *Nasutitermes corniger*, color pardo, de 50 a 60 cm de diámetro en las ramas de los árboles. Del termitero principal parten numerosos tubos de aserrín cementados sobre la corteza. Constituyen colonias, donde la casta más característica es la de los soldados; éstos miden de 3,5 a 4 mm de longitud, cabeza color café oscuro a negro con una proyección cónica a manera de nariz (nasute), por lo que a estos soldados se les conoce como de tipo nasutiforme (Nicle y Colling, 1988). Hasta el presente no se ha observado dañando árboles vivos; solamente construye sus termiteros sobre ellos y se alimenta de las ramas muertas (Arguedas, 2004; CATIE, 1991).





A.....B

*Nasutitermes corniger* (Termitidae, Isoptera) a. túneles sobre el tronco; b. nido o “termitero”.

### Fuste

*Aeptytus* sp. es la plaga más común en el fuste de la melina, durante los primeros años de establecimiento. Su presencia se detecta por la presencia de un vestíbulo o bolsón, adherido al tronco y a menudo asociado con las axilas de las ramas. Al levantar el vestíbulo se observa un área de la corteza consumida y la perforación de entrada del túnel, el cual se extiende en el xilema o en la médula hacia arriba y puede medir hasta 15 cm de longitud. La larva madura puede medir hasta 5,5 cm de largitud; es de color crema, con la cabeza redondeada y muy oscura, tiene una especie de placa rojiza en la parte superior del protórax. Pupa dentro de la galería. El adulto tiene una envergadura alar de 4,2 cm; las alas anteriores son color pardo anaranjado y las posteriores anaranjado claro (CATIE, 1991; Ford, 1981; Moreno, 1989).





A.....B

***Aetytus* sp. (Hepialidae, Lepidoptera) a. bolsón; b. larvas dentro del fuste.**

Cuando se inician los raleos o las cortas de aprovechamiento, algunos individuos presentan perforaciones en el duramen del fuste, desde la base hasta 2 m de altura, producidos por la termita *Coptotermes testaceus*. Se les conoce como las “termitas subterráneas”, ya que sus nidos se encuentran en la corona de la raíz, dentro de suelo; es por ello que externamente no se detecta su presencia (Arguedas, 2004). Los soldados son color blanco cremoso y miden de 4 a 5 mm de longitud, la cabeza es piriforme y color miel. Los obreros son ápteros, de cuerpo blando y de color blanco-amarillento. Los reproductores son alados y miden 5,5 mm de longitud, son de color café oscuro a casi negro; presentan cabeza subcircular (Cibrian *et al.*, 1995).



A.....B

***Coptotermes testaceus* (Rhinotermitidae, Isoptera) a. Perforaciones en el duramen de melina; b. Nido.**

En Costa Rica, durante los últimos 5 años, se han presentados serios problemas de mortalidad de grupos de árboles, en plantaciones de 2 a 5 años. El problema se encuentra asociado a altas densidades de árboles, suelos inadecuados y el hongo *Nectria* sp. Inicialmente, el follaje de los árboles afectados se marchita, luego se seca y cae. Ello se debe a que el cancro logra anillar en algún sector el fuste del árbol, lo que produce que la parte apical muere. Muchos árboles rebrotan en la parte inferior del fuste y presentan “lloraderos” de savia en los puntos de poda,



los cuales se tornan negruzcos. En general no es posible detectar claramente la presencia del cancro, para ello debe realizarse cortes en partes del tronco por encima de los rebrotes, donde se detecten depresiones de la corteza; los tejidos corticales afectados presentan necrosis color pardo oscuro. En los árboles más gruesos la zona cancerosa se resquebraja (Arguedas, 2004; Arguedas *et al.*, 1995).



A.....B

***Nectria* sp. en melina en la zona norte de Costa Rica. a. árbol con rebrotes en la base; b. exudaciones o “lloraderos” en puntos de poda.**

### Edad de rotación

La edad de rotación de una plantación forestal está en función de los objetivos, la calidad del sitio y los aspectos de rentabilidad financiera. Para esta especie se ha generado experiencias de manejo basados en rotaciones más cortas. Según las experiencias generadas en Costa Rica, la edad para la corta final de plantaciones de melina cuya finalidad es la producción de Madera para aserrío, oscila entre 10 y 14 dependiendo de las condiciones del sitio. En la mayoría de las proyecciones de producción para la especie se ha tomado una edad de rotación de 12 años (Alfaro y De Camino, 2002). Por su parte Hughell (1991), basó las proyecciones de rendimiento para melina en América Central, asumiendo una edad de rotación para la especie de 14 años.

### Estimación de volumen en pie

Salazar y Palmer (1984) desarrollaron una ecuación para estimar el volumen sin corteza hasta un diámetro superior de 10 cm para árboles de melina en la Zona Atlántica (Siquirres), bajo un ámbito de diámetros de 20 hasta 50 cm. La ecuación generada es la siguiente:



$$\text{Ln}(V_{sc}) = a + b \cdot \text{Ln}(d) + c \cdot \text{Ln}(h)$$

donde:

$V_{sc}$  = volumen total sin corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

$a$  = -9.63

$b$  = 1.789

$c$  = 0.8189

Zeaser y Murillo (1992) reportan una ecuación utilizada por Ston Forestal para cubicar árboles de melina de dos años de edad:

$$V = -0.1412 + 0.00087586 \cdot d^2 + 0.01 \cdot h$$

donde:

$V$  = volumen comercial sin corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 7 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

Burbano (s.f.) desarrolló dos ecuaciones para estimar el volumen comercial de árboles de melina aplicable a todo el país. Se incluyó una muestra de 576 árboles con edades entre 3 y 13 años, con alturas que oscilaron entre 7 y 34 m y diámetros entre 9 y 49 cm.. La primera ecuación es de dos entradas y utiliza el diámetro y la altura de los árboles para predecir el volumen comercial:

$$V_C = e^{-11.6424 + 2.2444 \text{Ln}(d) + 1.1249 \cdot \text{Ln}(h)}$$

donde:

$V_C$  = volumen comercial con corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

$e$  = 2.71828

La segunda ecuación es de una sola entrada y utiliza únicamente el diámetro del árbol para predecir el volumen comercial:

$$V_C = e^{-10.8445 + 3.0545 \text{Ln}(d)}$$

donde:

$V_C$  = volumen comercial con corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$e$  = 2.71828

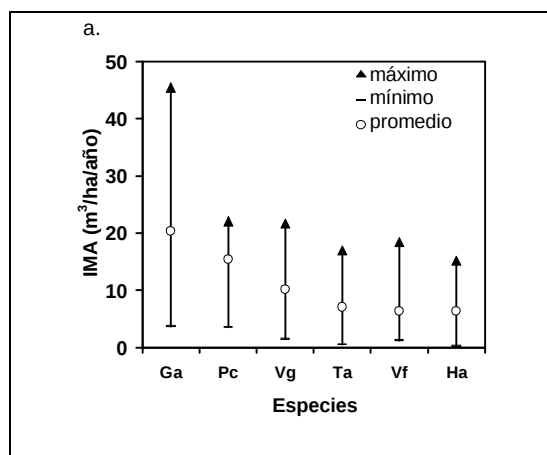


### Crecimiento y rendimiento

El incremento medio anual en volumen es una de las variables más importantes para la toma de decisiones en el manejo forestal y expresa el potencial de producción de biomasa de una especie en particular, creciendo bajo determinadas condiciones de sitio, bajo un régimen de manejo y una edad determinada. A nivel tropical con excepción de las especies de eucaliptos, la melina es una de las especies con mayor potencial de crecimiento. En sitios óptimos para su cultivo, esta especie puede alcanzar rendimientos de hasta 30 m<sup>3</sup>/ha/año (Agus *et al*, 2000). En algunos casos se han reportado rendimientos de hasta 38 m<sup>3</sup>/ha/año (Soerianegara & Lemmens, 1993).

A pesar que ha sido mayormente plantada en elevaciones bajas y medias, en Costa Rica se reportan altos rendimientos en condiciones óptimas de suelos andisoles y valores de precipitación media anual de 3000 mm en los alrededores de San Vito de Coto Brus sobre los 900 m.s.n.n.m. (Arias, 2002).

Una comparación de la producción de volumen total a los 6 años posterior al establecimiento de las plantaciones de melina y otras especies en la Zona Sur de Costa Rica indica claramente que melina es la especie que posibilita el mayor potencial de producción en volumen total, alcanzando bajo condiciones óptimas de suelos andisoles en Coto Brus hasta 45 m<sup>3</sup>/ha/año. En promedio alcanza valores de 20 m<sup>3</sup>/ha/año, que representa el doble del rendimiento de las especies nativas estudiadas. Pero también es la especie que presenta las mayores diferencias entre la producción máxima y el rendimiento mínimo (Arias, 2002)



**Comparación del incremento medio anual en volumen total para melina y otras especies a los 6 años de edad en la zona sur de Costa Rica. (Ga = *Gmelina arborea*, Pc = *Pinus caribaea*, Vg = *Vochysia guatemalensis*, Ta = *Terminalia amazonia*, Vf = *Vochysia ferruginea* y Ha = *Hieronyma alchorneoides*).**



Una caracterización del crecimiento de melina en Hojancha, Guanacaste muestra además de los valores en el incremento medio anual, la variación en los rendimientos que se pueden obtener para la especie en función de dos condiciones de sitio: (A) buena condición de sitio, (B) condición de sitio media. A la edad de 4 años, estas diferencias pueden ser del 322 % en el incremento medio anual del volumen total y del 200 % a la edad de 8 años.

**Caracterización dasométrica de plantaciones forestales de melina evaluadas en Hojancha, Costa Rica. (Cubero y Rojas, 1999).**

| Edad (años) | Sitio | IMA DAP (cm/año) | IMA h (m/año) | N (arb/ha) | G (m <sup>2</sup> /ha) | Vol. Total (m <sup>3</sup> /ha) | IMA VT (m <sup>3</sup> /ha/año) |
|-------------|-------|------------------|---------------|------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 4           | A     | 4.76             | 4.2           | 570        | 16.17                  | 89.68                           | 22.42                           |
| 4           | B     | 3.21             | 2.94          | 540        | 8.08                   | 27.90                           | 6.97                            |
| 8           | A     | 4.19             | 3.66          | 230        | 20.55                  | 246.81                          | 30.85                           |
| 8           | B     | 3.11             | 2.51          | 373        | 16.31                  | 121.47                          | 15.18                           |
| 10          | B     | 2.65             | 2.16          | 260        | 14.93                  | 119.03                          | 11.90                           |
| 12          | B     | 2.33             | 1.73          | 307        | 18.63                  | 146.09                          | 12.17                           |

Hughell (1991) generó tablas de rendimiento para melina basado en los trabajos de índices de sitio en América Central. Estas tablas consideran una densidad inicial de 1111 árboles/ha y tres índices de sitio. Hasta la fecha estas tablas preliminares han sido utilizadas en las proyecciones de rendimiento y análisis financieros y no se reportan trabajos tendientes a la actualización de la información de rendimiento.



**Tablas preliminares de rendimiento con manejo para plantaciones de melina en América Central. Hughell (1991).**

| Edad<br>(años) | N<br>(arb/ha) | h<br>(m) | d<br>(cm) | G<br>(m <sup>2</sup> /ha) | V<br>(m <sup>3</sup> /ha) | Árboles<br>extraídos | Vol.<br>extraído | Vol.<br>acumulado |
|----------------|---------------|----------|-----------|---------------------------|---------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| IS 28          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 7.9      | 11        | 9.5                       | 28.9                      |                      |                  | 28.9              |
| 4              | 549           | 14.7     | 19.4      | 16.2                      | 72.8                      | 440                  | 49.1             | 121.9             |
| 6              | 549           | 19.3     | 23.7      | 24.1                      | 154.5                     |                      |                  | 203.6             |
| 8              | 399           | 22.4     | 29.9      | 28.0                      | 177.0                     | 150                  | 43.9             | 270.0             |
| 10             | 399           | 24.4     | 31.6      | 31.3                      | 239.3                     |                      |                  | 332.3             |
| 12             | 299           | 25.7     | 36.8      | 31.8                      | 221.5                     | 100                  | 45.6             | 360.0             |
| 14             | 299           | 26.4     | 36.9      | 32.0                      | 258.1                     |                      |                  |                   |
| IS 21          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 5.9      | 8.3       | 5.3                       | 12.9                      |                      |                  | 12.9              |
| 4              | 989           | 11.0     | 13.6      | 14.4                      | 58.6                      |                      |                  | 58.6              |
| 6              | 609           | 14.5     | 18.9      | 17.1                      | 76.6                      | 380                  | 38.0             | 114.6             |
| 8              | 609           | 16.8     | 21.0      | 21.2                      | 120.7                     |                      |                  | 158.8             |
| 10             | 409           | 18.3     | 25.3      | 20.5                      | 109.6                     | 200                  | 39.6             | 187.3             |
| 12             | 409           | 19.2     | 25.9      | 21.5                      | 135.4                     |                      |                  | 213.0             |
| 14             | 409           | 19.8     | 29.5      | 24.6                      | 157.8                     |                      |                  | 235.4             |
| IS 14          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 3.9      | 5.5       | 2.4                       | 4.1                       |                      |                  | 4.1               |
| 4              | 989           | 7.3      | 9.1       | 6.4                       | 18.8                      |                      |                  | 18.8              |
| 6              | 989           | 9.7      | 11.8      | 10.9                      | 40                        |                      |                  | 40.0              |
| 8              | 639           | 11.2     | 14.9      | 11.2                      | 40.7                      | 350                  | 17.1             | 57.8              |
| 10             | 639           | 12.2     | 15.8      | 12.5                      | 55.0                      |                      |                  | 72.1              |
| 12             | 439           | 12.8     | 18.4      | 11.7                      | 46.7                      | 200                  | 15.3             | 79.1              |
| 14             | 439           | 13.2     | 18.5      | 11.7                      | 54.4                      |                      |                  | 86.8              |

N = árboles por hectárea

h = altura media del rodal (m)

hasta 10 cm

d = diámetro promedio del rodal (cm)

G = Área basal del rodal (m<sup>2</sup>/ha)

V = Volumen en m<sup>3</sup>/ha sin corteza

IS = Índice de sitio



**Costos de establecimiento**

Cubero y Rojas (1999) presentan una actualización de los datos de costos suministrada por Gómez y Reiche (1996) para el establecimiento y manejo de plantaciones de melina.

**Detalle de los costos de establecimiento y manejo para plantaciones de *Gmelina arborea* (Cubero y Rojas, 1999).**

| Actividad               | Costo (\$/ha) |
|-------------------------|---------------|
| Preparación del terreno | 98.94         |
| Plantación              | 148.17        |
| Mantenimiento           | 127.29        |
| Protección              | 21.40         |
| Tratamientos            | 36.42         |
| Aprovechamiento         | 40.11         |
| Asistencia técnica      | 13.59         |
| Cargas sociales         | 63.27         |
| Administración          | 53.14         |
| Mantenimiento 2         | 99.71         |
| Mantenimiento 3         | 70.26         |
| Mantenimiento 4         | 70.26         |
| Mantenimiento 5         | 70.26         |
| Poda                    | 24.07         |
| Raleo                   | 27.93         |
| Jornal                  | 5.84          |

1\$ = ₡274.22 al momento del cálculo

Cubero y Rojas (1999) también presentan los indicadores financieros para diferentes tipos de escenarios en donde se combina la producción de madera y la venta de carbono. Se hace la salvedad que dicha información debe tratarse con reserva ya que no todas las plantaciones pueden vender carbono.

**Indicadores financieros para la producción de madera y venta de carbono en plantaciones forestales de melina.**

| Escenario                                                             | TIR (%) | VAN (\$) |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| Ingreso por la venta de madera                                        | 15.4    | 363.02   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en fustes a \$ 5Tm          | 16.7    | 490.19   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en biomasa aérea a \$ 5Tm   | 16.8    | 502.75   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en fustes a \$ 10 Tm        | 18.1    | 617.36   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en biomasa aérea a \$ 10 Tm | 18.3    | 642.48   |



La inclusión del pago por el servicio de fijación de carbono en plantaciones forestales de melina incrementa en un 18.8% el TIR con respecto al ingreso por solo la venta de madera. El VAN aumenta en un 77%. Sin embargo la inclusión de la biomasa aérea (ramas y follaje) en el pago por fijación de carbono no produce una diferencia económicamente significativa con respecto a la fijación en los fustes ya que en ambos se presenta el mismo TIR.

En la actualidad también existe la posibilidad de incorporar proyectos de reforestación dentro del Programa de Pago Servicios Ambientales (PSA). Un análisis sobre los costos e ingresos para este tipo de proyectos sugiere considerar los siguientes aspectos: 1- los ingresos ocurren irregularmente en el tiempo, y están concentrados hacia final del periodo de producción, 2- los ingresos por servicios ambientales están concentrados en los primeros cinco años, por lo que el esquema de pagos no promueve que se haga un adecuado manejo silvicultural de las plantaciones, y que es el que permitiría maximizar la cantidad y calidad de los productos derivados de ellas, y 3- los ingresos por PSA no alcanzan para cubrir todos los costos, por que el productor tenderá a minimizar los costos de establecimiento y mantenimiento iniciales, lo cual puede estar conduciendo a que no se hagan plantaciones de alta calidad.

Sin embargo, se anota que la solución no está en incrementar los montos del PSA, ya que el principio del programa de PSA es pagar por los servicios ambientales generados por las plantaciones, y no es el cubrir los costos de establecimiento. Finalmente, se señala que este flujo de caja podría ser tolerado por una empresa u organización con posibilidad de invertir a largo plazo, pero no es adecuado para un mediano o pequeño propietario, quien está en necesidad de hacer inversiones rentables a muy corto plazo (FONAFIFO, 2001).

**Costos e Ingresos (en colones/ha) para proyectos de reforestación con melina en sitios medios dentro del Programa de Pago Servicios Ambientales (Sage y Otárola, 2000).**

| Año | Ingresos | Costos  | Diferencia | Acumulado |
|-----|----------|---------|------------|-----------|
| 1   | 77,000   | 230,790 | (153,79)   |           |
| 2   | 30,400   | 65,917  | (35,517)   | (189,307) |
| 3   | 23,100   | 21,582  | 1,518      | (187,789) |
| 4   | 15,400   | 9,702   | 5,698      | (182,091) |
| 5   | 54,036   | 18,370  | 35,666     | (146,425) |
| 6   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (156,127) |
| 7   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (165,829) |
| 8   | 100,998  | 18,370  | 82,628     | (83,201)  |
| 9   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (92,903)  |
| 10  | 0        | 9,702   | (9,702)    | (102,605) |
| 11  | 0        | 9,702   | (9,702)    | (112,307) |
| 12  | 545,534  | 17,270  | 528,264    | 415,957   |



## Bibliografía

- Alfaro, M. M.; De Camino, R. V. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central América. Edited by M. Varmola. Forest Resources Development Service. Forest Resources División. Forestry Department. Working Paper FP/20. FAO, Rome (Italy).
- Arguedas, M. 2004. Problemas fitosanitarios de la melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(2). (Artículo aceptado).
- Arguedas, M.; Quirós, L. 1996. El defoliador de la melina *Eacles imperialis decoris*. Serie Plagas y enfermedades forestales N° 14. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- Arguedas, M., Chavarri, P.; Millar, C. 1995. Cancro *Nectria* sp. en especies forestales. Serie Plagas y enfermedades forestales N° 18. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- Arias, D. y Campos, N. 1987. Evaluación de tres métodos para prescribir aclareos en plantaciones forestales de *Pinus caribaea* y *Gmelina arborea* en Pueblo Nuevo, Sarapiquí. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 95 p.
- Arias, D. 2002. Aufforstungen mit heimischen und eingeführten Baumarten auf degradierten Böden im Süden Costa Ricas. Ph. D. Tesis. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A., Band 183. Göttingen, Alemania. 180 p.
- Arias, D. 2004. Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* en el trópico. Kuru: Revista Forestal (Costa Rica) (1): 1. <http://www.itcr.ac.cr/publicaciones/revistakuru>.
- Agus, C.; Karyanto, O.; Hardiwinoto, S; Haibara, K; Toda, H. 2000: Biomass in fast growing species of tropical *Gmelina arborea* Roxb. plantation forest. Transaction of the 111st Japanese Forestry Society, 557-558.
- Barrantes, W. 1997. Búsqueda de un herbicida seguro, capaz de eliminar árboles raleados de melina *Gmelina arborea* en la Zona Sur. In Morales, E; Cartín, F. eds. III Congreso Forestal Nacional. (1997, San José, CR). Resumen de ponencias.
- Burbano, S. s.f. Manual para la estimación del volumen comercial en pie de las plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. COSEFORMA-MINAE-GTZ. 31 p.
- CATIE. 1991b. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo. Turrialba. 260 p.



- Centeno, J. C. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. OIMT. Actualidad forestal tropical 5: 10-12.
- Cibrián, D.; Méndez, JT.; Campos, R.; Yates III, HO.; Flores, JE. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 456 p.
- Cubero, J. A.; Rojas, S. R. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.F.) y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Desarrollo Forestal. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 95 p.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 2001. Propuesta de asistencia técnica y financiera para el diseño e implementación del proyecto: Reactivación de la Reforestación Comercial en Costa Rica (REFORESTA).
- Ford, LB. 1981. Reconocimiento de las plagas de plantaciones forestales en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 7. 53 p.
- Galloway, G., Ugalde, L. and Vásquez, W. 2001. Importance of density reductions in tropical plantations: Experiences in Central America. Forests, Trees and Livelihoods Vol. 11, p 217-232.
- Gara, RI., Onore, G. 1989. Entomología Forestal. Proyecto DINAF-AID. Quito, Ecuador. 267 p.
- Gómez, M.; Reiche, C. 1996. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE., Turrialba. 50 p.
- Greaves, A. 1978. Site Index Curves for *Gmelina arborea*. C. F. I. Occasional Papers N° 2. 7 p.
- Greaves, A. 1981. *Gmelina arborea*. Forestry Abstracts. 42 (6): 237-258.
- Holldobler, B.; Wilson, E. 1990. The ants. Harvard University Press. 773 p.
- Hughell, D. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. En América Central. Silvoenergía (C.R.) No. 44: 1-4.
- Janzen, DH. 1982. Guía para la identificación de mariposas nocturnas de la familia Saturniidae del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Brenesia (C.R.) 19/20: 255-299.



- Kumar, M.; Long, J. y Kumar, P. 1995. A density management diagram for teak plantations of Kerala in Peninsular India. *Forest Ecology and Management* 74: 125-131.
- Langsaeter, A. 1941. Om tynning i enaldret gran-og furuskog. *Medel. f. d. Norske Skogforsoksvesen* 8: 131-216.
- Lemaire, C. 1988. Los Satumiidae Americanos (Attacidae). San José: Museo Nacional de Costa Rica. 616 p.
- Long, J. N. 1985. A practical approach to density management. *For. Chron.* 61: 23-27.
- McCarter, J. y Long, J. 1986. A Lodgepole Pine Density Management Diagram. *West. J. App. For.* 1:6-11.
- Méndez, A. J. 1990. Determinación del Índice de Densidad del Rodal (IDR) para prescribir raleos en plantaciones de *Alnus acuminata* en las Nubes de Coronado. *Práctica de especialidad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 102 p.
- Moreno, G. 1989. Biología de las especies de *Phassus* y *Aepytus* (Lepidoptera: Hepialidae) el localidades de elevación media de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional. Heredia. 161 p.
- Murillo, O.; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico N° 181. CATIE, Costa Rica. 69 p.
- Murillo, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 24(2): 41-47.
- Murillo, O., Gallegos, A. y Badilla, Y. 2003. Calidad en el establecimiento de plantaciones. FUNDECOR-ITCR-GENFORES-JIFFY. 36 p.
- Muziol, C.; Sánchez, O. 1992. Manejo de plantaciones forestales. Manual técnico del proyecto COSEFORMA. Costa Rica. 24 p.
- Nickle, DA.; Collins, 1988. The termite fauna (Isoptera) in the vicinity of Cahmela, State of Jalisco, México. *Folia Entomol. Mex.* 77 : 85-122.
- Obando, G. 1989. Construcción de modelos matemáticos de clasificación de sitios para la especie *Gmelina arborea* (L.) Roxb., aplicables a la Zona Pacifico Sur de Costa Rica. *Práctica de Especialidad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 110 p.
- Ohland, C. 2000. Recomendaciones para el manejo de *Gmelina arborea*. MINAE-ITCR-COSEFORMA-CCF-GTZ. Costa Rica. 53 p.



- Ortiz, E. 1986. Utilización del IDR en el manejo de la densidad de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 10 p.
- Ortiz, E. 1989. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. Serie de apoyo académico N° 10. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Pineda, N. M. 1990. Métodos de raleo cuantitativo para determinar la intensidad de raleo en plantaciones de *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugan y *Tectona grandis* Linn. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 56 p.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand density index for even aged forest. Journal Agric. Res. 46: 627-638.
- Rojas, M. 1993. Desarrollo de un sistema preliminar de clasificación de sitios para Teca (*Tectona grandis*), Melina (*Gmelina arborea*) y Pochote (*Bombacopsis quinatum*) aplicable a la Zona Chorotega, Guanacaste, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sage, L.; Otárola, M. 2000. Mitigación de gases con efecto invernadero por medio de la actividad forestal en terrenos de propiedad privada en Costa Rica. Proyecto Ecomercados. 37 p.
- Salazar, F. R.; Palmer, J. 1984. Tablas de volumen para *Gmelina arborea* Roxb. en Manila de Siquirres., Costa Rica. Turrialba (C.R.) 35(4): 425-433.
- Salazar, F. R. 1988. Observaciones preliminares sobre el comportamiento de la melina en el trópico americano. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 p.
- Salazar, L. A.; Pereira, M. 1998. Resumen: El fortalecimiento de una empresa forestal en base de la producción de *Gmelina arborea* en la Zona Norte de Costa Rica. Procedimientos del Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sostenible de los Recursos Naturales: Retos para el Siglo XXI. Valdivia, Chile. 7 p.
- Saunders, J.L.; Coto, D.T.; King, A.B.S. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Serie técnica. Manual técnico/CATIE N. 29. Turrialba, Costa Rica. 305 p.
- Struck, G. and Dohrenbusch, A. 2000. Development of a new branchiness index ASIX - A simple tool to describe branchiness in young deciduous forest stands. Ann. For. Sci. 57, 811-818.
- Stuhrmann, M.; Bergmann, C. and Zech, W. 1994. Mineral nutrition, soil factors and growth rates of *Gmelina arborea* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. Forest Ecology and Management 70; 135-145.



- Tewari, D. N. 1995. A monograph on Gamari (*Gmelina arborea* Roxb.). International Book Distributions, Dehra Dun, India. 125 p.
- Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones de índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Vargas, G. 1986. Análisis de cuatro métodos para determinar la intensidad de aclareo. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 128 p.
- Vásquez, W.; Ugalde, L. A. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico N° 256. CATIE. Costa Rica. 40 p.
- Vásquez, W. 1996. Clasificación y selección de sitios para reforestar en la Región Chorotega Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica, Manual Técnico N° 7. CATIE. Costa Rica. 43 p.
- Williams, J. L. 1996. Stand Density Index for Loblolly Pine Plantations in North Louisiana. South. J. Appl. For. 18: 40-45.
- Zeaser, D.; Murillo, R. 1992. Evaluación de los factores edáficos limitantes al crecimiento temprano de melina (*Gmelina arborea*), plantado en suelos inceptisoles en la región Brunca de Costa Rica. II Congreso Nacional Forestal. San José, Costa Rica. p 55-57.
- Zeaser, D. 1999. Growth dynamics of the Melina plantations of Ston Forestal S. A. In Southwest Pacific Costa Rica. Kleinn, C and Koho, M. (eds). 1999. Long-Term Observations and Research in Forestry. Proceedings of an IUFRO S4.11 International Symposium. CATIE. Costa Rica. p 273-280.
- Zeide, B. 1987. Analysis of the 3/2 power law of self-thinning. Forest Science. 33: 517-537.



# Capítulo 4

## Aprovechamiento de plantaciones



Autor: Ing. Alejandro Meza Montoya. MAE

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                                                   | <b>89</b>  |
| <b>Aprovechamiento forestal como operación silvicultural.....</b>     | <b>90</b>  |
| <b>Objetivo de la cosecha .....</b>                                   | <b>90</b>  |
| <b>Sistema de cosecha.....</b>                                        | <b>91</b>  |
| <b>Red vial.....</b>                                                  | <b>93</b>  |
| <b>Corta dirigida.....</b>                                            | <b>96</b>  |
| <b>Arrastre.....</b>                                                  | <b>99</b>  |
| <b>Troceo, clasificación y apilado.....</b>                           | <b>103</b> |
| <b>Carga.....</b>                                                     | <b>107</b> |
| <b>Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema.....</b> | <b>109</b> |
| <b>Consideración final .....</b>                                      | <b>109</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                                              | <b>110</b> |



## Resumen

El aprovechamiento o cosecha forestal es una de las etapas finales del sistema de producción de madera de plantaciones, sin embargo, la prescripción y aplicación de raleos cuyo producto tiene características para el procesamiento industrial, hace que aún años antes de alcanzar el turno final, se inicien las labores de aprovechamiento forestal.

Se presentan las características típicas de un sistema de aprovechamiento forestal dirigido a rodales de *Gmelina arborea*, especie que por su buena adaptación en Centroamérica y sus características de crecimiento, permiten la aplicación de diferentes tipos e intensidades de manejo y por lo tanto las posibles labores de cosecha son variables de acuerdo con los objetivos.



## Aprovechamiento de plantaciones



### Aprovechamiento forestal como operación silvicultural

En reforestación comercial, bajo el concepto de silvicultura clonal, la operación de aprovechamiento forestal es el último eslabón antes de que la materia prima llegue a la industria, por lo tanto el resultado de la plantación, en términos de productividad, no tiene relación alguna con la labor de cosecha. Por esta razón, si su plantación se estableció a partir de clones, entonces la importancia de la cosecha radica en obtener alta calidad en los productos cosechados y bajos costos de operación.

Pero si su plantación se estableció con los métodos tradicionales, a partir de semilla, el manejo silvicultural del rodal incidirá directamente en la productividad que se logre al final del turno; este manejo siempre implicará la aplicación de raleos. En algunas de estas cortas intermedias los árboles presentan dimensiones que permiten su procesamiento industrial, por lo tanto, el aprovechamiento forestal de la plantación se convierte en una operación silvicultural de mucha importancia, ya que tendrá la función de extraer los productos a un costo bajo y competitivo de acuerdo con la situación del mercado y además, deberá realizarse con los métodos y las técnicas que causen un impacto mínimo en el suelo y los árboles remanentes, de manera que la cosecha intermedia no influya negativamente en el rendimiento final de la plantación.

La utilización de semilla mejorada, así como la selección de sitios de mejor calidad para el establecimiento, han permitido una mejora importante en la calidad y la productividad de estas plantaciones. Acompañando a estos factores, los métodos y tecnologías de cosecha han sido modificados, con el fin de disminuir el impacto en la masa remanente cuando se aplican raleos, reducir el impacto en el suelo al utilizar maquinaria y buscar una disminución en los costos de operación.

### Objetivo de la cosecha

En términos generales, cuando se realiza el aprovechamiento forestal de la plantación, se busca obtener la mayor cantidad de productos, de la mejor calidad posible, al menor costo y con el menor impacto posible, tanto al ambiente como a la masa residual en el caso de raleos. Pero para lograr este objetivo, es necesario tener muy claro el concepto clásico de lo que es un “sistema de producción”, de modo que se garantice la aplicación de un aprovechamiento forestal apropiado a las condiciones y los objetivos del rodal.

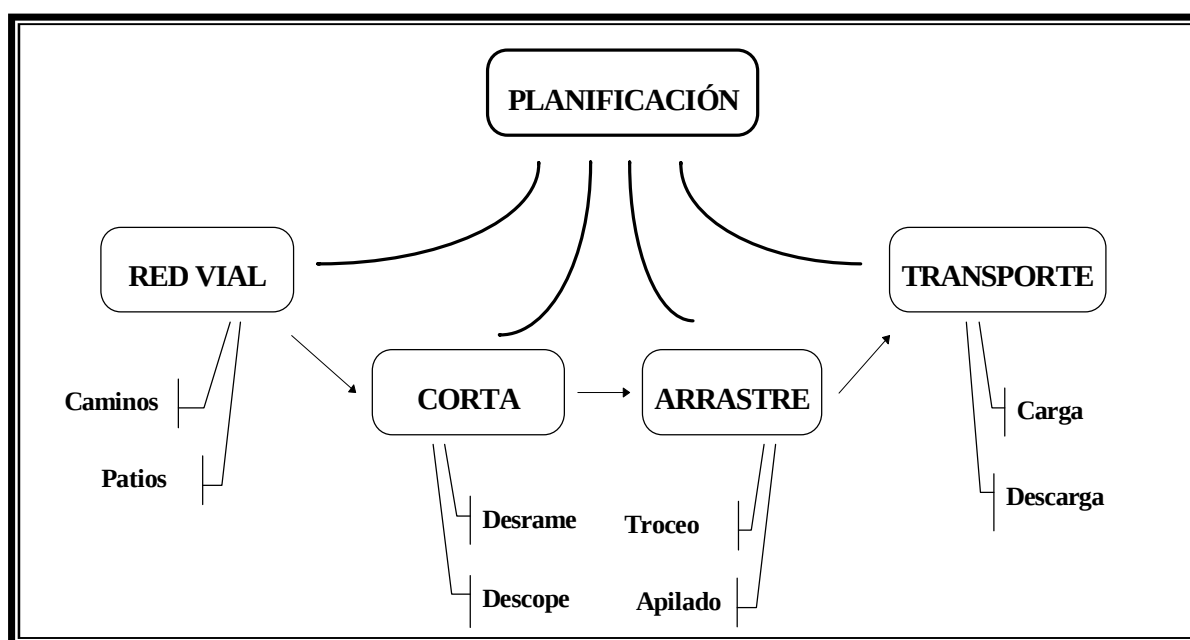
Un sistema se define como un conjunto de elementos, pasos o etapas que interactúan entre sí en forma ordenada y lógica para alcanzar un objetivo predeterminado. Los sistemas deben ser flexibles, de manera que las interrelaciones entre sus componentes permitan ajustarse a los cambios que se presentan en el transcurso del tiempo.



De esta manera y como elemento primordial para la planificación de las operaciones de cosecha de la plantación, debe definirse detalladamente el sistema de producción que se utilizará. Esto permitirá contar con una operación fluida, de bajo costo y amigable con el ambiente. La flexibilidad que debe tener el sistema permitirá ajustarse a los cambios climáticos, de mercado y de operación que se presentan frecuentemente en este tipo de operaciones, evitando así atrasos en la operación que generalmente repercuten en los costos finales.

### Sistema de cosecha

El sistema de aprovechamiento forestal para plantaciones de *Gmelina arborea* está compuesto básicamente por cinco etapas, tal y como se muestra a continuación.



**Sistema típico de aprovechamiento forestal de plantaciones de *Gmelina arborea*.**

La clave del éxito en la utilización del concepto de sistema en las labores de cosecha forestal está en realizar las operaciones bajo una “estructura de servicio”, en la que cada etapa se realiza de la mejor forma, buscando siempre el beneficio y la eficiencia de la etapa siguiente.

La conformación de las cuadrillas y la definición de las funciones de cada etapa del sistema que se utilice varían de acuerdo con las características de la plantación que se cosechará, sin embargo, el diagrama siguiente muestra la descripción detallada de un sistema promedio adecuado para el aprovechamiento de plantaciones de melina; con pequeños ajustes y modificaciones será útil para realizar la cosecha de la plantación.



**Sistema de cosecha basado en arrastre con tractor agrícola con winch, recomendado para plantaciones de *Gmelina arborea*.**

| <b>ETAPA DEL SISTEMA</b>                 | <b>LABORES A REALIZAR EN LA ETAPA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>INDICADORES DE LOGRO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pistas: diseño, marcaje, limpieza</b> | Se diseña el sistema de pistas simulando una espina de pescado. Las pistas deben quedar libres de obstáculos. Se marcan pistas de saca (aproximadas) en contra o a favor de la pendiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Distancias de arrastre para el tractor no mayores a 150 m. En las pistas de saca no se extiende el cable más de 40 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Corta</b>                             | La corta se hace dirigida con respecto a las pistas de saca. Se hace un buen desrame y despunte. Se aplican todas las normas de seguridad y ergonomía necesarias para la buena marcha de las operaciones. Cuadrilla mínima de dos personas capacitadas.                                                                                                                                                                                                                     | Los fustes quedan totalmente dispuestos para el arrastre y libres de nudos. Despunte a la medida mínima aprovechable en la industria. No se acomodan aquellos fustes que no tienen el diámetro mínimo aprovechable, pero no estorban en las pistas.                                                                                                                                                  |
| <b>Arrastre</b>                          | Se ejecuta de acuerdo con las pistas planeadas. Se utilizan al menos 3 juegos de cadenas para amarrar las trozas y garantizar la fluidez del trabajo del tractor. El arrastre se ejecuta utilizando una cuadrilla de tres personas bien capacitadas, contando al tractorista que a su vez opera el winch. La ergonomía y la seguridad son aspectos básicos en esta operación.                                                                                               | El tractor se mueve sólo por las pistas diseñadas. El abastecimiento de madera al patio es constante. No se arrastran aquellos fustes que no cumplen con el diámetro mínimo aserrable. Menos impacto al suelo. La presencia del tractor en el patio es breve. No debe intervenir en otras funciones que no sea la de arrastrar. El tractor no hace uso de otras pistas que no sean las establecidas. |
| <b>Troceo</b>                            | Maximizar el aprovechamiento del fuste aplicando un buen troceo. No se deben trocear aquellos fustes o secciones del fuste que no cumplen con diámetro mínimo aserrable. Se debe utilizar como mínimo una cuadrilla de dos personas. Se debe utilizar el tamaño de sierra indicado para que la actividad se realice eficientemente desde el punto de vista ergonómico, de rendimiento y de seguridad. El rendimiento no debe ser menor que el mismo rendimiento arrastrado. | Como producto de un buen troceo se obtienen trozas rectas y en buen estado sanitario. Se obtienen las trozas de las dimensiones que la industria necesita.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Apilado</b>                           | Agrupar las trozas por dimensiones y se clasifican por clase diamétrica. Se debe tomar en cuenta que es una de las labores de más esfuerzo físico y peligrosa, por tanto, los factores ergonómicos y de seguridad son fundamentales en el desarrollo de esta actividad. El rendimiento no debe ser menor al del troceo.                                                                                                                                                     | Pilas de madera por dimensión que facilite la cubicación y la carga de la madera.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



## Red vial

Desde el punto de vista del aprovechamiento forestal, uno de los problemas más comunes y de mayor impacto económico en la reforestación comercial, es la ausencia total de una red adecuada de caminos de acceso. La situación ideal se presenta cuando los caminos principales se construyen antes del establecimiento de la plantación, de modo que puedan ser utilizados durante todo el proceso de desarrollo de la plantación y su costo de construcción se amortice en un período de tiempo mayor.

Como primer paso se debe verificar el estado de las vías de acceso a la plantación, en caso de no existir se debe realizar un análisis exhaustivo de las diferentes alternativas para tratar de disminuir el costo de su construcción. En términos generales debe garantizarse un camino que permita la unión del rodal con una carretera nacional o un camino vecinal.

Posteriormente, en el interior de la plantación debe establecerse una red vial, que se refiere a la construcción de pistas de arrastre y patios de acopio y carga. A continuación se presenta una descripción de las características de cada elemento, se debe de analizar las condiciones de la plantación para determinar la mejor forma de completar esta etapa del sistema de producción.

### ***Caminos principales:***

Los caminos principales son las rutas por las que circularán los camiones cargados con el producto obtenido de la plantación, desde los patios de carga hasta la intersección con las rutas vecinales o nacionales. No deben transitar sobre este tipo de caminos tractores ni animales, vacíos o cargados, ya que causarían daños a la carpeta de rodamiento.



**Carpeta de rodamiento adecuada para un camino principal de acceso a una plantación forestal.**



La carpeta de rodamiento debe tener preferiblemente una capa de material selecto o lastre, que permita el tránsito de los camiones durante todo el año; además el camino debe contar con cunetas adecuadas, bombeo y alcantarillas, todo en función de un camino permanente, no solo para la primera cosecha, sino pensando en futuras rotaciones.

La densidad óptima de caminos dependerá en gran medida de las condiciones topográficas que presente el rodal, pero fundamentalmente de los precios en el mercado de los productos que se extraerán de la plantación, esto definirá la solvencia financiera de que dispondrá para construir estas vías. Se debe recordar que a mayor cantidad de caminos principales, menor será la distancia que se deberá arrastrar el producto, de este modo a mayor inversión en caminos principales, menor será el costo de arrastre de el sistema. En términos generales, en plantaciones de melina, una densidad de 10 metros de caminos principales por hectárea efectiva de plantación permitiría un buen equilibrio con las pistas de arrastre.

### *Pistas de arrastre*

Las pistas de arrastre son las rutas que darán acceso a los rodales, por estas pistas circulan tractores y/o animales, en labores de arrastre de los fustes desde el sitio de la corta hasta los patios intermedios o patios de carga.



**Pista de arrastre para tractor agrícola en plantaciones de melina**

Se debe construir la red de pistas de arrastre en función de los caminos principales, los patios de acopio y carga y la ubicación de la madera. La construcción de estas pistas es de menor costo, ya que solo requiere la eliminación de vegetación de sotobosque, esto se puede realizar en forma manual o con el solo paso de la maquinaria.



### *Pistas de saca*

Las pistas de saca o pistas de extracción son las rutas de acceso que unen los sitios de corta con las pistas de arrastre.

Si la cosecha se realiza con fuerza animal, los fustes deberán ser sujetados de uno en uno, ya sea para hacer viajes de un solo fuste o acarrearlos hasta un sitio común para luego arrastrar varias piezas en un solo viaje. En este caso, la construcción de las pistas de saca se limita a la eliminación de ramas y obstáculos, debe buscar los sectores más planos siguiendo la curva de nivel y hacer que los animales salgan de las pistas de arrastre la menor distancia posible a sujetar los fustes; esto favorecerá los rendimientos de operación y evitará la fatiga de los animales.



**Pista de arrastre para el uso de bueyes**

Por otra parte, si se utiliza un tractor agrícola o un tractor forestal equipado con winch, el diseño de la red de pistas de arrastre cambia sustancialmente, ya que estos métodos de arrastre involucran el uso de cadenas múltiples que permitirán arrastrar varios fustes en un solo movimiento.

En este caso, se debe asegurar que las pistas de saca partan de la pista de arrastre completamente a favor o en contra de la pendiente para evitar que los fustes rueden en el campo; además, se debe realizar la distribución de las pistas de saca a todo lo largo de la pista de arrastre, tratando de adoptar la forma de un esqueleto de pescado, donde la espina dorsal es la pista de arrastre y las espinas son las pistas de saca. Luego, al cortar los árboles, nuevamente se debe adoptar una forma de esqueleto de pescado, en este caso la pista de saca se convierte en la espina dorsal y los árboles cortados en las espinas.





**Árboles colocados en la pista de saca en forma de espina de pescado**

#### Corta dirigida

La operación de corta será la etapa del sistema que da inicio al proceso de obtención de los productos de la plantación. Mediante la corta, el sierrero deberá voltear el árbol seleccionado y dejarlo en una posición favorable para su arrastre. Esta operación debe incluir las labores de volteo, desrame y descope; también algunas veces requerirá de una labor de troceo en el sitio.



**Ejecución de la operación de corta en una plantación forestal.**



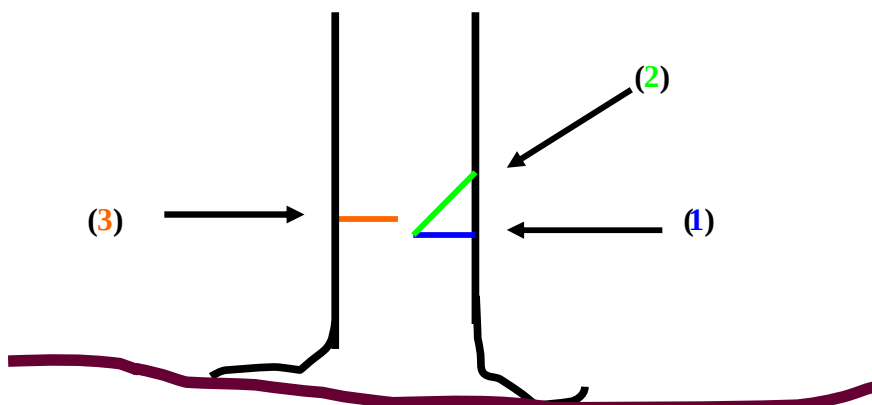
Como en todas las etapas de el sistema de cosecha, con la corta se debe procurar obtener la mayor cantidad de producto, de la mejor calidad posible, en el menor tiempo y con el menor costo posible; pero en realidad el objetivo principal que se debe perseguir de esta operación es que se facilite y se disminuya el costo de la operación de arrastre.

De esta manera, no solo se volteará los árboles seleccionados, sino que se evitará la ejecución de trabajos innecesarios que aumentarían los “tiempos muertos” de la maquinaria en la operación de arrastre.

La corta dirigida es el mecanismo que se tiene para lograr que los fustes queden en una posición favorable para su arrastre. A pesar de que los árboles de las plantaciones forestales tienen menores dimensiones que los individuos del bosque natural, los principios de la corta siguen siendo los mismos.

Siempre debe utilizar los tres cortes básicos:

*Corte horizontal:* este corte se debe realizar en el lado que se seleccione como la dirección de caída del árbol. Su profundidad debe ser aproximadamente de un tercio del diámetro del árbol y nunca debe sobrepasar la mitad del diámetro. Este corte es el que brinda la dirección de caída del árbol.



**Cortes básicos para voltear un árbol: (1) corte horizontal, (2) corte superior también llamado “boca” o “muesca de caída” y (3) corte de caída.**

*Corte inclinado:* este corte debe realizarse a 45° con respecto al corte horizontal, al encontrar el corte horizontal formará la “boca” o “muesca de caída”. El ángulo del corte puede aumentar cuando los árboles están muy inclinados hacia la dirección de caída seleccionada.

*Corte de caída:* este corte debe realizarse en el lado opuesto a la “boca”. Se hace en forma horizontal o ligeramente inclinado hacia arriba, pero siempre un poco arriba del corte horizontal de la boca y nunca debe ser tan profundo como para encontrar ese corte; de esta manera se forman lo que se conoce como el “escalón de quiebra” y la “bisagra”.



El “escalón de quiebra” permite que por gravedad, el árbol tome la dirección que se ha marcado con la “muesca de caída”, en tanto la “bisagra” evita daños por astillamientos o reventaduras en el fuste.



**El área con astillas se denomina “bisagra” y la diferencia entre los cortes horizontales es el “escalón de quiebra”.**

Para que la corta dirigida sea efectiva, antes se debe construir las pistas de arrastre y trazar con balizas las posibles pistas de saca, para que el sierrero pueda observar su ubicación y tomar la decisión más adecuada para cortar el árbol, de modo que la posición final del fuste sea favorable para su arrastre.

El sierrero debe conocer cual será el método que se utilizará para el arrastre, con esto tratará siempre de colocar los árboles para que se puedan sujetar por la parte más gruesa del fuste, además cuando se utilizan sistemas de cadenas múltiples, los árboles se colocan en forma de espina de pescado, lo que facilita en gran medida la operación de arrastre.

Siendo el principal objetivo de la corta el beneficio de la operación siguiente, el sierrero debe tener muy claro que si la corta del árbol tienen algún inconveniente, debe dejarse de lado la motosierra y con la ayuda de palancas, debe colocar el fuste en la mejor posición posible, esto le permitirá disminuir los “tiempos muertos” en la operación de arrastre, que normalmente tiene costos de operación mucho más elevados que los de la corta.

La corta de los árboles debe hacerse lo más cercano al suelo, con la intención de maximizar la producción y evitar tocones altos en el campo que dificultarían la labor de arrastre.

También, los sierreros deben seleccionar la dirección de caída considerando que los fustes no deben caer sobre obstáculos, piedras o depresiones que puedan dañar el producto o dificultar su arrastre.





**Sierrero acomoda fustes para favorecer la operación de arrastre**

En muchas ocasiones no se presta la importancia debida a la operación de corta, por lo que el sierrero solamente se dedica a voltear los árboles sin ninguna técnica, sin ayuda de equipo complementario y sin tener presente que esos fustes deben ser extraídos posteriormente; de esta forma la operación alcanza rendimientos de 2.5 a 3.5 m<sup>3</sup>/hr, pero la operación de arrastre se ve severamente afectada por la gran cantidad de tiempos muertos que se presentan al tener que liberar los fustes y prepararlos para su arrastre.

Por el contrario, si se cuenta con un sierrero capacitado, que realice la labor en forma planificada, que aplique los aspectos básicos de corta dirigida y realice una marcación previa de las pistas de saca, entonces, a pesar de que los rendimientos de la operación de corta serán menores, de 1 a 2 m<sup>3</sup>/hr, el beneficio que se brinda a la operación de arrastre permitirá una mayor eficiencia de la maquinaria y por tanto un costo mucho menor.

### Arrastre

El arrastre o transporte menor es la etapa que se encarga de llevar los fustes desde el sitio de corta hasta el patio de acopio o carga. Esta será una de las operaciones más costosas de el sistema de cosecha, ya que generalmente involucra el uso de tecnologías y requiere de un tiempo mayor para su ejecución.

En el caso de las plantaciones forestales de *Gmelina arborea*, los métodos que se tiene más accesibles para el sistema de cosecha y además los más utilizados en Costa Rica son el tractor agrícola equipado con winch y la fuerza animal, generalmente mediante el uso de bueyes.



**Fuerza mecánica:**

Si el sistema de cosecha utiliza máquinas para el arrastre, ya sea un tractor agrícola o un tractor forestal especializado (skidder), se debe tener presente que la clave del éxito en esta operación radica en el uso de un winch con un cable de acero de una longitud no menor a 50 metros. Este cable permite que la máquina no tenga que entrar a la plantación, sino que desde las pistas de arrastre, mediante las pistas de saca, acarrea los fustes desde el sitio de corta.

Quizás lo más importante al utilizar maquinaria, es el uso de deslizadores sobre el cable, los cuáles permiten el acarreo de varios fustes en una sola acción, además se debe asegurar la utilización de al menos tres juegos de seis cadenas independientes para el amarre de los fustes, cada cadena debe tener una longitud de al menos 1.5 metros y un gancho en un extremo.

El uso de cadenas independientes permitirá independizar la labor de amarre de los fustes de la operación del tractor, lo que disminuye los tiempos muertos de la máquina, que generalmente son las de mayor costo de operación.

De esta manera, mientras el tractor realiza el viaje cargado hasta el patio de carga con los fustes que fueron amarrados con el primer juego de cadenas, otro operario está en el campo amarrando, con los otros dos juegos de cadenas, los fustes que serán arrastrados en los próximos viajes. Este procedimiento permitirá aumentar el tiempo productivo del elemento de mayor costo del sistema, como es la maquinaria.



**Arrastre de varios fustes con el uso del winch.**



Como se ha descrito antes, se requerirá, además del operador de la máquina, al menos dos ayudantes para esta labor. Uno de ellos siempre acompañará la máquina en su recorrido vacío y cargado, para ayudar con cualquier eventualidad en el trayecto producto de obstáculos que atoren la carga y también para realizar la labor de soltar los fustes en el patio de carga. El otro ayudante estará en el campo amarrando fustes y será quien oriente al tractorista para que se ubique en las pistas de arrastre de acuerdo con el material que ya está listo para ser arrastrado. Para evitar la fatiga, los ayudantes deben alternar sus funciones cada cierto período de tiempo o cada cierto número de viajes del tractor.

Las tareas de los ayudantes al amarrar y conformar los grupos de fustes que serán extraídos en cada viaje de la máquina, será mucho más fácil si la etapa anterior de corta dirigida ha sido bien ejecutada. Normalmente los tiempos improductivos de la operación de arrastre responden más a deficiencias de la etapa anterior que a problemas propios de las labores de amarre, “wincheo”, arrastre y soltar.

Para la operación de arrastre utilizando tractor agrícola con winch, se puede esperar rendimientos desde 1 hasta 3 m<sup>3</sup>/hr en distancias de 50 a 250 metros, dependiendo de la efectividad de la operación de corta.

### ***Fuerza animal:***

El uso de animales, principalmente bueyes, para realizar la labor de arrastre en plantaciones de *Gmelina arborea*, ha aumentado considerablemente con el paso de los años. Hace algún tiempo se consideraba que este método era señal de falta de tecnología o de operaciones pequeñas y de poca planificación. Sin embargo, poco a poco se ha ganado experiencia y conocimiento en el uso de animales y se ha llegado a utilizar en proyectos de producción de madera de gran escala.

La clave de éxito del uso de animales para esta tarea está en la planificación y en el conocimiento de lo que estos pueden y no pueden hacer. Es lógico que una yunta de bueyes tiene menos capacidad de carga que un tractor, igualmente su velocidad de circulación tanto vacíos como cargados es mucho menor, pero los costos de operación de este método con respecto a los métodos mecánicos son mucho menores, que es justamente lo que lo hace útil en esta operación y puede brindar buenos resultados en el sistema de cosecha.

Los bueyes no pueden trabajar en forma intensiva más de seis horas por día y deben ser utilizados de día de por medio, por lo que, si la operación dependerá exclusivamente de este método, debe contar con al menos cuatro animales.





**Bueyes arrastrando fustes de uno en uno hasta el patio de carga**

Los bueyes son muy susceptibles al peso de la carga, a la pendiente y a la presencia de obstáculos en el terreno. De esta forma, debe planificar la operación de manera que los animales circulen a favor de la pendiente cuando van cargados, además de tratar de eliminar obstáculos en las pistas y tratar de usarlas la mayor cantidad de veces.

Una de las ventajas de los bueyes es que pueden penetrar en sitios difíciles, en los cuales la maquinaria tendría un costo muy elevado y se causaría un gran impacto en su plantación.

El bajo impacto en el suelo es uno de los puntos positivos que este método de extracción brinda, ya que ocupan poco espacio para transitar y sus pisadas producen mucho menos compactación que las llantas de una máquina.



**Los bueyes brindan los mejores rendimientos en sitios planos y con distancias de arrastre menores a 150 metros.**



Otra ventaja de usar bueyes en el arrastre radica en que es un método muy conocido en toda América Latina, ya que se han usado por muchos años en labores agrícolas, extracción maderera de bosques naturales, en trapiches, en labores de transporte, etc. Esto hace que en todos los pueblos existan bueyes y boyeros dispuestos a emprender las tareas de arrastre de madera de plantaciones.

De acuerdo con las condiciones que presente la plantación, el uso de bueyes en la labor de arrastre puede brindar rendimientos entre 1 y 2 m<sup>3</sup>/hr, en distancias de arrastre entre 30 y 100 metros.

El búfalo de agua es otro animal que se puede utilizar para realizar la labor de arrastre en las plantaciones. A pesar de que no se ha utilizado mucho tienen muchas ventajas, ya que es un animal que trabaja solo, es decir, no necesita yunta, además, es muy dócil, fácil de entrenar y que igual que los bueyes, también tiene un valor de rescate al final de su vida útil, ya que se puede vender como carne para consumo humano. Debido a su poca utilización, no existe información sobre los rendimientos de este animal en la labor de arrastre en plantaciones.



**Arrastre de madera con búfalo de agua.**

### Troceo, clasificación y apilado

El troceo es la etapa de la cosecha encargada de seccionar los fustes extraídos en diferentes dimensiones, de acuerdo con los productos que elaborará la industria y tratando de optimizar la producción de madera de primera calidad de cada uno de los fustes de la plantación.



Es muy común que los fustes que llegan al patio de carga sean muy torcidos, por lo que es imposible automatizar el troceo. Para tratar de maximizar la madera de primera calidad, se debe procurar que los operarios que laboran en esta etapa tengan capacitación, gran habilidad y que sean completos conocedores de las dimensiones requeridas para cada uno de los productos que la industria solicite.



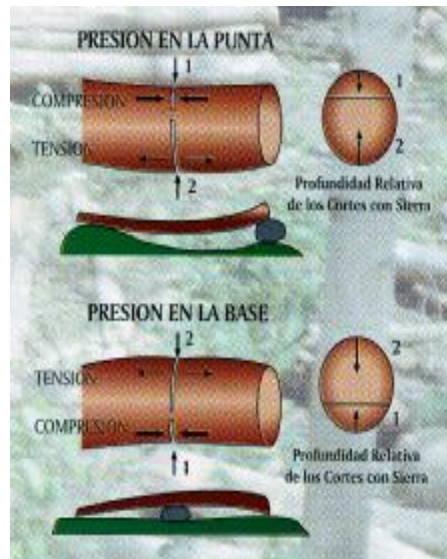
**Ejecución del troceo en plantaciones.**

El troceo se debe marcar con anterioridad a su ejecución, esto permite tener una doble opinión, ya que el sierrero podría cambiar la decisión al llegar a ejecutar el corte. Sin embargo, rápidamente los operarios adquieren las destrezas que les podrían permitir omitir esta etapa, principalmente cuando se trata de patios muy grandes con gran intensidad de carga. Sin embargo, debe mantenerse una labor de control y supervisión estricta, ya que las pérdidas de madera por mal troceo pueden llegar a ser significativas, pero lo peor es que muchas veces se toma por costumbre el aceptar que “existe un desperdicio de madera” y no se toman medidas para disminuirlo.

Mantener los patios bien planificados y ordenados, contribuye en gran medida a mejorar la calidad del trabajo de los operarios, lo que a su vez aumenta la cantidad de madera disponible para la industria, disminuyendo el desperdicio por mal troceo.

Los cortes deben ser bien hechos, tomando en consideración la posición del fuste y su apoyo en el suelo, ya que normalmente se generan fuerzas de compresión y de tensión que pueden provocar daños en el fuste o en el sable de la motosierra.





### Técnicas de troceo.

Por otra parte, la clasificación y el apilado de las trozas es un aspecto fundamental para beneficio de la etapa siguiente de el sistema de cosecha que es la carga. El mercado de la madera de melina requiere de piezas de varias dimensiones, tanto en largo como en ancho y espesor, por lo que los patios deben ser ordenados de manera que las trozas se clasifiquen por su largo y por su diámetro.



### Apilado trozas de melina para tarimas en varios diámetros y largos

Esta clasificación resultará muy beneficiosa, principalmente si la operación incluye un pre-aserrío en el campo; por ejemplo, para la producción de tarimas, generalmente se bloquean las trozas en el campo y la máquina que ejecuta el bloqueo brinda su mayor eficiencia



Cuando no se varía la calibración del ancho de corte, es decir cuando todas las trozas se mantienen en un determinado rango diamétrico; por esta razón, si no se logró que las trozas en el campo estén clasificadas de esta manera, el proceso de bloqueo tendrá muchos “tiempos muertos” y por tanto una baja producción, no por sus características, sino por deficiencias en la etapa anterior.

De la misma forma, si en la cosecha se obtienen trozas para aserrío con longitudes de 3.6 metros, 2.6 metros y 2.2 metros, la carga de los camiones se realiza en paquetes de una sola dimensión o con cargas separadas por longitud, pero nunca se cargan trozas revueltas de diferentes largos. Por lo tanto, las trozas para aserrío también se deben clasificar por su largo y su diámetro.



**Trozas de melina clasificadas por largo.**

Si no se asegura la clasificación de las trozas en forma adecuada, la etapa de carga tendrá un costo por “tiempos muertos” muy elevado ya que utiliza maquinaria pesada y generalmente existen uno o dos camiones esperando para ser cargados.

Generalmente las operaciones de aprovechamiento forestal que se realizan con *Gmelina arborea* en Centro América, son de alta intensidad y la madera no pasa mucho tiempo apilada en los patios de carga en la plantación, sin embargo, se debe tener claro que el contacto de la madera con el suelo acelera el proceso de deterioro, por lo que las pilas se deben colocar sobre trozas utilizadas como travesaños, de manera que la mayoría de las trozas no estén en contacto con el suelo evitando pérdidas por pudrición.





**Trozas de melina apiladas de manera que no tocan el suelo.**

En el caso de madera para tarimas en muchos sitios se utiliza la cubicación estéreo, tanto para comprar como para vender madera, esta es otra razón para apilar la madera en forma adecuada.

### Carga

La operación de carga puede representar un costo muy alto si no se toman las medidas necesarias en las etapas anteriores, tanto en el troceo como en la clasificación y el apilado.

Al realizar la carga de madera de plantaciones, dependiendo de las necesidades y los objetivos, se puede combinar la forma de acomodar las trozas en el camión, colocando las trozas de más de 3.6 metros en forma longitudinal y las trozas de menos de 2.6 metros en forma transversal, con se optimiza el espacio en la plataforma del camión sin sobrepasar su capacidad de carga.

La carga se realiza generalmente con cargador frontal, ya sea este especializado o adaptado a un tractor agrícola; sin embargo, la carga manual es muy utilizada en algunos lugares donde existe disponibilidad de mano de obra y necesidades de empleo.





**Operación de carga con cargador frontal de orugas.**



**Operación de carga con cargador frontal de llantas.**

Si se realiza la operación de carga en forma mecanizada se puede obtener rendimientos de 10 a 15 m<sup>3</sup>/hr, alcanzando costos entre \$4 - \$6 por metro cúbico.

#### Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema

Los valores de producción son los que definen en forma directa el costo de cada etapa de el sistema de cosecha, por lo que se debe intensificar los esfuerzos en realizar las labores bajo las técnicas más adecuadas, de modo que se obtenga una alta eficiencia, lo que generalmente brindará altas producciones.



Es muy difícil brindar datos exactos de las diferentes etapas, ya que las labores de aprovechamiento son muy susceptibles a aspectos de calidad de mano de obra, calidad de árboles, dimensiones de los árboles, estado del equipo y maquinaria, condiciones climáticas y topográficas, etc.; sin embargo, como referencia se presentan los datos promedio de diferentes evaluaciones realizadas en diferentes sitios y condiciones, estos valores no pueden ser aplicados directamente en cualquier operación por las razones señaladas, pero servirán de referencia para dirigir las operaciones bajo niveles tolerables de producción y costo.

**Valores promedio de producción, eficiencia y costo para diferentes tecnologías en la operación de arrastre de fustes provenientes de plantaciones forestales de *Gmelina arborea*.**

| TECNOLOGIA                 | PRODUCCION<br>(m <sup>3</sup> /hr) | EFICIENCIA<br>% | COSTO<br>\$/m <sup>3</sup> |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Skidder                    | 4.60                               | 50.84           | 8.1                        |
| Tractor agrícola con winch | 4.46                               | 85.47           | 4.1                        |
| Winch estacionario         | 1.14                               | 62.29           | 5.3                        |
| Bueyes                     | 2.62                               | 48.07           | 4.78                       |

**Fuente: (Meza, A. ; Guzmán, J. 1998)**

#### Consideración final

Para que la ejecución de las labores de cosecha se mantengan en los niveles adecuados de costos, producción e impacto, es necesario que se realice una planificación detallada del sistema a utilizar y que se aplique una “estructura de servicio” entre las etapas que lo conforman, esto permitirá obtener al final resultados satisfactorios.



## Bibliografía

- Meza, A. 1998. Técnicas apropiadas para el aprovechamiento de raleos de plantaciones forestales. Material de curso de capacitación técnica del proyecto. Capacitación y asesoría en aprovechamiento forestal de plantaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. Quepos, C.R. 56 p.
- Meza, A.; Guzmán, J. 1998. Evaluación de alternativas tecnológicas para el arrastre de trozas de diámetros menores. Informe final de proyecto de investigación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 44 p.
- Meza, A.; Peraza, R.; Saenz, G. 1998. Sistemas adecuados para el aprovechamiento forestal de plantaciones. En: Memoria III Congreso Forestal Nacional. 1998. San José, CR. p. 146-148.
- Meza, A. 1998. Aprovechamiento de plantaciones forestales latifoliadas. Material de curso de capacitación: Manejo de plantaciones forestales latifoliadas para personal técnico de Centroamérica. Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. San Carlos, C.R. 15 p.
- Meza, A. 1999. Capacitación y asesoría en aprovechamiento forestal de plantaciones. Informe final de proyecto de investigación. . Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. Cartago, CR . 49 p.
- Meza, A.; Solano, R. 2000. Incidencia de la capacitación técnica en los costos de las operaciones de aprovechamiento forestal de plantaciones. En: Resúmenes de Ponencias IV Congreso Forestal Centroamericano. 15 al 17 noviembre del 2000. Montelimar, Nicaragua. s.p.



## Capítulo 5

# Industrialización y usos



Autor: M.Sc. Róger Moya Roque

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                                 | <b>113</b> |
| <b>Propiedades de la madera.....</b>                | <b>116</b> |
| <b>Comportamiento en procesos industriales.....</b> | <b>120</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                            | <b>131</b> |



## Resumen

La melina presenta características propias de la Familia Verbenaceae, sobre todo en lo que respecta a sus propiedades anatómicas. La madera se caracteriza por presentar color y propiedades físicas-mecánicas bastante uniformes si se compara con otras especies de madera de uso industrial.

La madera presenta un peso específico básico medio de 0,40 que indica que es moderadamente liviana, con buena estabilidad dimensional, de una resistencia mecánica media y una durabilidad natural media.

Sin embargo; a pesar de estas singularidades, la madera presenta algunas características no deseables en procesos industriales, como abundante madera de reacción y problemas para la preservación con el método vacío presión.

En los diferentes procesos industriales la melina presenta un excelente comportamiento, en el aserrío, así como en las operaciones de trabajabilidad para fabricación de muebles y productos terciados (paneles y vigas). En tanto existen otros procesos industriales, en los cuales es necesario tener en cuenta algunos cuidados, entre los que destaca el secado, la preservación con el método vacío-presión y la operación de torneado durante su trabajabilidad.



# Industrialización y usos



## Propiedades de la madera

### Descripción de la madera

En recientes trabajos realizados con madera de melina de árboles creciendo en Costa Rica y utilizando las normas internacionales de descripción anatómica se describe la madera como de color amarillo pálido para la albura y de gris a gris pálido para la madera de duramen. En condición verde puede distinguirse fácilmente la madera de albura de la madera de duramen; sin embargo, cuando la madera está seca, no se distinguen fácilmente estos dos tipos. No obstante, una causa de variación importante en el color de la madera es la presencia de madera de reacción, la cual ha tenido poca importancia hasta el momento, a pesar de sus graves efectos no solo en el color, sino también en las propiedades físico-mecánicas y en el desempeño de los procesos industriales.



**a. Madera de melina de condición normal y b. madera de melina de reacción mostrada por líneas de color blancas.**

Los anillos de crecimiento en ocasiones se distinguen fácilmente a simple vista, en especial la madera que proviene de regiones con una estación seca bien definida. En tanto su brillo es considerado moderado, de olor característico para la especie en condición verde. La madera no presenta sabor alguno, con buena estabilidad dimensional una vez seca, textura considerada como fina, baja densidad, de fácil trabajabilidad para muchas operaciones de labrado y en general presenta grano recto. Sin embargo, es común encontrar algunas piezas de madera con grano entrecruzado.



## Descripción anatómica de la melina

**Vasos:** son visibles a simple vista, con porosidad de difusa, semi-anular o anular dependiendo de las condiciones de crecimiento, en su mayoría solitarios de una frecuencia de 4 a 5 poros por  $\text{mm}^2$ , de forma circular a redondeada, con apéndices largos en los extremos, de perforaciones simples y con menos frecuencia, platinas de perforación múltiples y presencia de tílides en los vasos de la madera de duramen. Las dimensiones de estos elementos son en media 220-250  $\mu\text{m}$  para la longitud, 120-160  $\mu\text{m}$  para el diámetro tangencial.

**Fibras:** con puntuaciones tipo aeroladas, con poca cantidad en la cara radial de la madera, diámetro menor a 1,5  $\mu\text{m}$ , en algunas secciones de la madera se presentan septos en la fibras con alta presencia de cristales prismáticos de oxalato de calcio, longitud que varía de 0,78 a 1,31 mm, diámetro de 25,36 a 37,04  $\mu\text{m}$  y un espesor de la pared celular de 2,85 a 4,40  $\mu\text{m}$ .

**Parénquima axial:** en algunas ocasiones es visible a simple vista, es de tipo paratraqueal que puede presentarse escasamente, aliforme a uno o ambos lados del vaso y, en condiciones de crecimiento con déficit hídrico, se presenta parénquima axial apotraqueal difuso o en bandas marginales y células en general de tipo seriado.

**Parénquima radial:** los radios son distinguidos a simple vista, de 1-2 por milímetro, espaciados y uniformemente distribuidos y están formados por un cuerpo de células procumbentes, con hileras de células marginales arriba y abajo tipo cuadrada. Las células procumbentes son alargadas con su eje longitudinal en dirección radial y con una serie de puntuaciones simples.

## Propiedades Físicas

En general se plantea un peso específico básico de la madera de melina en un rango de 0,3 a 0,5 con contenidos de humedad en muchas ocasiones superior a 150% en condición verde. Las contracciones tangenciales con un rango de 4 a 7%, las contracciones radiales de 2 a 4% y contracciones volumétricas entre 7 y 10%. Estos valores de contracciones hacen de este tipo de madera de una buena estabilidad dimensional una vez que está seca, por lo que la es muy demandada para muchos usos.

La causa mayor de variación de las propiedades físicas en madera de melina es la edad del árbol;

para un muestreo realizado en San Carlos (Zona Norte) y en Guanacaste (Pacífico Seco), se encontró que el peso específico básico presenta valores de 0,35 cerca de la médula, en los primeros años, y este empieza a aumentar con la edad del árbol hasta alcanzar valores de 0,45 a la edad de 13 años.

También se encontró que la madera que se desarrolló en la zona de Guanacaste, con clima tropical seco, presenta mayor peso específico que aquella que se desarrolla en la región de San Carlos con clima tropical húmedo.



En Costa Rica se han realizado varios trabajos con relación a las características físicas de la madera de melina de diferentes zonas y diferentes edades.

**Propiedades físicas de la melina creciendo en diferentes partes de Costa Rica.**

| Zona de Costa Rica | Edad (años) | Peso Específico básico | Densidad Verde (g/cm <sup>3</sup> ) | Contenido de humedad verde (%) | Porcentaje de contracción (%) |             |        |
|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|--------|
|                    |             |                        |                                     |                                | Volu-Metrica                  | Tan-gencial | Radial |
| Atlántica          | 3,5         | 0,34                   | 0,93                                | 172,84                         | 9,53                          | 4,65        | 4,08   |
| Atlántica          | 4           | 0,37                   | 0,65                                | 75,62                          | 7,93                          | 6,61        | 5,03   |
| Atlántica          | 12          | 0,45                   | 0,95                                | 113,18                         | 5,02                          | -           | -      |
| Norte              | 3           | 0,37                   | 0,93                                | 152,47                         | 7,64                          | 7,20        | 5,11   |
| Norte              | 3           | 0,35                   | 0,72                                | 104,42                         | 9,75                          | 5,36        | 2,57   |
| Atlántica          | 4           | 0,425                  | -                                   | -                              | -                             | 4,30        | 1,30   |
| Atlántica          | 6           | 0,452                  | -                                   | -                              | -                             | 6,10        | 2,90   |
| Atlántica          | 8           | 0,446                  | -                                   | -                              | -                             | 6,90        | 3,30   |
| Brunca             | 10          | 0,34                   | 0,90                                | -                              | 8,06                          | -           | -      |
| Chortega           | 5           | 0,40                   | 1,01                                | -                              | 9,21                          | -           | -      |
| Chortega           | NSP         | 0,39                   | 0,69                                | 75,05                          | -                             | 5,21        | 2,95   |
| Norte              | NSP         | 0,41                   | 0,75                                | 84,13                          | -                             | 5,46        | 2,54   |
| Norte              | NSP         | 0,34                   | 0,60                                | 75,57                          | -                             | 4,69        | 2,46   |
| Brunca             | NSP         | 0,34                   | 0,78                                | 112,19                         | -                             | 4,88        | 2,69   |
| Norte              | NSP         | 0,37                   | 0,78                                | 127,45                         | -                             | 5,60        | 3,04   |
| Atlántica          | NSP         | 0,39                   | 0,99                                | 165,86                         | -                             | 5,11        | 2,87   |

**NSP: No se reporta.** Fuente: Moya, 2004

La variación en las propiedades físicas respecto al material genético fue estudiado considerándose dos plantaciones de 7,5 años de edad creciendo en la región Sur de Costa Rica, con similar tipo de manejo, sólo que en una el material fue genéticamente mejorado y la otra no. La madera proveniente de árboles mejorados presentó una ligera disminución del peso específico básico, contenido de humedad en verde y las contracciones de la madera, en tanto que la densidad verde fue mayor.

**Propiedades físicas de la madera de melina de madera de árboles mejorados y sin mejora genética**

| Tipo        | Edad (años) | Densidad básica | Densidad en verde (g/cm <sup>3</sup> ) | Contenido de Humedad (%) | % de contracción |             |        |
|-------------|-------------|-----------------|----------------------------------------|--------------------------|------------------|-------------|--------|
|             |             |                 |                                        |                          | Volu-metrica     | Tan-gencial | Radial |
| Mejorado    | 7,5         | 0,38            | 1,06                                   | 153,25                   | 6,89             | 5,45        | 2,79   |
| Sin mejorar | 7,5         | 0,39            | 1,02                                   | 162,22                   | 7,13             | 7,39        | 2,83   |

Fuente: Rojas, 1997



## Propiedades Mecánicas

La madera de melina es considerada como moderadamente liviana a un 12% de humedad e internacionalmente se utilizan los valores reportados por Tewari (1995) para condiciones donde la madera se encuentra húmeda, seca al aire y seca al horno.

### Propiedades de la melina

| Propiedad                                                 | Condición de secado |              |               |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------|
|                                                           | Verde               | Seca al aire | Seca al horno |
| <b><i>Flexión estática</i></b>                            |                     |              |               |
| Módulo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 492                 | 543          | 724           |
| Módulo de Elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )               | 70 200              | 77 400       | 94 500        |
| Impacto (Kg/cm <sup>2</sup> )                             | 76                  | 43           | 53            |
| <b><i>Compresión</i></b>                                  |                     |              |               |
| Paralelo al grano (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 227                 | 251          | 376           |
| Perpendicular al grano (Kg/cm <sup>2</sup> )              | 73                  | 43           | 62            |
| <b><i>Dureza</i></b>                                      |                     |              |               |
| Lateral (Kg)                                              | 414                 | 226          | 360           |
| Axial (Kg)                                                | 376                 | 297          | 367           |
| <b><i>Cortante</i></b> (Kg/cm <sup>2</sup> )              | 77                  | 72           | 79            |
| <b><i>Tensión perpendicular</i></b> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 37                  | 47           | 37            |

Fuente: Tewari, 1995

Los estudios de las propiedades mecánicas de la madera proveniente de árboles creciendo en Costa Rica son resumidos en el cuadro siguiente, en el cual se muestra para diferentes edades, procedencias y condición de humedad de la madera y de árboles con y sin mejoramiento genético.



## Resumen de las propiedades mecánicas de la madera de melina en Costa Rica.

| Zona de Costa Rica | Edad (años) | MOR en flexión |     | MOE en flexión |         | Compresión paralela |     | Dureza lateral |     | Dureza perpendicular |     | Cortante tangencial |     | Cortante radial |     | Tensión Paralela a12% |       |
|--------------------|-------------|----------------|-----|----------------|---------|---------------------|-----|----------------|-----|----------------------|-----|---------------------|-----|-----------------|-----|-----------------------|-------|
|                    |             | Verde          | 12% | Verde          | 12%     | Verde               | 12% | Verde          | 12% | Verde                | 12% | Verde               | 12% | Verde           | 12% | MOR                   | MOE   |
| Atlántica          | 3,5         | 346            | 397 | 69181          | 105 133 | 137                 | 184 | 183            | 233 | -                    | -   | 35                  | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 4           | 288            | 447 | -              | -       | 284                 | 337 | 204            | 226 | 232                  | 335 | 54                  | 51  | 44              | 63  | -                     | -     |
| Atlántica          | 12          | 548            | 782 | -              | -       | 164                 | 520 | 396            | 451 | 395                  | 517 | 62                  | 78  | 64              | 75  | -                     | -     |
| Norte              | 3           | 379            | 442 | -              | -       | 176                 | 298 | 279            | 204 | 282                  | 253 | 56                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Norte              | 3           | 310            | 564 | 49710          | 60 690  | 144                 | 271 | 257            | 214 | 233                  | 261 | 37                  | 54  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 4           | -              | 476 | -              | 53 373  | -                   | 301 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 6           | -              | 542 | -              | 60 475  | -                   | 238 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 78  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 8           | -              | 510 | -              | 63 085  | -                   | 228 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 7,5 MG      | 414            | 426 | -              | -       | 193                 | 282 | 255            | 143 | 226                  | 230 | 46                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 7,5 SG      | 443            | 462 | -              | -       | 193                 | 331 | 235            | 167 | 181                  | 169 | 53                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 10          | -              | 492 | -              | 71 737  | -                   | 300 | -              | 226 | -                    | 280 | -                   | 67  | -               | 64  | -                     | -     |
| Chortega           | 5           | -              | 577 | -              | 7 2209  | -                   | 282 | -              | 292 | -                    | 364 | -                   | 88  | -               | 79  | -                     | -     |
| Zona Norte         | 8-12 años   | -              | -   | -              | -       | -                   | -   | -              | -   | -                    | -   | -                   | -   | -               | -   | 770                   | 92800 |

**Legenda:** **MG:** Mejorada genéticamente, **SG:** Sin Mejoramiento Genético

**MOR:** Modulo de ruptura

**MOE:** Modulo de elasticidad

**Fuente:** Moya, 2004a



## Determinaciones de esfuerzos de diseño

La utilización de la madera de melina como material de construcción en Costa Rica es muy reciente, de hecho, se ha limitado a construcciones muy livianas o en usos con poca capacidad estructural. En la región de Guanacaste, por ejemplo es común encontrar la madera en cerchas o sostén del techo de casas, que son por lo general los lugares donde existe más esfuerzo estructural en la construcción de viviendas.

Actualmente no se cuenta con información de los esfuerzos a la que es sometida la melina en Costa Rica, pero existen datos en otras regiones del mundo, como por ejemplo la India, que poseen datos para los entrepisos de construcciones civiles.

### Estándares de secciones (cm) para entrepiso (Roof purlin) para la madera de melina

| Tipo de cubierta          | Distancia de apoyos (Span) | Espaciamiento entre piezas (m) |       |       |       |       |       |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           |                            | 0,75                           | 1,00  | 1,25  | 1,50  | 1,75  | 2,00  |
| Lámina de Zinc Corrugada  | 2,00 metros                | 6x10                           | 6x10  | 6x10  | 6x10  | 6x10  | 6x12  |
|                           | 2,50 metros                | 6x12                           | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x14  | 6x14  |
|                           | 3,00 metros                | 6x14                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  |
| Lámina de asbesto-cemento | 2,00 metros                | 6x10                           | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x12  |
|                           | 2,50 metros                | 6x12                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  |
|                           | 3,00 metros                | 6x14                           | 6x14  | 6x14  | 8x16  | 8x16  | 8x16  |
| Madera                    | 2,00 metros                | 6x12                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x16  | 6x16  |
|                           | 2,50 metros                | 6x14                           | 6x16  | 8x14  | 8x14  | 8x16  | 8x6   |
|                           | 3,00 metros                | 8x14                           | 8x14  | 8x16  | 8x16  | 10x16 | 10x16 |
| Tejas                     | 2,00 metros                | 6x14                           | 6x16  | 6x16  | 8x14  | 8x14  | 8x16  |
|                           | 2,50 metros                | 8x14                           | 8x14  | 8x16  | 10x16 | 10x16 | 10x16 |
|                           | 3,00 metros                | 8x16                           | 10x16 | 10x16 | 12x16 | 12x18 | 12x18 |

Fuente: Punhani, 1995

Nota: En todos los casos corresponde una carga muerta más una carga viva, para la lámina de zinc corrugado 15 kg/m<sup>2</sup>, en lámina de asbesto-cemento 15 kg/m<sup>2</sup>, en madera de 65 kg/m<sup>2</sup> y en tejas de 110 kg/m<sup>2</sup>.

## Propiedades químicas

Las características químicas de la madera de melina son muy bien conocidas debido a su importancia para la producción de pulpa. La cantidad de investigaciones al respecto son muchas, en las cuales en general concluyen que la composición química de la madera permite la obtención de pulpa por los diferentes métodos de extracción de la lignina. En una pequeña revisión realizada por González (2002) se presenta el siguiente cuadro de la composición química de la madera para diferentes procedencias, incluyendo Costa Rica y varias edades.



**Propiedades químicas de la madera de Melina (*Gmelina arborea*).**

| Procedencia   | Edad (Años) | Extractivos Alcohol-Benceno (%) | Extractivos Totales (%) | Holocelulosa (%) | Alfa-Celulosa (%) | Lignina (%) | Solubilidad 1% NaOH (%) | Ceniza (%) | Sílice (%) | Solubilidad en agua caliente (%) | Solubilidad en agua fría (%) |
|---------------|-------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------------------------|
| Fiji          | 8           | 4,0                             | 8,6                     | 65,4             | 42,2              | 24,2        | 17,0                    | 1,0        | 0,17       | 5,0                              | 5,2                          |
| Islas Salomón | 4           | 2,9                             | 5,9                     | 68,1             | 44,0              | 26,0        | 13,4                    | 0,8        | 0,15       | 3,4                              | 3,1                          |
|               | 6           | 3,1                             | 6,6                     | 66,9             | 43,8              | 26,5        | 13,0                    | 0,9        | 0,13       | 3,2                              | 3,3                          |
|               | 8           | 4,3                             | 6,8                     | 66,8             | 43,9              | 26,5        | 13,8                    | 0,9        | 0,12       | 4,2                              | 4,2                          |
| Belice        | 8           | 2,9                             | -                       | 67,9             | 41,0              | 24,7        | 13,6                    | 0,7        | -          | -                                | -                            |
| Costa Rica    | 4           | 5,4                             | 7,8                     | 60,9             | -                 | 29,5        | 20,1                    | 1,8        | 0,14       | 5,9                              | 4,2                          |
|               | 6           | 6,2                             | 8,2                     | 64,2             | -                 | 26,4        | 20,0                    | 1,2        | 0,15       | 5,8                              | 4,3                          |
|               | 8           | 5,9                             | 7,9                     | 60,6             | -                 | 30,0        | 21,2                    | 1,5        | 0,14       | 5,8                              | 4,4                          |
| Costa Rica    | 15          | 5,8                             | -                       | 69,5             | 39,6              | 22,4        | 11,9                    | -          | -          | 4,6                              | 3,9                          |

Fuente: González, 2002

**Durabilidad**

Se reporta que el duramen de *Gmelina arborea* es extremadamente durable y con alta resistencia a exposiciones de suelo húmedo, y que ésta no requiere de tratamiento con preservante. Sin embargo, la albura de la especie requiere un tratamiento de preservación para incrementar su resistencia al ataque de insectos u hongos.

En ensayos de durabilidad en condiciones de laboratorio en Costa Rica se ha estudiado el efecto de insectos, específicamente las termitas y el ataque de hongos. En los dos tipos de ataque se estableció que la madera de duramen presentó una moderada resistencia pero cuando la madera fue tratada con sustancias preservante como CCA (cromo, cobre y arsénico) o sales de boro fue categorizada como de alta resistencia.

**Comportamiento en procesos industriales****Aserrió**

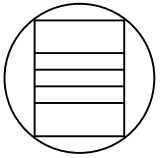
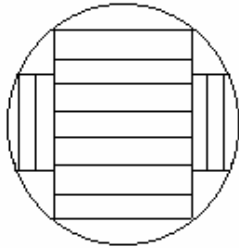
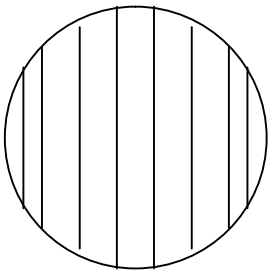
En la actualidad, son muchos los equipos y flujos de producción para el aserrío de trozas procedentes de plantaciones de melina, los cuales pueden ser fabricados nacionalmente, o importados de Canadá, Estados Unidos, Brasil y Alemania.

Análisis del comportamiento en aserrío de trozas de diámetros entre 12 y 30 cm, establecen que trozas de melina son susceptibles a la producción de torceduras producto de las tensiones de crecimiento, siendo este problema de gran importancia en trozas con diámetros inferiores a los 25 cm, por lo que es recomendable la utilización de aquellas máquinas de aserrío donde el corte es realizado simultáneamente a ambos lados de la troza, como lo son la sierra circular doble.



En cuanto a los patrones de cortes utilizados en el proceso de aserrío, también son variados y dependen exclusivamente del diámetro de la troza. El detalle de cada una de las máquinas utilizadas y patrones es presentado en el siguiente cuadro.

**Maquinaria usada para el aserrío de madera de plantación en Costa Rica**

| Rango de diámetro (cm) | Tipo de máquina                                                 | Patrón de corte                                                                     | Observaciones y productos posibles a obtener                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12-15                  | Sierra de cadenas                                               |    | En este rango se obtiene un bloque de 7,5 a 10 cm de espesor en la parte central de la troza. Posteriormente este bloque es aseraserrado en espesores que pueden oscilar entre 1,5 a 10 cm dependiendo del tipo de producto a fabricar. En este patrón de corte suele aparecer gran cantidad de madera con presencia de médula, por lo que es recomendable tratar de mantener la médula en un sola pieza. La madera de estos diámetros generalmente es utilizada en la fabricación de tarimas.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15-25                  | Sierra circular doble o sierra de cinta horizontal              |  | En el caso de las sierra circular doble puede alcanzar hasta 30 cm de diámetro de la troza. Al igual que el patrón anterior, se obtiene un bloque central, que puede oscilar de 7,5 hasta los 20 cm de espesor en la parte central. Este patrón de corte difiere del anterior en que básicamente hay un aprovechamiento de las costillas. Los productos obtenidos pueden oscilar entre 1,5 a 10 cm de espesor dependiendo del tipo de producto a fabricar. La presencia de la médula todavía es un problema, sobre todo si son trozas muy torcidas. La madera producida en este patrón de corte es destinada en gran parte a la fabricación de tarimas, apareciendo ya madera en algunos casos libres de defectos que puede ser utilizada en la construcción civil. |
| Mayor a 25 cm          | sierra cinta o sierra alternativa o sierra de cinta tradicional |  | En esta categoría de diámetro principalmente son procesos con cierto grado de automatización sobre todo lo que se refiere a la carga y transporte de la troza en el momento del aserrío. En estas máquinas es común producir tablas a todo lo ancho de la troza, para posteriormente reaserrar o bien eliminar los bordes con corteza para la producción de tablas para mueblería, paneles o madera para la construcción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Fuente: Elaboración de los autores



En cuanto al rendimiento de trozas de plantación son muchos los estudios, considerando una amplia gama de situaciones, en las que destaca el patrón de corte, el diámetro de la troza y la calidad de la troza.

**Rendimientos obtenidos para melina en Costa Rica.**

| Edad (años)                               | Zona de Costa Rica | Clase diamétrica (cm) | Calidad de troza | Diámetro promedio (cm) | % de rendimiento                                 | Productos en aserrío        | Referencia bibliográfica |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| No se reporta                             | Zona Norte         | -                     | -                | 21,88                  | Aserrío 50,45<br>Alistado 43,91<br>Tarimas 40,34 | Piezas de tarimas           | Murillo, 1994            |
| No se reporta                             | Zona Norte         | -                     | A                | -                      | Aserrío 47,85<br>Alistado 42,56                  | Piezas para tarima          | Sánchez, 1997            |
|                                           |                    | -                     | B                | -                      | Aserrío 42,56<br>Alistado 43,67                  |                             |                          |
| No mejorada de 7 años en Pacífico Sur     |                    | 15-20                 | -                | 17,0                   | 35,59                                            | Tablilla y madera de cuadro | Rojas, 1997              |
|                                           |                    | 20-25                 | -                | 23,0                   | 41,27                                            |                             |                          |
|                                           |                    | Mayor a 25            | -                | 27,0                   | 44,13                                            |                             |                          |
| Con mejoramiento de 7 año en Pacífico Sur |                    | 15-20                 | -                | 18,0                   | 37,55                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 20-25                 | -                | 22,8                   | 42,34                                            |                             |                          |
|                                           |                    | Mayor a 25            | -                | 25,0                   | 48,94                                            |                             |                          |
| No se reporta                             | Pacífico Norte     | 15-20                 | A                | -                      | 38,52                                            | ½ x 3 pulg<br>1 x 3 pulg    | Barrantes, 1997          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 27,62                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 20-25                 | A                | -                      | 43,16                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 31,62                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 25-30                 | A                | -                      | 41,41                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 30,75                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 30-35                 | A                | -                      | 41,17                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 32,23                                            |                             |                          |
| 10                                        | Zona Atlántica     | 10-15                 | A                | -                      | -                                                | ½ x 3 pulg<br>1 x 3 pulg    | Córdoba et al, 2000      |
|                                           |                    |                       | B                | 13,88                  | 30,03                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 15-20                 | A                | 18,94                  | 49,19                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | 19,17                  | 41,37                                            |                             |                          |
| Mayor a 8                                 | Pacífico Sur       | Mayor a 18 cm         | A                | -                      | 18,45                                            | Tablitas para lápices       | Góngora, 2002            |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 18,67                                            |                             |                          |
| Mayor a 8                                 |                    | 12-28                 | -                | 16,35                  | 28,86                                            | Tarimas                     | Bolaños, 2002            |
|                                           |                    | Mayor a 28            | -                | 20,35                  | 35,91                                            |                             |                          |

La calidad se refiere a que las trozas presentaron poco achatamiento, baja conicidad y curvaturas muy leves.

En el proceso de aserrío, además del producto comercializable, se obtienen productos secundarios tales como cabería, corteza, leña o aserrín. La distribución de estos productos y subproductos en una troza de melina según el volumen son: el producto principal 30-60%, el desecho catalogado como leña con 15-30%, aserrín con 13-17%, posteriormente un producto catalogado como segunda con 3-10% y con igual porcentaje la cabería que representa el 3-5%.



## **Secado**

El secado de la madera de melina hasta el momento fue uno de los mayores problemas en el aprovechamiento industrial de la especie. Sin embargo, éste no solamente es un problema para Costa Rica, si no que es señalado a nivel mundial como uno de los temas en los que se debe investigar aún mucho más, con el fin de tratar de reducir el tiempo de secado de la madera.

En este sentido Carrillo (2003) haciendo un recuento de las técnicas existentes para el secado de la madera afirma que “definitivamente la opción que ha tenido excelente resultado es el secado convencional”. No obstante, se han realizado algunas pruebas en secado al vacío, pero sin resultados aún satisfactorios. El secado convencional en la actualidad presenta una serie de ventajas para los industriales, sobre todo por su fácil control. Las secadoras convencionales pueden ser de vapor o de agua caliente, con opción de cambio de velocidad del aire, variación de la humedad relativa y variación de la temperatura.

Hasta un espesor superior a 38 mm, los tiempos de secado son muy prolongados (mayor a 3 semanas), lo que resulta poco atractivo para el industrial. Además, que a excepción de pocas empresas, en el medio nacional se tienen serios problemas con la tecnología para el secado de la madera de melina, principalmente porque no cumplen con los requisitos necesarios para la especie.

En Costa Rica existen dos tipos de métodos de secado de madera que son los más utilizados para melina: secado al aire y secado artificial convencional (horno de secado). Para el primer método, se considera la especie como de lento secado en espesores gruesos (mayor a 5 cm) y presenta una calidad media por la presencia de grietas y de pandeos.

También ocurren muchas variaciones en el contenido de humedad al final del proceso de secado al aire, tanto entre piezas individuales como dentro de una misma pieza, principalmente un gradiente significativo entre la humedad final superficial y la humedad interna (respecto al espesor), dando origen a madera con presencia de tensiones de secado (endurecimiento superficial).

En el secado convencional, la literatura a nivel internacional establece diferentes programas, los cuales no poseen ningún tipo de similitud entre ellos. Sin embargo, en términos generales se establece que el secado de la melina es lento, 2 a 3 semanas para tablas de 2,5 cm, indicando con ello que a pesar de que existen estos programas es necesario continuar las investigaciones al respecto.



## Programa de secado para madera aserrada de melina por varios autores.

| Norma y referencia                                                                             | Espesor (cm) | Paso                           | Contenido de Humedad (%)       | Temperatura (°C) |              | Contenido de humedad de equilibrio(%) | Humedad relativa (%) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                |              |                                |                                | Bulbo Seco       | Bulbo húmedo |                                       |                      |
| Laboratorio de Productos forestales de USA<br><br>Tipo T13-C4S y T11-1D3S<br>Bonne et al, 1988 | 2,5 a 3,8    | 1                              | Superior a 40                  | 76,6             | 72,5         | 13,4                                  | 84                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 40 a 35                        | 76,6             | 71           | 11,14                                 | 78                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 35 a 30                        | 76,6             | 68,5         | 9,3                                   | 69                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 30 a 25                        | 82,0             | 71,0         | 7,7                                   | 62                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 25 a 20                        | 82,0             | 68,5         | 6,5                                   | 54                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 20 a 15                        | 87,5             | 71,0         | 5,5                                   | 49                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 15 a final                     | 87,5             | 60,0         | 5,6                                   | 28                   |
|                                                                                                |              | 8                              | Igualación y Acondicionamiento |                  |              |                                       |                      |
|                                                                                                | 5,0          | 1                              | Superior 50                    | 65,5             | 62,5         | 16,1                                  | 88                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50-40                          | 65,5             | 61,5         | 14,0                                  | 83                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 40-35                          | 65,5             | 59,5         | 11,3                                  | 74                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 35-30                          | 65,5             | 57,0         | 9,5                                   | 66                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 30-25                          | 71,0             | 60,0         | 7,9                                   | 59                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 25-30                          | 71,0             | 57,0         | 6,8                                   | 51                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 20-15                          | 76,5             | 60,0         | 5,7                                   | 45                   |
|                                                                                                |              | 8                              | 15 a final                     | 82,0             | 54,5         | 3,5                                   | 26                   |
|                                                                                                |              | 9                              | Igualación y Acondicionamiento |                  |              |                                       |                      |
| Graves, 1981                                                                                   | Hasta 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 71,0             | 66,0         | -                                     | 80                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50                             | 76,5             | 68,5         | -                                     | 70                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 30                             | 82,0             | 70,5         | -                                     | 60                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 20                             | 88,0             | 67,5         | -                                     | 40                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |
|                                                                                                | Mayor 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 71,0             | 66,0         | -                                     | 85                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50                             | 76,5             | 68,5         | -                                     | 75                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 30                             | 82,0             | 70,5         | -                                     | 65                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 20                             | 88,0             | 67,5         | -                                     | 45                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |
| Tewari, 1995                                                                                   | Hasta 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 42,0             | 38,0         | -                                     | 76                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 60                             | 45,0             | 40,0         | -                                     | 72                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 40                             | 47,0             | 40,0         | -                                     | 64                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 35                             | 49,0             | 40,0         | -                                     | 56                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 30                             | 51,0             | 40,0         | -                                     | 50                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 25                             | 53,0             | 40,0         | -                                     | 44                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 20                             | 55,0             | 40,0         | -                                     | 39                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |



## Preservación

En la preservación de la madera de melina en Costa Rica, se han utilizado dos los métodos con el fin de aumentar la durabilidad natural de la madera: el método vacío-presión e inmersión difusión. Aunque también en otras regiones de América se ha probado otro método como el Boucherié (células llenas); en Costa Rica todavía no se ha establecido como un método factible de utilizar industrialmente debido, por un lado a que las trozas de melina en su mayoría presentan duramen que se caracteriza por ser impermeable y segundo lugar por que la forma de la troza es muy irregular lo que crea problemas para sujetar la troza en el momento de aplicar la presión.

En un estudio llevado a cabo por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, se estableció el procedimiento, las limitaciones, las condiciones de uso de madera preservada con el método vacío-presión utilizando sales de cromo-cobre y arsénico. Dicho estudio fue resumido en un manual de preservación, y se presenta a continuación:

**Tipo de madera:** albura; en tanto en el duramen no es factible la preservación debido a que la estructura anatómica de la madera no permite el paso de líquido.

**Condiciones de la madera:** el contenido de humedad debe estar debajo del punto de saturación de las fibras, lo cual establece un límite de 30%.

**Equipo requerido:** se requiere una planta de tratamiento que consta principalmente de las siguientes partes: cilindro de impregnación o autoclave, tanque de almacenamiento, tanque de mezcla, bomba de vacío, bomba de presión y bomba de trasiego.

**Preservante a utilizar:** en este método es posible utilizar cualquier tipo de preservante tal como las sales de cromo, cobre y arsénico (Tipo CCA) en sus diferentes modalidades o de cromo, cobre y boro (Tipo CCB), o bien cualquier otro tipo existente en el mercado.

**Penetración y retención:** en el caso de la albura, se tiene que la penetración es de 100% de la sección transversal cuando la madera se encuentra seca. Para este tipo de madera la retención va a depender de la concentración utilizada en el preservante y la condición de uso de la madera. Respecto a la absorción en la madera de melina se tiene que en la albura es de 185 litros por metro cúbico.

El método vacío-presión en la actualidad está siendo utilizado en Costa Rica para la producción de postes para cercas y la construcción de casas rústicas, conocidas típicamente como cabañas de montaña. Para ello se han implementado secadoras de madera en donde son colocadas trozas hasta de 15 cm y es secado a un contenido de humedad final entre 25-30%, para luego preservar.



### **Método inmersión-difusión**

Es considerado el método más efectivo para el preservado de madera de melina, sobre todo cuando se utilizan sales con amplia capacidad de difusión como las sales de boro.

Este método consiste en sumergir la madera por lo menos en un minuto en una solución de preservante con alta capacidad de difusión, posteriormente empieza el proceso de difusión del preservante dentro de la madera, en el cual se debe evitar que la madera no quede expuesta ya que no debe iniciar el proceso de secado, por lo que la madera debe cubrirse. Las condiciones para este tipo de preservación son:

**Tipo de madera:** en este método se puede utilizar tanto madera de albura como madera de duramen.

**Condición de la madera:** Debe estar totalmente húmeda por lo que es preferible que la madera esté recién cortada.

**Equipo requerido:** Este va a depender de la capacidad de producción, teniendo varias posibilidades, entre las que se pueden señalar: Tanques de inmersión en donde una pila de madera se sumerge completamente, tanque después del proceso de despuntado en donde las piezas que van siendo transportadas por cadenas pasan por el tanque, y el último método es la construcción de un tanque con el preservante y las piezas se van sumergiendo y sacando manualmente.

**Preservante:** generalmente se utilizan preservantes con sales de boro que tienen una amplia capacidad de difusión.

**Tiempo de almacenamiento:** éste depende del espesor de la pieza de madera. En pruebas realizadas con una solución de borato de sodio se establecieron los siguientes períodos de almacenamiento: para un espesor de 12 mm 10 días, en 25 mm 25 días, en 38 mm 50 días, en 50 mm 75 días, en 63 mm 85 días y en 75 mm 106 días.

**Penetración y retención:** la preservación con este método utilizando los períodos adecuados de almacenamiento para la difusión del preservante, puede tener una penetración de hasta el 100% de la sección transversal de la pieza de madera. En tanto la retención va a depender en gran medida de la concentración del preservante utilizado, por ejemplo en pruebas llevadas a cabo en Costa Rica con el fin de establecer las retenciones de boro en madera de melina, se encontró que con una solución de borato de sodio al 12%, la retención fue de 0,874 Kg de boro por metro cúbico cuando la coloración fue intensa al utilizar un indicador de la presencia de boro y cuando el color fue muy tenue la concentración de boro fue de 0,186 Kg de boro por metro cúbico.



**Cepillado:** la madera de melina es factible trabajarla en cepilladoras y machiembradora tradicionales comúnmente encontradas en talleres de ebanistería o industriales como aserraderos y fábricas de muebles. En pruebas de cepillado realizadas con esta madera se ha encontrado que se produce una buena calidad de superficie cuando es utilizada con cabezales convencionales, ángulos de corte de 30 grados y velocidades de alimentación entre 6 y 15 m/min.

**Lijado:** en la madera de melina cuando se necesita remover cierta cantidad de madera por medio del lijado resulta fácil, de manera rápida y con poco embotamiento de la lija, dando como resultado una superficie de buena calidad. Con base en ensayos realizados en los laboratorios de tecnología de madera y la experiencia misma de los ebanistas, la melina presenta mejores propiedades de lijado que otras maderas utilizadas en la fabricación de muebles tales como la caobilla, laurel y cedro.

**Taladrado:** con la melina, si no se considera algunos aspectos, puede presentar serios problemas de taladrado. En primer lugar es preferible realizar un hueco con una broca para madera y no la broca para metal. La broca de madera produce un hueco de mejor calidad tanto superficial como en la parte interna del mismo. Cuando el hueco es realizado con una broca de metal la calidad disminuye notoriamente. En segundo lugar cuando se tenga que realizar un hueco, que sea necesario pasarlo de lado a lado, se debe apoyar la parte de salida de la broca con otra pieza de madera con el fin de evitar los astillamientos.

**Torneado:** De acuerdo a la experiencia generada se puede afirmar que la madera de melina proveniente de árboles jóvenes presenta serios problemas de astillado al momento de realizar el torneado. Aunque con melina proveniente de árboles adultos mejora la calidad del torneado, ésta no llega a clasificarse como una especie apta para el torneado. En caso que se tenga que utilizar esta especie para la obtención de piezas torneadas se recomienda hacer una muy buena selección de la madera tratando de emplear madera proveniente de árboles adultos y/o madera de alta densidad. Además se deberá utilizar herramientas (gubias) con buen filo para evitar el astillamiento de la madera.

**Taladrado:** La madera de melina es una de las especies de excelente comportamiento en el tallado de la madera, no sólo porque en el momento de realizar las figuras con las gubias se tiene que aplicar poco esfuerzo al momento de “sizar”, además la madera es de fácil lijado por lo que reduce notablemente los tiempos de preparación para el acabado. Adicionalmente la madera permite resaltar algunas partes de la figura (crear contrastes) debido a que se pueden dar diferentes colores en una determinada figura por su color blanco.

**Herramientas manuales:** La madera de melina debido a su bajo peso, su buen comportamiento estructural, facilidad de cortar, cepillar, lijar, clavar y atornillar, hace que la especie sea fácilmente procesada, tanto de manera industrial como manualmente. Esta condición permite que la melina compita en el mercado nacional de la construcción, donde no se requiere maquinaria muy especializada.



**Encolado:** La madera de melina posee excelente estabilidad dimensional, además de sus buenas condiciones de humectabilidad, estructura anatómica uniforme y madera con un pH adecuado. Estas características acompañadas de una buena preparación de la superficie, utilización de madera seca y selección adecuada del adhesivo a utilizar, hace que ésta especie sea fácil de encolar.

**Aplicación de tintes:** La madera de melina posee excelentes características de entintado. Su color claro y uniformidad permite cambiar su tonalidad a una amplia variedad e intensidad de colores. Esta característica permite simular la apariencia y el color de otras especies utilizadas en el mercado.

**Aplicación de acabados:** La madera por su estructura anatómica, poca cantidad de vasos y muy pequeños, textura liza y uniforme, excelentes características de cepillado y lijado, además de una buena preparación de su superficie, permite una eficiente aplicación de acabados, además de un menor consumo si se compara con otras especies de madera. En estudios llevados a cabo por la empresa Sur Química de Costa Rica, se determinó que el rendimiento por galón (metros cuadrados cubiertos por galón), para dar acabado a una superficie con poliuretano en madera de melina, es mayor comparado con otras especies de madera comúnmente utilizadas en la fabricación de muebles, tales como el cedro (*Cedrela odorata*) y el Cenízaro (*Samanea saman*).

**Producción de chapas:** La madera de melina se caracteriza por presentar un color uniforme en el momento de la obtención de chapas, produciendo una textura fina, pero presenta el inconveniente de grano entrecruzado y nudos muertos que generalmente caen, formando un hueco en la chapa, especialmente cuando la madera proviene de árboles que no han recibido manejo. Además de generar una buena calidad superficial de la chapa, es posible el tratamiento de preservantes, retardantes de fuego o aplicación de recubrimientos.

Los rendimientos que se pueden obtener de una troza para la producción de chapas son muy variados, y depende en gran medida del producto a obtener, diámetro y largo de la troza, calidad de la troza, entre otros. Recientemente con el fin de mostrar la factibilidad de utilizar la melina en la fabricación de embalajes de madera para frutas, verduras y hortalizas se estableció el posible rendimiento de una troza en la producción de chapa, dando que este porcentaje presenta 30% para diámetros de 19 cm y 60% para trozas e 30 cm.

En Costa Rica la utilización de la melina en productos que utilicen la chapa se ha limitado solamente a la producción de contrachapado, en otros productos no se ha incursionado debido a la falta de tecnología.

Sin embargo se espera que en el futuro la especie incursione en mercados como contrachapado, palillos de fósforos, cajas para embalaje de frutas y verdura, palillos de dientes, paletas para helado y productos laminados en general.



Fabricación de paneles: Los paneles fabricados en la actualidad son muy variados, encontramos tableros enlistonados, contrachapado o bien tableros de mediana densidad (MDF). En el caso específico de la melina, en Costa Rica el desarrollo de paneles enlistonados fue uno de los primeros nichos en que incursionó la melina en el mercado.

Este uso se dio principalmente por que la especie presenta las condiciones necesarias para la producción de este producto tales como color uniforme, fácil de encolar, buena trabajabilidad en las operaciones de cepillado, lijado, y poco consumo de acabados.

Además se señala que la fabricación de este tipo de paneles generalmente está acompañada del uso de uniones de dedo (finger joint), las cuales en la melina presentan un excelente comportamiento.

Sin embargo, existe otras regiones donde son construidos los paneles en un 100% con esta especie, como por ejemplo en Indonesia, con excelentes resultados y comportamientos en las diferentes pruebas de control de calidad efectuados este tipo de producto.

Otros tipos de paneles son posibles de fabricar con la melina entre los que destacan aquellos en combinación con cemento, tableros de alta densidad (Hardboard) en combinación con otras especies de mayor densidad, tableros de OSB (oriented strange board), aunque de poco éxito hasta el momento.

### **Vigas laminadas**

**Actualmente el sector industrial de la madera está ofreciendo un producto nuevo para el sector de la construcción, y son construidas principalmente de madera de melina y es conocido técnicamente con el nombre de vigas laminadas encoladas y comercialmente a nivel mundial como "glulams".**



**Vigas laminadas y encoladas de madera de melina**



Este tipo de vigas en la actualidad son construidas considerando madera ubicada en las partes externas de la troza con excelentes resultado de resistencia, para diferentes adhesivos y luz entre apoyos.

Al igual que sucede con los tableros, es importante en el momento de fabricar vigas laminadas considerar que existen una serie de condiciones para fabricar este tipo de producto entre los que se destacan el tipo de adhesivo, la calidad de la madera, entre otros.



## *Bibliografía*

- Arce, H.; Moya, R. y Sáenz, M. 2003. Informe 11. Perfil de Inversión: Industria de Embalaje a partir de madera de Melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica. Proyecto de mercadeo e industrialización de la madera proveniente de plantaciones forestales de melina y Proyecto de Investigación: Melina: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. TCD Reg-TCP/cos/0066 y FC-011-2000. FAO-FONAFIFO-CIIBI. Cartago, Costa Rica. 53 p.
- Barrantes, G. 1997. Rendimiento y rentabilidad del aserrío de madera de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, en el aserradero del Centro Agrícola Cantonal de Hojanca. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 61.
- Blanco, M. y Cruz, L. 1999. Evaluación de la resistencia a la degradación por insectos de algunas especies maderables de uso comercial bajo diferentes tratamientos. Informe de Proyecto de Investigación No. 731-95-251. Laboratorios de Productos Forestales. Universidad de Costa Rica. 76 p.
- Bolaños, P. 2002. Posibilidades de diseño a partir de productos secundario (cabería) de madera de melina. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 100.
- Boone, R; Kozlik, C.J.; Bois, P. y Wengert, E.M. 1988. Dry kiln schedules for commercial wood: temperate and tropical. General Technical Report FPL-GTR-57. United States Forest Service. Forest Products Laboratory. 158 p.
- Canessa, E. 2000. Ultraestructura de la pared celular en elementos xilemáticos de melina (*Gmelina arborea*) con los defectos de secado en esta especie. Informe Final para la empresa Maderín ECO. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 17 p.
- Carrillo, O. 2003. Programas de secado de la madera de *Gmelina arborea*. Boletín las Maderas de Plantaciones Forestales 3(1): 5 p. Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Córdoba, R. 2003. Situación de la madera de melina en Costa Rica. Boletín las Maderas de Plantaciones Forestales 3 (1): 5 p. Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Córdoba, R., Moya, R. y Monge, F. 2000b. Evaluación de métodos alternativos para el procesamiento de diámetros menores. Parte I. Informe Final de Proyecto de Investigación. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 49 p.



- Eusebio, D.; Novicio, L. y Dionglay, C. 1998. Influence of rice hull ash (RHA) on the properties of woodwool cement boards (WWCB). FPRDI Journal 24(1): 67-80.
- Garay, D.; Durán, J. y Moreno, P. 2001. Tableros aglomerados de partículas a partir de las especies teca y melina. Revista Forestal Venezolana 45(2): 205-212.
- Góngora, E. 2002. Pruebas de rendimiento para obtener tablitas de melina (*Gmelina arborea*). Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 116 p.
- González, G. 2002. Propiedades químicas de la melina (*Gmelina arborea*). Boletín Kurú 32: 34-35. Órgano Informativo de la Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- González, L.; Moya, R.; Ramírez, A.; Córdoba, R. y Coto, JC., 2002a. Informe 5. Resistencia mecánica de vigas estructurales laminadas y encoladas de melina (*Gmelina arborea*). Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 66 p.
- González, L.; Moya, R.; Monge, F.; Córdoba, R. y Coto, JC. 2002b. Informe 7 Resistencia a la tensión de uniones dedo (finger joint) con madera de melina (*Gmelina arborea*). Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 32 p.
- Graves, A. 1981. *Gmelina arborea*-a review of the literature. Forestry abstracts 46(6): 237-258.
- Leandro, L. y Moya, R. 2002. Aumento de la durabilidad de las maderas de plantación por preservación –caso de Melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica . Memoria del II Congreso Forestal Latinoamérica: Bienes y Servicios del Bosque: Fuente desarrollo Sostenible. Ciudad de Guatemala 2002. 881-890 p.
- Leandro, L.; Moya, R. y Amador, E. 2002a. Informe 6. Características de la preservación de la madera de melina (*Gmelina arborea*) con el método de inmersión-difusión utilizando boro y el método vacío-presión utilizando CCA-C. Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Leandro, L., Moya, R. y Monge, F. 2002b. Guía practica 1. La preservación de la melina utilizando el método inmersión-difusión con sales de boro. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 104 p.



- Leandro, L., Moya, R. y Monge, F. 2002c. Guía practica 2. Preservación de postes de melina utilizando el método vacío-presión con CCA-C. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 104 p.
- Leandro, L.; Moya, R. y Amador, E. 2004. Informe 14. La Durabilidad de la madera de melina creciendo en Costa Rica. Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Marín, M.; Pizarro, H. y Alfaro, E. 2000. Estudio sobre la resistencia natural de la madera de 4 especies forestales, al ataque de la termita *Natutitermes corniger*, bajo condiciones de laboratorio. Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional de Costa Rica. 53 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* in Costa Rica. Bios et Forêts Des Tropiques 279(1): 47-57.
- Moya, R., Leandro, L. y Monge, F. 2003b. Bondades de la madera de melina 1. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R.; Leandro, L.; Córdoba, R.; Serrano, R. y Monge, F. 2003c. Aspectos importantes sobre la trabajalidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*). Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Murillo, F. 1994. El efecto del rendimiento en aserrío sobre la rentabilidad en trozas de *Gmelina arborea* provenientes de una plantación de 6 años. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 144 p.
- Ogbonnaya, C.; Nwalozie, M.C. y Nwaigro, L. 1993. Growth and wood properties of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) seedlings grown under five soil moisture regimes. American Journal of Botany 79(2): 128-132.
- Punhani, R. 1995. Span tables for roof purlins and ceiling joists in some social forestry species for timber house constructions. Indian Forester 121(7): 651-662.
- Rojas, K. 1997. Rendimiento en aserrío, propiedades físico-mecánicas y secado al aire para dos plantaciones de *Gmelia arborea* propiedad de Ston Forestal S.A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 84 p.
- Sánchez, E. 1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del aserradero San Gabriel, Florencia, San Carlos. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R Instituto Tecnológico de Costa Rica. 110 p.



Thibaut, B.; Baillères, H.; Chanson, B. y Fournier-Djimbi, M., 1997. Plantations D'arbres á croissance rapide et qualité des produits forestiers sous les tropques. Bios et Forêts Des Tropiques 152(2): 48-53.

Zeledón, D. 2004. Algunos aspectos de la anatomía de la madera de melina (*Gmelina arborea* (Roxb.) y su relación con las propiedades de secado y durabilidad. Revista Forestal Kurú 1(1): 1-5.



# *Capítulo 6*

## **Mercadeo y comercialización de la madera**



Autor: M. Sc. Róger Moya Roque

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## **Contenido**

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                       | <b>138</b> |
| <b>Mercado.....</b>                       | <b>139</b> |
| <b>Precios.....</b>                       | <b>142</b> |
| <b>Estándares de calidad.....</b>         | <b>144</b> |
| <b>Demanda de madera y productos.....</b> | <b>146</b> |
| <b>Canales de comercialización.....</b>   | <b>147</b> |
| <b>Productores y consumidores.....</b>    | <b>149</b> |
| <b>Costos e ingresos esperados.....</b>   | <b>150</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                  | <b>151</b> |



# Resumen

Internacionalmente la melina es utilizada para la producción de pulpa para papel, con poca presencia en los mercados internacionales de comercialización tanto en volumen como en área plantada, por lo que no tiene un distintivo internacional de comercialización como lo tienen otro tipo de especies. Los precios de esta madera se encuentran dentro de los rangos para maderas semiduras y especies con una variedad de usos.

En Costa Rica el desarrollo de la comercialización de la especie ha sido intensivo si se compara con otras maderas de bosque natural, pudiéndose encontrar productos con cierto grado de estandarización y de calidad.

Actualmente es posible encontrar en el mercado de la madera una amplia gama de productos, donde se puede usar la especie, tanto productos de alto valor agregado como de menos valor. Pero debido a su amplio desarrollo en la industria forestal existe una tendencia a encontrar esta madera en usos y mercados ya más desarrollados, trayendo con ello un aumento en el precio de la madera, el cual se ha caracterizado por leves aumentos desde el año de 1995.



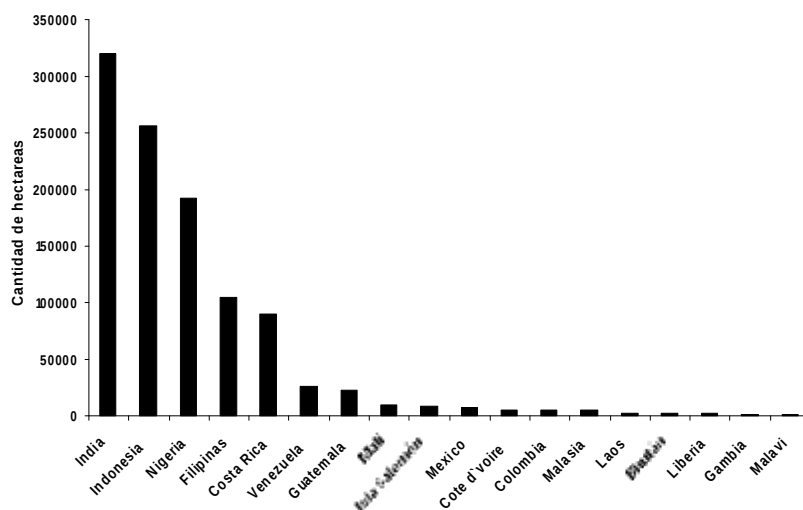
## Mercadeo y comercialización



## *Mercado*

### **Mercado mundial**

La FAO (2003) estima que existen cerca de 1,07 millones de hectáreas plantadas con la melina, sin embargo, para algunos especialistas, esta cifra es muy alta, ya que en muchos de los países donde se planta no tiene estadísticas claras sobre la verdadera área plantada, por lo que esta cifra puede alcanzar solamente las 700 mil hectáreas, la cual representa solamente el 0,34% de las especies tropicales plantadas en el mundo.



**Distribución de área plantada con melina en los diferentes países tropicales.**

Una característica de las plantaciones de melina en el mundo, es que el 20% están dirigidas a la producción de leña y el restante 80% al aprovechamiento industrial, siendo la producción de pulpa para papel y madera aserrada su principal objetivo. Un ejemplo importante de resaltar es Costa Rica, debido a que el 100% de las plantaciones están dirigidas a la producción de materia prima para la industria de aserrío.

El aporte de las plantaciones de melina al mercado de la madera es bajo. Se reporta 14 mil metros cúbicos por año, volumen de madera poco significativo para el consumo de madera en rollo en el mundo, que es cercano a los 3 335 millones de m<sup>3</sup> por año. De hecho la especie en el mercado mundial es considerada de poca importancia.

Incluso en la mayoría de los países donde se ha plantado, el mercado es meramente local.

Recientemente Dvorak (2003) apuntó la necesidad de crear un nombre comercial internacional a la especie, para ampliar aún más los mercados.



En los países donde la melina crece naturalmente, la madera generalmente está orientada a la producción de productos de bajo valor agregado, pero con alto consumo de madera en troza, entre las que destaca la producción de pulpa para papel y la producción de tableros. Sin embargo, como se señala anteriormente, Costa Rica es pionera en la utilización de esta madera como productos sólidos.

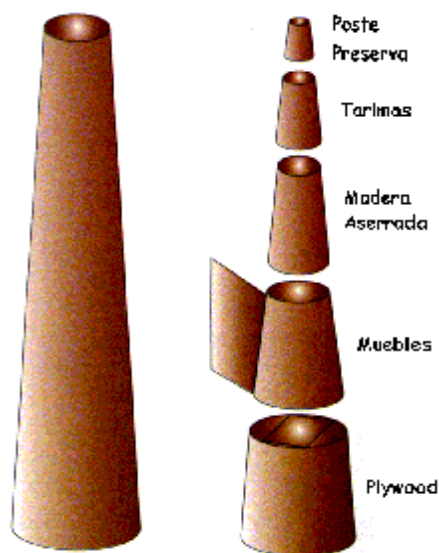
Por otra parte, estudios de mercados en países europeos, han encontrado que la melina presenta altas posibilidades de incursionar en productos de elevado valor agregado con amplia demanda en el mercado, tales como la producción de chapas y tableros, pero se presenta el inconveniente de dar sostenibilidad al mercado por la poca área plantada.

### **Mercado local**

La madera de melina es una de las especies reforestadas de mayor uso en la industria forestal en Costa Rica, y junto con la teca, son las especies reforestadas de mayor demanda en el mercado, con cerca de 20% (cerca de 225 mil metros cúbicos) de la madera consumida por los aserraderos.

Un aspecto importante de destacar del mercado de la melina es la capacidad de permanecer en el mercado local ante una serie de tratados de libre comercio establecidos por Costa Rica con países con amplia tradición forestal como el caso de Chile, Canadá y más recientemente con los Estados Unidos.

A pesar de esta competencia, en Costa Rica la madera de melina posee una amplia variedad de usos, y lo más importante de ello, es que estos se encuentran categorizados para las diferentes partes del árbol, en la cual las partes bajas del árbol se obtienen los productos de mayor valor agregado y en la parte alta los de menor valor.



Esquema de utilización de un árbol de melina en Costa Rica.



El mercado de la melina en el pasado se limitaba a la fabricación de productos de muy bajo valor agregado, principalmente tarimas, lo cual le dio una etiqueta de “madera para embalaje” a la especie, sin embargo, en la actualidad se está empezando a posicionar en mercados con mayor valor agregado y alto consumo. Este éxito, no sólo se dio por la abundancia de materia prima, sino que la madera presenta una serie de bondades, entre las que se destacan las siguientes:

**Madera de plantación forestal:**

La melina fue plantada en el pasado con el fin de producir materia prima sostenible para el sector de la construcción, la industria del mueble y otros usos. Además de que representa una excelente opción para disminuir la presión sobre los bosques naturales del país ya que tiene turnos de rotación entre 8 y 12 años.

**La madera clara:** Presenta un color amarillento pálido, en ocasiones con tonalidades blancas, amarillas, cremas y rosadas. Existe poca diferenciación de color entre albura y duramen, lo que hace que el color de la madera sea uniforme. Esta característica junto con sus propiedades físicas y buena trabajabilidad, la convierten en una especie con gran potencial en el mercado nacional e internacional.

**Moderadamente liviana:** La melina posee un peso específico básico entre 0.38 y 0.45, lo que la cataloga como liviana a moderadamente liviana. No obstante, a pesar de esta característica, la madera posee buena resistencia, haciéndola apta para la fabricación de una gran variedad de productos.

**Estabilidad dimensional:** Una vez que la madera estabiliza el contenido de humedad, mantiene sus dimensiones aún cuando se presenten cambios de humedad relativa y temperatura en el ambiente.

**Fácil de trabajar con herramientas manuales:** La madera de melina debido a su bajo peso, buen comportamiento estructural, facilidad de cortar, cepillar, lijar, clavar y atornillar, hace que sea fácilmente procesada, tanto de manera industrial como manualmente.

**Versatilidad:** En la actualidad debido a su abundancia la melina ha incursionado en una gran variedad de productos, que van desde elementos estructurales, hasta artesanías.



### Principales usos de la melina en Costa Rica

| Construcción                 | Muebles                | Otros                            |
|------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Cerchas                      | Archivadores           | Carretas de artesanía            |
| Columnas sólidas             | Bancas                 | Papel facial                     |
| Pisos y Decks                | Camas                  | Papel para imprimir              |
| Molduras                     | Cómodas                | Lápices                          |
| Mostradores                  | Juegos de comedor      | Tarimas                          |
| Puertas                      | Juego de sala          | Cajones para productos agrícolas |
| Rodapié                      | Mesas                  | Postes para cerca                |
| Tablilla                     | Sillas                 | Postes para construcción         |
| Vigas sólidas                | Sillones               | Fósforos                         |
| Vigas laminadas              | Trinchantes            | Paletas para helado              |
| Columnas laminadas           | Escritores             | Moldadientes                     |
| Tableros laminados           | Estantes para oficinas |                                  |
| Marcos de puertas y ventanas |                        |                                  |
| Contrachapado                |                        |                                  |

### Precios

#### Precios mundiales

Un importante trabajo realizado en Costa Rica (Gardino, 2001) establece que la melina puede incursionar en mercados de piezas para molduras y en la fabricación de chapas. En el primer tipo de mercado se establece rango de precios de US\$ 350-390/m<sup>3</sup> precio CIF (puesto en puerto de importación), lo que equivaldría a un precio FOB (precio en puerto costarricense) alrededor de US\$ 280-300/m<sup>3</sup>.

Sin embargo, para tener estos precios es necesario contar con buena calidad y dimensiones de trozas que son los requisitos establecidos por los compradores en los mercados internacionales.

Además de estos estudios, en general no se tiene reportados precios internacionales de melina, a excepción de los reportados para el mercado local de Indonesia que corresponde a un precio por troza de US\$ 95/m<sup>3</sup> (ITTO, 2003).

#### Precios locales

Los precios de la madera en Costa Rica son mayores que los encontrados en los mercados internacionales y dependen de: el producto que se trate, la región del país donde provienen las trozas, el mercado a que va dirigido y el grado de proceso de la madera. Sin embargo, a pesar de este mejor precio de madera en el mercado local, en los últimos años ha venido en franca disminución debido a la presencia de madera importada, con mejores condiciones de precio y de producto.



**Precio de trozas de melina en Costa Rica**

| <b>Trozas en patio*</b> | <b>Precio (US\$/m3)</b> |
|-------------------------|-------------------------|
| 15 - 20 cm diámetro     | 15                      |
| 20 - 25 cm diámetro     | 20                      |
| superior a 25 diámetro  | 25                      |

Fuente: \*Cámara Costarricense Forestal, 2003.

Por otra parte, el desarrollo histórico del precio de la madera de melina en Costa Rica muestra un crecimiento lento, desde 1995 hasta la fecha, en tres tipos de modalidades de comercialización: madera en pie, madera en patio de aserradero y madera aserrada. Sin embargo, es importante hacer notar que los precios a partir del año 2000 presentan una tendencia a mejorar, en particular en el precio de la madera aserrada.

**Precio de la madera de Gmelina arborea en cinco diferentes zonas del país. 2003.**

| ZONA           | DIAMETRO (cm) | EN PIE (\$/m3) | PATIO DE INDUSTRIA (\$/m3) | ASERRADA SIN CEPILLAR (\$/m3) |                 |
|----------------|---------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                |               |                |                            | Verde                         | Seca            |
| GUANACASTE     | 10 - 15       |                | 38,75 - 65,88              | 204,45                        | -               |
|                | 15 - 30       |                | 58,13 - 77,50              | 221,03                        | -               |
|                | > 30          | 13,95 - 19,38  | 85,25                      | 232,08 - 386,81               | -               |
| ZONA NORTE     | 10 - 15       | 6,2            | 29,45                      | 176,83                        | 303,92          |
|                | 15 - 30       | 7,75           | 38,75                      | 176,83                        | 303,92          |
|                | > 30          | 11,63 - 15,50  | 54,25                      | 221,03                        | 303,92          |
| P. CENTRAL     | 10 - 15       | 9,3            | 23,25                      | 132,62 - 154,72               |                 |
|                | 15 - 30       | 11,63          | 31                         | 165,77                        |                 |
|                | > 30          | 15,50 - 19,38  | 38,75                      | 193,4                         | 221,03 - 276,29 |
| ZONA ATLANTICA | 10 - 15       | 13,95 - 18,60  | 23,25 - 27,13              | 99,46                         | 110,52          |
|                | 15 - 30       | 13,95 - 18,60  | 31,00 - 34,88              | 110,52                        | 132,63          |
|                | > 30          | 19,38 - 25,58  | 42,63 - 46,50              | 132,63                        | 165,77          |
| ZONA SUR       | 10 - 15       | 9,3            | 19,38 - 23,25              | 99,46                         | 154,72          |
|                | 15 - 30       | 13,95 - 20,15  | 21,70 - 27,13              | 110,52                        | 171,3           |
|                | > 30          | 23,25 - 31,78  | 29,45 - 37,20              | 132,63 - 143,67               | 193,40 - 276,29 |

\*1\$= 418,04 colones al 31 de diciembre del 2003; CCF, 2004.



## ESTÁNDARES DE CALIDAD

### Estándares de calidad para madera en troza

En la comercialización de trozas se considera como factor más importante el diámetro de la troza, el cual determina el precio de la madera y se establecen las siguientes categorías:

- Ø **Diámetro menor 10 cm:** En la actualidad no es comercializada, ya que la tecnología existente no permite hacer el proceso de aserrío de forma comercial, y en algunas ocasiones es vendida para postes de cercas o varas de ranchos con un precio muy bajo.
- Ø **Diámetro de 10-15 cm:** Este aserrío es realizado generalmente en la misma plantación, dando como resultado un semibloque, el cual posteriormente es transportado a una industria para su aserrío. Respecto al precio de esta categoría, es el más bajo comparada con otras categorías.
- Ø **Diámetro de 16 a 22 cm:** Aserrío para la obtención de madera para tarima que generalmente es de precio bajo.
- Ø **Diámetro de 22 a 30 cm:** Principalmente aserrío para madera de construcción, madera para tableros y molduras y el precio tiende a mejorar respecto al anterior.
- Ø **Diámetro mayor a 30 cm:** Este tipo de trozas son las de mejor precio y es utilizado para la obtención de chapas y madera para la fabricación de lápices.

Después del criterio de diámetro, en la actualidad existen algunas empresas (sobre todo las que fabrican lápices y obtienen chapas) con criterios de calidad para la compra de madera en troza. De ellos, destaca la conicidad, la rectitud de la troza, presencia de ramas o nudos o el ataque de insectos.

Por su parte aquellos aserraderos no preparados para el procesamiento de la madera de plantación y que incursionan en el aserrío de la melina, utilizan el criterio tradicional para la comercialización de trozas proveniente del bosque natural, en el cual las trozas deben tener pocas rajaduras, sin presencia de daños por hongos o insectos, las trozas deben ser relativamente rectas y el diámetro no debe ser inferior 33 cm, que corresponden a las 10 pulgadas del cuarto de circunferencia del “sistema a mecate” utilizado para la medición de madera en troza.



### **Estándares de calidad para madera aserrada**

Al igual como sucede con la madera en troza en Costa Rica, el vendedor conviene con los clientes una determinada calidad de troza y a partir de la oferta y la demanda establecen un precio de comercialización. Sin embargo, en los últimos años algunas empresas han adaptado las normas de clasificación de madera aserrada de la Asociación Nacional de Maderas Duras (NHDA) de los Estados Unidos. Estas normas se caracterizan por que regula toda la actividad de compra en madera aserrada para el mercado de muebles.

También es posible encontrar la madera de melina comercializada junto con la madera procedente del bosque natural. Cuando esto ocurre se usan los mismos criterios de selección y categorías de la madera del bosque natural, los cuales consisten en dos categorías: la primera o segunda, la cual, simplemente se refiere al largo de la pieza, la primera es considera piezas con largos superior a las 2,5 m y la segunda donde el largo es menor a la dimensión antes mencionada.

### **Estándares de calidad para la producción de tarimas**

Este sector a pesar que fue uno en los que primeramente incursionó la madera de melina, carece de una metodología o normas, debido a que el productor y comprador establecen criterios de común conveniencia. Por ejemplo, en la empresa Industriales del Ambiente S.A. cuenta con los siguientes criterios para descartar una pieza a ser utilizada en una tarima:

- Piezas que no tengan el largo comercial, generalmente 1,10 y 1,22 metros, y espesor permitido (14 mm)
- Nudos muertos o vivos con más de 3 cm de diámetro.
- Reventaduras en los extremos de las tablas.
- Una cara de la pieza sin la presencia de la médula
- Piezas sin la presencia de la corteza

### **Estándares de calidad para otros productos**

Los tableros de madera sólida, son producidos por la técnica de finger joint. En Costa Rica la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica presenta 5 categorías para estos productos: premium PP, premium PS, premium PN, select SS, select SN y normal<sup>1</sup>, cada clasificación tiene establecida la cantidad y calidad de los defectos permitidos. Estos defectos fueron establecidos internamente por la empresa para tener el producto de venta en el mercado.

---

<sup>1</sup> Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A



## ***Demanda de madera y productos***

En el mercado de la madera aserrada en Costa Rica se distinguen varios tipos de mercados: construcción, tarimas, la industria del mueble y otros productos. El mercado de la construcción es el de mayor demanda (55% del total comercializado en el año) y representa una amplia gama de productos, seguido por la industria de muebles (con el 20%) y embalajes (con 20%) y por último otros mercados menos importantes (con el 5%), tales como chapas y aglomerados.

### **Productos principales comercializados en Costa Rica.**

| <b>Tipo de producto</b> | <b>Dimensión (pulgadas)</b>                                              | <b>Largo de comercialización</b> |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Tablilla                | $\frac{1}{2} \times 3$ , $\frac{1}{2} \times 4$ o $\frac{1}{2} \times 5$ | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Regla                   | 1 x 3                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Regla para marco        | 1 x 4                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Regla para plantilla    | 1 x 2                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Formaleta               | 1 x 12                                                                   | Preferiblemente de 4 varas       |
| Cargadores              | 1 x 5                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Alfajilla o cadenillo   | 2 x 5                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Piso                    | 1 x 3, 1 x 4 o 1 x 5                                                     | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Rodapié                 | $\frac{1}{2} \times 3$ , $\frac{1}{2} \times 4$ o $\frac{1}{2} \times 5$ | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Corniza                 | 1 x $\frac{1}{2}$ , 1 x 1                                                | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Cuarto redondo          | $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ , 1 x 1                                 | De 1 varas hasta 4 varas         |

La demanda y cantidad de cada uno de estos productos depende de muchos factores, entre ellos destaca la época del año. En verano suele venderse mayor cantidad de madera debido a que ocurre una reactivación del sector de la construcción. La demanda de cada uno de estos productos, no está establecida con exactitud para todo el país, sin embargo, en un estudio realizado durante el año 2000 por parte de la Universidad Nacional se estableció que el 35,5% de los aserraderos encuestados en la Meseta Central respondieron que la tablilla es el producto de mayor demanda, seguido de la regla (19,4%), formaleta (16,1%) y las vigas para artesanado (13,0%).

En este mismo trabajo, se estableció que las especies de plantación más solicitadas en los aserraderos son la melina (35%), seguido del laurel (19%), pino (16%) y teca (16%). En el caso de la melina, está siendo preferida por muchos consumidores debido a que tiene gran variedad de usos, desde productos de alto valor agregado como muebles hasta de menos valor, como la madera simplemente aserrada.



## Canales de comercialización

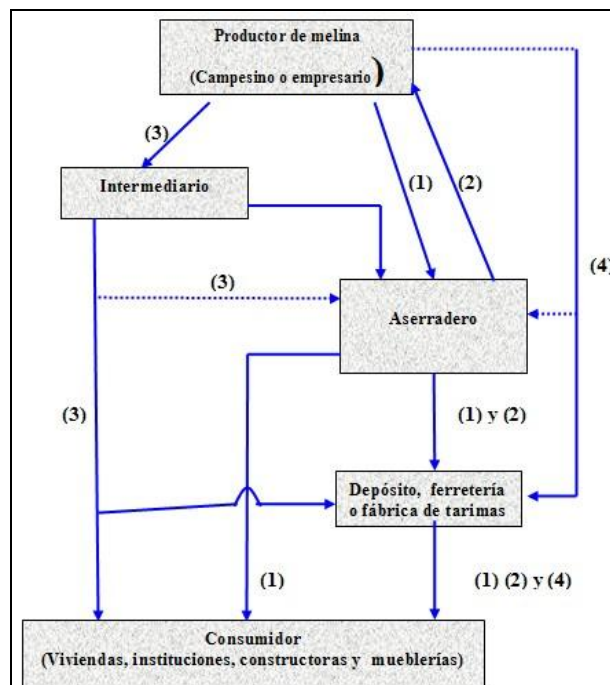
### Canales de comercialización internacionales

La melina crece naturalmente en la parte inferior de Asia y generalmente su mercado es y limitado localmente, sin embargo algunas exportaciones de esta madera son realizadas principalmente a los Estados Unidos. Es por esta situación que no existen canales de comercialización bien establecidos como lo tienen otras especies tales como los pinos, eucaliptos o la teca.

En el caso de Costa Rica cuando ha existido una comercialización internacional su venta ha sido hecha por el empresario forestal que tiene su propia materia prima. La madera es llevada a un distribuidor en el país que se caracteriza por ser pequeño, ya que la cantidad de madera que puede exportar de Costa Rica es muy reducida.

### Canales de comercialización nacional

La comercialización nacional de la melina en términos generales es realizada usando los mismos canales que el resto de las maderas provenientes del bosque natural, en la cual la madera llega al consumidor de 4 diferentes maneras:



**Comercialización de la madera de melina en el mercado local de Costa Rica.**

Nota: El número entre paréntesis indica el canal de comercialización y línea punteada indica servicio de aserrío



1. La forma más utilizada de comercializar la madera de melina en Costa Rica consiste en que el productor hace la transformación de trozas en productos comercializables y posteriormente llega directamente al consumidor o bien a través del depósito, ferretería o fábrica de tarima. Esta forma de comercializar se caracteriza por que se está eliminando los intermediarios.
2. El dueño de aserradero compra las trozas de melina, hace el proceso de transformación y la coloca en el depósito de madera o ferretería o el fabricante de tarimas, que puede ser propio o de una segunda persona, para que este se encargue de comercializar el producto. En los últimos años, esta forma de comercializar la madera esta ganando terreno debido a que muchos aserraderos se instalaron sin contar con una materia prima propia, o en otros casos los aserraderos se sobredimensionaron en producción para la materia prima que contaban en sus plantaciones.
3. Un intermediario (camionero u otro) compra la madera, realiza el aprovechamiento, paga el servicio de aserrío y realiza la venta a un depósito de madera o bien al consumidor o una pequeña fábrica de producción de tarimas. Esta forma de comercializar fue adoptada fácilmente por aquellas personas que comercializaban la madera de bosque natural.
4. Un dueño de la ferretería o depósito de madera va al bosque, compra los árboles, paga el servicio de aserrío y realiza la venta de madera. Esta forma es la menos frecuente de encontrar.

Por otra parte, en el desarrollo de la comercialización de la madera de melina se ha notado que los productores recurren a productos más tecnificados y a una comercialización más planificada, como lo hacen los demás productos de construcción civil.

Dos hechos fundamentales marcan este comportamiento: por un lado se ha apreciado la existencia de unidades de comercialización en las empresas productoras de madera y la existencia de productos con marcas registradas, por ejemplo Vigamel®, Plymel® o Tablamel®.

También es posible encontrar sitios en Internet para el comercio de madera, por ejemplo el sitio MundoForestal.com, que distribuye semanalmente un boletín con madera disponible para la venta donde se presentan las empresas o personas dispuesta a vender o comprar madera, sea en troza o madera aserrada.



## *Productores y consumidores*

Los productores (reforestadores) de melina se ubican en todas las áreas bajas del país, altitud menor a 600 metros. Sin embargo, tres regiones son las de mayor producción:

- **Zona Norte:** En esta región la cantidad de productores no es mucha pero se concentra la mayor cantidad de área reforestada en el país, lo que indica una oncentración de área en pocas empresas. A pesar de ello, se encuentran organizaciones bien consolidadas con extensiones que no sobrepasan las mil quinientas hectáreas por organización, entre la que destaca CODEFORSA.
- **Pacífico Sur:** En esta región la mayor cantidad de área reforestada pertenece a una sola empresa con cerca de 12 mil hectáreas, realizando ella misma la comercialización de las trozas. También se presentan organizaciones de ayuda a campesinos (Centros Agrícolas) con una cantidad de madera de melina que no sobrepasa entre ellas las 2 mil hectáreas.
- **Pacífico Norte:** En esta región los productores son campesinos con áreas reforestadas muy pequeñas y no sobrepasa en la mayoría de los casos las 10 hectáreas. Estos productos se encuentran organizados en entes no gubernamentales (ONG), entre los que destacan los Centros Agrícolas.

El establecimiento de plantaciones en estas tres regiones de Costa Rica ha permitido que el desarrollo industrial se concentre en estas áreas para procesar o aserrar casi en su totalidad trozas de melina.



**Industrias de aserrío de madera de plantación y fuentes de materia prima.**

| Zona del país                  | Nombre de la Industria             | Consumo (m <sup>3</sup> /año) | Procesa melina* | Tipo de fuente de materia prima* |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| <b>Región Huetar Norte</b>     | Maderas Cultivadas de Costa Rica   | 35,000.00                     | Sí              | Propia                           |
|                                | Flor y Fauna                       | 20,000.00                     | -               | Propio                           |
|                                | Sociedad Maderera Florencia        | 12,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Forestales San Clemente            | 11,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero El Gavilán              | 10,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Maderas de Cutris                  | 4,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Claudio Moreira                    | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Isifredo Vargas         | 3,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Aserradero de Manuel Alvarado      | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero de Javier Alfaro        | 2,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Reforestaciones El Jardín          | 2,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | 25 Aserraderos (caseros y móviles) | 25,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>129,000.00</b>             |                 |                                  |
| <b>Región Huetar Atlántica</b> | Buen Precio (TICABAN)              | 6,000.00                      | -               | Propio                           |
|                                | Proforca (Limón)                   | 5,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Agroforestales La Fortuna          | 5,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | ENVACO Forestal (Guápiles)         | 3,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Peltón Forestal (Guápiles)         | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 5 Aserraderos (caseros y móviles)  | 5 000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>26,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>Zona Sur</b>                | Faber Castell (MADERIN)            | 10 000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Von moos                | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Agrícola San Ignacio    | 5,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 3 Aserraderos pequeños             | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>20,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>Guanacaste</b>              | Comer. de Maderas Reforestadas     | 6,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | C.A.C. Hojancha                    | 4,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Santo Cristo de Esquipulas         | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Forestales Solimar                 | 4,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 5 Aserraderos pequeños             | 5,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>22,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>TOTAL</b>                   |                                    | <b>197,000.00</b>             |                 |                                  |

Fuente: Carrillo, 2001 y \*Elaboración propia

Es importante hacer notar que cerca del 50% de los aserraderos instalados, la materia prima (trozas) no pertenece a los dueños de los aserraderos, por lo que es un indicativo de que una gran cantidad de madera está siendo vendida a aserraderos para que ellos realicen la comercialización.

***Costos e ingresos esperados***

Los costos de aserrío y utilidades en un proceso de aserrío por tratarse de madera de plantación dependen mucho del diámetro de la troza y del tipo de maquinaria utilizada, no obstante, diferentes estudios para líneas de producción especializadas en madera de diámetros menores muestran algunos costos e ingresos obtenidos con madera de melina :



- Una sierra circular doble, una reaserradora y una línea de recuperación de costillas los costos de aserrío son de US\$ 48 por m<sup>3</sup> y la utilidad esperada por metro cúbico es de US\$ 95 para 1997.
- Un aserradero de cinta, con diámetros de los volantes de 90 cm de diámetro se tiene los costos y utilidades mostrados en el siguiente cuadro, para diferentes clases diamétricas para el año de 1997.

**Costos y utilidades en servicios de aserrío con madera de melina en un aserradero de cinta**

| <b>Categoría de diámetro (cm)</b> | <b>Utilidad (\$/m3)</b> | <b>Costos de aserrío (\$/m3)</b> |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 15-20                             | 19.75                   | 310.51                           |
| 20-25                             | 22.14                   | 268.63                           |
| 25-30                             | 42.40                   | 248.36                           |
| 30-35                             | 57.92                   | 232.83                           |
| 35-40                             | 75.90                   | 162.41                           |

- Una sierra de cinta con un carro automático se tiene que los costos son de US\$ 40 por m<sup>3</sup> y utilidad de US\$ 82,7/m<sup>3</sup> (Brenes, 2003).



## Bibliografía

- Alfaro, M.; Herrera, M. 1999. Precios de la madera en Costa Rica. Desde el Bosque; Órgano Informativo de la Cámara Costarricense Forestal. Año 2. No. 2. San José. Costa Rica.
- Arias, G. y Zamora, N. 1999. Diagnóstico de las oportunidades o amenazas para el proceso de reforestación nacional que implicaría un tratado de libre comercio con Chile. COSEFORMA- Cámara Costarricense Forestal y Programa global de bosques. San José. 29 p.
- Barrantes, G. 1997. Rendimiento y rentabilidad del aserrío de madera de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* en el aserradero del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 61.
- Bolaños, P. 2002. La cabería en un proceso de aserrío de trozas de melina. Boletín Las maderas de plantaciones. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2(2): 7.
- Brenes, R. 2003. Control de producción, costos y rendimientos del Aserradero Brenes S. A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 116 p.
- Cámara Costarricense Forestal (CCF). 2002. Lista de precios de 1995-2002. Desde el bosque. Órgano Informativo de la Cámara Costarricense Forestal. San José. Costa Rica. 1 p.
- Carrillo, O. 2001. Situación de la Industria Forestal Costarricense. Proyecto Mercado e Industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales (TCP/COS/006A). FAO. Costa Rica. 23 p.
- Dvorak, W. 2003. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 18 p.
- FAO, 2003. Situación de los bosques del mundo 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma. 154 p.
- Gardino, P. 2001. Estudio de mercado de productos forestales Posibilidades de exportación de melina y teca de Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)- Costa Rica. Proyecto: TCP/COS/006(A): Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales.



- González, G. 2003. Clasificación de madera de melina en Costa Rica. Boletín de las maderas de plantaciones forestales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 3(1): 6.
- Itto, 2003. Tropical Timber Market Report 1 – 15<sup>th</sup> March 2003. International Tropical Timber Organization. Japan. 25 p.**
- Leandro, R. 2000. El consumo de madera en el Valle Central de Costa Rica. Universidad Nacional, Cámara Costarricense Forestal y Oficina Nacional Forestal. San José. 73 p.
- Marx, C. 2002. La situación forestal en América Latina y el Caribe. Memoria del Congreso Forestal Latinoamericano. Guatemala. 17-28 p.
- Moya, R.; Leandro, L. y Monge, F. 2003a. Bondades de la madera de melina 1. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R.; Leandro, L.; Córdoba, R.; Serrano, R. y Monge, F. 2003b. Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*). Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* in Costa Rica. Bios et Forêts des Tropiques 279(1): 47-57.
- Pérez, R. y Carvallo, O. 2004. Production of semi-chemical pulp and high yield kraft for the fabrication of medium and liner papers from the wood of *Gmelina arborea* grown in Venezuela. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 10 p.
- Sage, L.F. y Quirós, R. 2001. Análisis comparativo de competitividad. Documento técnico preparado como componente del Proyecto TCP/COS/006(A) "Mercadeo e Industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales" Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. San José. 30 p.
- Sánchez, E. 1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del aserradero San Gabriel, Florencia, San Carlos. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 77 p.
- Vallejos, O. 1998. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edáficas y foliares para *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 113 p.
- Vindas, F. 2003. Consideraciones en la calidad de las trozas en la empresa Eco Woods Maderín Eco. Boletín de las maderas de plantaciones forestales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 3(1): 6.





**MANUAL PARA PRODUCTORES DE MELINA**  
***Gmelina arborea* EN COSTA RICA**



**Freddy Rojas Rodríguez**  
**Dagoberto Arias Aguilar**  
**Róger Moya Roque**  
**Alejandro Meza Montoya**  
**Olman Murillo Gamboa**  
**Marcela Arguedas**  
**Gamboa**

**Cartago, 2004**

# Contenido

## Capítulo 1: Botánica y ecología

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Resumen.....                      | 3  |
| Nomenclatura.....                 | 4  |
| Ecología y silvicultura.....      | 4  |
| Descripción de la especie.....    | 12 |
| Sitios óptimos de desarrollo..... | 15 |
| Usos recomendados .....           | 18 |
| Bibliografía.....                 | 21 |

## Capítulo 2: Establecimiento de plantaciones

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Resumen.....                           | 26 |
| Características de la semilla.....     | 27 |
| Mejoramiento genético.....             | 30 |
| Producción de plántulas en vivero..... | 35 |
| Selección de sitios de plantación..... | 38 |
| Preparación de sitio.....              | 41 |
| Bibliografía.....                      | 44 |

## Capítulo 3: Manejo de plantaciones

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Resumen.....                          | 50 |
| Deshijas.....                         | 51 |
| Podas.....                            | 51 |
| Aclareos.....                         | 54 |
| Evaluación de calidad de sitio.....   | 62 |
| Manejo de rebrotes.....               | 67 |
| Control de plagas y enfermedades..... | 70 |
| Edad de rotación.....                 | 77 |
| Estimación del volumen en pie.....    | 78 |
| Crecimiento y rendimiento.....        | 81 |
| Bibliografía.....                     | 83 |



## Capítulo 4: Aprovechamiento de plantaciones

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen.....                                                   | 89  |
| Aprovechamiento forestal como operación silvicultural.....     | 90  |
| Objetivo de la cosecha .....                                   | 90  |
| Sistema de cosecha.....                                        | 91  |
| Red vial.....                                                  | 93  |
| Corta dirigida.....                                            | 96  |
| Arrastre.....                                                  | 99  |
| Troceo, clasificación y apilado.....                           | 103 |
| Carga.....                                                     | 107 |
| Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema..... | 109 |
| Consideración final .....                                      | 109 |
| Bibliografía.....                                              | 110 |

## Capítulo 5: Industrialización y usos

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Resumen.....                                 | 113 |
| Propiedades de la madera.....                | 116 |
| Comportamiento en procesos industriales..... | 120 |
| Bibliografía.....                            | 131 |

## Capítulo 6: Mercadeo y comercialización de la madera

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Resumen.....                       | 138 |
| Mercado.....                       | 139 |
| Precios.....                       | 142 |
| Estándares de calidad.....         | 144 |
| Demanda de madera y productos..... | 146 |
| Canales de comercialización.....   | 147 |
| Productores y consumidores.....    | 149 |
| Costos e ingresos esperados.....   | 150 |
| Bibliografía.....                  | 151 |



## Créditos

El manual para productores de melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica correspondió a una consultaría efectuada por el Centro de Investigación en Integración Bosque Industria de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica para el Proyecto FORESTA del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

Participaron en la escritura, revisión y apoyo a la obra las siguientes personas:

- M. Sc. Freddy Rojas Rodríguez, Coordinador del equipo, escritura de los capítulos 1 y 2.
- Dr. Olman Murillo, colaborador en la escritura del capítulo 2.
- Dr. Dagoberto Arias Aguilar, Coordinador y escritura del capítulo 3
- M. Sc. Marcela Arguedas, colaboradora en la escritura del capítulo 3.
- M. Sc. Alejandro Meza Montoya, escritura del capítulo 4.
- M. Sc. Róger Moya Roque, escritura de los capítulos 5 y 6.

### Colaboraron en la obra

- Rosa Elena Navas, estudiante de la Escuela de Ing. Forestal del ITCR (recuperación de información).
- Heidy Chavarría, estudiante de la Escuela de Ing. en Biotecnología del ITCR (recuperación de información).
- Allan Montoya Maroto, estudiante de la Escuela de Ing. Forestal del ITCR (recuperación de información, corrección de estilo y diseño).
- Manuel Hernández Becerril (aporte de información).

**Fotografías:** M. Sc. Freddy Rojas, M Sc. Róger Moya, M. Sc. Marcela Arguedas, y Dra. Ana Abdelnour.



# Capítulo 1

## Botánica y ecología



Autores: M.Sc. Freddy Rojas Rodríguez  
Dr. Olman Murillo Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



# Contenido

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>Nomenclatura.....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>Ecología y silvicultura.....</b>      | <b>4</b>  |
| <b>Descripción de la especie.....</b>    | <b>12</b> |
| <b>Sitios óptimos de desarrollo.....</b> | <b>15</b> |
| <b>Usos recomendados .....</b>           | <b>18</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                 | <b>21</b> |



## Resumen

***Gmelina arborea*** Roxb. de la familia Verbenaceae, es una especie forestal de rápido crecimiento y una de las pocas que en nuestro país ofrece amplias posibilidades para el desarrollo de reforestaciones industriales, debido entre otros aspectos a su rápido crecimiento, su relativa facilidad de manejo, sus propiedades adecuadas tanto físicas como mecánicas y la versatilidad de usos de la madera.



# Botánica y ecología



## Nomenclatura

**Nombre científico:** *Gmelina arborea* (Roxb.)

**Familia:** Verbenaceae

**Sinónimos:** *Gmelina arborea* Linn

**Nombres comunes:** En América tropical se le conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yemane y en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir tree, malay beechwood, snapdragon, teca blanca, yemani (Birmania), so, so-maeo (Tailandia), kumhar, sewan (Pakistán), shivani (Indias central), gamar (Bangladesh).

**Variedades:** Han sido reportadas tres variedades de la especie: *Gmelina arborea* var. *arborea*, *Gmelina arborea* var. *glaucescens* y *Gmelina arborea* var. *canencens*, y su mayor diferencia está dada por su distribución natural.

**Observaciones taxonómicas:** El género *Gmelina* fue descrito por Linneo en 1742 y la especie *arborea* fue descrita por Roxburg en 1814.

## Ecología y silvicultura

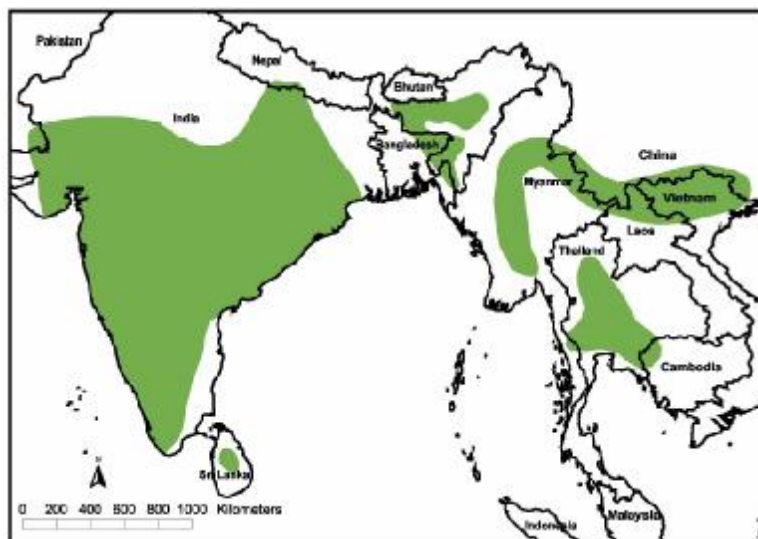
### Distribución natural:

En su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos. Se encuentra en forma natural principalmente en las selvas mixtas de Birmania, asociado con *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, varias especies latifoliadas y bambúes. Su máximo desarrollo lo alcanza en los bosques más húmedos de Birmania, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta los 1260 m de altitud.

La *Gmelina arborea* es nativa de India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, sur de China, Laos, Camboya y Sumatra en Indonesia y es una importante fuente maderera en las regiones tropicales y subtropicales de Asia.

Naturalmente se desarrolla entre las latitudes 5° N -30° N, desde el sudeste asiático, incluyendo Pakistán hasta Camboya y China meridional.





Rango de distribución natural de *Gmelina arborea*.

Fuente: (Dvorak, 2003)

### Lugares de introducción a nivel mundial:

La especie ha sido introducida en muchos países tropicales incluyendo Filipinas, Malasia, Brasil, Gambia, Costa Rica, Burkina Faso, Costa de Marfil, Nigeria y Malawi; también es común en Cuba, Colombia, Brasil, Venezuela, Guatemala y en la zona tropical de México.

### Lugares de introducción en Centroamérica

En América Central existe un total de 225 000 ha de plantaciones forestales, de las cuales 52 000 ha (23%) han sido plantadas con melina (*Gmelina arborea*). Esta ha sido plantada con propósitos comerciales tanto en Costa Rica como en Guatemala. (Alfaro y de Camino, 2002).

El proyecto Madeleña del CATIE promovió en la década de los 90 el establecimiento de plantaciones con la especie en Panamá, Nicaragua, El Salvador y Honduras, pero principalmente con propósitos demostrativos y para producir madera y leña para consumo local.

En Guatemala, la plantación más importante pertenece a la Compañía Simpson, la cual estableció sus plantaciones con la meta de producir virutas para hacer pulpa. El área total plantada es de 3 100 has, sin embargo, la compañía está analizando la posibilidad de cambiar sus objetivos y producir trozas para madera para aserrío.

Hasta el momento la madera de melina en América Central, no compite con las especies nativas de bosque. Sin embargo, el aumento en las restricciones en el uso del bosque nativo ha provocado una reducción de la disposición de esa materia prima, originando la necesidad de buscar fuentes de maderas alternativas y la melina podría ser una posibilidad.



### Lugares de introducción en Costa Rica

La primera plantación de melina en Costa Rica fue establecida en la zona Atlántica en 1966 en Manila de Siquirres por la empresa Celulosa de Turrialba. El área de esta plantación era de 2.000 has y la semilla usada fue traída por Daniel Ludwig, de 20 diversos sitios en donde el árbol crecía naturalmente (en especial en Asia), este trabajo era parte de un ensayo de procedencias realizado para una empresa brasileña ubicada en Jari, Brasil (Lega, 1988 ).

A partir de entonces, en Costa Rica se ha presentado una clara preferencia por usar melina en proyectos de reforestación por presentar una rotación corta (10 - 12 años) que se traduce en un período corto de tiempo para recuperar la inversión inicial (Alfaro y de Camino, 2002).

Desde 1979 con la creación del programa de incentivos estatales en Costa Rica, la melina se consolidó como una de las principales especies empleadas en los programas de reforestación, debido a su buen desarrollo silvicultural. A partir de 1986 la especie comenzó a ser utilizada en proyectos a gran escala hasta alcanzar su máximo en 1993 con 9.500 has. En 1997 ya existían en Costa Rica 49.300 has plantadas, lo que representaba el 94% del área total reforestada con la especie en América Central y el 22% del total reforestada en la región.

Durante 1994 - 1997 el área plantada con la especie disminuyó apreciablemente, debido entre otras razones a la incertidumbre en la disponibilidad de financiamiento para los proyectos de reforestación, el largo periodo de recuperación de la inversión, los bajos rendimientos, la mala calidad del producto final y problemas de mercadeo de productos y subproductos (Alfaro y de Camino, 2002).

Por otra parte, la utilización de la melina como combustible no resultó una solución viable, debido a la baja capacidad calórica de la especie y, además, porque en Costa Rica el consumo de leña es bajo: solamente el 5% de todas las fuentes energéticas utilizadas en el país (Arce, 2001 citado por Moya, 2004).



| Año          | Area reforestada con melina<br>(ha) |
|--------------|-------------------------------------|
| 1979         | 8.8                                 |
| 1980         | 37.1                                |
| 1981         | 15.6                                |
| 1982         | 45.1                                |
| 1983         | 188.8                               |
| 1984         | 208.2                               |
| 1985         | 160.4                               |
| 1986         | 561.3                               |
| 1987         | 1 120.8                             |
| 1988         | 1 540.4                             |
| 1989         | 1 752.1                             |
| 1990         | 5 692.0                             |
| 1991         | 7 724.0                             |
| 1992         | 7 433.5                             |
| 1993         | 9 478.5                             |
| 1994         | 4 476.4                             |
| 1995         | 3 208.4                             |
| 1996         | 3 236.4                             |
| 1997         | 2 387.2                             |
| <b>Total</b> | <b>49 274.9</b>                     |

**Área en hectáreas plantada con melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica**

Fuente: (Alfaro y de Camino, 2002)

La falta de mercado de pulpa y leña obligó a buscar otros usos, y quizás por ello, Costa Rica sea en la actualidad uno de los pocos países en donde la especie está siendo utilizada como fuente de materia prima para madera aserrada, madera laminada, madera contrachapada, producción de muebles y postes rollizos preservados.

La experiencia generada con la madera de la especie en la fabricación de muebles de melina y estructuras de madera para la construcción han corroborado las grandes fortalezas en la especie en lo que a facilidad para trabajar y aceptación de tintes se refiere.



## Proyectos de reforestación con *Gmelina arborea* en Costa Rica

### Celulosa de Turrialba

Como se mencionó anteriormente, esta fue la primera plantación de melina establecida en Costa Rica en Manila de Siquirres en 1966 por la empresa Celulosa de Turrialba y se señala que fue la principal fuente de germoplasma para la propagación de la especie a nivel nacional y centroamericano.

### Ston Forestal

Ston Forestal pretendió inicialmente plantar 24 000 has en la zona Sur de Costa Rica, pero aunque solamente plantó 14 000 has, desarrolló un programa de investigación para *Gmelina arborea* que incluyó estudios sobre clasificación de sitios, nutrición vegetal, control de malezas, manejo silvicultural intensivo (podas, raleos) y un programa de mejoramiento genético, el cual tenía como objetivo mejorar la melina para producción de madera.

En 1992 la compañía tenía 3.400 clones seleccionados localizados en una finca de 15 has y ese mismo año comenzaron con pruebas de progenie, ya para 1993 la producción de semilla se mejoró porque empezaron a cosecharse los huertos semilleros, los cuales en 1994 produjeron 3.000 kilos de semilla y con ese material se establecieron las primeras plantaciones mejoradas; el resultado fue un volumen 22% mayor que el obtenido usando la semilla de los rodales semilleros; a partir de entonces la compañía solamente empleó semilla de los huertos semilleros para establecer nuevas plantaciones.

En 1995, melina de Tailandia, Birmania, la India y de una plantación en el Brasil fue introducida con el objetivo de ensanchar la colección genética de la compañía con el fin de mejorar la producción y la forma del árbol.

Según informes de Cooperativa de Mejoramiento Genético de México y Centro América (CAMCORE) la semilla producida por la compañía obtuvo los mejores resultados en ensayos en comparación con otras semillas de melina provenientes tanto de Costa Rica, como de Colombia, Venezuela e Indonesia.

Inicialmente esta compañía plantó melina para producir virutas, las cuales serían exportadas a los Estados Unidos en forma de astillas para la fabricación de papel; posteriormente hubo un cambio de dueños quienes orientaron el mercado a la madera aserrada, principalmente para suplir de material a la industria de tarimas y de materia prima a la compañía alemana Faber Castell, que comenzó a operar en el sur de Costa Rica en agosto de 1998.

La empresa ha pasado por varios períodos de inestabilidad financiera, además de varios dueños. A partir de 1999 es de capital costarricense y se vende madera en troza para tarimas y muebles a cualquier público.



### **Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A.**

Este proyecto pionero inicia en 1986 con el establecimiento de plantaciones de melina en el noreste de Costa Rica; actualmente posee 6.550 has de plantaciones (12.2% del área plantada en Costa Rica) y ha establecido en dicha región un complejo industrial para procesar la materia prima.

Cuando la compañía comenzó a cosechar en 1992, el producto fue utilizado para hacer las plataformas y para suplir las tarimas para la industria frutera de la región norte y atlántica del país.

En la actualidad la madera de mejor calidad es procesada en la industria de la compañía y vendida para la fabricación de muebles y construcción.

### **Centro Agrícola Cantonal de Hojancha**

Desde 1980, esta organización de productores ha incentivado la siembra, el manejo y la industrialización de plantaciones de esta especie en la península de Nicoya, centrando la atención en los siguientes cantones: Nicoya, Abangares, Santa Cruz, Nandayure, Hojancha y Jicaral.

Han sido grandes los esfuerzos que dicha organización ha realizado en materia de calidad de semilla y en mejoramiento genético y fue la primera en establecer varios rodales semilleros en la región.



**Árbol en rodal semillero de melina (*Gmelina arborea*) en Hojancha**





**Plantación de melina en la Zona Atlántica**



**Plantación de melina en la Zona Norte**





**Plantación de melina en Hojancha, Guanacaste**



**Plantación de melina mostrando regeneración natural**



## Descripción de la especie

La *Gmelina arborea* es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 m de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 m y con una copa cónica.

**Copa:** Presenta una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación su copa es densa y compacta.



**Árbol de melina creciendo a plena exposición**

**Corteza:** lisa o escamosa, de marrón pálida a grisácea; en árboles de 6-8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa.



**Corteza de melina**

**Raíz:** Presenta un sistema radical profundo, aunque puede ser superficial en suelos con capas endurecidas u otros limitantes de profundidad.

**Fuste:** Tiene un fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes pero en ocasiones engrosado en la base.

**Hojas:** Grandes (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes.

Usualmente, la especie bota las hojas durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen el marzo o a principios de abril.

**Hojas de árboles adultos de *Gmelina arborea*****Hojas de plántulas de *Gmelina arborea***

**Flores:** Numerosas, amarillo-anaranjadas, en racimos, monoicas perfectas, cuya inflorescencia es un racimo o panícula cimosa terminal, cáliz tubular, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario, de color amarillo brillante, cáliz 2.5 cm de largo y 4 estambres.

La floración ocurre justo cuando las hojas han caído o cuando las nuevas hojas comienzan a desarrollarse. En su área de distribución natural la melina florece los meses de febrero a abril.



En Centroamérica la floración se presenta, usualmente, entre diciembre y febrero pero en general, en América tropical florece de febrero a marzo, prolongándose en ocasiones hasta abril.

La *G. arborea* inicia su época de floración y fructificación entre los 6-8 años, sin embargo en algunas plantaciones en Costa Rica florece a partir del tercer año.



**Flores de *Gmelina arborea***

**Frutos:** Es un fruto carnosos tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnosos, succulentos, con pericarpo coriáceo y endocarpo óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en el que caen al suelo, lo que facilita su recolección.

Entre los frutos caídos naturalmente del árbol, los más indicados de recolectar son los de color verde amarillento, debido a que tienen el mayor porcentaje de germinación.



**Frutos verdes de *Gmelina arborea***



**Frutos maduros de *Gmelina arborea***



**Semillas:** Las semillas de esta especie se encuentran formando parte del endocarpo del fruto, son de forma elipsoidal, comprimidas, de 7-9 mm de largo; testa color café, lisa, opaca, membranosa, muy delgada; el embrión es recto, comprimido, de color amarillo-crema y ocupa toda la cavidad de la semilla; los cotiledones son dos, grandes, planos, carnosos y elipsoidales; la raíz es inferior y corta.



Semillas de *Gmelina arborea*

Hay de 1 a 4 semillas por fruto, con promedio de 2.2 semillas /fruto, aunque se ha demostrado que el número de semillas por fruto varía dependiendo del origen de la fuente semillera.

## Sitios óptimos de desarrollo

Los mejores sitios para melina se ubican en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes y los sitios con buenos contenidos de calcio y magnesio y los ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas.

Las plantaciones de melina no prosperan en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en esos sitios los árboles muestran características indeseables como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y aspecto arbustivo, por esta razón, se sugiere plantar esta especie en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical.



### Requerimientos ambientales

A continuación se presenta un cuadro que resume las necesidades ambientales para el buen crecimiento de la *Gmelina arborea* en nuestro medio.

| Parámetro ambiental                 | Ámbito                                                        |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Distribución altitudinal            | 0 – 900 (0-600) (msnm)                                        |
| Precipitación                       | 1000-4000 (2000-2500) (mm)                                    |
| Temperatura                         | 18-38 (24-29) (°C)                                            |
| Régimen de lluvia                   | 8-9 meses de lluvia con 3-4 meses secos                       |
| Temperamento                        | Heliófila                                                     |
| Zonas de vida                       | Bosque seco tropical, bosque húmedo y muy húmedo tropical     |
| Textura de suelos                   | Franca y franca arcillosa, no crece bien en suelos arcillosos |
| pH de suelos                        | 5-6                                                           |
| Topografía del terreno              | Terrenos planos a ondulados                                   |
| Pendientes del terreno              | No superiores a 30%                                           |
| Profundidad efectiva de suelos (cm) | Mínima de 60, óptima de más de 100                            |
| Pedregosidad                        | Preferiblemente en terrenos sin pedregosidad                  |
| Fertilidad                          | Prefiere suelos fértiles                                      |
| Resistencia a vientos               | Es una especie intolerante a vientos fuertes                  |
| Humedad del suelo                   | No soporta suelos inundados, ni siquiera en forma temporal    |

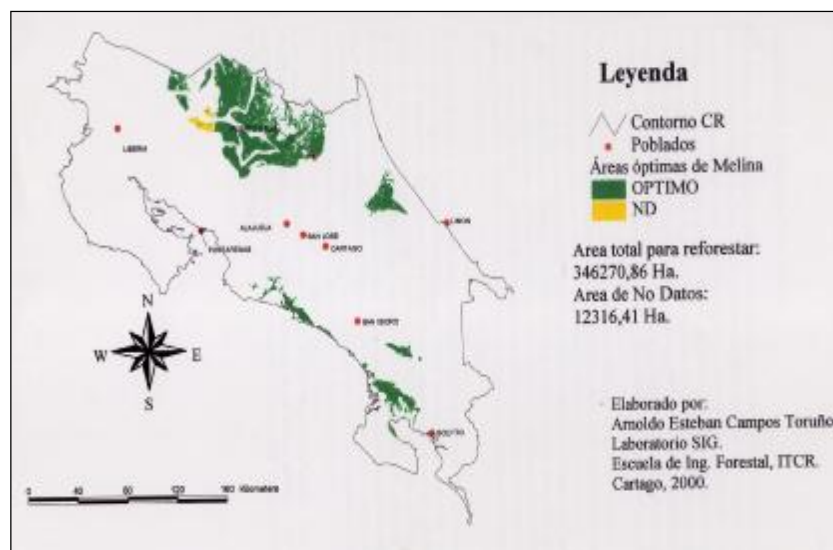
#### Necesidades ambientales para el buen crecimiento de la *Gmelina arborea*

Fuente: (Chavarría y Valerio, 1993, Webb, 1983)

Melina es una especie que geográficamente en nuestro país debería plantarse solamente en sitios como la región de San Carlos-Guatuso, Sarapiquí, en la parte central de la provincia de Limón, en la parte húmeda de la Península de Nicoya y en ciertas regiones de la zona sur del país.

Sin embargo, considerando factores económicos tales como la distancia máxima permitida a caminos, la distancia máxima permitida a industrias, la capacidad de uso de la tierra, la topografía y el uso actual, el área disponible para reforestaciones comerciales de la especie se circunscribe a las zonas señaladas en el mapa presentado a continuación.





### Zonas potenciales para plantaciones de *Gmelina arborea* en Costa Rica

ND: Zona no determinada por falta de datos.

Fuente: (Campos, 2000)



## Usos recomendados

**Características y propiedades de la madera:** La madera presenta un color amarillento pálido, en ocasiones con tonalidades blancas, amarillas, cremas y rosadas. Existe poca diferenciación entre albura y duramen, lo que hace que el color sea uniforme.



La melina muestra una escasa diferenciación entre albura y duramen

La madera de *Gmelina arborea* es relativamente liviana con una densidad de 420–640 Kg por m<sup>3</sup> y un valor calorífico de 4800 kcal por kg.

## Usos de la madera

La madera es utilizada para aserrío, construcciones rurales y construcción en general, tarimas, leña, muebles, artesanía, cajonería, pulpa para papel, contrachapados, embalajes, postes, tableros, carpintería, tableros y aglomerados.

En la construcción se utiliza en cerchas, columnas sólidas, pisos, molduras, mostradores, puestas, rodapié, tablilla, vigas sólidas, vigas laminadas, columnas laminadas, tableros laminados, marcos de puertas y ventanas y contrachapado (Moya, 2002).

En mueblería se utiliza en archivadores, bancas, camas, cómodas, juegos de comedor, juego de sala, mesas, sillas, sillones, trinchantes, escritorios y estantes para oficina.

Además se emplea para hacer artesanías, lápices, fósforos, paletas para helados y mondadientes.



### Otros usos de la especie

#### Asociaciones agroforestales

Por su virtud de rápido crecimiento, es una especie de uso múltiple que presenta gran potencial agroforestal, puede emplearse como cerca viva, cortina rompevientos y linderos maderables.

Por su ritmo de crecimiento tan acelerado no permite asociados con cultivos, a no ser que estos sean establecidos bajo la modalidad taungya, esto es que se siembren junto a la especie y por única vez, entre ellos destacan el maíz y el frijol.

Su leña es buena, quema sin humo pero deja muchas cenizas, su carbón es de calidad aceptable y es uno de los mejores árboles para pulpa y papel; sus hojas dan un forraje apreciado por el ganado, la corteza, raíces y frutos presentan propiedades medicinales, es una excelente especie melífera, y se puede plantar como ornamental.



**Tarimas de melina**





**Madera de melina para procesar**



**Diferentes tipos de juguetes y muebles contruidos con madera de *Gmelina arborea***



## Bibliografía

- Agrosoft Ltda. 2000. Gmelina arborea. Trees versión 2: Árboles tropicales y subtropicales de uso múltiple. Reporte de especie No. 4. Medellín, Colombia. 16 p.
- Alfaro, M. 2000. Melina la madera del futuro. En: Revista Forestal Centroamericana. Enero-Marzo. 29: 34-38 pp.
- Alfaro, M; de Camino, R. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central América. Editado por M. Varmola. FAO, Working Paper FP/20. Roma, Italia 18 p.
- Alizaga, R. y Herrera, J. 2001. Tratamiento pregerminativos en semillas de melina (*Gmelina arborea*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 14: N° 2. 52-58 pp.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). 1996. Latifoliadas zona baja. Santa Fe de Bogotá, DC, Colombia. 103 p.
- Dvorak, W. 2003. World view of *Gmelina arborea*, opportunities and challenges. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 18 p.
- Gamboa, J; Abdelnou, A. 1999. Micropopagación de Melina (*Gmelina arborea* ROXB). Agronomía Costarricense 23 (1): 69-76.
- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural. Vol 2. Santo Domingo, Rep Dom. Enda-Caribe y CATIE. 778p
- González, G, Moya, R. 2003. Proyecto Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales: Desarrollo tecnológico de vigas laminadas y encoladas en Costa Rica Panamá. 12 p.
- Instituto Nacional de Bosques. 2000. Manual técnico: Rendimiento y costos del procesamiento de frutos y semillas de 14 especies forestales. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 60 p.
- Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. 1992. Especies para reforestación: Melina *Gmelina arborea* Roxb. Verbenaceae Nota Técnica No. 4. Managua, Nicaragua. 3 p.
- Kijkar, S. 2002. *Gmelina arborea* Roxb. Association of South-East Asian Nations. Forest Tree Seed Center. Thailandia . Pág 476.



- Lega, F. 1988. Estudios de la forma de *Gmelina arborea* (Roxb). Análisis de las plantaciones de Manila. Tesis de MSc. CATIE. Turrialba. CR. 199 p.
- Murillo, O; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de Guías Silviculturales. CATIE. Turrialba, C.R. 69 p.
- Niembro, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y Estructura. LIMUSA. México, D.F. 285 p.
- Moya, R. 2000. Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales: Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*) ITCR. Cartago, CR. 120 p.
- Moya, R. 2002. Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales. ITCR, Cartago. 80 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* en Costa Rica. Bois et forêts des tropiques. No 279 (1) 47-58 p.
- Rojas, F. 2001. Viveros Forestales. San José, C.R. EUNED. 248 p.
- Pandey, S, Bisht, S, Jamaluddin. 2002. Pericarp colour: An indicator for seed quality in *Gmelina arborea* Roxb. *Indian Forester* 128 (4): 473-476
- Vásquez, W, Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No.256. Turrialba, Costa Rica. 33 p.
- Vozzo, J. 2002. Tropical Tree Seed Manual. United States of América. 899 p.
- Zeaser, D. 1998. Programa de mejoramiento genético de la Ston Forestal en la zona sur de Costa Rica. Seminario Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Zeledón, D. 2002. Evaluación de las características anatómicas de la madera de *Gmelina arborea* Roxb. creciendo en plantaciones de Costa Rica. Informe de Práctica de especialidad. ITCR. Cartago. 104 p.



## Capítulo 2

# Establecimiento de plantaciones



Autores: M.Sc. Freddy Rojas Rodríguez  
Ph. D. Olman Murillo Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                           | <b>26</b> |
| <b>Características de la semilla.....</b>     | <b>27</b> |
| <b>Mejoramiento genético.....</b>             | <b>30</b> |
| <b>Producción de plántulas en vivero.....</b> | <b>35</b> |
| <b>Selección de sitios de plantación.....</b> | <b>38</b> |
| <b>Preparación de sitio.....</b>              | <b>41</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                      | <b>44</b> |



## Resumen

En el establecimiento de una plantación de melina la selección del sitio es fundamental y se deben preferir aquellos suelos que sean profundos y con texturas areno-arcillosos.

Una estricta escogencia de la fuente de germoplasma (semilla o clon) determina en gran medida la productividad de la plantación.

El empleo de novedosos sistemas de producción de plantas (como el jiffy) y una adecuada preparación del sitio de plantación aseguran la sobrevivencia y la máxima productividad a nivel de plantaciones.



# Establecimiento de plantaciones de *Gmelina arborea*



## Características de las semillas

### Cantidad de semilla por kilogramo

Hay entre 900 y 1500 semillas por kilogramo, dependiendo de la fuente de germoplasma y se reportan 900 plantas reales por kilogramo de semillas a nivel de vivero.

### Calidad física de la semilla

Según la experiencia generada en el Banco de Semillas Tropicales (SETRO), en Honduras en cuanto a calidad física de semillas, se tiene que:

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Pureza:                       | 100%                             |
| Semillas puras por kilo:      | 1,500-1,600                      |
| Semillas viables por kilo:    | 1, 300-1, 400                    |
| Germinación:                  | 62% (promedio-semillas frescas). |
| Condiciones de almacenamiento | 4 <sup>0</sup> C, 60%.           |

### Almacenamiento de la semilla

La semilla de melina se considera ortodoxa, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del almacenamiento.

Para su almacenamiento se recomienda empacarla en bolsas plásticas selladas dentro de recipientes herméticos, ya que a temperatura ambiente la viabilidad se reduce rápidamente.

Se debe reducir su contenido de agua hasta un 6 y 10% (base húmeda) y almacenarla en un cuarto frío entre 3 y 5 °C para conservarla adecuadamente hasta por dos años.

La semilla de melina puede perder hasta 23% de su capacidad germinativa en 24 horas y reducirse prácticamente a 0% al cabo de una semana si las condiciones de transporte, manejo y acondicionamiento no son adecuadas.

### Fuentes de abastecimiento de semillas

En el país existen fuentes superiores de abastecimiento de semilla de calidad superior, por lo que de ningún modo se justifica la recolección de material de cualquier árbol.

El Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH), no solo vende semilla certificada a productores nacionales, sino también lo hace a grandes proyectos de reforestación a nivel nacional e internacional.



En la Zona Sur, la Compañía Ston Forestal tiene su propio programa de mejoramiento genético para producir la mejor semilla disponible de la región. La compañía exporta semillas de melina a diferentes países alrededor del mundo. El propósito principal del programa de mejoramiento es producir árboles con la mejor forma, de rápido crecimiento y alta densidad de la madera especialmente para productos sólidos.

### Recolección de la semilla

Al ser una especie barócora (la semilla madura cae por su propio peso) la recolección es muy fácil, pues simplemente con canastos se procede a la recolección de los frutos directamente en el piso de la plantación.

### Procesamiento de la semilla

Una vez que se recolectan los frutos, se procede de inmediato a procesarlos para obtener la semilla, esta actividad ya cuenta con una máquina confeccionada en el país y especializada para tal fin, muy similar a una chancadora de café, la cual da como resultado semilla limpia.

Una vez extraída la semilla se lava con agua limpia y se pone a secar; posteriormente se cura con un fungicida preventivo (Vitavax) y se procede al almacenamiento en cuarto fríos o a su uso inmediato (Jorge Vázquez, CACH, Comunicación personal, octubre 2003).



Semillas de *Gmelina arborea* en proceso de secado



### Tratamientos pregerminativos sugeridos

Es común en nuestro medio poner la semilla en agua por tres días y luego extenderla al sol, regándola todos los días hasta que inicie el proceso germinativo.

Una práctica recomendada en el Vivero Herpa SA. en Horquetas de Sarapiquí, consiste en dejar la semilla en agua durante la noche y ponerla al sol durante el día durante cinco días, luego de ese periodo, cuando las semillas muestren síntomas de pregerminación se procede a su siembra. Las semillas que floten en el agua deben ser descartadas del proceso.

El período de remojo no afecta de manera significativa el porcentaje, ni la velocidad de germinación de las semillas, sin embargo, las semillas grandes tienen un mayor porcentaje y velocidad de germinación que las semillas medianas y pequeñas, por lo que es recomendable sembrarlas separadas para reducir la variabilidad en el lote de plantas.

También se ha practicado sumergir la semilla en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y una vez fuera del agua se recubren con una capa de hojas secas de plátano o sacos de tela, previamente humedecidos y luego se debe remojar diariamente el lote hasta que la semilla muestre signos de germinación, la cual ocurrirá entre una a 3 semanas.

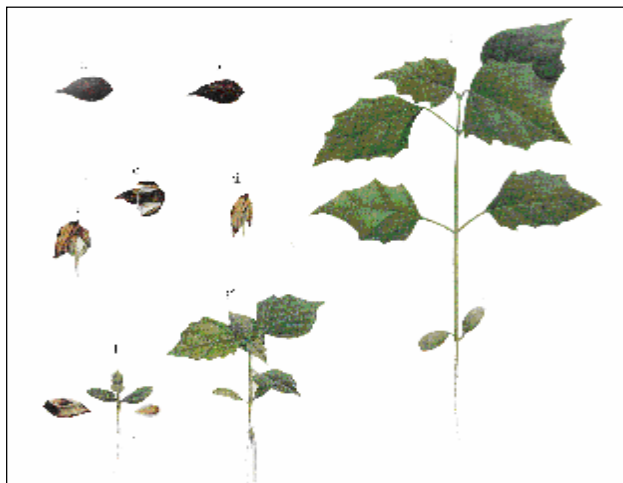
### Germinación de la semilla

La melina presenta una germinación epigea, primero emerge la radícula, luego surgen los cotiledones.

El porcentaje de germinación de la semilla fresca es elevado; sin embargo, después de estar almacenada por un año pierde un alto porcentaje de su viabilidad original. En la India se observó que el porcentaje de germinación de la semilla fresca fue de 90%, pero después de un año descendió hasta un 30%.

Para producir un kg de semilla de *melina* (*Gmelina arborea*) se necesitan aproximadamente 14 kg de frutos.





**Proceso germinativo de *Gmelina arborea*.**  
**a y b: fruto; c, d y e: proceso germinativo; f, g y h: desarrollo de plántula.**  
 Fuente: (Troup, 1921)

## Mejoramiento genético

### Mejoramiento genético de melina en Centroamérica

Los primeros programas de mejoramiento genético en la región centroamericana con esta especie fueron iniciados por el CATIE a finales de los años setenta. Este programa formó parte de un esfuerzo internacional para evaluar material procedente de procedencias nativas del sudeste asiático y razas locales desarrolladas en África y Brasil.

En Costa Rica, se había establecido un ensayo de procedencias en 1969, en Manila de Siquirres, en la zona Caribe del país, se presume que la mayor parte del material genético de esta especie existente en la región, provino de estas plantaciones

A finales de los años 80 el CATIE continuó con el mejoramiento genético de la melina y luego, el Centro Agrícola Cantonal de Hojancha, con el apoyo del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se convirtió en uno de los principales proveedores de semilla seleccionada en la región centroamericana, en donde el material producido provenía de una red de rodales semilleros.



A inicios de los años 90, algunas empresas reforestadoras de Costa Rica y Guatemala desarrollaron programas de mejoramiento genético a escala comercial, estableciendo los primeros huertos semilleros en la región y en los últimos 4 años se volvieron a retomar los programas de mejoramiento genético de melina en Costa Rica, donde la estrategia de mejoramiento cambió hacia la reforestación clonal.

### **Caracteres que pueden ser mejorados en melina**

La melina es una especie que responde muy bien a la selección estricta de árboles superiores o plus. Una vez que se ha realizado una cuidadosa selección de individuos, con buenas características de crecimiento, de calidad de fustes y de hábitos de ramificación, es posible lograr en una primera generación de mejoramiento progenies que superan en más de un 25% a sus progenitores.

Sin programas de mejoramiento genético, la melina presenta como una de sus principales limitantes, la baja calidad de fustes para la producción de madera sólida. Por lo tanto, un programa de mejoramiento genético con esta especie debe darle prioridad a mejorar características como la rectitud del fuste, ausencia de bifurcaciones, ausencia de reiteraciones, el ángulo de inserción de las ramas y el grosor de ramas. La tolerancia a enfermedades y la adaptación a suelos ácidos, deben también ser considerados como caracteres de la mayor importancia en todo programa de mejoramiento con melina.

En programas de mejoramiento es común que se incluyan caracteres relacionados con propiedades de la madera. Por lo general, se seleccionan árboles con base en su longitud de fibra y su peso específico básico, por ser los caracteres de mayor impacto económico.

### **Parámetros genéticos y potencial de mejoramiento genético**

#### **A nivel de procedencias**

Como primer paso en un programa de mejoramiento genético está la realización de ensayos de procedencias. Estos ensayos comprenden hoy día, por lo general, la evaluación de material procedente de poblaciones donde la especie habita en forma natural (denominadas procedencias o material de origen), así como material procedente de sitios donde la especie fue introducida con éxito (denominadas razas locales o procedencias derivadas).

#### **A nivel de árboles plus**

En programas de mejoramiento genético desarrollados en la India, se reporta que los árboles plus superaron en un 40% (altura total), 106% (altura comercial), 66% (dap) a la población original.



En la zona del Pacífico sur de Costa Rica, se seleccionaron 29 árboles plus de rebrotes de 3 años de edad, cuyas características superaron sustancialmente a la población base.



**Árbol plus de melina**

### **Edad de selección**

La edad de selección es de suma importancia por la posibilidad de reducir el tiempo de evaluación en campo del material. Se ha registrado con clones de melina, que es posible seleccionar con base en la altura total a los 9 meses de edad. Sin embargo, algunos caracteres cualitativos como rectitud, bifurcaciones y otros, aún podrían no haberse expresado satisfactoriamente a esa edad.

Si los objetivos de producción son el papel, combustible, tarimas u otros, con turnos de rotación esperados de 5-6 años, entonces sería posible seleccionar a los 2 años. Si los objetivos de producción son plywood, madera sólida para vigas, muebles u otros usos, con turnos de rotación esperados de 10-12 años, la recomendación es de seleccionar a los 3 años de edad.

### **Producción de material mejorado para establecer plantaciones comerciales**

La producción masiva de material mejorado para el establecimiento de plantaciones comerciales es posible realizarlo en dos vías:

- 1) Vía sexual (Huertos y rodales semilleros)
- 2) Vía asexual (jardines clonales)



En términos de mejoramiento, la vía clonal o asexual es la más indicada, dado que se logra capturar el 100% de la varianza genética. Además permite uniformizar la plantación y disminuir costos de manejo.

### **Vía asexual (reforestación clonal)**

La melina es una de las especies forestales de mayor facilidad de propagar vegetativamente. Es una especie con gran capacidad de rebrote y enraizamiento y no requiere de condiciones especiales para lograrlo.

En términos generales el protocolo de enraizamiento es como sigue:

1. Se cosecha cada quincena, los brotes tiernos del tocón o de los rametos de árboles plus establecidos en el jardín clonal.
2. En algún sitio a la sombra, de cada uno de los brotes cosechados, se obtiene una o más estaquillas uninodales de unos 4-6 cm de longitud, dejando solamente una hoja original, que es reducida hasta aproximadamente 1/5 de su lámina. La base de la estaquilla se sumerge en el regulador de crecimiento AIB (1%) para acelerar y homogenizar su enraizamiento.





Preparación de estaquillas de melina para su enraizamiento (izquierda). Estaquilla de 30 días, lista para ser plantada. (Grupo Los Nacientes, San Carlos).

3. Las estaquillas deben sembrarse en bandejas dentro de un invernadero con paredes y techo de zarán (50-60% de control de luz) en un sustrato preferiblemente de aserrín viejo de la misma melina. Puede utilizarse también la arena como sustrato para el enraizamiento.
4. El proceso de enraizamiento tarda unas 2-3 semanas, pero es importante aclimatar y homogenizar en tamaño y desarrollo el material por al menos 1-2 semanas. Todo el proceso de reproducción con este sistema tarda unos 28-35 días.
5. La tasa de enraizamiento oscila de un 70 a un 90%, según el clon, el manejo del jardín clonal y de las condiciones de enraizamiento en el invernadero.
6. Los jardines clonales se establecen en parcelas individuales, a un distanciamiento de 0,4 x 0,4 m y se fertilizan con fórmulas completas, unos 3 días después de cada cosecha de brotes.
7. Las dimensiones de cada una de las parcelas clonales en el jardín clonal dependen de la tasa de plantación anual de la organización, o de la demanda de material en la zona. De un rameto maduro y en plena producción (1 año de establecido) es posible obtener de 6-8 estaquillas útiles/mes. Por lo tanto, en una parcela con 13 x 14 rametos (182 en total), en un área de 5,2m x 5,6m (30 m<sup>2</sup>), es posible producir 1111 plantas/mes.



### Vía sexual (Huertos semilleros)

La reproducción con semilla ha sido ampliamente utilizada con esta especie en el país. Consiste básicamente en dos posibles categorías de fuentes semilleras: 1) Rodales semilleros a partir de plantaciones de muy alta calidad; 2) Huertos semilleros a partir de árboles plus a) injertados o clonados, ó b) ensayos de progenie.

Los Huertos semilleros son plantaciones especiales, cuyo objetivo principal es la producción abundante de semilla. Por lo tanto, deben establecerse en ambientes donde se favorezca la floración y formación de frutos. Se busca la conformación de una copa amplia para lograr un mayor potencial de aparición de flores. Se aplican podas al meristemo dominante para ampliar el área de copa y se plantan los árboles plus a distanciamientos desde 6 x 6m hasta 10 x 10 m.

En cualquiera de las categorías de fuente semillera descritas, con un buen manejo (podas y fertilización), los rendimientos esperados de semilla se estiman en 300 a 350 kg/ha/año. De un kg de semilla fresca es posible obtener alrededor de 900 plántulas útiles para plantación.

### Rebrotes de tocones

Esta técnica consiste en talar árboles seleccionados y esperar a que la especie rebrote. El corte del árbol debe hacerse lo más bajo posible debido a que los rebrotes más cercanos a la base serán los más juveniles.

La *G. arborea* es una especie que rebrota de forma prolífica y vigorosa, es decir, se puede obtener un gran número de rametos por clon desde el inicio, requeridos para ensayos clonales o incluso para iniciar las plantaciones operacionales.

### Rebrotes en pie

Consiste en estimular la regeneración de rebrotes en árboles en pie, cortando la corteza, normalmente en forma de V invertida, en la base del árbol, esta técnica funciona en *G. arborea* e incluso ocurre a veces en forma natural cuando se ocasionan heridas accidentales en la base del árbol.

## Producción de plántulas en viveros

### Sistemas de producción de plántulas

La propagación de *G. arborea* para el establecimiento de plantaciones puede realizarse por medio de semillas o estacas enraizadas. Los proyectos pequeños de reforestación y agroforestería tienden a usar semillas para establecer la plantación, mientras que los grandes proyectos con programas de mejoramiento desarrollan el uso de estacas enraizadas.



La viverización de melina en el caso de Costa Rica, ha pasado por cinco sistemas de producción significativamente importantes y muy diferentes. El primer modelo fue desarrollado en Hojancha y perdura hasta la fecha y consiste en producir las plántulas en pseudoestaca en la modalidad de almacigales, una tecnología muy práctica y muy aceptada en la región.

Un segundo sistema de producción fue desarrollado por Ston Forestal y consistió en el empleo de potes de papel, tecnología avanzada para la época, y exclusiva de dicha empresa.



**Almacigo de melina en Hojancha**

CODEFORSA en Pital de San Carlos gesta un tercer sistema, denominado bandejas de estereofón, el cual se mantiene en forma exclusiva por la empresa hasta la fecha.



**Vivero de melina en bandejas de estereofón en CODEFORSA**



Recientemente se introdujo en el país el sistema jiffy o pellets el cual está siendo empleado en la actualidad en aquellos proyectos de reforestación con altos niveles tecnológicos y con adecuada programación (silvicultura clonal).



**Vivero empleando el sistema de jiffy en Horquetas de Sarapiquí**

Mientras todo esto sucede, la producción en la bolsa negra de polietileno de aproximadamente 300 ml de capacidad se mantiene como opción en el mercado.

Por otro lado, se pueden utilizar otras técnicas de propagación, como lo son el injerto y la propagación de estaca o *in vitro*.

### **Cultivo in vitro**

Un estudio realizado en Costa Rica demostró que más del 50% de las trozas de melina (*Gmelina arborea*) producidas en plantaciones de pequeña y mediana escala, son de regular a mala calidad, esta situación se debe entre otras causas, a que la semilla utilizada en los proyectos de reforestación es de mala y dudosa calidad, aun cuando se conoce su procedencia, ante situaciones como ésta, surgen las técnicas de mejoramiento genético forestal que buscan maximizar la productividad, reducir los costos, establecer plantaciones de calidad y ofrecer así diferentes bienes y servicios.

Por cultivo de tejidos, es posible reproducir este material en cantidades suficientes para ser evaluado genéticamente en el campo y posteriormente, iniciar los programas de reforestación basados en la silvicultura clonal.

Con el uso de técnicas de cultivo in vitro, se reporta que de un nudo de *Gmelina arborea* se pueden obtener 144 plántulas en 3 meses.





**Potencial *in vitro* de *Gmelina arborea***

**Fotografía A Abdelnour**

**Fuente: (Gamboa y Abdelnour, 1999)**

- a. Muestra explantes de melina obtenidos a partir de diferentes concentraciones de sales inorgánicas
- b. Muestra una planta de melina enraizada bajo condiciones in vitro.
- c. Plántula producida por micropropagación, después de 4 semanas de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

### Siembra de las semillas

Aunque la siembra directa es factible, por la germinación múltiple que presenta (hasta 3 semillas por fruto) es conveniente la siembra de las semillas en camas con un sustrato que contenga tierra común de vivero y arena de río en partes iguales, previamente esterilizados ya sea con sol (solarización) o con un producto químico o natural. El sustrato debe estar constantemente húmedo pero jamás encharcado o reseco. Para ello se recomienda el riego por nebulización usando gotas muy finas.

Las semillas se siembran en surcos a una densidad baja. No debe sembrarse muy profunda y debe cubrirse con una capa delgada de sustrato.



## Repique

Cuando las plántulas presenten un tamaño cercano a los 5 cm (del tamaño de un palillo de fósforo) se debe proceder al repique en horas tempranas de la mañana. Para esta labor se debe regar y aflojar el semillero y luego proceder a extraer cuidadosamente las plántulas, tomándolas con los dedos por las hojas y evitando el contacto con el tallo.

## Limitantes a nivel de vivero

Independientemente del sistema de producción, los principales problemas de melina en vivero son las hormigas, la podredumbre de la raíz (mal del talluelo) y la heterogeneidad en su crecimiento, para lo cual se recomienda el empleo de gasolina en forma de rocío en los caminos y nidos de los hormigueros, un estricto control de la humedad, tanto de riego como de lluvia (evitando excesos y déficit) y la separación la semilla por tamaño.

## Selección de sitios de plantación

En general existen tres factores que en forma consistente se deben tomar en cuenta para la selección de nuevas áreas a reforestar, ellos son: la posición topográfica del sitio, los contenidos de calcio y magnesio en el primer horizonte y el uso anterior del suelo.

## Necesidades de suelo

Se sugiere plantar melina en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical. Aunque existen reportes de excelentes crecimientos en suelos pobres en bases, alcalinos o ligeramente ácidos y de textura arcillosa o franco arcillosa, esto debido al fuerte crecimiento inicial que tiene la especie de establecerse en cualquier tipo de suelo, pero para mantener la tasa de crecimiento elevada y llegar a dimensiones satisfactorias requiere las condiciones antes sugeridas.

Los contenidos de calcio y magnesio deben ser mayores de 10 y 6 miliequivalentes por cien mililitros de suelo (meq/100ml de suelo) en el primer horizonte y el pH se debe encontrar entre 5 ó 6 de acidez.

Aunque *Gmelina arborea* se adapta a una amplia variedad de condiciones edáficas y sobrevive con facilidad en una gran variedad de tipos de suelo; entre ellos ácidos, calcáreos limosos, suelos rojos o arcillosos; su mejor desarrollo lo alcanza en aquellos cuyas texturas varían de arenosas a francas, profundos, de origen aluvial, húmedos, bien drenados y aireados y ricos en bases.





Melina creciendo en suelos ricos aluviales e inundables en Limón

En subsuelos pedregosos o concentraciones que limitan el desarrollo del sistema radical en profundidad los árboles sufren muerte descendente.

La melina es una especie exigente de suelos fértiles y es muy sensible a las variaciones dentro de áreas pequeñas, por lo tanto, si se desea plantar esta especie, es recomendable realizar análisis del suelo de 15 a 30 centímetros y una evaluación de la finca para asegurar el futuro de la nueva plantación.

### **Topografía**

En cuanto a la topografía, los mejores sitios son los planos u ondulados con una pendiente no mayor al 30%, sin pedregosidad y una profundidad efectiva mínima de 60 cm y óptima mayor a 100 cm, de poca pendiente y con baja humedad.

### **Requerimientos lumínicos**

Por ser una especie esencialmente heliófita, es intolerante a la sombra y necesita gran cantidad de luz para lograr un buen desarrollo.





**Plantación de melina en San Carlos**

### **Factores limitantes para el desarrollo de la especie**

No crece bien en suelos arcillosos, en pendientes superiores al 30% con problemas de baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica ya poca profundidad del suelo.

El crecimiento también se ve afectado en suelos superficiales, con capas endurecidas, impermeables y pedregosas, así como en suelos ácidos muy lixiviados o arenas secas.

Las plantaciones que prosperan en suelos erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en estas condiciones los árboles presentan características indeseables tales como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y con aspecto arbustivo.

Se ha encontrado que el viento afecta negativamente el crecimiento, y que la especie crece mejor en sitios ubicados en terrenos planos, al pie de las lomas, donde hay mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Además, la preparación del terreno previo a la plantación es un factor importante para el éxito de la plantación.

### **Otros factores a considerar**

Es susceptible a la competencia de malezas, en especial de gramíneas y enredaderas, pero sobre todo a pastos como *Medriaria*, *Melinis* y *Bracearia*.

Muchas plantaciones de melina han sido afectadas negativamente en su crecimiento por efecto del fuego y no soporta suelos compactados o inundados, ni siquiera en forma temporal y esto causa pudrición en raíces, amarillamiento foliar y muerte.



## Preparación del sitio

El terreno se prepara arándolo y rastrillándolo. Cuando se usa la forma mecánica en suelos compactados por el uso anterior, ya sea cultivos o la ganadería, se recomienda el alomillado para propiciar un mayor desarrollo radicular al proveer de aire al sustrato y a la raíz.

Si la topografía no permite el uso de maquinaria, se deben hacer una adecuada preparación de los hoyos donde se plantarán los árboles.



Preparación mecanizada de sitios para plantar melina

## Densidad de plantación

El espaciamiento empleado depende del objetivo final del cultivo, pero por lo general se planta entre 2.5 x 2.5 y 3.5 x 3.5 metros. La distancia de siembra más aconsejable es de 2.5 x 2.5 metros cuando se quiere producir leña o pulpa, y de 3.0 x 3.0 metros para producción de madera, astillas, aserrío o desenrollado.

No se recomienda que se altere el espaciamiento de siembra arbitrariamente debido a que:

- Se aumentará el costo de mantenimiento, debido a que el dosel de la plantación tardará más tiempo en cerrar.
- Se aumentará el riesgo de daños serios a causa de los incendios.
- Se aumenta la producción de ramas gruesas y fustes mal formados.
- Se bajará la frecuencia relativa de árboles con fustes rectos que quedan en pie después de un raleo.



### Control de malezas

Probablemente el factor más importante para lograr un rendimiento superior de la melina es una buen control de malezas durante los primeros años de la plantación y de esta manera reducir la competencia por recursos como luz, riego, nutrientes, oxígeno y la interferencia química.

Antes de la siembra y durante los tres primeros años, se recomienda la eliminación de la vegetación indeseable (usualmente son suficientes tres limpiezas anuales). Después del cierre de copas, la melina controla muy bien las malezas, lo cual facilita el manejo y disminuye las limpiezas.

Aplicar herbicidas emergentes y preemergentes en una rodaja de 60 cm alrededor a cada punto a plantar evita la competencia de melina con las gramíneas y que se deforme el fuste inferior. Los factores a ser considerados antes de usar herbicidas son las condiciones del sitio y problemas de la aplicación; con respecto a las condiciones del sitio, es necesario evaluar la composición y cantidad de la vegetación, el tiempo de cosecha, el tamaño del bloque, la humedad y la presencia de áreas sensibles.

Eliminar manualmente la hierba y manejarla con químicos hasta liberar la melina de la competencia de la maleza es un excelente método de mantenimiento.

### Fertilización

No hay gran experiencia reportada en la literatura sobre el efecto de la fertilización sobre el crecimiento de la especie a nivel de plantación; sin embargo, algunos ensayos señalan que la aplicación de triple 15 (NPK) mejoró el crecimiento en plantaciones de un año cuando se aplicaron dosis de 150 g por planta.

La empresa Ston Forestal aplicó fertilizantes a un ensayo genético y la respuesta fue positiva. Esta empresa hizo aplicaciones de cal, potasio, y sobre todo, nitrógeno y sus estudios demostraron que los árboles de melina crecen vigorosamente cuando el nivel de nitrógeno (N) foliar es alrededor de 2.25% de la masa seca.

Es común aplicar fertilizantes ricos en fósforo y nitrógeno, antes de plantar los árboles, también, es recomendable fertilizar 15 días después de establecida la plantación.



## Bibliografía

- Agrosoft Ltda. 2000. Trees Versión 2: Árboles tropicales y subtropicales de uso múltiple. Reporte de especie No. 4. Medellín, Colombia. 16 p.
- Alfaro, M. y Villamizar, M. 1998. Análisis de la oferta actual y la demanda potencial de semilla mejorada de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* en Costa Rica y Centroamérica. En: Seminario. Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Alfaro, M. y R. de Camino. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central America. Forest Plantations Working Paper 20. Forest Resources Development Service. Forest Resources Division. FAO. Roma. 18 p.
- Alizaga, R. y Herrera, J. 2001. Tratamiento pregerminativos en semillas de melina (*Gmelina arborea*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha. 14: 2, 52-58 p.
- Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M; Obando, G. 2003. Avances en reforestación clonal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica. 12 p.
- Barquero, M. 1987. Establecimiento de rodales semilleros de *Gmelina arborea* Roxb. Hojanca, Guanacaste. In: Rojas, F.E. (ed.). Primer Taller Nacional de Semillas y Viveros Forestales. Memoria (25-29 Noviembre, 1985, San José, Costa Rica). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 141-153 p.
- Barrantes, G. 1999. Comercialización de semillas en el Banco de Semillas del Centro Agrícola Cantonal de Hojanca (CACH). En: Segundo simposio sobre Avances en la producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo, República Dominicana. 18-22 de octubre de 1999. 243-248 p.
- Bolstad, P. y S. Bawa. 1982. Self incompatibility in *Gmelina arborea* L. (Verbenaceae). *Silvae Genetica* 31:19-21
- Campos, A. 2000. Utilización de un SIG en la caracterización de zonas óptimas para la reforestación de siete especies en Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. ITCR: Cartago, Costa Rica. 75 p.



- Chavarría, M., Valerio, R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. MINAE; Costa Rica 202 p.
- Cornelius, J. y Hernández, M. 1995. Variación genética en crecimiento y rectitud del fuste en *Gmelina arborea* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales N°10. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 9 p.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). 1996. Latifoliadas zona baja. Santa Fe de Bogotá, DC, Colombia. 103 p.
- Espinoza, J. 2003. Site Selection, Site Preparation, and Weed Control for *Gmelina arborea* in Western Venezuela. In: Recent Advances with *Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 11 p.
- Galán-Larrea, R; Vargas-Hernández, J; Rodríguez-Laguna, R. 2000. Tratamientos para estimular y homogenizar la germinación en semillas de *Gmelina arborea* Roxb. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6 (1): 21-28.
- Gamboa, J. y Abdelnour, A. 1999. Micropropagación de melina( *Gmelina arborea* ROXB). Agronomía Costarricense 23(1). 69-76pp.
- Hodge, G. y W. Dvorak, 2003. The CAMCORE International Provenance/Progeny Trials of *Gmelina arborea*: genetic parameters and potential gain. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 20 p.
- Kumar, A. y A. Matharoo. 2003. Genetic improvement of *Gmelina arborea* in India. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 10 p.
- Laudridsen, E. 2003. Features of some provenances in an international Provenance experiment of *Gmelina arborea*. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Lega, R. 1988. Estudio de la forma de *Gmelina arborea* Roxb. Análisis de las plantaciones de Manila, Siquirres. M.Sc. Tesis. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 146 p.



- Meltcafe, J. 2002. Strategic feeding, vigorous seedlings, healthy trees. In: *Parteners in research for development*. Vol. 15: Mayo.23-30 pp.
- Mesén, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 156. Turrialba, Costa Rica. 12 p.
- Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No.30. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Morales, G. 2003. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: Potencial of *Gmelina arborea* for Solid Wood Products. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 7 p.
- Murillo, O. 1992. Diseño de un huerto semillero de *Gmelina arborea* para la producción de semilla certificada en la zona norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol 11 (3): 51-58 p.
- Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. y Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una cooperativa de mejoramiento genético forestal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica. 12 p.
- Murillo, O.; Rojas, J.L. y Badilla, Y. 2003. Reforestación clonal. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.
- Murillo, R. 1996. Evaluación de algunos factores ambientales que afectan la calidad de sitio a nivel de micrositio para melina (*Gmelina arborea* Roxb), plantada en suelos planos en la zona sur de Costa Rica. Tesis Lic. UNA. Heredia, Costa Rica. 111 p.
- Osorio, L. 2003. Provenance results of *Gmelina arborea* in southwest Colombia at three years of age. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Padua, E. 2003. Juvenile selection of *Gmelina arborea*. Clones in the Philippines. In recent advances with *Gmelina arborea*. (eds W.S Dvorak, G.R. Hodge, W.C. Woodbridge and J.L Romero) CD- ROM CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. 7 p.



- Pandey, S, Bisht, S, Jamaluddin. 2002. Pericarp colour: An indicator for seed quality un *Gmelina arborea* Roxb. *Indian Forester* 128 (4): 473-476
- Romero, J. 2003. A review of propagation programs for *Gmelina arborea*. In recent advances with *Gmelina arborea*. (eds W.S Dvorak, G.R. Hodge, W.C. Woodbridge and J.L Romero) CD- ROM CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. 12 p.
- Rojas, F. 2001. Viveros Forestales. San José, C.R. EUNED. 248 p.
- Sánchez, L, Romero, J. 2003. plantations of *Gmelina arborea* in Southeastern Mexico. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 6 p.
- Stock, J.; M. Vargas; K. Angarita y R. González. 2003. Seed production of *Gmelina arborea* by controlled pollination. In *Recent Advances with Gmelina arborea* (eds. W. S. Dvorak, G. R. Hodge, W. C. Woodbridge and J. L. Romero). CD-ROM. CAMCORE, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 8 p.
- Trujillo, E. 2003. Manual de árboles. 2 ed. El semillero. Bogotá, Colombia.158-160 pp.
- Vásquez, W. 1996. Clasificación y selección de sitios para reforestar en la Región Chorotega Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 7. Turrialba, Costa Rica. 43 p.
- Zeaser, D. sf. El uso óptimo de la semilla de melina mejorada de Ston Forestal ( documento interno). 3 p.
- Zeaser, D. 1998. Programa de mejoramiento genético de la Ston Forestal en la zona sur de Costa Rica. En: Seminario. Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. San José, Costa Rica. 19 de mayo de 1998. sp.
- Zeledón, D. 2002. Evaluación de las características anatómicas de la madera de *Gmelina arborea* Roxb. creciendo en plantaciones de Costa Rica. Informe de Práctica de especialidad. ITCR. Cartago. 104 p.



## Capítulo 3

# Manejo de plantaciones



Autores: Ph. D. Dagoberto Arias Aguilar  
M. Sc. Marcela Arguedas Gamboa

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                          | <b>50</b> |
| <b>Deshijas.....</b>                         | <b>51</b> |
| <b>Podas.....</b>                            | <b>51</b> |
| <b>Aclareos.....</b>                         | <b>54</b> |
| <b>Evaluación de calidad de sitio.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Manejo de rebrotes.....</b>               | <b>67</b> |
| <b>Control de plagas y enfermedades.....</b> | <b>70</b> |
| <b>Edad de rotación.....</b>                 | <b>77</b> |
| <b>Estimación del volumen en pie.....</b>    | <b>77</b> |
| <b>Crecimiento y rendimiento.....</b>        | <b>78</b> |
| <b>Costos de establecimiento.....</b>        | <b>81</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                     | <b>83</b> |



### Resumen

Posterior al establecimiento de una plantación forestal, el productor deberá implementar, bajo la asistencia técnica de un profesional forestal, un conjunto de tratamientos silviculturales que buscan generar modificaciones en la estructura de la plantación. Entre los tratamientos más necesarios que se deben realizarse en una plantación están la deshija, las podas y los aclareos. A lo largo de la vida de la plantación será necesaria más de una intervención que deberá basarse en el principio de “*justo a tiempo*” y que permitirá alcanzar los objetivos de producción propuestos. Adicionalmente será necesario el control de malezas, el control de plagas y enfermedades, el control de rebrotes y el manejo de la nutrición mediante la incorporación de los nutrientes retenidos en la biomasa. Cuando estos tratamientos son aplicados a una plantación forestal, se cumple con los principios de manejo de plantaciones. En el presente capítulo se brindan las recomendaciones de cómo llevar a cabo cada uno de estos tratamientos silviculturales para el cultivo de melina.



## Manejo de Plantaciones



## Deshijas

En Costa Rica, para la propagación de melina y otras especies, se ha generalizado el sistema de producción en pseudoestaca. En la actualidad existen otras técnicas de producción de árboles en vivero que han combinado la propagación vegetativa o asexual y se ha denominado silvicultura clonal. Cuando se establecen plantaciones utilizando pseudoestaca se hace necesario eliminar los brotes laterales del árbol para favorecer el desarrollo de un eje principal. Esta eliminación de brotes se conoce como deshija y se realiza posterior al establecimiento de la plantación cuando los brotes alcanzan 50 cm de altura. Esta práctica se lleva a cabo durante los dos primeros años de la plantación.

## Podas

La forma en que las ramas de los árboles se ordenan dentro de la copa se conoce como patrón arquitectural de un árbol. Cada especie presenta un patrón de distribución de ramas característico. Fisiológicamente las ramas juegan un papel muy importante ya que albergan las hojas, lugar donde se lleva a cabo la conversión de la energía del sol en carbohidratos a través de la fotosíntesis. Desde el punto de vista industrial, en donde interesa la obtención de madera como materia prima, se busca la obtención de madera libre de nudos, esto se puede lograr mediante la eliminación artificial de las ramas o esperando la eliminación natural de las ramas (Ohland, 2000). Esta eliminación de ramas se conoce como poda y en plantaciones forestales consiste en la eliminación principalmente de ramas cuya actividad fotosintética es reducida o nula (ramas muertas). Como operación silvicultural, la poda es una inversión que se hace en los mejores individuos de la plantación y cuya retribución se espera con el mejoramiento de la calidad de la madera. En todo caso siempre se va a obtener de un árbol madera con nudos, lo que se busca con la poda es maximizar la proporción de madera libre de nudos y en las secciones nudosas la obtención de madera con nudos vivos.

Los árboles de melina se caracterizan por la presencia de ramas relativamente gruesas. Esto puede verificarse cuando se estudia la relación entre el grosor promedio de las tres ramas más gruesas con respecto al diámetro del árbol (Struck y Dohrenbusch, 2000). Esta relación ha sido denominada índice de grosor de ramas y puede variar entre especies, ya sean latifoliadas nativas y exóticas y también entre coníferas (Arias 2002). Utilizando el índice de grosor de ramas se obtuvo que el grosor de las ramas de melina en árboles de 6 años de edad creciendo en la Zona Sur puede llegar a representar hasta el 60 % del diámetro a la altura del pecho. Para esta especie se encontró una tendencia de aumento del índice de grosor de ramas conforme mejoran las condiciones del sitio. Como referencia, una especie de conífera *Pinus caribaea* presenta valores muy estables y el grosor promedio de las ramas más gruesas representan tan solo el 16% del grosor del árbol.

La especie melina también se caracteriza por la pérdida total o parcial de la dominancia apical, esto significa que en un árbol una o más ramas se desarrollan y el eje principal pierde dominancia. Por lo anterior es recomendable iniciar con las podas edades tempranas.





### **Pérdida de dominancia apical del eje principal en árboles de *Gmelina arborea*.**

#### **Cuáles árboles podar?**

Se recomienda la operación de poda de ramas vivas en aquellos árboles cuya forma, sanidad y calidad del fuste permiten clasificarlos como los árboles de la cosecha futura. La poda de ramas relativamente gruesas se recomendaría en árboles levemente torcidos, siempre y cuando presenten un crecimiento vigoroso. No se recomienda invertir en la poda de árboles cuyo fuste es de mala calidad o defectuoso, ya que son árboles potenciales para ser eliminados en los aclareos

Una consideración importante para la poda en esta especie, es el riesgo de ocasionar retrasos en el crecimiento al reducir el área foliar (fotosíntesis). Algunos reportes en Costa Rica sugieren que una intensidad de poda del 25 % estimuló el crecimiento de los árboles, mientras que intensidades del 50% tuvieron un efecto negativo.



### **Cuándo iniciar la poda?**

La poda ideal sería aquella que se realiza en etapas tempranas del desarrollo de la plantación cuando el índice de grosor de ramas es bajo.

Ohland (2000) propuso un esquema específico de poda para melina basado en la obtención de madera libre de nudos según su posición en la troza. Este esquema es independiente de la calidad del sitio.

#### La primera poda:

Una primera intervención podría aplicarse cuando la altura media del rodal sea de 4 metros y el diámetro promedio de 5 cm. En este caso se aplica poda hasta 2 m.

#### La segunda poda:

Esta poda puede efectuarse cuando la altura media del rodal alcance los 8 metros y el diámetro promedio sea de 11 cm. Aquí se recomienda combinar la poda con el primer raleo, tratando de favorecer solamente árboles destinados para la cosecha final. La altura de poda recomendada varía desde 3.5 a 4 metros.

#### La tercera poda:

Recomendada cuando la plantación alcance 12 m de altura promedio, donde se espera dejar un fuste libre de ramas hasta los 6 metros de altura, en aquellos individuos que constituyen la cosecha final.

La aplicación de este esquema permitiría la obtención de una primera troza de 2.55 m para utilización en chapas o madera para aserrío, una segunda troza de 3.35 m para madera para aserrío y una tercera troza o más para productos que utilicen madera de menores dimensiones y defectos por nudos.

Sobre la época más apropiada para efectuar la poda se sugiere realizar esta operación a finales de la época seca, ya que se reduce el riesgo de infecciones por hongos y ataque de insectos en los cortes de las ramas, además con la llegada de las lluvias se espera una mejor cicatrización de las heridas.

### **Cómo efectuar la poda en ramas gruesas?**

Para realizar la poda se deben utilizar herramientas bien afiladas. En la primera poda se pueden emplear serruchos o sierras de arco y también cuchillos. Cuando la rama es gruesa se debe realizar un primer corte de abajo hacia arriba y luego concluir con un corte en sentido contrario. Para la segunda y tercera poda, cuando la extensión de la plantación lo justifique se podrían emplear podadoras con motosierra con largo ajustable.





a.



b.

**a. Plantación de melina con poda, b. Detalle de la poda de una rama gruesa**

### Aclareos

Posterior al establecimiento de una plantación, los árboles de melina inician un período de rápido desarrollo, durante el cual los individuos utilizan la energía proveniente del proceso de fotosíntesis en diferentes procesos fisiológicos, que en orden de importancia podrían resumirse en: respiración, producción de biomasa foliar y raíces finas, floración y fructificación, crecimiento primario (altura) y crecimiento secundario (diámetro). Desde el punto de vista silvicultural, los árboles en la plantación comienzan a ocupar el sitio, esto es utilizar las reservas de agua, nutrientes y luz. Sin embargo, conforme los árboles acumulan biomasa, sus copas y su sistema radical crecen hasta entrar en competencia y la tasa de crecimiento en volumen puede reducirse rápidamente.

Cuando los árboles en la plantación entran en competencia, el silvicultor haciendo uso de criterios e indicadores, recomienda la ejecución de aclareos para ejercer control sobre la capacidad de carga del sitio, la estructura de la plantación, la productividad, el tamaño de los árboles y el tiempo transcurrido hasta la cosecha final (Arias, 2004). El objetivo final de los aclareos será concentrar el potencial de crecimiento en los individuos de mayor desarrollo y mejor calidad de fuste.



En los trópicos ha sido una práctica común iniciar una plantación forestal con un mayor número de árboles (en el cultivo de melina en Costa Rica se han utilizado densidades iniciales desde 1100 hasta 1600 árboles por hectárea). Es así como a lo largo de la vida de una plantación se manipula el número de individuos tratando de mantener la densidad de la plantación dentro de rangos que permitan el crecimiento del rodal o bien el crecimiento individual de los árboles remanentes, siempre tomando en consideración el objetivo final para la obtención de productos específicos.

Las relaciones entre el crecimiento de una plantación y el número de árboles fueron descritas en la década de los años 50 y pueden ser aplicadas para prescribir programas de aclareo para melina. La interpretación de estas relaciones permiten definir las zonas en las cuales una plantación forestal debería mantenerse para maximizar el crecimiento individual o para maximizar la producción de biomasa total. En el manejo de la densidad del rodal se reconocen cuatro zonas de densidad:

- Zona 1 (Zona de sub-utilización del sitio): La densidad del rodal dentro de esta zona es baja y los árboles crecen en forma aislada. El crecimiento por árbol es máximo y el crecimiento por hectárea se incrementa conforme se aumenta el número de árboles por hectárea. El límite superior de esta zona debería coincidir con el momento del cierre de copas.

- Zona 2 (Zona de transición): aquí el crecimiento del árbol empieza a disminuir a medida que se incrementa la densidad. El crecimiento por hectárea sigue aumentando al incrementar la densidad. El manejo de rodales dentro de esta zona permite concentrar en los fustes la producción de madera.

- Zona 3 (Zona de máximo crecimiento por hectárea): El crecimiento por árbol continúa disminuyendo conforme aumenta la densidad, mientras que el crecimiento por hectárea alcanza su máximo. El manejo de rodales dentro de esta zona permite maximizar la producción de madera para pulpa y biomasa.

- Zona 4 (Zona de autoraleo): El crecimiento por árbol y por hectárea disminuye a medida que se incrementa la competencia. Rodales dentro de esta zona están sometidos a una competencia intensa y hacia el límite superior de esta zona se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia.

En el campo de la ecología, la densidad ha sido comúnmente definida como el número de individuos por unidad de área; sin embargo, en el campo forestal esta definición no es de mucha utilidad, ya que en una plantación los árboles cambian en dimensiones y en la habilidad para utilizar los recursos disponibles (luz, agua, nutrientes) en función de los árboles adyacentes (competencia). Han surgido varios métodos para evaluar y controlar la densidad de un rodal, entre los más conocidos se pueden mencionar: el área basal, el índice de espaciamiento relativo, el índice de densidad del rodal y el factor de competición de copas. En la práctica forestal de nuestro país ya se han realizado algunos trabajos que evalúan estas metodologías (Pineda 1990).



La Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica ha promovido desde 1986 el uso del Índice de Densidad del Rodal (IDR), que a nivel internacional ha sido considerado como una de las herramientas más útiles para traducir objetivos de manejo dentro de un programa de aclareos.

La utilización de este índice es una herramienta que dispone el ingeniero forestal para asesorar al productor de melina y recomendarle los aclareos en la plantación. El IDR expresa en forma matemática la relación entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{IDR} = N \cdot (d/25)^{-b}$$

donde N es el número de árboles por hectárea, d es el diámetro promedio de la plantación y “b” es una constante definida empíricamente con un valor de -1.605 y utilizada extensivamente en muchos trabajos sobre densidad del rodal. Hay evidencia que el valor de la pendiente de la curva puede variar entre especies; por lo tanto, los trabajos basados en este índice deben analizar estadísticamente si el valor de la pendiente encontrado para una especie en particular difiere significativamente del valor teórico dado por Reineke.

Conociendo el valor de “b” y utilizando la información proveniente de rodales bajo condiciones extremas de competencia (autoraleo), se llega a establecer el IDR máximo para la especie. Este límite establece el punto en el cual la única manera que los árboles incrementen sus dimensiones es a través de la reducción natural del número de individuos (mortalidad o autoraleo). Determinando el IDR máximo para la especie es posible definir diferentes bandas para el manejo de la densidad del rodal (aclareos) que se ajustan a los objetivos de producción planteados por los reforestadores (producción de biomasa para pulpa, postes, madera para aserrío).

En el ámbito internacional, el manejo de la densidad basado en el IDR ha sido ampliamente utilizado para especies forestales en Japón, Norteamérica y Europa. En la literatura internacional son especialmente escasos los estudios en latifoliadas tropicales, se conoce únicamente el trabajo de (Kumar *et al*, 1995) para teca en India. En Costa Rica, el Índice de Densidad del Rodal ha sido desarrollado para las especies más utilizadas en los programas de reforestación: destacan aquí los trabajos en *Pinus caribaea*, *Gmelina arborea*, *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinatum* y *Tectona grandis* (Méndez, 1990; Pineda, 1990 y Arias, 2004).

Específicamente para melina, el IDR fue desarrollado por primera vez en 1988 y tomando como referencia un número limitado de parcelas en autoraleo se determinó un IDR máximo para la especie de 986. Una nueva validación del IDR para melina fue realizada por Arias (2004). En este estudio se utilizó información de 592 parcelas, 20 de las cuales definieron la línea de autoraleo. El valor de la constante en la ecuación del IDR fue similar a la reportada por Arias y Campos (1988) y cuyo valor es igual a -1.989; sin embargo, con la información de las 20 parcelas en autoraleo se obtuvo un IDR máximo para la especie de 1057.



## Cómo utilizar el IDR para melina?

### Aprender a interpretar las zonas de densidad según el objetivo de la plantación

Para melina, los límites de las zonas de densidad basada en el IDR pueden resumirse en función de porcentajes con respecto al IDR máximo para la especie.

Límites de las zonas de densidad para la prescripción de aclareos en plantaciones forestales de melina

| Zonas de Densidad                                | Límite inferior | Límite superior                    |
|--------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Zona 1 (Zona de sub-utilización del sitio)       | 0               | 264<br>(25% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 2 (Zona de transición)                      | 264             | 423<br>(40% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 3 (Zona de máximo crecimiento por hectárea) | 423             | 634<br>(60% IDR <sub>max</sub> )   |
| Zona 4 (Zona de autoraleo)                       | 634             | 1057<br>(100% IDR <sub>max</sub> ) |

Para el manejo de melina con fines industriales, la mayoría de los objetivos de una plantación forestal se logran cuando la densidad de la plantación se mantiene en la segunda y tercera zona de densidad. Aquí se debe considerar que plantaciones que se mantengan dentro de la Zona 2 posibilitan la producción de madera para aserrío y la Zona 3 es recomendada para maximizar la producción de biomasa.

En ningún caso se recomienda que las plantaciones se ubiquen dentro de la Zona 4, ya que dentro de esta zona los árboles están sometidos a una competencia intensa y hacia el límite superior de esta zona se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia. melina es una especie particularmente sensible la recesión de copas, se cita por ejemplo rodales en Guanacaste de 3.6 años de edad sin raleo y plantados a 2.6 x 2.6 m; en donde la proporción de copa viva es tan solo del 20 % (Galloway *et al*, 2001).

### Muestreo del estado de competencia en la plantación

El objetivo básico del muestreo es determinar si una plantación requiere o no de un aclareo y con qué intensidad debe ejecutarse según los objetivos de la plantación. La información básica requerida será el diámetro promedio de la plantación, el número de árboles por hectárea, la distribución diamétrica del número de árboles por hectárea y además información sobre la calidad de los fustes. Adicionalmente podrían evaluarse la presencia de sotobosque, el índice de área foliar (LAI-2000), la radiación fotosintética activa (PAR-Sensor) si se tuvieran disponibles estos instrumentos.



Previo al muestreo es necesario contar con un mapa que brinde información sobre el área plantada. Con ayuda de este mapa es posible definir la necesidad de estratificación en la plantación buscando unidades homogéneas: lotes de una misma edad, diferentes calidades de sitio, diferentes espaciamientos iniciales y otros criterios. También este mapa ayudará en la definición del número de parcelas, la intensidad del muestreo y el diseño del muestreo.

Un sistema de muestreo recomendable es del tipo sistemático con parcelas circulares. En este caso se define algún borde de la plantación sobre el cual pueden ubicarse líneas de muestreo perpendiculares con arranque aleatorio. Para plantaciones entre 600 y 800 árboles por hectárea se recomienda utilizar parcelas de 8.92 m de radio, de 750 a 1000 árboles por hectárea utilizar parcelas de 7.98 m de radio, de 1000 a 1400 árboles por hectárea se pueden demarcar parcelas de 6.91 m de radio y para densidades entre 1400 y 2000 árboles por hectárea se pueden emplear parcelas de 5.64 m de radio (Murillo *et al*, 2003). Aquí el principio es tratar de obtener una muestra de al menos 20 individuos por parcela.

Con respecto a la intensidad del muestreo, esta dependerá de la variación de la variable a evaluar dentro de la plantación y del error de muestreo aceptado. Utilizando parcelas de 5.64 m de radio, se podría utilizar una intensidad de muestreo del 2.5 % en plantaciones menores a 3 has, intensidades entre 1 y 2 % para plantaciones entre 3 y 20 has y en plantaciones de más de 20 has intensidades de muestreo entre 0.5 y 1 % (Murillo *et al*, 2003).

### **Cálculo del IDR y ejemplo de cómo definir la necesidad e intensidad de un aclareo**

La información de cada parcela debe procesarse y en una hoja de cálculo se deben obtener los valores correspondientes del diámetro promedio de la plantación y el número de árboles por hectárea. Con ayuda de la siguiente ecuación se obtienen los valores del IDR en cada parcela:

$$\text{IDR} = N \cdot (d/25)^{1.989}$$

El promedio de los valores de IDR para todas las parcelas muestreadas en el estrato o plantación se interpreta como el IDR actual de la plantación, de aquí la necesidad de tomar varios puntos de muestreo.

A manera de ejemplo, una plantación de melina cuyo objetivo es la producción de madera para aserrío con un diámetro promedio de 19.39 cm y cuyo número de árboles por hectárea es de 824, aplicando la ecuación correspondiente se obtiene que su IDR actual es de 496. Esta plantación se ubica dentro de los límites de la zona de densidad 3 y para cumplir con el objetivo de la plantación (madera para aserrío) deberá mantenerse dentro de los límites de la zona 2, por lo tanto es necesaria una intervención que lleve a la plantación hacia un estado de densidad muy cercano al límite inferior de la zona 2 (IDR deseado de 264).



Como se mencionó anteriormente, la información sobre defectos en los árboles entendidos como aquellos individuos suprimidos, bifurcados, torcidos en diferentes grados, enfermos o dañados; resulta aquí de especial importancia por cuanto son los árboles a eliminar en una primera intervención. Conociendo la distribución diamétrica del rodal y el número de árboles con defectos es posible definir cual sería el diámetro del rodal si estos individuos son eliminados en un aclareo. Esta información del diámetro promedio del rodal después del aclareo y el número de árboles por hectárea remanentes después del mismo, permite calcular el IDR después el aclareo.

Si después de realizados estos cálculos en donde se ha considerado eliminar los árboles defectuosos no se llega al IDR deseado será necesario establecer un valor diamétrico de referencia bajo el cual serán eliminados todos los individuos en la plantación hasta alcanzar el IDR deseado.

### Otros esquemas de aclareos propuestos para melina

En la literatura se han sugerido esquemas de aclareos para melina basados en el potencial del sitio y dinámica del crecimiento, en los cuales la edad precisa del aclareo estará en función de la calidad del sitio y crecimiento de la plantación. Ohland (2000) propone un esquema de aclareos para melina partiendo de una densidad inicial de 1080 árb/ha.

Así por ejemplo el esquema 50-50-50% sugiere aplicar un primer aclareo del 50% cuando la plantación alcance un diámetro promedio de 10,4 cm y la altura media del rodal sea de 9,4 m, lo que equivale a un IDR=189. Un segundo aclareo del 50 % será aplicado cuando el diámetro promedio de la plantación alcance 22 cm y la altura media sea de 16 m, o cuando el IDR=419. El tercer aclareo eliminará la mitad de la masa remanente cuando el diámetro promedio alcance 32 cm y la altura del rodal sea de 19,4 m, con un IDR cercano a 441. Este esquema sugiere una cosecha final basada en 135 individuos por hectárea con diámetros promedio de 45 cm y una altura media del rodal de 22 m.

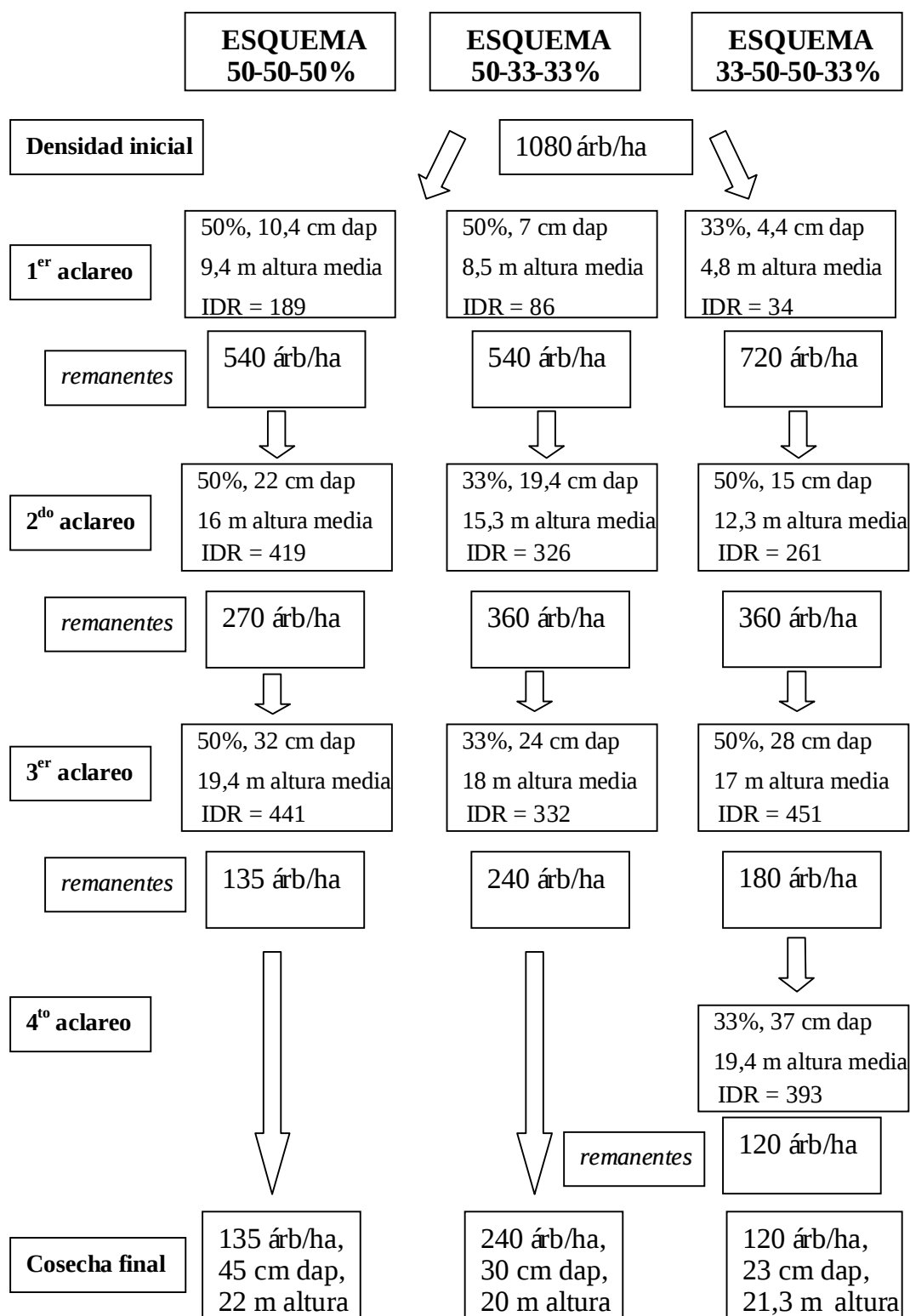
Otros autores sugieren para plantaciones establecidas a 3 x 3 m, un primer aclareo del 50 % de la masa cuando la plantación alcance una altura promedio entre 7 y 9 m (Salazar y Pereira, 1998; Muziol y Sánchez, 1992).

Para plantaciones en la región de Guanacaste se sugiere un segundo aclareo nuevamente del 50 % de la masa remanente cuando la plantación alcance una altura promedio entre 14 y 16 m.

Empresas reforestadoras como Los Nacientes han llevado a cabo el segundo aclareo cuando el diámetro promedio de la plantación alcanza los 20 cm, aplicando una intensidad de aclareo entre 33 y 50 % (Salazar y Pereira, 1998).

Por su parte, Centeno (1997) recomienda la aplicación de un segundo aclareo cuando la altura dominante del rodal alcance entre 17 y 18 m, lo cual considera consistente con las experiencias en el manejo silvicultural de melina en Centroamérica.





Esquemas de aclareos para plantaciones de melina plantadas a 3 x 3 m.

Modificado a partir de Ohland (2000)



### **Recomendación para el marcaje y ejecución del aclareo**

En la práctica de ejecución de aclareos se ha reportado que uno de los principales problemas está relacionado con el marcaje de los árboles a cortar (Ohland, 2000). Normalmente el primer aclareo es del tipo selectivo en donde el objetivo del marcaje se concentra en aquellos individuos de mala forma, bifurcados, dañados, enfermos, suprimidos. Un principio básico en la ejecución del aclareo es garantizar una distribución uniforme de los árboles remanentes, esto es nuevamente asegurar que cada árbol obtenga similar espacio de crecimiento. Para facilitar esta labor se recomienda el empleo de la técnica de “marcación en cajas”. Si se define que la intensidad del aclareo es del 50 % significa que en una caja compuesta por cuatro árboles se deben eliminar dos. Si el aclareo busca reducir el 25% de la masa, de cada cuatro individuos se buscará eliminar el más defectuoso.

Para la ejecución del primer aclareo se recomienda utilizar herramientas manuales, podrían emplearse cuchillos o sierras manuales. Cuando se trate de plantaciones muy extensas se podría justificar el uso de motosierras pequeñas para hacer más eficiente la operación.

Conforme se avance en un programa de aclareos, la masa remanente tiende a ser más uniforme en dimensiones y calidades de los fustes. Esto significa que los aclareos siguientes deberán seguir un patrón de marcaje sistemático, siempre garantizando una distribución uniforme de los árboles. Después del primer aclareo será necesario el uso de motosierras de dimensión adecuada según el diámetro de los árboles para la operación de corta.

### **Eliminación de rebrotes después del aclareo**

Una consideración especial aplicable a plantaciones de melina es la capacidad de rebrotes que tiene la especie. No es conveniente permitir el desarrollo de rebrotes en plantaciones que están siendo manejadas para fines industriales, ya que se altera el control que se tiene de la densidad de la plantación. Se considera que los árboles eliminados en los primeros aclareos son genéticamente inferiores y no vale la pena mantener remanentes de material genético no deseable.





### Rebrotes de melina y regeneración natural posterior al aclareo

Se reportan trabajos tendientes a encontrar herbicidas capaces de eliminar los rebrotes de melina. En plantaciones de dos años de edad y durante la época lluviosa, se evaluaron cuatro herbicidas: Tryclopir (Garlon 4E), Dicamba (Banvel S), Dicamba+2,4-D (Banvel D) y Glyphosato (Roundup), todos mezclados con aceite quemado y canfín agregados en igual proporción. En este estudio se encontró que el producto Garlon 4E al 7% de concentración aplicado con brocha sobre el corte fresco del cambium vascular y la corteza del tocón, elimina el 100% de los tocones de melina. Adicionalmente se reporta que este producto no presentó ningún problema de toxicidad en los árboles adyacentes (Barrantes, 1997).

### Evaluación de calidad de sitio

#### Calidad de sitio

En su lugar de origen, melina se desarrolla naturalmente en forma óptima en suelos arcillosos profundos y en regiones donde el rango de la precipitación media anual es alrededor de 2000 mm. A pesar que se desarrolla en un amplio rango de suelos, la especie es muy sensible a los suelos pobres pero es capaz de sobrevivir en forma arbustiva bajo condiciones adversas.

En Centroamérica, el cultivo de la melina requiere suelos profundos, bien drenados, con una textura de limo a limo arcillosa, buen contenido de bases y posiciones topográficas desde plano a moderadamente ondulado. La productividad de plantaciones de la especie es afectada principalmente por factores limitantes como: viento, texturas arcillosas, suelos compactados, suelos mal drenados y competencia con malezas (Alfaro y De Camino, 2002).



La producción potencial de madera (biomasa) en un sitio específico, expresa la calidad de ese sitio para la producción forestal. Para una especie en particular existen factores ambientales (clima, suelo, fisiografía y biota) que interactúan entre si y cuando se combinan bajo un esquema de manejo dado, se define la capacidad productiva del sitio. Melina es una de las especies de más rápido crecimiento y en los primeros años de la plantación puede resultar engañoso el desarrollo de la plantación, ya que en sitios de fertilidad media y baja, cuando la reserva de nutrientes (capacidad de carga del sitio) es alterada, las plantaciones de esta especie disminuyen drásticamente el ritmo de crecimiento.

Para el cultivo y manejo de melina se han recomendado varios métodos para clasificar la calidad de sitio. Para un productor que quiere invertir en plantaciones forestales, resulta muy útil saber si su plantación estará en un sitio bueno, regular o malo y cuáles factores ambientales son determinantes en la productividad del sitio.

Zeaser (1999) clasifica directamente la calidad de sitio para el cultivo de melina en la Zona Sur de Costa Rica en seis categorías. Utilizando una edad base de 5 años se definieron clases de sitio para la producción de madera sin corteza hasta la altura del diámetro de 8 cm. El uso de esta clasificación es limitada ya que no se proporciona una ecuación que relacione el crecimiento con la edad, sin embargo es un intento para clasificar productividad.

Clasificación de sitios para la región del Pacífico Sur de Costa Rica (Zeaser, 1999).

| Clase de sitio | Incremento medio anual del volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha/año) <sup>1/</sup> |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 55±5                                                                                |
| 2              | 45±5                                                                                |
| 3              | 35±5                                                                                |
| 4              | 25±5                                                                                |
| 5              | 15±5                                                                                |
| 6              | 5±5                                                                                 |

<sup>1/</sup>Volumen sin corteza hasta la altura del diámetro de 8 cm

Bajo las indicaciones de esta clasificación, se considera que las clases de sitio de 1 hasta 3 son factibles para plantar melina con fines de producir madera para aserrío. Sitios clase 4 resultan marginales para la siembra de melina con objetivos de producción de madera. Sitios en las clases 5 y 6 no son aceptables para programas de reforestación con melina.

Otra clasificación que sigue el mismo principio fue planteada por Vallejos (1996). Este autor define 5 clases de productividad para plantaciones de melina en Costa Rica, basadas en el potencial de crecimiento de la especie.



**Clasificación de sitios para melina en Costa Rica según (Vallejos, 1996)**

| <b>Clasificación</b> | <b>IMA en<br/>diámetro<br/>(cm/año)</b> | <b>IMA en<br/>altura<br/>(m/año)</b> | <b>IMA en área<br/>basal<br/>(m<sup>2</sup>/ha/año)</b> | <b>IMA en<br/>volumen<br/>(m<sup>3</sup>/ha/año)</b> |
|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Excelente            | > 4.63                                  | > 3.91                               | > 4.64                                                  | > 37.78                                              |
| Bueno                | 3.61 - 4.62                             | 3.21 - 3.90                          | 3.40 - 4.63                                             | 24.50 - 37.77                                        |
| Medio                | 2.91 - 3.60                             | 2.33 - 3.20                          | 2.21 - 3.39                                             | 15.34 - 24.49                                        |
| Bajo                 | 1.91 - 2.90                             | 1.23 - 2.32                          | 1.54 - 2.20                                             | 6.79 - 15.33                                         |
| Marginal             | < 1.90                                  | < 1.22                               | < 1.53                                                  | < 6.78                                               |

Una limitación de las clasificaciones anteriores es que no se puede predecir el potencial productivo de un sitio con anterioridad al establecimiento de una plantación.

Otro de los métodos más utilizados para clasificación de sitios según su productividad es mediante el índice de sitio. Este índice es definido como el promedio de altura de los 100 árboles dominantes del rodal a una edad determinada (edad base). Dependiendo del estudio existen variaciones en la definición del concepto de altura dominante. En la literatura internacional se menciona el trabajo de Greaves (1978) como el primer estudio sobre curvas de índice de sitio para plantaciones de melina sin manejo en Nigeria. En Costa Rica se han realizado diversos estudios sobre curvas de índice de sitio para melina, en una escala más local. Se pueden mencionar los trabajos de Obando (1989) para la Zona Pacífico Sur de Costa Rica; Rojas (1993), Vásquez y Ugalde (1995) y Vásquez (1996) para la Región Chorotega, Guanacaste, Vallejos (1996) para las dos vertientes del país y Arias (2002) para la Zona Sur de Costa Rica.

Sin embargo, el trabajo tomado como referencia por silvicultores para la clasificación de la productividad de plantaciones forestales de melina en Costa Rica es el de Hughell (1991). El modelo propuesto para estimar matemáticamente el índice de sitio de una plantación de melina es el siguiente:

$$\text{Ln}(\text{IS}) = a + (\text{Ln}(h_d) - a) * (E/E_b)^K$$

donde:

Ln = logaritmo natural

$h_d$  = altura dominante (promedio de altura de los 100 árboles más altos por ha)

$a = 4.4277$

$k = 0.3277$

$E$  = Edad de la plantación en años

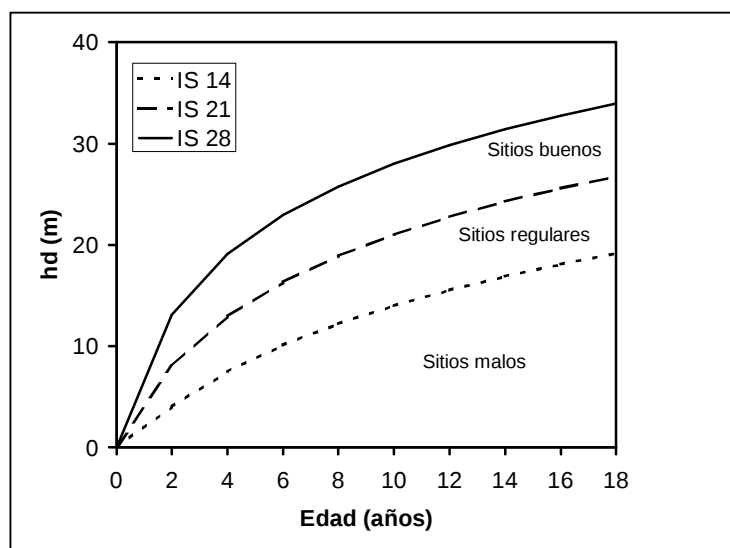
$E_b$  = Edad base (10 años)

IS = Índice de sitio



Para conocer el índice de sitio del lugar donde se encuentra la plantación, se establecen parcelas de muestreo y se obtiene el promedio de altura de los 100 árboles más altos por hectárea y conociendo la edad de la plantación se despeja el valor del índice de sitio según la ecuación anterior.

Existe también la manera gráfica de interpretar la productividad en función del índice de sitio. En un gráfico se definen claramente las zonas de productividad y tomando como referencia pares de datos de altura dominante y edad se puede ubicar la plantación dentro de alguna de las zonas definidas. Sin embargo, estos resultados deber ser validados y su aplicación se limita a plantaciones con edades entre 1 y 21 años con alturas dominantes entre 2.3 hasta 30.3 m.



**Clasificación gráfica de la calidad del sitio para plantaciones de melina en América Central a partir de la ecuación de Hughell (1991).**

Se han efectuado algunos intentos de correlacionar el índice de sitio con variables ambientales, pensando en la posibilidad de ofrecerle al productor un dictamen previo de su finca y el pronóstico de la productividad que podría brindar una plantación forestal de melina. Sin embargo, la mayoría de estos estudios de clasificación indirecta no han mostrado validez para ser aplicados mas allá de la propia base de datos con que fueron generados (Arias, 2002).

Como procedimiento matemático es factible generar modelos para predecir el índice de sitio basado en una o más variables predictoras. Por ejemplo Stuhmann *et al* (1994) encontró para plantaciones de melina de tres años en la Región Atlántica de Costa Rica relaciones entre crecimiento y variables edáficas. Para suelos rojos (ultisoles) un 75 % de la variación en el crecimiento en altura puede ser explicado por la profundidad del horizonte orgánico y la relación Potasio-Magnesio (K/Mg). En suelos grises (inceptisoles) un 82 % de la variación en el crecimiento en altura puede ser explicado por la concentración de Aluminio (Al).



Vallejos (1996) analizó una base de datos y encontró que un 59 % de la variación en el índice de sitio para plantaciones de melina en Costa Rica puede ser explicado por el siguiente modelo:

$$IS = 15.5096 + 2.0845*PTOP - 2.3347*Viento + 0.1887*Ca$$

donde:

$$IS = \text{Índice de sitio} = \ln(h_d) + 1.5830 (1/\text{edad}^{0.6533} - 1/\text{edad base}^{0.6533})$$

$h_d$  = altura dominante

edad base = 10 años

PTOP = Posición topográfica

Ca = Concentración de calcio en la profundidad de 0-20 cm

Rojas (1993) encontró que la variación del índice de sitio para plantaciones de melina en Guanacaste puede ser explicado en un 29 % por la posición topográfica del terreno.

Por su parte, Arias (2002) no encontró correlaciones significativas entre altura dominante y más de 32 variables ambientales y edáficas en plantaciones experimentales de melina de 6 años de edad en 15 sitios de la Zona Sur.

A pesar que la mayoría de estos modelos poseen una aplicabilidad limitada, se considera que en Costa Rica se han realizado esfuerzos para identificar los factores que limitan el desarrollo de la especie (Alfaro y De Camino, 2002). Por ejemplo, Vázquez y Ugalde (1995) estudiaron 28 sitios localizados en el Pacífico Norte y encontraron lo siguiente:

- El viento afecta en forma negativa el crecimiento de la especie.
- La especie crece mejor en terrenos planos y en el fondo de los valles donde la disponibilidad de nutrientes es mayor.
- Una adecuada preparación del sitio antes de plantar garantiza éxito en la reforestación (manejo de la compactación del suelo).

Por su parte Vázquez (1996) menciona que los mejores sitios para melina se ubican en suelos cuyo contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el primer horizonte son mayores a 10 y 6 (meq/100ml) respectivamente. Los sitios sobre-pastoreados muy compactados y erosionados deben excluirse para la reforestación con melina. También sitios con suelos inundables no deberían ser tomados en cuenta.



### Manejo de rebrotes

Es bien conocido que melina tiene una excelente capacidad de rebrote, este potencial puede ser utilizado después de la cosecha final, para dar inicio a una nueva plantación. Este esquema resulta especialmente apropiado cuando lo que se busca es maximizar la producción de biomasa en rotaciones muy cortas.



**Capacidad de rebrote de árboles de melina recién cortados**

En melina es común la presencia de múltiples rebrotes, por lo que es necesaria una selección para concentrar el potencial de crecimiento en el o los mejores ejes. Se recomienda efectuar esta selección una vez que los ejes hayan mostrado diferencias marcadas en vigor y rectitud. Si el objetivo es producir postes o puntales con determinadas dimensiones, la selección de rebrotes deberá ser más estricta dejando únicamente el mejor eje.

Actualmente se considera que el manejo de rebrotes de melina con fines de producción de madera para aserrío podría presentar serios inconvenientes. A continuación se detallan algunas consideraciones al respecto:

- **Calidad genética de la plantación original:** Muchas de las plantaciones de melina establecidas en el país presentan gran variabilidad en características como forma del fuste y pérdida de la dominancia apical. Es probable que el manejo de rebrotes bajo densidades de plantación irregulares incrementen la presencia de defectos y ramas muy gruesas.
- **Control de la densidad del rodal:** Manejar rebrotes en una plantación después de la corta final significa iniciar con un número muy reducido de individuos por hectárea, lo que dificulta el control de la densidad de la plantación.



- **Pérdida de productividad:** A pesar que se insista en el manejo de los rebrotes, la productividad que se podría esperar estará por debajo de la productividad obtenida al establecer una nueva plantación. El esquema de aprovechamiento actual favorece la pérdida de nutrientes contenidos en la corteza y el fuste sin que se tomen medidas para su reposición.
- **Pérdida de oportunidad:** Actualmente en el país existe disponibilidad de material genético de mejor calidad, incluso para dar inicio a plantaciones clonales.
- **Control de rebrotes indeseables:** Para el eventual manejo de los rebrotes, por cada tocón se deberá seleccionar el mejor rebrote, esto significa incremento en los costos del control periódico de rebrotes indeseables.

A pesar de estos inconvenientes muchas plantaciones especialmente de pequeños productores están siendo aprovechadas para suplir madera de bajo valor agregado (tarimas). En el mejor de los casos, estas fincas se le entregan al productor relativamente limpias, con los desechos del aprovechamiento acordonados. En el peor de los casos se realizó el aprovechamiento de los mejores fustes y los residuos de aprovechamiento quedaron dispersos en el terreno. A muchos productores no se les ha recomendado qué hacer con sus fincas y los rebrotes de melina así como la misma regeneración natural de la especie crecen sin ningún tipo de manejo planificado. Retomar en el futuro estas fincas para dar algún tipo de manejo será una tarea muy difícil y las posibilidades de generar ingresos para los productores serán muy limitadas.



a.

b.

a. Finca recién aprovechada y desarrollo de rebrotes a nivel del tocón

b. Residuos dejados en el terreno después de la tala rasa en plantaciones de melina.



Entre las alternativas que se le pueden ofrecer al productor están:

- Cuando la productividad obtenida en la primera cosecha fue buena, se podría recomendar eliminar los tocones y dar inicio a una nueva plantación con material genético mejorado. En este caso se debe prever la remoción de nutrientes durante la cosecha y su reposición mediante un programa de nutrición forestal.
- Cuando la productividad obtenida en la primera cosecha fue baja porque el sitio no era apto para melina, se podría recomendar eliminar los tocones y dar inicio a una nueva plantación con la utilización de otra especie forestal (posiblemente nativa). También podría sugerirse abandonar el sitio y dar paso a la regeneración natural.
- Una tercera alternativa que se podría plantear es la eliminación de los tocones, dejar descansar el terreno durante uno o dos años y posteriormente implementar algún cultivo agrícola y más adelante dar inicio con una nueva plantación forestal.

Estos esquemas no han sido documentados y no se cuenta con la información sobre la factibilidad técnica y financiera. No obstante, para efectos del presente manual, el autor ofrece a manera de sugerencias posibles opciones para la planificación de la segunda rotación.

### Control y combate de plagas y enfermedades

Hasta el 2004 se informa en Costa Rica de 36 agentes causales produciendo daños en melina, de los cuales 16 (44%) son insectos, 12 (33%) patógenos y 8 (22%) vertebrados. El 33% de los daños se reportan a nivel del fuste (corteza y xilema) y el 33% en el follaje (Arguedas, 2004).

#### Problemas fitosanitarios de *Gmelina arborea* en Costa Rica.

| Parte del árbol atacada | Insecto <sup>1</sup>                     | Patógeno                            | Vertebrado <sup>2</sup>                                                                                                                                     |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Semilla                 |                                          | <i>Aspergillus</i> sp.              | <i>Aratinga canicularia</i><br>(Psittacidae, ave)                                                                                                           |
|                         |                                          | <i>Penicillium</i> sp.              |                                                                                                                                                             |
| Plántula                |                                          | <i>Septoria</i> sp.                 | <i>Basiliscus basiliscos</i><br>(Iguanidae, SAU)<br><i>Dasypus novemcinctus</i><br>(Dasypodidae, EDE)<br><i>Sylvilagus brasiliensis</i><br>(Leporidae, LAG) |
| Follaje                 | <i>Apatelodes</i><br>(Apatelodidae, LEP) | sp. <i>Pseudocercospora rangita</i> | <i>Alouatta palliata</i><br>(Cebidae, PRI)                                                                                                                  |



*Atta* sp. (Formicidae, HYM) *Colletotritum* sp.

*Automeris* sp. (Saturniidae, LEP)

*Eacles imperialis decoris*  
(Saturniidae, LEP)

*Hylesia* sp. (Saturniidae, LEP)

*Lonomia electra*  
(Saturniidae, LEP)

*Schistocerca piceifrons*  
(Acrididae, SALT)

*Tarchon* sp. (Lymantriidae, LEP)

*Zanola impedita*  
(Apatelodidae, LEP)

Sp. no id.  
(Microlepidoptera, LEP)

|         |                                                                                                                              |                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ramas   | <i>Nasutitermes corniger</i><br>(Termitidae, ISO)                                                                            |                                                                                                                                                        |
| Corteza | Sp. no id. (Scolytidae, COL)                                                                                                 | <i>Coendou mexicanum</i><br>(Erethizontidae, ROD)<br><i>Odocoileus virginianus</i><br>(Cervidae, ART)<br><i>Sigmodon hispidus</i><br>(Cricetidae, ROD) |
| Xilema  | <i>Aepytus</i> sp. (Hepialidae, LEP)<br><i>Coptotermes testaceus</i><br>(Rhinotermitidae, ISO)<br>Sp. no id. (Cossidae, LEP) | <i>Agrobacterium tumefaciens</i><br><i>Botryodiplodia</i> sp.<br><i>Corticium salmonicolor</i><br><i>Nectria</i> sp.<br>Sp. no id. (bacteria)          |
| Raíz    | <i>Phyllophaga</i><br>(Scarabaeidae, COL)                                                                                    | sp. <i>Fusarium</i> sp.<br><i>Rosellinia</i> sp.                                                                                                       |



<sup>1</sup>Orden: Coleoptera (Col.), Hymenoptera (Hym.), Isoptera (Iso.) y Lepidoptera (Lep.).

<sup>2</sup>Orden: Artiodactyla (ART), Edentata (EDE), Primates (PRI), Rodentia (ROD.) y Sauria (SAU.) (Fuente: Arguedas, 2004).

Se describen a continuación los problemas fitosanitarios de mayor importancia:

### Follaje

A nivel de follaje, los problemas más severos son producidos por la “hormiga zompopa” o “arriera” (*Atta* spp.) y las larvas de varias especies de mariposas de la familia Saturniidae (Cuadro 4). En América Central existen tres especies de estas hormiga: *Atta cephalotes*, *A. sexdens* y *A. colombica*. Los obreros de las colonias cortan hojas en trozos más o menos circulares, que transportan hasta sus nidos, donde los trituran y usan como sustrato para cultivar un hongo (*Rozites gongylophora* Moeller) que constituye su alimento principal; las defoliaciones son generalmente muy severas y pueden causar la muerte de árboles recién establecidos (CATIE, 1991; Saunders *et al.*, 1998; Holldobler y Wilson, 1990).



**Cortes en forma de media luna, realizados por *Atta* sp. en hoja de melina.**

Los nidos son subterráneos y presentan túneles extensos, provistos con respiraderos; externamente aparecen montículos de tierra en los puntos de ingreso al nido. Estos nidos son generalmente grandes, pueden medir de 10 a 15 m de diámetro y hasta 4 metros de profundidad. Al comienzo de la época lluviosa se nota gran cantidad de individuos con alas y en estado reproductivo, los cuales participan en el vuelo nupcial; las hembras o reinas fecundadas inician nuevas colonias, las cuales tienen inicialmente la apariencia de pequeños “volcanes” (Cibrián *et al.*, 1995; Holldobler y Wilson, 1990).





Nidos o “zompoperos” de *Atta* sp. recién establecidos.

Los satúrnidos que han producido los mayores daños son *Automeris* sp. y *Eacles imperiales decoris*. Las larvas de *A. rubrensis* son verdes con una ancha raya blanca en ambos lados, tienen un cepillo grueso de espinas verdes y muy urticantes en el dorso; son larvas solitarias. Pupa en un capullo de seda y hojas sobre el suelo o la vegetación. Los adultos tienen las alas anteriores de amarillo a pardo claro o pardo anaranjado; en las alas posteriores presentan un patrón de dibujo común consistente en una mancha central en forma de ojo (Janzen, 1982; Gara 1989).



A



B

*Automeris* sp. (Saturniidae, Lepidoptera) a. larva; b. adulto



Las larvas de *E. imperiales decoris* son siempre café cuando eclosionan y presentan una fuerte armadura espinosa, la cual es absolutamente inofensiva. Al entrar al cuarto estadio larval, se mantienen café o se tornan de color verde claro, dependiendo, aparentemente de la intensidad de luz recibida en los primeros estadios de desarrollo. Sin embargo, la mayor parte de las larvas observadas en plantaciones forestales son de color verde claro brillante. En el último estado larval, la armadura se ha simplificado notoriamente. Presenta solamente cuatro “scoli”, o pequeñas espinas no urticantes de color rosado en los dos últimos segmentos torácicos y un par en cada segmento abdominal. Además, el cuerpo se cubre de pelos largos blancos distribuidos en forma separada. Pueden medir hasta 14 cm de largo y 1,20 cm de grosor (Arguedas y Quirós, 1996; Janzen, 1982; Lemaire, 1988).

La pupa es de color pardo oscuro y mide en promedio 4,4 cm de largo y se alberga en el suelo a aproximadamente 10 cm de profundidad. La mariposa es muy llamativa por su gran tamaño y sus colores fundamentalmente amarillo y morado; presenta dos manchas distales como un círculo (discocelulares) en ambos lados de las alas anteriores y una en ambos lados de las alas posteriores; el centro de estas manchas es color gris violáceo; en ambos pares de alas se presenta una línea morada ligeramente ondulada (Janzen, 1982; Lemaire, 1988). Durante los años 1993 y 1994, larvas de la mariposa *Eacles imperialis decoris*, defoliaron en forma continua y severa, aproximadamente 80 ha de una plantación de melina de cinco años de edad, en Palmar Norte de Puntarenas, Costa Rica (Arguedas y Quirós, 1996).



***Eacles imperialis decoris* (Saturniidae, Lepidoptera). a. larva en su último instar; b. pupa; c. adulto.**

### Ramas

En plantaciones de melina es muy común observar termiteros acartonados de *Nasutitermes corniger*, color pardo, de 50 a 60 cm de diámetro en las ramas de los árboles. Del termitero principal parten numerosos tubos de aserrín cementados sobre la corteza. Constituyen colonias, donde la casta más característica es la de los soldados; éstos miden de 3,5 a 4 mm de longitud, cabeza color café oscuro a negro con una proyección cónica a manera de nariz (nasute), por lo que a estos soldados se les conoce como de tipo nasutiforme (Nicle y Colling, 1988). Hasta el presente no se ha observado dañando árboles vivos; solamente construye sus termiteros sobre ellos y se alimenta de las ramas muertas (Arguedas, 2004; CATIE, 1991).





A.....B

*Nasutitermes corniger* (Termitidae, Isoptera) a. túneles sobre el tronco; b. nido o “termitero”.

### Fuste

*Aeptytus* sp. es la plaga más común en el fuste de la melina, durante los primeros años de establecimiento. Su presencia se detecta por la presencia de un vestíbulo o bolsón, adherido al tronco y a menudo asociado con las axilas de las ramas. Al levantar el vestíbulo se observa un área de la corteza consumida y la perforación de entrada del túnel, el cual se extiende en el xilema o en la médula hacia arriba y puede medir hasta 15 cm de longitud. La larva madura puede medir hasta 5,5 cm de largitud; es de color crema, con la cabeza redondeada y muy oscura, tiene una especie de placa rojiza en la parte superior del protórax. Pupa dentro de la galería. El adulto tiene una envergadura alar de 4,2 cm; las alas anteriores son color pardo anaranjado y las posteriores anaranjado claro (CATIE, 1991; Ford, 1981; Moreno, 1989).





A.....B

***Aetytus* sp. (Hepialidae, Lepidoptera) a. bolsón; b. larvas dentro del fuste.**

Cuando se inician los raleos o las cortas de aprovechamiento, algunos individuos presentan perforaciones en el duramen del fuste, desde la base hasta 2 m de altura, producidos por la termita *Coptotermes testaceus*. Se les conoce como las “termitas subterráneas”, ya que sus nidos se encuentran en la corona de la raíz, dentro de suelo; es por ello que externamente no se detecta su presencia (Arguedas, 2004). Los soldados son color blanco cremoso y miden de 4 a 5 mm de longitud, la cabeza es piriforme y color miel. Los obreros son ápteros, de cuerpo blando y de color blanco-amarillento. Los reproductores son alados y miden 5,5 mm de longitud, son de color café oscuro a casi negro; presentan cabeza subcircular (Cibrian *et al.*, 1995).



A.....B

***Coptotermes testaceus* (Rhinotermitidae, Isoptera) a. Perforaciones en el duramen de melina; b. Nido.**

En Costa Rica, durante los últimos 5 años, se han presentados serios problemas de mortalidad de grupos de árboles, en plantaciones de 2 a 5 años. El problema se encuentra asociado a altas densidades de árboles, suelos inadecuados y el hongo *Nectria* sp. Inicialmente, el follaje de los árboles afectados se marchita, luego se seca y cae. Ello se debe a que el cancro logra anillar en algún sector el fuste del árbol, lo que produce que la parte apical muere. Muchos árboles rebrotan en la parte inferior del fuste y presentan “lloraderos” de savia en los puntos de poda,



los cuales se tornan negruzcos. En general no es posible detectar claramente la presencia del cancro, para ello debe realizarse cortes en partes del tronco por encima de los rebrotes, donde se detecten depresiones de la corteza; los tejidos corticales afectados presentan necrosis color pardo oscuro. En los árboles más gruesos la zona cancerosa se resquebraja (Arguedas, 2004; Arguedas *et al.*, 1995).



A.....B

***Nectria* sp. en melina en la zona norte de Costa Rica. a. árbol con rebrotes en la base; b. exudaciones o “lloraderos” en puntos de poda.**

### Edad de rotación

La edad de rotación de una plantación forestal está en función de los objetivos, la calidad del sitio y los aspectos de rentabilidad financiera. Para esta especie se ha generado experiencias de manejo basados en rotaciones más cortas. Según las experiencias generadas en Costa Rica, la edad para la corta final de plantaciones de melina cuya finalidad es la producción de Madera para aserrío, oscila entre 10 y 14 dependiendo de las condiciones del sitio. En la mayoría de las proyecciones de producción para la especie se ha tomado una edad de rotación de 12 años (Alfaro y De Camino, 2002). Por su parte Hughell (1991), basó las proyecciones de rendimiento para melina en América Central, asumiendo una edad de rotación para la especie de 14 años.

### Estimación de volumen en pie

Salazar y Palmer (1984) desarrollaron una ecuación para estimar el volumen sin corteza hasta un diámetro superior de 10 cm para árboles de melina en la Zona Atlántica (Siquirres), bajo un ámbito de diámetros de 20 hasta 50 cm. La ecuación generada es la siguiente:



$$\text{Ln}(V_{sc}) = a + b \cdot \text{Ln}(d) + c \cdot \text{Ln}(h)$$

donde:

$V_{sc}$  = volumen total sin corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

$a$  = -9.63

$b$  = 1.789

$c$  = 0.8189

Zeaser y Murillo (1992) reportan una ecuación utilizada por Ston Forestal para cubicar árboles de melina de dos años de edad:

$$V = -0.1412 + 0.00087586 \cdot d^2 + 0.01 \cdot h$$

donde:

$V$  = volumen comercial sin corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 7 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

Burbano (s.f.) desarrolló dos ecuaciones para estimar el volumen comercial de árboles de melina aplicable a todo el país. Se incluyó una muestra de 576 árboles con edades entre 3 y 13 años, con alturas que oscilaron entre 7 y 34 m y diámetros entre 9 y 49 cm.. La primera ecuación es de dos entradas y utiliza el diámetro y la altura de los árboles para predecir el volumen comercial:

$$V_C = e^{-11.6424 + 2.2444 \text{Ln}(d) + 1.1249 \cdot \text{Ln}(h)}$$

donde:

$V_C$  = volumen comercial con corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$h$  = altura total del árbol (m)

$e$  = 2.71828

La segunda ecuación es de una sola entrada y utiliza únicamente el diámetro del árbol para predecir el volumen comercial:

$$V_C = e^{-10.8445 + 3.0545 \text{Ln}(d)}$$

donde:

$V_C$  = volumen comercial con corteza ( $\text{m}^3$ ) hasta un diámetro mínimo de 10 cm

$d$  = diámetro en cm a 1.3 m sobre el nivel del suelo

$e$  = 2.71828

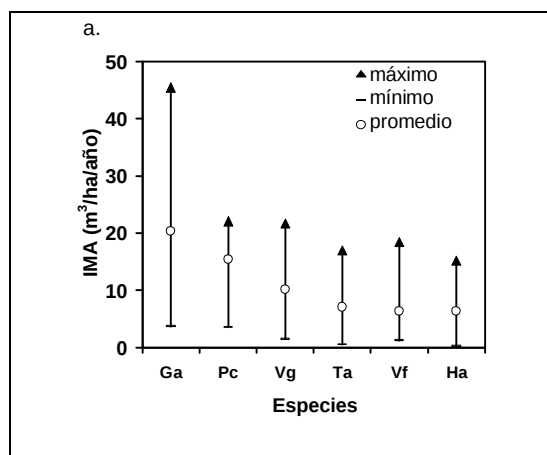


## Crecimiento y rendimiento

El incremento medio anual en volumen es una de las variables más importantes para la toma de decisiones en el manejo forestal y expresa el potencial de producción de biomasa de una especie en particular, creciendo bajo determinadas condiciones de sitio, bajo un régimen de manejo y una edad determinada. A nivel tropical con excepción de las especies de eucaliptos, la melina es una de las especies con mayor potencial de crecimiento. En sitios óptimos para su cultivo, esta especie puede alcanzar rendimientos de hasta 30 m<sup>3</sup>/ha/año (Agus *et al*, 2000). En algunos casos se han reportado rendimientos de hasta 38 m<sup>3</sup>/ha/año (Soerianegara & Lemmens, 1993).

A pesar que ha sido mayormente plantada en elevaciones bajas y medias, en Costa Rica se reportan altos rendimientos en condiciones óptimas de suelos andisoles y valores de precipitación media anual de 3000 mm en los alrededores de San Vito de Coto Brus sobre los 900 m.s.n.n.m. (Arias, 2002).

Una comparación de la producción de volumen total a los 6 años posterior al establecimiento de las plantaciones de melina y otras especies en la Zona Sur de Costa Rica indica claramente que melina es la especie que posibilita el mayor potencial de producción en volumen total, alcanzando bajo condiciones óptimas de suelos andisoles en Coto Brus hasta 45 m<sup>3</sup>/ha/año. En promedio alcanza valores de 20 m<sup>3</sup>/ha/año, que representa el doble del rendimiento de las especies nativas estudiadas. Pero también es la especie que presenta las mayores diferencias entre la producción máxima y el rendimiento mínimo (Arias, 2002)



**Comparación del incremento medio anual en volumen total para melina y otras especies a los 6 años de edad en la zona sur de Costa Rica. (Ga = *Gmelina arborea*, Pc = *Pinus caribaea*, Vg = *Vochysia guatemalensis*, Ta = *Terminalia amazonia*, Vf = *Vochysia ferruginea* y Ha = *Hieronyma alchorneoides*).**



Una caracterización del crecimiento de melina en Hojancha, Guanacaste muestra además de los valores en el incremento medio anual, la variación en los rendimientos que se pueden obtener para la especie en función de dos condiciones de sitio: (A) buena condición de sitio, (B) condición de sitio media. A la edad de 4 años, estas diferencias pueden ser del 322 % en el incremento medio anual del volumen total y del 200 % a la edad de 8 años.

**Caracterización dasométrica de plantaciones forestales de melina evaluadas en Hojancha, Costa Rica. (Cubero y Rojas, 1999).**

| Edad (años) | Sitio | IMA DAP (cm/año) | IMA h (m/año) | N (arb/ha) | G (m <sup>2</sup> /ha) | Vol. Total (m <sup>3</sup> /ha) | IMA VT (m <sup>3</sup> /ha/año) |
|-------------|-------|------------------|---------------|------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 4           | A     | 4.76             | 4.2           | 570        | 16.17                  | 89.68                           | 22.42                           |
| 4           | B     | 3.21             | 2.94          | 540        | 8.08                   | 27.90                           | 6.97                            |
| 8           | A     | 4.19             | 3.66          | 230        | 20.55                  | 246.81                          | 30.85                           |
| 8           | B     | 3.11             | 2.51          | 373        | 16.31                  | 121.47                          | 15.18                           |
| 10          | B     | 2.65             | 2.16          | 260        | 14.93                  | 119.03                          | 11.90                           |
| 12          | B     | 2.33             | 1.73          | 307        | 18.63                  | 146.09                          | 12.17                           |

Hughell (1991) generó tablas de rendimiento para melina basado en los trabajos de índices de sitio en América Central. Estas tablas consideran una densidad inicial de 1111 árboles/ha y tres índices de sitio. Hasta la fecha estas tablas preliminares han sido utilizadas en las proyecciones de rendimiento y análisis financieros y no se reportan trabajos tendientes a la actualización de la información de rendimiento.



**Tablas preliminares de rendimiento con manejo para plantaciones de melina en América Central. Hughell (1991).**

| Edad<br>(años) | N<br>(arb/ha) | h<br>(m) | d<br>(cm) | G<br>(m <sup>2</sup> /ha) | V<br>(m <sup>3</sup> /ha) | Árboles<br>extraídos | Vol.<br>extraído | Vol.<br>acumulado |
|----------------|---------------|----------|-----------|---------------------------|---------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| IS 28          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 7.9      | 11        | 9.5                       | 28.9                      |                      |                  | 28.9              |
| 4              | 549           | 14.7     | 19.4      | 16.2                      | 72.8                      | 440                  | 49.1             | 121.9             |
| 6              | 549           | 19.3     | 23.7      | 24.1                      | 154.5                     |                      |                  | 203.6             |
| 8              | 399           | 22.4     | 29.9      | 28.0                      | 177.0                     | 150                  | 43.9             | 270.0             |
| 10             | 399           | 24.4     | 31.6      | 31.3                      | 239.3                     |                      |                  | 332.3             |
| 12             | 299           | 25.7     | 36.8      | 31.8                      | 221.5                     | 100                  | 45.6             | 360.0             |
| 14             | 299           | 26.4     | 36.9      | 32.0                      | 258.1                     |                      |                  |                   |
| IS 21          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 5.9      | 8.3       | 5.3                       | 12.9                      |                      |                  | 12.9              |
| 4              | 989           | 11.0     | 13.6      | 14.4                      | 58.6                      |                      |                  | 58.6              |
| 6              | 609           | 14.5     | 18.9      | 17.1                      | 76.6                      | 380                  | 38.0             | 114.6             |
| 8              | 609           | 16.8     | 21.0      | 21.2                      | 120.7                     |                      |                  | 158.8             |
| 10             | 409           | 18.3     | 25.3      | 20.5                      | 109.6                     | 200                  | 39.6             | 187.3             |
| 12             | 409           | 19.2     | 25.9      | 21.5                      | 135.4                     |                      |                  | 213.0             |
| 14             | 409           | 19.8     | 29.5      | 24.6                      | 157.8                     |                      |                  | 235.4             |
| IS 14          |               |          |           |                           |                           |                      |                  |                   |
| 2              | 989           | 3.9      | 5.5       | 2.4                       | 4.1                       |                      |                  | 4.1               |
| 4              | 989           | 7.3      | 9.1       | 6.4                       | 18.8                      |                      |                  | 18.8              |
| 6              | 989           | 9.7      | 11.8      | 10.9                      | 40                        |                      |                  | 40.0              |
| 8              | 639           | 11.2     | 14.9      | 11.2                      | 40.7                      | 350                  | 17.1             | 57.8              |
| 10             | 639           | 12.2     | 15.8      | 12.5                      | 55.0                      |                      |                  | 72.1              |
| 12             | 439           | 12.8     | 18.4      | 11.7                      | 46.7                      | 200                  | 15.3             | 79.1              |
| 14             | 439           | 13.2     | 18.5      | 11.7                      | 54.4                      |                      |                  | 86.8              |

N = árboles por hectárea

h = altura media del rodal (m)

hasta 10 cm

d = diámetro promedio del rodal (cm)

G = Área basal del rodal (m<sup>2</sup>/ha)

V = Volumen en m<sup>3</sup>/ha sin corteza

IS = Índice de sitio



**Costos de establecimiento**

Cubero y Rojas (1999) presentan una actualización de los datos de costos suministrada por Gómez y Reiche (1996) para el establecimiento y manejo de plantaciones de melina.

**Detalle de los costos de establecimiento y manejo para plantaciones de *Gmelina arborea* (Cubero y Rojas, 1999).**

| Actividad               | Costo (\$/ha) |
|-------------------------|---------------|
| Preparación del terreno | 98.94         |
| Plantación              | 148.17        |
| Mantenimiento           | 127.29        |
| Protección              | 21.40         |
| Tratamientos            | 36.42         |
| Aprovechamiento         | 40.11         |
| Asistencia técnica      | 13.59         |
| Cargas sociales         | 63.27         |
| Administración          | 53.14         |
| Mantenimiento 2         | 99.71         |
| Mantenimiento 3         | 70.26         |
| Mantenimiento 4         | 70.26         |
| Mantenimiento 5         | 70.26         |
| Poda                    | 24.07         |
| Raleo                   | 27.93         |
| Jornal                  | 5.84          |

1\$ = ₡274.22 al momento del cálculo

Cubero y Rojas (1999) también presentan los indicadores financieros para diferentes tipos de escenarios en donde se combina la producción de madera y la venta de carbono. Se hace la salvedad que dicha información debe tratarse con reserva ya que no todas las plantaciones pueden vender carbono.

**Indicadores financieros para la producción de madera y venta de carbono en plantaciones forestales de melina.**

| Escenario                                                             | TIR (%) | VAN (\$) |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| Ingreso por la venta de madera                                        | 15.4    | 363.02   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en fustes a \$ 5Tm          | 16.7    | 490.19   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en biomasa aérea a \$ 5Tm   | 16.8    | 502.75   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en fustes a \$ 10 Tm        | 18.1    | 617.36   |
| Ingreso por la venta de madera + C fijado en biomasa aérea a \$ 10 Tm | 18.3    | 642.48   |



La inclusión del pago por el servicio de fijación de carbono en plantaciones forestales de melina incrementa en un 18.8% el TIR con respecto al ingreso por solo la venta de madera. El VAN aumenta en un 77%. Sin embargo la inclusión de la biomasa aérea (ramas y follaje) en el pago por fijación de carbono no produce una diferencia económicamente significativa con respecto a la fijación en los fustes ya que en ambos se presenta el mismo TIR.

En la actualidad también existe la posibilidad de incorporar proyectos de reforestación dentro del Programa de Pago Servicios Ambientales (PSA). Un análisis sobre los costos e ingresos para este tipo de proyectos sugiere considerar los siguientes aspectos: 1- los ingresos ocurren irregularmente en el tiempo, y están concentrados hacia final del periodo de producción, 2- los ingresos por servicios ambientales están concentrados en los primeros cinco años, por lo que el esquema de pagos no promueve que se haga un adecuado manejo silvicultural de las plantaciones, y que es el que permitiría maximizar la cantidad y calidad de los productos derivados de ellas, y 3- los ingresos por PSA no alcanzan para cubrir todos los costos, por que el productor tenderá a minimizar los costos de establecimiento y mantenimiento iniciales, lo cual puede estar conduciendo a que no se hagan plantaciones de alta calidad.

Sin embargo, se anota que la solución no está en incrementar los montos del PSA, ya que el principio del programa de PSA es pagar por los servicios ambientales generados por las plantaciones, y no es el cubrir los costos de establecimiento. Finalmente, se señala que este flujo de caja podría ser tolerado por una empresa u organización con posibilidad de invertir a largo plazo, pero no es adecuado para un mediano o pequeño propietario, quien está en necesidad de hacer inversiones rentables a muy corto plazo (FONAFIFO, 2001).

**Costos e Ingresos (en colones/ha) para proyectos de reforestación con melina en sitios medios dentro del Programa de Pago Servicios Ambientales (Sage y Otárola, 2000).**

| Año | Ingresos | Costos  | Diferencia | Acumulado |
|-----|----------|---------|------------|-----------|
| 1   | 77,000   | 230,790 | (153,79)   |           |
| 2   | 30,400   | 65,917  | (35,517)   | (189,307) |
| 3   | 23,100   | 21,582  | 1,518      | (187,789) |
| 4   | 15,400   | 9,702   | 5,698      | (182,091) |
| 5   | 54,036   | 18,370  | 35,666     | (146,425) |
| 6   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (156,127) |
| 7   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (165,829) |
| 8   | 100,998  | 18,370  | 82,628     | (83,201)  |
| 9   | 0        | 9,702   | (9,702)    | (92,903)  |
| 10  | 0        | 9,702   | (9,702)    | (102,605) |
| 11  | 0        | 9,702   | (9,702)    | (112,307) |
| 12  | 545,534  | 17,270  | 528,264    | 415,957   |



## Bibliografía

- Alfaro, M. M.; De Camino, R. V. 2002. Melina (*Gmelina arborea*) in Central América. Edited by M. Varmola. Forest Resources Development Service. Forest Resources División. Forestry Department. Working Paper FP/20. FAO, Rome (Italy).
- Arguedas, M. 2004. Problemas fitosanitarios de la melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(2). (Artículo aceptado).
- Arguedas, M.; Quirós, L. 1996. El defoliador de la melina *Eacles imperialis decoris*. Serie Plagas y enfermedades forestales N° 14. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- Arguedas, M., Chavarri, P.; Millar, C. 1995. Cancro *Nectria* sp. en especies forestales. Serie Plagas y enfermedades forestales N° 18. ITCR-CIT. Cartago. 8 p.
- Arias, D. y Campos, N. 1987. Evaluación de tres métodos para prescribir aclareos en plantaciones forestales de *Pinus caribaea* y *Gmelina arborea* en Pueblo Nuevo, Sarapiquí. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 95 p.
- Arias, D. 2002. Aufforstungen mit heimischen und eingeführten Baumarten auf degradierten Böden im Süden Costa Ricas. Ph. D. Tesis. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A., Band 183. Göttingen, Alemania. 180 p.
- Arias, D. 2004. Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* en el trópico. Kuru: Revista Forestal (Costa Rica) (1): 1. <http://www.itcr.ac.cr/publicaciones/revistakuru>.
- Agus, C.; Karyanto, O.; Hardiwinoto, S; Haibara, K; Toda, H. 2000: Biomass in fast growing species of tropical *Gmelina arborea* Roxb. plantation forest. Transaction of the 111st Japanese Forestry Society, 557-558.
- Barrantes, W. 1997. Búsqueda de un herbicida seguro, capaz de eliminar árboles raleados de melina *Gmelina arborea* en la Zona Sur. In Morales, E; Cartín, F. eds. III Congreso Forestal Nacional. (1997, San José, CR). Resumen de ponencias.
- Burbano, S. s.f. Manual para la estimación del volumen comercial en pie de las plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. COSEFORMA-MINAE-GTZ. 31 p.
- CATIE. 1991b. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo. Turrialba. 260 p.



- Centeno, J. C. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. OIMT. Actualidad forestal tropical 5: 10-12.
- Cibrián, D.; Méndez, JT.; Campos, R.; Yates III, HO.; Flores, JE. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 456 p.
- Cubero, J. A.; Rojas, S. R. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.F.) y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Desarrollo Forestal. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 95 p.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 2001. Propuesta de asistencia técnica y financiera para el diseño e implementación del proyecto: Reactivación de la Reforestación Comercial en Costa Rica (REFORESTA).
- Ford, LB. 1981. Reconocimiento de las plagas de plantaciones forestales en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 7. 53 p.
- Galloway, G., Ugalde, L. and Vásquez, W. 2001. Importance of density reductions in tropical plantations: Experiences in Central America. Forests, Trees and Livelihoods Vol. 11, p 217-232.
- Gara, RI., Onore, G. 1989. Entomología Forestal. Proyecto DINAF-AID. Quito, Ecuador. 267 p.
- Gómez, M.; Reiche, C. 1996. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE., Turrialba. 50 p.
- Greaves, A. 1978. Site Index Curves for *Gmelina arborea*. C. F. I. Occasional Papers N° 2. 7 p.
- Greaves, A. 1981. *Gmelina arborea*. Forestry Abstracts. 42 (6): 237-258.
- Holldobler, B.; Wilson, E. 1990. The ants. Harvard University Press. 773 p.
- Hughell, D. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. En América Central. Silvoenergía (C.R.) No. 44: 1-4.
- Janzen, DH. 1982. Guía para la identificación de mariposas nocturnas de la familia Saturniidae del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Brenesia (C.R.) 19/20: 255-299.



- Kumar, M.; Long, J. y Kumar, P. 1995. A density management diagram for teak plantations of Kerala in Peninsular India. *Forest Ecology and Management* 74: 125-131.
- Langsaeter, A. 1941. Om tynning i enaldret gran-og furuskog. *Medel. f. d. Norske Skogforsoksvesen* 8: 131-216.
- Lemaire, C. 1988. Los Satumiidae Americanos (Attacidae). San José: Museo Nacional de Costa Rica. 616 p.
- Long, J. N. 1985. A practical approach to density management. *For. Chron.* 61: 23-27.
- McCarter, J. y Long, J. 1986. A Lodgepole Pine Density Management Diagram. *West. J. App. For.* 1:6-11.
- Méndez, A. J. 1990. Determinación del Índice de Densidad del Rodal (IDR) para prescribir raleos en plantaciones de *Alnus acuminata* en las Nubes de Coronado. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 102 p.
- Moreno, G. 1989. Biología de las especies de *Phassus* y *Aepytus* (Lepidoptera: Hepialidae) el localidades de elevación media de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional. Heredia. 161 p.
- Murillo, O.; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico N° 181. CATIE, Costa Rica. 69 p.
- Murillo, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 24(2): 41-47.
- Murillo, O., Gallegos, A. y Badilla, Y. 2003. Calidad en el establecimiento de plantaciones. FUNDECOR-ITCR-GENFORES-JIFFY. 36 p.
- Muziol, C.; Sánchez, O. 1992. Manejo de plantaciones forestales. Manual técnico del proyecto COSEFORMA. Costa Rica. 24 p.
- Nickle, DA.; Collins, 1988. The termite fauna (Isoptera) in the vicinity of Cahmela, State of Jalisco, México. *Folia Entomol. Mex.* 77 : 85-122.
- Obando, G. 1989. Construcción de modelos matemáticos de clasificación de sitios para la especie *Gmelina arborea* (L.) Roxb., aplicables a la Zona Pacifico Sur de Costa Rica. Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 110 p.
- Ohland, C. 2000. Recomendaciones para el manejo de *Gmelina arborea*. MINAE-ITCR-COSEFORMA-CCF-GTZ. Costa Rica. 53 p.



- Ortiz, E. 1986. Utilización del IDR en el manejo de la densidad de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 10 p.
- Ortiz, E. 1989. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. Serie de apoyo académico N° 10. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Pineda, N. M. 1990. Métodos de raleo cuantitativo para determinar la intensidad de raleo en plantaciones de *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugan y *Tectona grandis* Linn. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 56 p.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand density index for even aged forest. Journal Agric. Res. 46: 627-638.
- Rojas, M. 1993. Desarrollo de un sistema preliminar de clasificación de sitios para Teca (*Tectona grandis*), Melina (*Gmelina arborea*) y Pochote (*Bombacopsis quinatum*) aplicable a la Zona Chorotega, Guanacaste, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sage, L.; Otárola, M. 2000. Mitigación de gases con efecto invernadero por medio de la actividad forestal en terrenos de propiedad privada en Costa Rica. Proyecto Ecomercados. 37 p.
- Salazar, F. R.; Palmer, J. 1984. Tablas de volumen para *Gmelina arborea* Roxb. en Manila de Siquirres., Costa Rica. Turrialba (C.R.) 35(4): 425-433.
- Salazar, F. R. 1988. Observaciones preliminares sobre el comportamiento de la melina en el trópico americano. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 p.
- Salazar, L. A.; Pereira, M. 1998. Resumen: El fortalecimiento de una empresa forestal en base de la producción de *Gmelina arborea* en la Zona Norte de Costa Rica. Procedimientos del Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sostenible de los Recursos Naturales: Retos para el Siglo XXI. Valdivia, Chile. 7 p.
- Saunders, J.L.; Coto, D.T.; King, A.B.S. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Serie técnica. Manual técnico/CATIE N. 29. Turrialba, Costa Rica. 305 p.
- Struck, G. and Dohrenbusch, A. 2000. Development of a new branchiness index ASIX - A simple tool to describe branchiness in young deciduous forest stands. Ann. For. Sci. 57, 811-818.
- Stuhrmann, M.; Bergmann, C. and Zech, W. 1994. Mineral nutrition, soil factors and growth rates of *Gmelina arborea* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. Forest Ecology and Management 70; 135-145.



- Tewari, D. N. 1995. A monograph on Gamari (*Gmelina arborea* Roxb.). International Book Distributions, Dehra Dun, India. 125 p.
- Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones de índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Vargas, G. 1986. Análisis de cuatro métodos para determinar la intensidad de aclareo. Práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 128 p.
- Vásquez, W.; Ugalde, L. A. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico N° 256. CATIE. Costa Rica. 40 p.
- Vásquez, W. 1996. Clasificación y selección de sitios para reforestar en la Región Chorotega Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica, Manual Técnico N° 7. CATIE. Costa Rica. 43 p.
- Williams, J. L. 1996. Stand Density Index for Loblolly Pine Plantations in North Louisiana. South. J. Appl. For. 18: 40-45.
- Zeaser, D.; Murillo, R. 1992. Evaluación de los factores edáficos limitantes al crecimiento temprano de melina (*Gmelina arborea*), plantado en suelos inceptisoles en la región Brunca de Costa Rica. II Congreso Nacional Forestal. San José, Costa Rica. p 55-57.
- Zeaser, D. 1999. Growth dynamics of the Melina plantations of Ston Forestal S. A. In Southwest Pacific Costa Rica. Kleinn, C and Koho, M. (eds). 1999. Long-Term Observations and Research in Forestry. Proceedings of an IUFRO S4.11 International Symposium. CATIE. Costa Rica. p 273-280.
- Zeide, B. 1987. Analysis of the 3/2 power law of self-thinning. Forest Science. 33: 517-537.



# Capítulo 4

## Aprovechamiento de plantaciones



Autor: Ing. Alejandro Meza Montoya. MAE

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



### Contenido

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                                                   | <b>89</b>  |
| <b>Aprovechamiento forestal como operación silvicultural.....</b>     | <b>90</b>  |
| <b>Objetivo de la cosecha .....</b>                                   | <b>90</b>  |
| <b>Sistema de cosecha.....</b>                                        | <b>91</b>  |
| <b>Red vial.....</b>                                                  | <b>93</b>  |
| <b>Corta dirigida.....</b>                                            | <b>96</b>  |
| <b>Arrastre.....</b>                                                  | <b>99</b>  |
| <b>Troceo, clasificación y apilado.....</b>                           | <b>103</b> |
| <b>Carga.....</b>                                                     | <b>107</b> |
| <b>Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema.....</b> | <b>109</b> |
| <b>Consideración final .....</b>                                      | <b>109</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                                              | <b>110</b> |



## Resumen

El aprovechamiento o cosecha forestal es una de las etapas finales del sistema de producción de madera de plantaciones, sin embargo, la prescripción y aplicación de raleos cuyo producto tiene características para el procesamiento industrial, hace que aún años antes de alcanzar el turno final, se inicien las labores de aprovechamiento forestal.

Se presentan las características típicas de un sistema de aprovechamiento forestal dirigido a rodales de *Gmelina arborea*, especie que por su buena adaptación en Centroamérica y sus características de crecimiento, permiten la aplicación de diferentes tipos e intensidades de manejo y por lo tanto las posibles labores de cosecha son variables de acuerdo con los objetivos.



## Aprovechamiento de plantaciones



### Aprovechamiento forestal como operación silvicultural

En reforestación comercial, bajo el concepto de silvicultura clonal, la operación de aprovechamiento forestal es el último eslabón antes de que la materia prima llegue a la industria, por lo tanto el resultado de la plantación, en términos de productividad, no tiene relación alguna con la labor de cosecha. Por esta razón, si su plantación se estableció a partir de clones, entonces la importancia de la cosecha radica en obtener alta calidad en los productos cosechados y bajos costos de operación.

Pero si su plantación se estableció con los métodos tradicionales, a partir de semilla, el manejo silvicultural del rodal incidirá directamente en la productividad que se logre al final del turno; este manejo siempre implicará la aplicación de raleos. En algunas de estas cortas intermedias los árboles presentan dimensiones que permiten su procesamiento industrial, por lo tanto, el aprovechamiento forestal de la plantación se convierte en una operación silvicultural de mucha importancia, ya que tendrá la función de extraer los productos a un costo bajo y competitivo de acuerdo con la situación del mercado y además, deberá realizarse con los métodos y las técnicas que causen un impacto mínimo en el suelo y los árboles remanentes, de manera que la cosecha intermedia no influya negativamente en el rendimiento final de la plantación.

La utilización de semilla mejorada, así como la selección de sitios de mejor calidad para el establecimiento, han permitido una mejora importante en la calidad y la productividad de estas plantaciones. Acompañando a estos factores, los métodos y tecnologías de cosecha han sido modificados, con el fin de disminuir el impacto en la masa remanente cuando se aplican raleos, reducir el impacto en el suelo al utilizar maquinaria y buscar una disminución en los costos de operación.

### Objetivo de la cosecha

En términos generales, cuando se realiza el aprovechamiento forestal de la plantación, se busca obtener la mayor cantidad de productos, de la mejor calidad posible, al menor costo y con el menor impacto posible, tanto al ambiente como a la masa residual en el caso de raleos. Pero para lograr este objetivo, es necesario tener muy claro el concepto clásico de lo que es un “sistema de producción”, de modo que se garantice la aplicación de un aprovechamiento forestal apropiado a las condiciones y los objetivos del rodal.

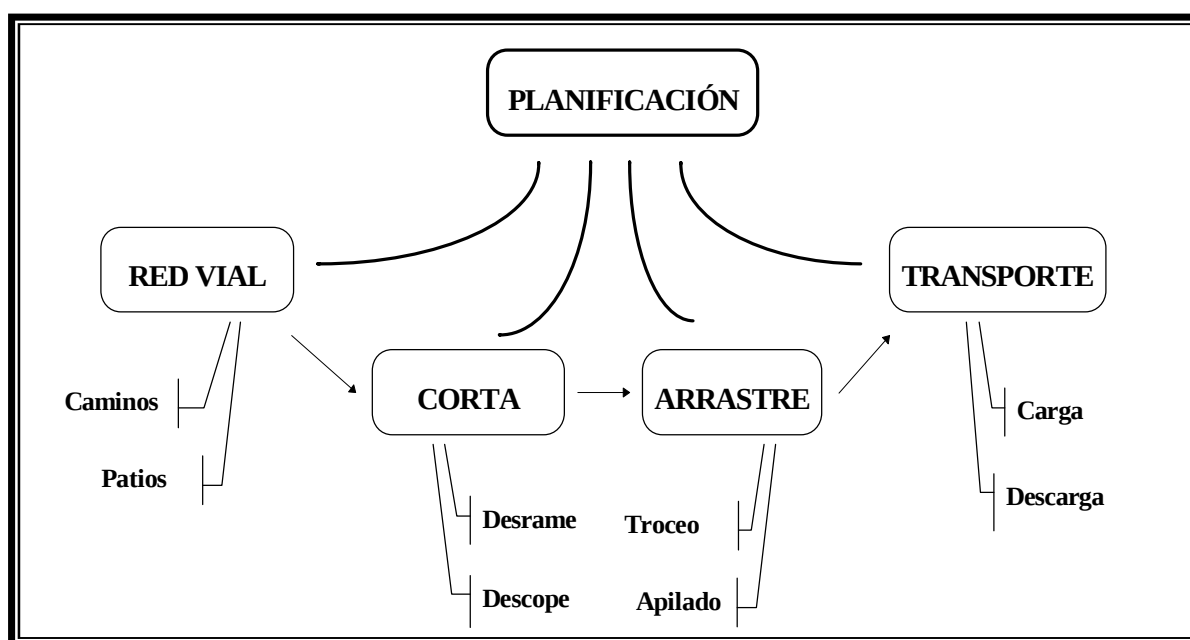
Un sistema se define como un conjunto de elementos, pasos o etapas que interactúan entre sí en forma ordenada y lógica para alcanzar un objetivo predeterminado. Los sistemas deben ser flexibles, de manera que las interrelaciones entre sus componentes permitan ajustarse a los cambios que se presentan en el transcurso del tiempo.



De esta manera y como elemento primordial para la planificación de las operaciones de cosecha de la plantación, debe definirse detalladamente el sistema de producción que se utilizará. Esto permitirá contar con una operación fluida, de bajo costo y amigable con el ambiente. La flexibilidad que debe tener el sistema permitirá ajustarse a los cambios climáticos, de mercado y de operación que se presentan frecuentemente en este tipo de operaciones, evitando así atrasos en la operación que generalmente repercuten en los costos finales.

### Sistema de cosecha

El sistema de aprovechamiento forestal para plantaciones de *Gmelina arborea* está compuesto básicamente por cinco etapas, tal y como se muestra a continuación.



**Sistema típico de aprovechamiento forestal de plantaciones de *Gmelina arborea*.**

La clave del éxito en la utilización del concepto de sistema en las labores de cosecha forestal está en realizar las operaciones bajo una “estructura de servicio”, en la que cada etapa se realiza de la mejor forma, buscando siempre el beneficio y la eficiencia de la etapa siguiente.

La conformación de las cuadrillas y la definición de las funciones de cada etapa del sistema que se utilice varían de acuerdo con las características de la plantación que se cosechará, sin embargo, el diagrama siguiente muestra la descripción detallada de un sistema promedio adecuado para el aprovechamiento de plantaciones de melina; con pequeños ajustes y modificaciones será útil para realizar la cosecha de la plantación.



**Sistema de cosecha basado en arrastre con tractor agrícola con winch, recomendado para plantaciones de *Gmelina arborea*.**

| <b>ETAPA DEL SISTEMA</b>                 | <b>LABORES A REALIZAR EN LA ETAPA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>INDICADORES DE LOGRO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pistas: diseño, marcaje, limpieza</b> | Se diseña el sistema de pistas simulando una espina de pescado. Las pistas deben quedar libres de obstáculos. Se marcan pistas de saca (aproximadas) en contra o a favor de la pendiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Distancias de arrastre para el tractor no mayores a 150 m. En las pistas de saca no se extiende el cable más de 40 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Corta</b>                             | La corta se hace dirigida con respecto a las pistas de saca. Se hace un buen desrame y despunte. Se aplican todas las normas de seguridad y ergonomía necesarias para la buena marcha de las operaciones. Cuadrilla mínima de dos personas capacitadas.                                                                                                                                                                                                                     | Los fustes quedan totalmente dispuestos para el arrastre y libres de nudos. Despunte a la medida mínima aprovechable en la industria. No se acomodan aquellos fustes que no tienen el diámetro mínimo aprovechable, pero no estorban en las pistas.                                                                                                                                                  |
| <b>Arrastre</b>                          | Se ejecuta de acuerdo con las pistas planeadas. Se utilizan al menos 3 juegos de cadenas para amarrar las trozas y garantizar la fluidez del trabajo del tractor. El arrastre se ejecuta utilizando una cuadrilla de tres personas bien capacitadas, contando al tractorista que a su vez opera el winch. La ergonomía y la seguridad son aspectos básicos en esta operación.                                                                                               | El tractor se mueve sólo por las pistas diseñadas. El abastecimiento de madera al patio es constante. No se arrastran aquellos fustes que no cumplen con el diámetro mínimo aserrable. Menos impacto al suelo. La presencia del tractor en el patio es breve. No debe intervenir en otras funciones que no sea la de arrastrar. El tractor no hace uso de otras pistas que no sean las establecidas. |
| <b>Troceo</b>                            | Maximizar el aprovechamiento del fuste aplicando un buen troceo. No se deben trocear aquellos fustes o secciones del fuste que no cumplen con diámetro mínimo aserrable. Se debe utilizar como mínimo una cuadrilla de dos personas. Se debe utilizar el tamaño de sierra indicado para que la actividad se realice eficientemente desde el punto de vista ergonómico, de rendimiento y de seguridad. El rendimiento no debe ser menor que el mismo rendimiento arrastrado. | Como producto de un buen troceo se obtienen trozas rectas y en buen estado sanitario. Se obtienen las trozas de las dimensiones que la industria necesita.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Apilado</b>                           | Agrupar las trozas por dimensiones y se clasifican por clase diamétrica. Se debe tomar en cuenta que es una de las labores de más esfuerzo físico y peligrosa, por tanto, los factores ergonómicos y de seguridad son fundamentales en el desarrollo de esta actividad. El rendimiento no debe ser menor al del troceo.                                                                                                                                                     | Pilas de madera por dimensión que facilite la cubicación y la carga de la madera.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



## Red vial

Desde el punto de vista del aprovechamiento forestal, uno de los problemas más comunes y de mayor impacto económico en la reforestación comercial, es la ausencia total de una red adecuada de caminos de acceso. La situación ideal se presenta cuando los caminos principales se construyen antes del establecimiento de la plantación, de modo que puedan ser utilizados durante todo el proceso de desarrollo de la plantación y su costo de construcción se amortice en un período de tiempo mayor.

Como primer paso se debe verificar el estado de las vías de acceso a la plantación, en caso de no existir se debe realizar un análisis exhaustivo de las diferentes alternativas para tratar de disminuir el costo de su construcción. En términos generales debe garantizarse un camino que permita la unión del rodal con una carretera nacional o un camino vecinal.

Posteriormente, en el interior de la plantación debe establecerse una red vial, que se refiere a la construcción de pistas de arrastre y patios de acopio y carga. A continuación se presenta una descripción de las características de cada elemento, se debe de analizar las condiciones de la plantación para determinar la mejor forma de completar esta etapa del sistema de producción.

### ***Caminos principales:***

Los caminos principales son las rutas por las que circularán los camiones cargados con el producto obtenido de la plantación, desde los patios de carga hasta la intersección con las rutas vecinales o nacionales. No deben transitar sobre este tipo de caminos tractores ni animales, vacíos o cargados, ya que causarían daños a la carpeta de rodamiento.



**Carpeta de rodamiento adecuada para un camino principal de acceso a una plantación forestal.**



La carpeta de rodamiento debe tener preferiblemente una capa de material selecto o lastre, que permita el tránsito de los camiones durante todo el año; además el camino debe contar con cunetas adecuadas, bombeo y alcantarillas, todo en función de un camino permanente, no solo para la primera cosecha, sino pensando en futuras rotaciones.

La densidad óptima de caminos dependerá en gran medida de las condiciones topográficas que presente el rodal, pero fundamentalmente de los precios en el mercado de los productos que se extraerán de la plantación, esto definirá la solvencia financiera de que dispondrá para construir estas vías. Se debe recordar que a mayor cantidad de caminos principales, menor será la distancia que se deberá arrastrar el producto, de este modo a mayor inversión en caminos principales, menor será el costo de arrastre de el sistema. En términos generales, en plantaciones de melina, una densidad de 10 metros de caminos principales por hectárea efectiva de plantación permitiría un buen equilibrio con las pistas de arrastre.

### *Pistas de arrastre*

Las pistas de arrastre son las rutas que darán acceso a los rodales, por estas pistas circulan tractores y/o animales, en labores de arrastre de los fustes desde el sitio de la corta hasta los patios intermedios o patios de carga.



**Pista de arrastre para tractor agrícola en plantaciones de melina**

Se debe construir la red de pistas de arrastre en función de los caminos principales, los patios de acopio y carga y la ubicación de la madera. La construcción de estas pistas es de menor costo, ya que solo requiere la eliminación de vegetación de sotobosque, esto se puede realizar en forma manual o con el solo paso de la maquinaria.



### *Pistas de saca*

Las pistas de saca o pistas de extracción son las rutas de acceso que unen los sitios de corta con las pistas de arrastre.

Si la cosecha se realiza con fuerza animal, los fustes deberán ser sujetados de uno en uno, ya sea para hacer viajes de un solo fuste o acarrearlos hasta un sitio común para luego arrastrar varias piezas en un solo viaje. En este caso, la construcción de las pistas de saca se limita a la eliminación de ramas y obstáculos, debe buscar los sectores más planos siguiendo la curva de nivel y hacer que los animales salgan de las pistas de arrastre la menor distancia posible a sujetar los fustes; esto favorecerá los rendimientos de operación y evitará la fatiga de los animales.



**Pista de arrastre para el uso de bueyes**

Por otra parte, si se utiliza un tractor agrícola o un tractor forestal equipado con winch, el diseño de la red de pistas de arrastre cambia sustancialmente, ya que estos métodos de arrastre involucran el uso de cadenas múltiples que permitirán arrastrar varios fustes en un solo movimiento.

En este caso, se debe asegurar que las pistas de saca partan de la pista de arrastre completamente a favor o en contra de la pendiente para evitar que los fustes rueden en el campo; además, se debe realizar la distribución de las pistas de saca a todo lo largo de la pista de arrastre, tratando de adoptar la forma de un esqueleto de pescado, donde la espina dorsal es la pista de arrastre y las espinas son las pistas de saca. Luego, al cortar los árboles, nuevamente se debe adoptar una forma de esqueleto de pescado, en este caso la pista de saca se convierte en la espina dorsal y los árboles cortados en las espinas.





**Árboles colocados en la pista de saca en forma de espina de pescado**

#### Corta dirigida

La operación de corta será la etapa del sistema que da inicio al proceso de obtención de los productos de la plantación. Mediante la corta, el sierrero deberá voltear el árbol seleccionado y dejarlo en una posición favorable para su arrastre. Esta operación debe incluir las labores de volteo, desrame y descope; también algunas veces requerirá de una labor de troceo en el sitio.



**Ejecución de la operación de corta en una plantación forestal.**



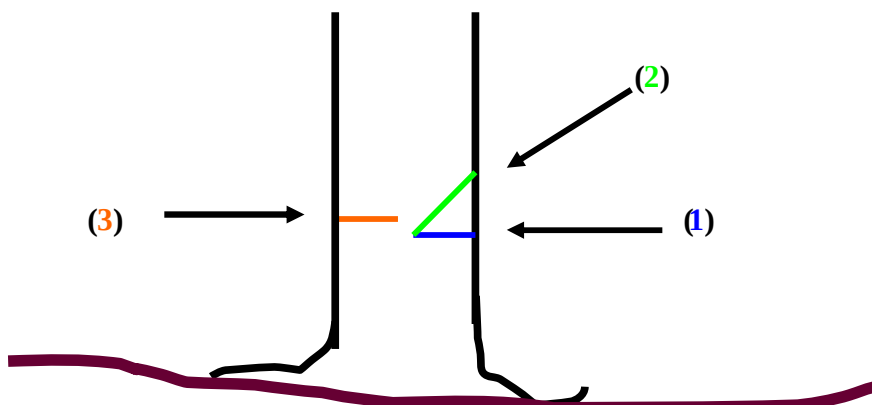
Como en todas las etapas de el sistema de cosecha, con la corta se debe procurar obtener la mayor cantidad de producto, de la mejor calidad posible, en el menor tiempo y con el menor costo posible; pero en realidad el objetivo principal que se debe perseguir de esta operación es que se facilite y se disminuya el costo de la operación de arrastre.

De esta manera, no solo se volteará los árboles seleccionados, sino que se evitará la ejecución de trabajos innecesarios que aumentarían los “tiempos muertos” de la maquinaria en la operación de arrastre.

La corta dirigida es el mecanismo que se tiene para lograr que los fustes queden en una posición favorable para su arrastre. A pesar de que los árboles de las plantaciones forestales tienen menores dimensiones que los individuos del bosque natural, los principios de la corta siguen siendo los mismos.

Siempre debe utilizar los tres cortes básicos:

**Corte horizontal:** este corte se debe realizar en el lado que se seleccione como la dirección de caída del árbol. Su profundidad debe ser aproximadamente de un tercio del diámetro del árbol y nunca debe sobrepasar la mitad del diámetro. Este corte es el que brinda la dirección de caída del árbol.



**Cortes básicos para voltear un árbol: (1) corte horizontal, (2) corte superior también llamado “boca” o “muesca de caída” y (3) corte de caída.**

**Corte inclinado:** este corte debe realizarse a 45° con respecto al corte horizontal, al encontrar el corte horizontal formará la “boca” o “muesca de caída”. El ángulo del corte puede aumentar cuando los árboles están muy inclinados hacia la dirección de caída seleccionada.

**Corte de caída:** este corte debe realizarse en el lado opuesto a la “boca”. Se hace en forma horizontal o ligeramente inclinado hacia arriba, pero siempre un poco arriba del corte horizontal de la boca y nunca debe ser tan profundo como para encontrar ese corte; de esta manera se forman lo que se conoce como el “escalón de quiebra” y la “bisagra”.



El “escalón de quiebra” permite que por gravedad, el árbol tome la dirección que se ha marcado con la “muesca de caída”, en tanto la “bisagra” evita daños por astillamientos o reventaduras en el fuste.



**El área con astillas se denomina “bisagra” y la diferencia entre los cortes horizontales es el “escalón de quiebra”.**

Para que la corta dirigida sea efectiva, antes se debe construir las pistas de arrastre y trazar con balizas las posibles pistas de saca, para que el sierrero pueda observar su ubicación y tomar la decisión más adecuada para cortar el árbol, de modo que la posición final del fuste sea favorable para su arrastre.

El sierrero debe conocer cual será el método que se utilizará para el arrastre, con esto tratará siempre de colocar los árboles para que se puedan sujetar por la parte más gruesa del fuste, además cuando se utilizan sistemas de cadenas múltiples, los árboles se colocan en forma de espina de pescado, lo que facilita en gran medida la operación de arrastre.

Siendo el principal objetivo de la corta el beneficio de la operación siguiente, el sierrero debe tener muy claro que si la corta del árbol tienen algún inconveniente, debe dejarse de lado la motosierra y con la ayuda de palancas, debe colocar el fuste en la mejor posición posible, esto le permitirá disminuir los “tiempos muertos” en la operación de arrastre, que normalmente tiene costos de operación mucho más elevados que los de la corta.

La corta de los árboles debe hacerse lo más cercano al suelo, con la intención de maximizar la producción y evitar tocones altos en el campo que dificultarían la labor de arrastre.

También, los sierreros deben seleccionar la dirección de caída considerando que los fustes no deben caer sobre obstáculos, piedras o depresiones que puedan dañar el producto o dificultar su arrastre.





**Sierrero acomoda fustes para favorecer la operación de arrastre**

En muchas ocasiones no se presta la importancia debida a la operación de corta, por lo que el sierrero solamente se dedica a voltear los árboles sin ninguna técnica, sin ayuda de equipo complementario y sin tener presente que esos fustes deben ser extraídos posteriormente; de esta forma la operación alcanza rendimientos de 2.5 a 3.5 m<sup>3</sup>/hr, pero la operación de arrastre se ve severamente afectada por la gran cantidad de tiempos muertos que se presentan al tener que liberar los fustes y prepararlos para su arrastre.

Por el contrario, si se cuenta con un sierrero capacitado, que realice la labor en forma planificada, que aplique los aspectos básicos de corta dirigida y realice una marcación previa de las pistas de saca, entonces, a pesar de que los rendimientos de la operación de corta serán menores, de 1 a 2 m<sup>3</sup>/hr, el beneficio que se brinda a la operación de arrastre permitirá una mayor eficiencia de la maquinaria y por tanto un costo mucho menor.

### Arrastre

El arrastre o transporte menor es la etapa que se encarga de llevar los fustes desde el sitio de corta hasta el patio de acopio o carga. Esta será una de las operaciones más costosas de el sistema de cosecha, ya que generalmente involucra el uso de tecnologías y requiere de un tiempo mayor para su ejecución.

En el caso de las plantaciones forestales de *Gmelina arborea*, los métodos que se tiene más accesibles para el sistema de cosecha y además los más utilizados en Costa Rica son el tractor agrícola equipado con winch y la fuerza animal, generalmente mediante el uso de bueyes.



**Fuerza mecánica:**

Si el sistema de cosecha utiliza máquinas para el arrastre, ya sea un tractor agrícola o un tractor forestal especializado (skidder), se debe tener presente que la clave del éxito en esta operación radica en el uso de un winch con un cable de acero de una longitud no menor a 50 metros. Este cable permite que la máquina no tenga que entrar a la plantación, sino que desde las pistas de arrastre, mediante las pistas de saca, acarrea los fustes desde el sitio de corta.

Quizás lo más importante al utilizar maquinaria, es el uso de deslizadores sobre el cable, los cuáles permiten el acarreo de varios fustes en una sola acción, además se debe asegurar la utilización de al menos tres juegos de seis cadenas independientes para el amarre de los fustes, cada cadena debe tener una longitud de al menos 1.5 metros y un gancho en un extremo.

El uso de cadenas independientes permitirá independizar la labor de amarre de los fustes de la operación del tractor, lo que disminuye los tiempos muertos de la máquina, que generalmente son las de mayor costo de operación.

De esta manera, mientras el tractor realiza el viaje cargado hasta el patio de carga con los fustes que fueron amarrados con el primer juego de cadenas, otro operario está en el campo amarrando, con los otros dos juegos de cadenas, los fustes que serán arrastrados en los próximos viajes. Este procedimiento permitirá aumentar el tiempo productivo del elemento de mayor costo del sistema, como es la maquinaria.



**Arrastre de varios fustes con el uso del winch.**



Como se ha descrito antes, se requerirá, además del operador de la máquina, al menos dos ayudantes para esta labor. Uno de ellos siempre acompañará la máquina en su recorrido vacío y cargado, para ayudar con cualquier eventualidad en el trayecto producto de obstáculos que atoren la carga y también para realizar la labor de soltar los fustes en el patio de carga. El otro ayudante estará en el campo amarrando fustes y será quien oriente al tractorista para que se ubique en las pistas de arrastre de acuerdo con el material que ya está listo para ser arrastrado. Para evitar la fatiga, los ayudantes deben alternar sus funciones cada cierto período de tiempo o cada cierto número de viajes del tractor.

Las tareas de los ayudantes al amarrar y conformar los grupos de fustes que serán extraídos en cada viaje de la máquina, será mucho más fácil si la etapa anterior de corta dirigida ha sido bien ejecutada. Normalmente los tiempos improductivos de la operación de arrastre responden más a deficiencias de la etapa anterior que a problemas propios de las labores de amarre, “wincheo”, arrastre y soltar.

Para la operación de arrastre utilizando tractor agrícola con winch, se puede esperar rendimientos desde 1 hasta 3 m<sup>3</sup>/hr en distancias de 50 a 250 metros, dependiendo de la efectividad de la operación de corta.

### ***Fuerza animal:***

El uso de animales, principalmente bueyes, para realizar la labor de arrastre en plantaciones de *Gmelina arborea*, ha aumentado considerablemente con el paso de los años. Hace algún tiempo se consideraba que este método era señal de falta de tecnología o de operaciones pequeñas y de poca planificación. Sin embargo, poco a poco se ha ganado experiencia y conocimiento en el uso de animales y se ha llegado a utilizar en proyectos de producción de madera de gran escala.

La clave de éxito del uso de animales para esta tarea está en la planificación y en el conocimiento de lo que estos pueden y no pueden hacer. Es lógico que una yunta de bueyes tiene menos capacidad de carga que un tractor, igualmente su velocidad de circulación tanto vacíos como cargados es mucho menor, pero los costos de operación de este método con respecto a los métodos mecánicos son mucho menores, que es justamente lo que lo hace útil en esta operación y puede brindar buenos resultados en el sistema de cosecha.

Los bueyes no pueden trabajar en forma intensiva más de seis horas por día y deben ser utilizados de día de por medio, por lo que, si la operación dependerá exclusivamente de este método, debe contar con al menos cuatro animales.





**Bueyes arrastrando fustes de uno en uno hasta el patio de carga**

Los bueyes son muy susceptibles al peso de la carga, a la pendiente y a la presencia de obstáculos en el terreno. De esta forma, debe planificar la operación de manera que los animales circulen a favor de la pendiente cuando van cargados, además de tratar de eliminar obstáculos en las pistas y tratar de usarlas la mayor cantidad de veces.

Una de las ventajas de los bueyes es que pueden penetrar en sitios difíciles, en los cuales la maquinaria tendría un costo muy elevado y se causaría un gran impacto en su plantación.

El bajo impacto en el suelo es uno de los puntos positivos que este método de extracción brinda, ya que ocupan poco espacio para transitar y sus pisadas producen mucho menos compactación que las llantas de una máquina.



**Los bueyes brindan los mejores rendimientos en sitios planos y con distancias de arrastre menores a 150 metros.**



Otra ventaja de usar bueyes en el arrastre radica en que es un método muy conocido en toda América Latina, ya que se han usado por muchos años en labores agrícolas, extracción maderera de bosques naturales, en trapiches, en labores de transporte, etc. Esto hace que en todos los pueblos existan bueyes y boyeros dispuestos a emprender las tareas de arrastre de madera de plantaciones.

De acuerdo con las condiciones que presente la plantación, el uso de bueyes en la labor de arrastre puede brindar rendimientos entre 1 y 2 m<sup>3</sup>/hr, en distancias de arrastre entre 30 y 100 metros.

El búfalo de agua es otro animal que se puede utilizar para realizar la labor de arrastre en las plantaciones. A pesar de que no se ha utilizado mucho tienen muchas ventajas, ya que es un animal que trabaja solo, es decir, no necesita yunta, además, es muy dócil, fácil de entrenar y que igual que los bueyes, también tiene un valor de rescate al final de su vida útil, ya que se puede vender como carne para consumo humano. Debido a su poca utilización, no existe información sobre los rendimientos de este animal en la labor de arrastre en plantaciones.



**Arrastre de madera con búfalo de agua.**

### Troceo, clasificación y apilado

El troceo es la etapa de la cosecha encargada de seccionar los fustes extraídos en diferentes dimensiones, de acuerdo con los productos que elaborará la industria y tratando de optimizar la producción de madera de primera calidad de cada uno de los fustes de la plantación.



Es muy común que los fustes que llegan al patio de carga sean muy torcidos, por lo que es imposible automatizar el troceo. Para tratar de maximizar la madera de primera calidad, se debe procurar que los operarios que laboran en esta etapa tengan capacitación, gran habilidad y que sean completos conocedores de las dimensiones requeridas para cada uno de los productos que la industria solicite.



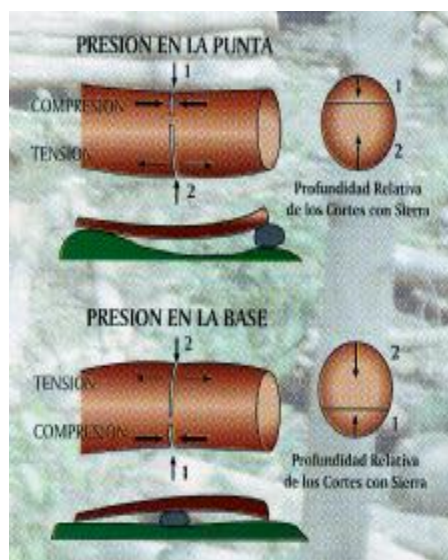
**Ejecución del troceo en plantaciones.**

El troceo se debe marcar con anterioridad a su ejecución, esto permite tener una doble opinión, ya que el sierrero podría cambiar la decisión al llegar a ejecutar el corte. Sin embargo, rápidamente los operarios adquieren las destrezas que les podrían permitir omitir esta etapa, principalmente cuando se trata de patios muy grandes con gran intensidad de carga. Sin embargo, debe mantenerse una labor de control y supervisión estricta, ya que las pérdidas de madera por mal troceo pueden llegar a ser significativas, pero lo peor es que muchas veces se toma por costumbre el aceptar que “existe un desperdicio de madera” y no se toman medidas para disminuirlo.

Mantener los patios bien planificados y ordenados, contribuye en gran medida a mejorar la calidad del trabajo de los operarios, lo que a su vez aumenta la cantidad de madera disponible para la industria, disminuyendo el desperdicio por mal troceo.

Los cortes deben ser bien hechos, tomando en consideración la posición del fuste y su apoyo en el suelo, ya que normalmente se generan fuerzas de compresión y de tensión que pueden provocar daños en el fuste o en el sable de la motosierra.





### Técnicas de troceo.

Por otra parte, la clasificación y el apilado de las trozas es un aspecto fundamental para beneficio de la etapa siguiente de el sistema de cosecha que es la carga. El mercado de la madera de melina requiere de piezas de varias dimensiones, tanto en largo como en ancho y espesor, por lo que los patios deben ser ordenados de manera que las trozas se clasifiquen por su largo y por su diámetro.



### Apilado trozas de melina para tarimas en varios diámetros y largos

Esta clasificación resultará muy beneficiosa, principalmente si la operación incluye un pre-aserrío en el campo; por ejemplo, para la producción de tarimas, generalmente se bloquean las trozas en el campo y la máquina que ejecuta el bloqueo brinda su mayor eficiencia



Cuando no se varía la calibración del ancho de corte, es decir cuando todas las trozas se mantienen en un determinado rango diamétrico; por esta razón, si no se logró que las trozas en el campo estén clasificadas de esta manera, el proceso de bloqueo tendrá muchos “tiempos muertos” y por tanto una baja producción, no por sus características, sino por deficiencias en la etapa anterior.

De la misma forma, si en la cosecha se obtienen trozas para aserrío con longitudes de 3.6 metros, 2.6 metros y 2.2 metros, la carga de los camiones se realiza en paquetes de una sola dimensión o con cargas separadas por longitud, pero nunca se cargan trozas revueltas de diferentes largos. Por lo tanto, las trozas para aserrío también se deben clasificar por su largo y su diámetro.



**Trozas de melina clasificadas por largo.**

Si no se asegura la clasificación de las trozas en forma adecuada, la etapa de carga tendrá un costo por “tiempos muertos” muy elevado ya que utiliza maquinaria pesada y generalmente existen uno o dos camiones esperando para ser cargados.

Generalmente las operaciones de aprovechamiento forestal que se realizan con *Gmelina arborea* en Centro América, son de alta intensidad y la madera no pasa mucho tiempo apilada en los patios de carga en la plantación, sin embargo, se debe tener claro que el contacto de la madera con el suelo acelera el proceso de deterioro, por lo que las pilas se deben colocar sobre trozas utilizadas como travesaños, de manera que la mayoría de las trozas no estén en contacto con el suelo evitando pérdidas por pudrición.





**Trozas de melina apiladas de manera que no tocan el suelo.**

En el caso de madera para tarimas en muchos sitios se utiliza la cubicación estéreo, tanto para comprar como para vender madera, esta es otra razón para apilar la madera en forma adecuada.

### Carga

La operación de carga puede representar un costo muy alto si no se toman las medidas necesarias en las etapas anteriores, tanto en el troceo como en la clasificación y el apilado.

Al realizar la carga de madera de plantaciones, dependiendo de las necesidades y los objetivos, se puede combinar la forma de acomodar las trozas en el camión, colocando las trozas de más de 3.6 metros en forma longitudinal y las trozas de menos de 2.6 metros en forma transversal, con se optimiza el espacio en la plataforma del camión sin sobrepasar su capacidad de carga.

La carga se realiza generalmente con cargador frontal, ya sea este especializado o adaptado a un tractor agrícola; sin embargo, la carga manual es muy utilizada en algunos lugares donde existe disponibilidad de mano de obra y necesidades de empleo.





**Operación de carga con cargador frontal de orugas.**



**Operación de carga con cargador frontal de llantas.**

Si se realiza la operación de carga en forma mecanizada se puede obtener rendimientos de 10 a 15 m<sup>3</sup>/hr, alcanzando costos entre \$4 - \$6 por metro cúbico.

#### Producción, costos y eficiencia de las etapas del sistema

Los valores de producción son los que definen en forma directa el costo de cada etapa de el sistema de cosecha, por lo que se debe intensificar los esfuerzos en realizar las labores bajo las técnicas más adecuadas, de modo que se obtenga una alta eficiencia, lo que generalmente brindará altas producciones.



Es muy difícil brindar datos exactos de las diferentes etapas, ya que las labores de aprovechamiento son muy susceptibles a aspectos de calidad de mano de obra, calidad de árboles, dimensiones de los árboles, estado del equipo y maquinaria, condiciones climáticas y topográficas, etc.; sin embargo, como referencia se presentan los datos promedio de diferentes evaluaciones realizadas en diferentes sitios y condiciones, estos valores no pueden ser aplicados directamente en cualquier operación por las razones señaladas, pero servirán de referencia para dirigir las operaciones bajo niveles tolerables de producción y costo.

**Valores promedio de producción, eficiencia y costo para diferentes tecnologías en la operación de arrastre de fustes provenientes de plantaciones forestales de *Gmelina arborea*.**

| TECNOLOGIA                 | PRODUCCION<br>(m <sup>3</sup> /hr) | EFICIENCIA<br>% | COSTO<br>\$/m <sup>3</sup> |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Skidder                    | 4.60                               | 50.84           | 8.1                        |
| Tractor agrícola con winch | 4.46                               | 85.47           | 4.1                        |
| Winch estacionario         | 1.14                               | 62.29           | 5.3                        |
| Bueyes                     | 2.62                               | 48.07           | 4.78                       |

**Fuente: (Meza, A. ; Guzmán, J. 1998)**

#### Consideración final

Para que la ejecución de las labores de cosecha se mantengan en los niveles adecuados de costos, producción e impacto, es necesario que se realice una planificación detallada del sistema a utilizar y que se aplique una “estructura de servicio” entre las etapas que lo conforman, esto permitirá obtener al final resultados satisfactorios.



## Bibliografía

- Meza, A. 1998. Técnicas apropiadas para el aprovechamiento de raleos de plantaciones forestales. Material de curso de capacitación técnica del proyecto. Capacitación y asesoría en aprovechamiento forestal de plantaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. Quepos, C.R. 56 p.
- Meza, A.; Guzmán, J. 1998. Evaluación de alternativas tecnológicas para el arrastre de trozas de diámetros menores. Informe final de proyecto de investigación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 44 p.
- Meza, A.; Peraza, R.; Saenz, G. 1998. Sistemas adecuados para el aprovechamiento forestal de plantaciones. En: Memoria III Congreso Forestal Nacional. 1998. San José, CR. p. 146-148.
- Meza, A. 1998. Aprovechamiento de plantaciones forestales latifoliadas. Material de curso de capacitación: Manejo de plantaciones forestales latifoliadas para personal técnico de Centroamérica. Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. San Carlos, C.R. 15 p.
- Meza, A. 1999. Capacitación y asesoría en aprovechamiento forestal de plantaciones. Informe final de proyecto de investigación. . Instituto Tecnológico de Costa Rica-COSEFORMA/GTZ. Cartago, CR . 49 p.
- Meza, A.; Solano, R. 2000. Incidencia de la capacitación técnica en los costos de las operaciones de aprovechamiento forestal de plantaciones. En: Resúmenes de Ponencias IV Congreso Forestal Centroamericano. 15 al 17 noviembre del 2000. Montelimar, Nicaragua. s.p.



## Capítulo 5

# Industrialización y usos



Autor: M.Sc. Róger Moya Roque

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## Contenido

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                                 | <b>113</b> |
| <b>Propiedades de la madera.....</b>                | <b>116</b> |
| <b>Comportamiento en procesos industriales.....</b> | <b>120</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                            | <b>131</b> |



## Resumen

La melina presenta características propias de la Familia Verbenaceae, sobre todo en lo que respecta a sus propiedades anatómicas. La madera se caracteriza por presentar color y propiedades físicas-mecánicas bastante uniformes si se compara con otras especies de madera de uso industrial.

La madera presenta un peso específico básico medio de 0,40 que indica que es moderadamente liviana, con buena estabilidad dimensional, de una resistencia mecánica media y una durabilidad natural media.

Sin embargo; a pesar de estas singularidades, la madera presenta algunas características no deseables en procesos industriales, como abundante madera de reacción y problemas para la preservación con el método vacío presión.

En los diferentes procesos industriales la melina presenta un excelente comportamiento, en el aserrío, así como en las operaciones de trabajabilidad para fabricación de muebles y productos terciados (paneles y vigas). En tanto existen otros procesos industriales, en los cuales es necesario tener en cuenta algunos cuidados, entre los que destaca el secado, la preservación con el método vacío-presión y la operación de torneado durante su trabajabilidad.



# Industrialización y usos



## Propiedades de la madera

### Descripción de la madera

En recientes trabajos realizados con madera de melina de árboles creciendo en Costa Rica y utilizando las normas internacionales de descripción anatómica se describe la madera como de color amarillo pálido para la albura y de gris a gris pálido para la madera de duramen. En condición verde puede distinguirse fácilmente la madera de albura de la madera de duramen; sin embargo, cuando la madera está seca, no se distinguen fácilmente estos dos tipos. No obstante, una causa de variación importante en el color de la madera es la presencia de madera de reacción, la cual ha tenido poca importancia hasta el momento, a pesar de sus graves efectos no solo en el color, sino también en las propiedades físico-mecánicas y en el desempeño de los procesos industriales.



**a. Madera de melina de condición normal y b. madera de melina de reacción mostrada por líneas de color blancas.**

Los anillos de crecimiento en ocasiones se distinguen fácilmente a simple vista, en especial la madera que proviene de regiones con una estación seca bien definida. En tanto su brillo es considerado moderado, de olor característico para la especie en condición verde. La madera no presenta sabor alguno, con buena estabilidad dimensional una vez seca, textura considerada como fina, baja densidad, de fácil trabajabilidad para muchas operaciones de labrado y en general presenta grano recto. Sin embargo, es común encontrar algunas piezas de madera con grano entrecruzado.



## Descripción anatómica de la melina

**Vasos:** son visibles a simple vista, con porosidad de difusa, semi-anular o anular dependiendo de las condiciones de crecimiento, en su mayoría solitarios de una frecuencia de 4 a 5 poros por  $\text{mm}^2$ , de forma circular a redondeada, con apéndices largos en los extremos, de perforaciones simples y con menos frecuencia, platinas de perforación múltiples y presencia de tílides en los vasos de la madera de duramen. Las dimensiones de estos elementos son en media 220-250  $\mu\text{m}$  para la longitud, 120-160  $\mu\text{m}$  para el diámetro tangencial.

**Fibras:** con puntuaciones tipo aeroladas, con poca cantidad en la cara radial de la madera, diámetro menor a 1,5  $\mu\text{m}$ , en algunas secciones de la madera se presentan septos en la fibras con alta presencia de cristales prismáticos de oxalato de calcio, longitud que varía de 0,78 a 1,31 mm, diámetro de 25,36 a 37,04  $\mu\text{m}$  y un espesor de la pared celular de 2,85 a 4,40  $\mu\text{m}$ .

**Parénquima axial:** en algunas ocasiones es visible a simple vista, es de tipo paratraqueal que puede presentarse escasamente, aliforme a uno o ambos lados del vaso y, en condiciones de crecimiento con déficit hídrico, se presenta parénquima axial apotraqueal difuso o en bandas marginales y células en general de tipo seriado.

**Parénquima radial:** los radios son distinguidos a simple vista, de 1-2 por milímetro, espaciados y uniformemente distribuidos y están formados por un cuerpo de células procumbentes, con hileras de células marginales arriba y abajo tipo cuadrada. Las células procumbentes son alargadas con su eje longitudinal en dirección radial y con una serie de puntuaciones simples.

## Propiedades Físicas

En general se plantea un peso específico básico de la madera de melina en un rango de 0,3 a 0,5 con contenidos de humedad en muchas ocasiones superior a 150% en condición verde. Las contracciones tangenciales con un rango de 4 a 7%, las contracciones radiales de 2 a 4% y contracciones volumétricas entre 7 y 10%. Estos valores de contracciones hacen de este tipo de madera de una buena estabilidad dimensional una vez que está seca, por lo que la es muy demandada para muchos usos.

La causa mayor de variación de las propiedades físicas en madera de melina es la edad del árbol;

para un muestreo realizado en San Carlos (Zona Norte) y en Guanacaste (Pacífico Seco), se encontró que el peso específico básico presenta valores de 0,35 cerca de la médula, en los primeros años, y este empieza a aumentar con la edad del árbol hasta alcanzar valores de 0,45 a la edad de 13 años.

También se encontró que la madera que se desarrolló en la zona de Guanacaste, con clima tropical seco, presenta mayor peso específico que aquella que se desarrolla en la región de San Carlos con clima tropical húmedo.



En Costa Rica se han realizado varios trabajos con relación a las características físicas de la madera de melina de diferentes zonas y diferentes edades.

**Propiedades físicas de la melina creciendo en diferentes partes de Costa Rica.**

| Zona de Costa Rica | Edad (años) | Peso Específico básico | Densidad Verde (g/cm <sup>3</sup> ) | Contenido de humedad verde (%) | Porcentaje de contracción (%) |             |        |
|--------------------|-------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|--------|
|                    |             |                        |                                     |                                | Volu-Metrica                  | Tan-gencial | Radial |
| Atlántica          | 3,5         | 0,34                   | 0,93                                | 172,84                         | 9,53                          | 4,65        | 4,08   |
| Atlántica          | 4           | 0,37                   | 0,65                                | 75,62                          | 7,93                          | 6,61        | 5,03   |
| Atlántica          | 12          | 0,45                   | 0,95                                | 113,18                         | 5,02                          | -           | -      |
| Norte              | 3           | 0,37                   | 0,93                                | 152,47                         | 7,64                          | 7,20        | 5,11   |
| Norte              | 3           | 0,35                   | 0,72                                | 104,42                         | 9,75                          | 5,36        | 2,57   |
| Atlántica          | 4           | 0,425                  | -                                   | -                              | -                             | 4,30        | 1,30   |
| Atlántica          | 6           | 0,452                  | -                                   | -                              | -                             | 6,10        | 2,90   |
| Atlántica          | 8           | 0,446                  | -                                   | -                              | -                             | 6,90        | 3,30   |
| Brunca             | 10          | 0,34                   | 0,90                                | -                              | 8,06                          | -           | -      |
| Chortega           | 5           | 0,40                   | 1,01                                | -                              | 9,21                          | -           | -      |
| Chortega           | NSP         | 0,39                   | 0,69                                | 75,05                          | -                             | 5,21        | 2,95   |
| Norte              | NSP         | 0,41                   | 0,75                                | 84,13                          | -                             | 5,46        | 2,54   |
| Norte              | NSP         | 0,34                   | 0,60                                | 75,57                          | -                             | 4,69        | 2,46   |
| Brunca             | NSP         | 0,34                   | 0,78                                | 112,19                         | -                             | 4,88        | 2,69   |
| Norte              | NSP         | 0,37                   | 0,78                                | 127,45                         | -                             | 5,60        | 3,04   |
| Atlántica          | NSP         | 0,39                   | 0,99                                | 165,86                         | -                             | 5,11        | 2,87   |

**NSP: No se reporta.** Fuente: Moya, 2004

La variación en las propiedades físicas respecto al material genético fue estudiado considerándose dos plantaciones de 7,5 años de edad creciendo en la región Sur de Costa Rica, con similar tipo de manejo, sólo que en una el material fue genéticamente mejorado y la otra no. La madera proveniente de árboles mejorados presentó una ligera disminución del peso específico básico, contenido de humedad en verde y las contracciones de la madera, en tanto que la densidad verde fue mayor.

**Propiedades físicas de la madera de melina de madera de árboles mejorados y sin mejora genética**

| Tipo        | Edad (años) | Densidad básica | Densidad en verde (g/cm <sup>3</sup> ) | Contenido de Humedad (%) | % de contracción |             |         |
|-------------|-------------|-----------------|----------------------------------------|--------------------------|------------------|-------------|---------|
|             |             |                 |                                        |                          | Volu-metrica     | Tan-gencial | Ra-dial |
| Mejorado    | 7,5         | 0,38            | 1,06                                   | 153,25                   | 6,89             | 5,45        | 2,79    |
| Sin mejorar | 7,5         | 0,39            | 1,02                                   | 162,22                   | 7,13             | 7,39        | 2,83    |

Fuente: Rojas, 1997



## Propiedades Mecánicas

La madera de melina es considerada como moderadamente liviana a un 12% de humedad e internacionalmente se utilizan los valores reportados por Tewari (1995) para condiciones donde la madera se encuentra húmeda, seca al aire y seca al horno.

### Propiedades de la melina

| Propiedad                                                 | Condición de secado |              |               |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------|
|                                                           | Verde               | Seca al aire | Seca al horno |
| <b><i>Flexión estática</i></b>                            |                     |              |               |
| Módulo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 492                 | 543          | 724           |
| Módulo de Elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )               | 70 200              | 77 400       | 94 500        |
| Impacto (Kg/cm <sup>2</sup> )                             | 76                  | 43           | 53            |
| <b><i>Compresión</i></b>                                  |                     |              |               |
| Paralelo al grano (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 227                 | 251          | 376           |
| Perpendicular al grano (Kg/cm <sup>2</sup> )              | 73                  | 43           | 62            |
| <b><i>Dureza</i></b>                                      |                     |              |               |
| Lateral (Kg)                                              | 414                 | 226          | 360           |
| Axial (Kg)                                                | 376                 | 297          | 367           |
| <b><i>Cortante</i></b> (Kg/cm <sup>2</sup> )              | 77                  | 72           | 79            |
| <b><i>Tensión perpendicular</i></b> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 37                  | 47           | 37            |

Fuente: Tewari, 1995

Los estudios de las propiedades mecánicas de la madera proveniente de árboles creciendo en Costa Rica son resumidos en el cuadro siguiente, en el cual se muestra para diferentes edades, procedencias y condición de humedad de la madera y de árboles con y sin mejoramiento genético.



## Resumen de las propiedades mecánicas de la madera de melina en Costa Rica.

| Zona de Costa Rica | Edad (años) | MOR en flexión |     | MOE en flexión |         | Compresión paralela |     | Dureza lateral |     | Dureza perpendicular |     | Cortante tangencial |     | Cortante radial |     | Tensión Paralela a12% |       |
|--------------------|-------------|----------------|-----|----------------|---------|---------------------|-----|----------------|-----|----------------------|-----|---------------------|-----|-----------------|-----|-----------------------|-------|
|                    |             | Verde          | 12% | Verde          | 12%     | Verde               | 12% | Verde          | 12% | Verde                | 12% | Verde               | 12% | Verde           | 12% | MOR                   | MOE   |
| Atlántica          | 3,5         | 346            | 397 | 69181          | 105 133 | 137                 | 184 | 183            | 233 | -                    | -   | 35                  | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 4           | 288            | 447 | -              | -       | 284                 | 337 | 204            | 226 | 232                  | 335 | 54                  | 51  | 44              | 63  | -                     | -     |
| Atlántica          | 12          | 548            | 782 | -              | -       | 164                 | 520 | 396            | 451 | 395                  | 517 | 62                  | 78  | 64              | 75  | -                     | -     |
| Norte              | 3           | 379            | 442 | -              | -       | 176                 | 298 | 279            | 204 | 282                  | 253 | 56                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Norte              | 3           | 310            | 564 | 49710          | 60 690  | 144                 | 271 | 257            | 214 | 233                  | 261 | 37                  | 54  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 4           | -              | 476 | -              | 53 373  | -                   | 301 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 6           | -              | 542 | -              | 60 475  | -                   | 238 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 78  | -               | -   | -                     | -     |
| Atlántica          | 8           | -              | 510 | -              | 63 085  | -                   | 228 | -              | -   | -                    | -   | -                   | 70  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 7,5 MG      | 414            | 426 | -              | -       | 193                 | 282 | 255            | 143 | 226                  | 230 | 46                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 7,5 SG      | 443            | 462 | -              | -       | 193                 | 331 | 235            | 167 | 181                  | 169 | 53                  | 67  | -               | -   | -                     | -     |
| Brunca             | 10          | -              | 492 | -              | 71 737  | -                   | 300 | -              | 226 | -                    | 280 | -                   | 67  | -               | 64  | -                     | -     |
| Chortega           | 5           | -              | 577 | -              | 7 2209  | -                   | 282 | -              | 292 | -                    | 364 | -                   | 88  | -               | 79  | -                     | -     |
| Zona Norte         | 8-12 años   | -              | -   | -              | -       | -                   | -   | -              | -   | -                    | -   | -                   | -   | -               | -   | 770                   | 92800 |

**Legenda:** **MG:** Mejorada genéticamente, **SG:** Sin Mejoramiento Genético

**MOR:** Modulo de ruptura

**MOE:** Modulo de elasticidad

**Fuente:** Moya, 2004a



## Determinaciones de esfuerzos de diseño

La utilización de la madera de melina como material de construcción en Costa Rica es muy reciente, de hecho, se ha limitado a construcciones muy livianas o en usos con poca capacidad estructural. En la región de Guanacaste, por ejemplo es común encontrar la madera en cerchas o sostén del techo de casas, que son por lo general los lugares donde existe más esfuerzo estructural en la construcción de viviendas.

Actualmente no se cuenta con información de los esfuerzos a la que es sometida la melina en Costa Rica, pero existen datos en otras regiones del mundo, como por ejemplo la India, que poseen datos para los entrepisos de construcciones civiles.

### Estándares de secciones (cm) para entrepiso (Roof purlin) para la madera de melina

| Tipo de cubierta          | Distancia de apoyos (Span) | Espaciamiento entre piezas (m) |       |       |       |       |       |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           |                            | 0,75                           | 1,00  | 1,25  | 1,50  | 1,75  | 2,00  |
| Lámina de Zinc Corrugada  | 2,00 metros                | 6x10                           | 6x10  | 6x10  | 6x10  | 6x10  | 6x12  |
|                           | 2,50 metros                | 6x12                           | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x14  | 6x14  |
|                           | 3,00 metros                | 6x14                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  |
| Lámina de asbesto-cemento | 2,00 metros                | 6x10                           | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x12  | 6x12  |
|                           | 2,50 metros                | 6x12                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x14  |
|                           | 3,00 metros                | 6x14                           | 6x14  | 6x14  | 8x16  | 8x16  | 8x16  |
| Madera                    | 2,00 metros                | 6x12                           | 6x14  | 6x14  | 6x14  | 6x16  | 6x16  |
|                           | 2,50 metros                | 6x14                           | 6x16  | 8x14  | 8x14  | 8x16  | 8x6   |
|                           | 3,00 metros                | 8x14                           | 8x14  | 8x16  | 8x16  | 10x16 | 10x16 |
| Tejas                     | 2,00 metros                | 6x14                           | 6x16  | 6x16  | 8x14  | 8x14  | 8x16  |
|                           | 2,50 metros                | 8x14                           | 8x14  | 8x16  | 10x16 | 10x16 | 10x16 |
|                           | 3,00 metros                | 8x16                           | 10x16 | 10x16 | 12x16 | 12x18 | 12x18 |

Fuente: Punhani, 1995

Nota: En todos los casos corresponde una carga muerta más una carga viva, para la lámina de zinc corrugado 15 kg/m<sup>2</sup>, en lámina de asbesto-cemento 15 kg/m<sup>2</sup>, en madera de 65 kg/m<sup>2</sup> y en tejas de 110 kg/m<sup>2</sup>.

## Propiedades químicas

Las características químicas de la madera de melina son muy bien conocidas debido a su importancia para la producción de pulpa. La cantidad de investigaciones al respecto son muchas, en las cuales en general concluyen que la composición química de la madera permite la obtención de pulpa por los diferentes métodos de extracción de la lignina. En una pequeña revisión realizada por González (2002) se presenta el siguiente cuadro de la composición química de la madera para diferentes procedencias, incluyendo Costa Rica y varias edades.



**Propiedades químicas de la madera de Melina (*Gmelina arborea*).**

| Procedencia   | Edad (Años) | Extractivos Alcohol-Benceno (%) | Extractivos Totales (%) | Holocelulosa (%) | Alfa-Celulosa (%) | Lignina (%) | Solubilidad 1% NaOH (%) | Ceniza (%) | Sílice (%) | Solubilidad en agua caliente (%) | Solubilidad en agua fría (%) |
|---------------|-------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------------------------|
| Fiji          | 8           | 4,0                             | 8,6                     | 65,4             | 42,2              | 24,2        | 17,0                    | 1,0        | 0,17       | 5,0                              | 5,2                          |
| Islas Salomón | 4           | 2,9                             | 5,9                     | 68,1             | 44,0              | 26,0        | 13,4                    | 0,8        | 0,15       | 3,4                              | 3,1                          |
|               | 6           | 3,1                             | 6,6                     | 66,9             | 43,8              | 26,5        | 13,0                    | 0,9        | 0,13       | 3,2                              | 3,3                          |
|               | 8           | 4,3                             | 6,8                     | 66,8             | 43,9              | 26,5        | 13,8                    | 0,9        | 0,12       | 4,2                              | 4,2                          |
| Belice        | 8           | 2,9                             | -                       | 67,9             | 41,0              | 24,7        | 13,6                    | 0,7        | -          | -                                | -                            |
| Costa Rica    | 4           | 5,4                             | 7,8                     | 60,9             | -                 | 29,5        | 20,1                    | 1,8        | 0,14       | 5,9                              | 4,2                          |
|               | 6           | 6,2                             | 8,2                     | 64,2             | -                 | 26,4        | 20,0                    | 1,2        | 0,15       | 5,8                              | 4,3                          |
|               | 8           | 5,9                             | 7,9                     | 60,6             | -                 | 30,0        | 21,2                    | 1,5        | 0,14       | 5,8                              | 4,4                          |
| Costa Rica    | 15          | 5,8                             | -                       | 69,5             | 39,6              | 22,4        | 11,9                    | -          | -          | 4,6                              | 3,9                          |

Fuente: González, 2002

**Durabilidad**

Se reporta que el duramen de *Gmelina arborea* es extremadamente durable y con alta resistencia a exposiciones de suelo húmedo, y que ésta no requiere de tratamiento con preservante. Sin embargo, la albura de la especie requiere un tratamiento de preservación para incrementar su resistencia al ataque de insectos u hongos.

En ensayos de durabilidad en condiciones de laboratorio en Costa Rica se ha estudiado el efecto de insectos, específicamente las termitas y el ataque de hongos. En los dos tipos de ataque se estableció que la madera de duramen presentó una moderada resistencia pero cuando la madera fue tratada con sustancias preservante como CCA (cromo, cobre y arsénico) o sales de boro fue categorizada como de alta resistencia.

**Comportamiento en procesos industriales****Aserrió**

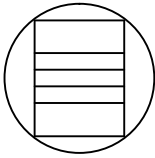
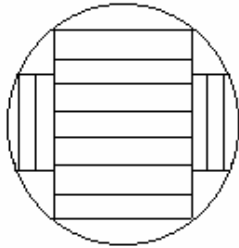
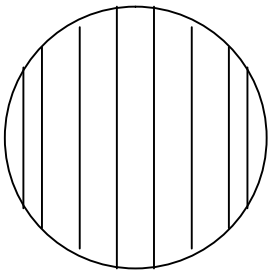
En la actualidad, son muchos los equipos y flujos de producción para el aserrío de trozas procedentes de plantaciones de melina, los cuales pueden ser fabricados nacionalmente, o importados de Canadá, Estados Unidos, Brasil y Alemania.

Análisis del comportamiento en aserrío de trozas de diámetros entre 12 y 30 cm, establecen que trozas de melina son susceptibles a la producción de torceduras producto de las tensiones de crecimiento, siendo este problema de gran importancia en trozas con diámetros inferiores a los 25 cm, por lo que es recomendable la utilización de aquellas máquinas de aserrío donde el corte es realizado simultáneamente a ambos lados de la troza, como lo son la sierra circular doble.



En cuanto a los patrones de cortes utilizados en el proceso de aserrío, también son variados y dependen exclusivamente del diámetro de la troza. El detalle de cada una de las máquinas utilizadas y patrones es presentado en el siguiente cuadro.

**Maquinaria usada para el aserrío de madera de plantación en Costa Rica**

| Rango de diámetro (cm) | Tipo de máquina                                                 | Patrón de corte                                                                     | Observaciones y productos posibles a obtener                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12-15                  | Sierra de cadenas                                               |    | En este rango se obtiene un bloque de 7,5 a 10 cm de espesor en la parte central de la troza. Posteriormente este bloque es aseraserrado en espesores que pueden oscilar entre 1,5 a 10 cm dependiendo del tipo de producto a fabricar. En este patrón de corte suele aparecer gran cantidad de madera con presencia de médula, por lo que es recomendable tratar de mantener la médula en un sola pieza. La madera de estos diámetros generalmente es utilizada en la fabricación de tarimas.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 15-25                  | Sierra circular doble o sierra de cinta horizontal              |  | En el caso de las sierra circular doble puede alcanzar hasta 30 cm de diámetro de la troza. Al igual que el patrón anterior, se obtiene un bloque central, que puede oscilar de 7,5 hasta los 20 cm de espesor en la parte central. Este patrón de corte difiere del anterior en que básicamente hay un aprovechamiento de las costillas. Los productos obtenidos pueden oscilar entre 1,5 a 10 cm de espesor dependiendo del tipo de producto a fabricar. La presencia de la médula todavía es un problema, sobre todo si son trozas muy torcidas. La madera producida en este patrón de corte es destinada en gran parte a la fabricación de tarimas, apareciendo ya madera en algunos casos libres de defectos que puede ser utilizada en la construcción civil. |
| Mayor a 25 cm          | sierra cinta o sierra alternativa o sierra de cinta tradicional |  | En esta categoría de diámetro principalmente son procesos con cierto grado de automatización sobre todo lo que se refiere a la carga y transporte de la troza en el momento del aserrío. En estas máquinas es común producir tablas a todo lo ancho de la troza, para posteriormente reaserrar o bien eliminar los bordes con corteza para la producción de tablas para mueblería, paneles o madera para la construcción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Fuente: Elaboración de los autores



En cuanto al rendimiento de trozas de plantación son muchos los estudios, considerando una amplia gama de situaciones, en las que destaca el patrón de corte, el diámetro de la troza y la calidad de la troza.

**Rendimientos obtenidos para melina en Costa Rica.**

| Edad (años)                               | Zona de Costa Rica | Clase diamétrica (cm) | Calidad de troza | Diámetro promedio (cm) | % de rendimiento                                 | Productos en aserrío        | Referencia bibliográfica |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| No se reporta                             | Zona Norte         | -                     | -                | 21,88                  | Aserrío 50,45<br>Alistado 43,91<br>Tarimas 40,34 | Piezas de tarimas           | Murillo, 1994            |
| No se reporta                             | Zona Norte         | -                     | A                | -                      | Aserrío 47,85<br>Alistado 42,56                  | Piezas para tarima          | Sánchez, 1997            |
|                                           |                    | -                     | B                | -                      | Aserrío 42,56<br>Alistado 43,67                  |                             |                          |
| No mejorada de 7 años en Pacífico Sur     |                    | 15-20                 | -                | 17,0                   | 35,59                                            | Tablilla y madera de cuadro | Rojas, 1997              |
|                                           |                    | 20-25                 | -                | 23,0                   | 41,27                                            |                             |                          |
|                                           |                    | Mayor a 25            | -                | 27,0                   | 44,13                                            |                             |                          |
| Con mejoramiento de 7 año en Pacífico Sur |                    | 15-20                 | -                | 18,0                   | 37,55                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 20-25                 | -                | 22,8                   | 42,34                                            |                             |                          |
|                                           |                    | Mayor a 25            | -                | 25,0                   | 48,94                                            |                             |                          |
| No se reporta                             | Pacífico Norte     | 15-20                 | A                | -                      | 38,52                                            | ½ x 3 pulg<br>1 x 3 pulg    | Barrantes, 1997          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 27,62                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 20-25                 | A                | -                      | 43,16                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 31,62                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 25-30                 | A                | -                      | 41,41                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 30,75                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 30-35                 | A                | -                      | 41,17                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 32,23                                            |                             |                          |
| 10                                        | Zona Atlántica     | 10-15                 | A                | -                      | -                                                | ½ x 3 pulg<br>1 x 3 pulg    | Córdoba et al, 2000      |
|                                           |                    |                       | B                | 13,88                  | 30,03                                            |                             |                          |
|                                           |                    | 15-20                 | A                | 18,94                  | 49,19                                            |                             |                          |
|                                           |                    |                       | B                | 19,17                  | 41,37                                            |                             |                          |
| Mayor a 8                                 | Pacífico Sur       | Mayor a 18 cm         | A                | -                      | 18,45                                            | Tablitas para lápices       | Góngora, 2002            |
|                                           |                    |                       | B                | -                      | 18,67                                            |                             |                          |
| Mayor a 8                                 |                    | 12-28                 | -                | 16,35                  | 28,86                                            | Tarimas                     | Bolaños, 2002            |
|                                           |                    | Mayor a 28            | -                | 20,35                  | 35,91                                            |                             |                          |

La calidad se refiere a que las trozas presentaron poco achatamiento, baja conicidad y curvaturas muy leves.

En el proceso de aserrío, además del producto comercializable, se obtienen productos secundarios tales como cabería, corteza, leña o aserrín. La distribución de estos productos y subproductos en una troza de melina según el volumen son: el producto principal 30-60%, el desecho catalogado como leña con 15-30%, aserrín con 13-17%, posteriormente un producto catalogado como segunda con 3-10% y con igual porcentaje la cabería que representa el 3-5%.



## **Secado**

El secado de la madera de melina hasta el momento fue uno de los mayores problemas en el aprovechamiento industrial de la especie. Sin embargo, éste no solamente es un problema para Costa Rica, si no que es señalado a nivel mundial como uno de los temas en los que se debe investigar aún mucho más, con el fin de tratar de reducir el tiempo de secado de la madera.

En este sentido Carrillo (2003) haciendo un recuento de las técnicas existentes para el secado de la madera afirma que “definitivamente la opción que ha tenido excelente resultado es el secado convencional”. No obstante, se han realizado algunas pruebas en secado al vacío, pero sin resultados aún satisfactorios. El secado convencional en la actualidad presenta una serie de ventajas para los industriales, sobre todo por su fácil control. Las secadoras convencionales pueden ser de vapor o de agua caliente, con opción de cambio de velocidad del aire, variación de la humedad relativa y variación de la temperatura.

Hasta un espesor superior a 38 mm, los tiempos de secado son muy prolongados (mayor a 3 semanas), lo que resulta poco atractivo para el industrial. Además, que a excepción de pocas empresas, en el medio nacional se tienen serios problemas con la tecnología para el secado de la madera de melina, principalmente porque no cumplen con los requisitos necesarios para la especie.

En Costa Rica existen dos tipos de métodos de secado de madera que son los más utilizados para melina: secado al aire y secado artificial convencional (horno de secado). Para el primer método, se considera la especie como de lento secado en espesores gruesos (mayor a 5 cm) y presenta una calidad media por la presencia de grietas y de pandeos.

También ocurren muchas variaciones en el contenido de humedad al final del proceso de secado al aire, tanto entre piezas individuales como dentro de una misma pieza, principalmente un gradiente significativo entre la humedad final superficial y la humedad interna (respecto al espesor), dando origen a madera con presencia de tensiones de secado (endurecimiento superficial).

En el secado convencional, la literatura a nivel internacional establece diferentes programas, los cuales no poseen ningún tipo de similitud entre ellos. Sin embargo, en términos generales se establece que el secado de la melina es lento, 2 a 3 semanas para tablas de 2,5 cm, indicando con ello que a pesar de que existen estos programas es necesario continuar las investigaciones al respecto.



## Programa de secado para madera aserrada de melina por varios autores.

| Norma y referencia                                                                             | Espesor (cm) | Paso                           | Contenido de Humedad (%)       | Temperatura (°C) |              | Contenido de humedad de equilibrio(%) | Humedad relativa (%) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                |              |                                |                                | Bulbo Seco       | Bulbo húmedo |                                       |                      |
| Laboratorio de Productos forestales de USA<br><br>Tipo T13-C4S y T11-1D3S<br>Bonne et al, 1988 | 2,5 a 3,8    | 1                              | Superior a 40                  | 76,6             | 72,5         | 13,4                                  | 84                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 40 a 35                        | 76,6             | 71           | 11,14                                 | 78                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 35 a 30                        | 76,6             | 68,5         | 9,3                                   | 69                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 30 a 25                        | 82,0             | 71,0         | 7,7                                   | 62                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 25 a 20                        | 82,0             | 68,5         | 6,5                                   | 54                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 20 a 15                        | 87,5             | 71,0         | 5,5                                   | 49                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 15 a final                     | 87,5             | 60,0         | 5,6                                   | 28                   |
|                                                                                                |              | 8                              | Igualación y Acondicionamiento |                  |              |                                       |                      |
|                                                                                                | 5,0          | 1                              | Superior 50                    | 65,5             | 62,5         | 16,1                                  | 88                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50-40                          | 65,5             | 61,5         | 14,0                                  | 83                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 40-35                          | 65,5             | 59,5         | 11,3                                  | 74                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 35-30                          | 65,5             | 57,0         | 9,5                                   | 66                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 30-25                          | 71,0             | 60,0         | 7,9                                   | 59                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 25-30                          | 71,0             | 57,0         | 6,8                                   | 51                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 20-15                          | 76,5             | 60,0         | 5,7                                   | 45                   |
|                                                                                                |              | 8                              | 15 a final                     | 82,0             | 54,5         | 3,5                                   | 26                   |
|                                                                                                |              | 9                              | Igualación y Acondicionamiento |                  |              |                                       |                      |
| Graves, 1981                                                                                   | Hasta 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 71,0             | 66,0         | -                                     | 80                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50                             | 76,5             | 68,5         | -                                     | 70                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 30                             | 82,0             | 70,5         | -                                     | 60                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 20                             | 88,0             | 67,5         | -                                     | 40                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |
|                                                                                                | Mayor 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 71,0             | 66,0         | -                                     | 85                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 50                             | 76,5             | 68,5         | -                                     | 75                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 30                             | 82,0             | 70,5         | -                                     | 65                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 20                             | 88,0             | 67,5         | -                                     | 45                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |
| Tewari, 1995                                                                                   | Hasta 3,8 cm | 1                              | Verde                          | 42,0             | 38,0         | -                                     | 76                   |
|                                                                                                |              | 2                              | 60                             | 45,0             | 40,0         | -                                     | 72                   |
|                                                                                                |              | 3                              | 40                             | 47,0             | 40,0         | -                                     | 64                   |
|                                                                                                |              | 4                              | 35                             | 49,0             | 40,0         | -                                     | 56                   |
|                                                                                                |              | 5                              | 30                             | 51,0             | 40,0         | -                                     | 50                   |
|                                                                                                |              | 6                              | 25                             | 53,0             | 40,0         | -                                     | 44                   |
|                                                                                                |              | 7                              | 20                             | 55,0             | 40,0         | -                                     | 39                   |
|                                                                                                |              | Igualación y Acondicionamiento |                                |                  |              |                                       |                      |



## Preservación

En la preservación de la madera de melina en Costa Rica, se han utilizado dos los métodos con el fin de aumentar la durabilidad natural de la madera: el método vacío-presión e inmersión difusión. Aunque también en otras regiones de América se ha probado otro método como el Boucherié (células llenas); en Costa Rica todavía no se ha establecido como un método factible de utilizar industrialmente debido, por un lado a que las trozas de melina en su mayoría presentan duramen que se caracteriza por ser impermeable y segundo lugar por que la forma de la troza es muy irregular lo que crea problemas para sujetar la troza en el momento de aplicar la presión.

En un estudio llevado a cabo por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, se estableció el procedimiento, las limitaciones, las condiciones de uso de madera preservada con el método vacío-presión utilizando sales de cromo-cobre y arsénico. Dicho estudio fue resumido en un manual de preservación, y se presenta a continuación:

**Tipo de madera:** albura; en tanto en el duramen no es factible la preservación debido a que la estructura anatómica de la madera no permite el paso de líquido.

**Condiciones de la madera:** el contenido de humedad debe estar debajo del punto de saturación de las fibras, lo cual establece un límite de 30%.

**Equipo requerido:** se requiere una planta de tratamiento que consta principalmente de las siguientes partes: cilindro de impregnación o autoclave, tanque de almacenamiento, tanque de mezcla, bomba de vacío, bomba de presión y bomba de trasiego.

**Preservante a utilizar:** en este método es posible utilizar cualquier tipo de preservante tal como las sales de cromo, cobre y arsénico (Tipo CCA) en sus diferentes modalidades o de cromo, cobre y boro (Tipo CCB), o bien cualquier otro tipo existente en el mercado.

**Penetración y retención:** en el caso de la albura, se tiene que la penetración es de 100% de la sección transversal cuando la madera se encuentra seca. Para este tipo de madera la retención va a depender de la concentración utilizada en el preservante y la condición de uso de la madera. Respecto a la absorción en la madera de melina se tiene que en la albura es de 185 litros por metro cúbico.

El método vacío-presión en la actualidad está siendo utilizado en Costa Rica para la producción de postes para cercas y la construcción de casas rústicas, conocidas típicamente como cabañas de montaña. Para ello se han implementado secadoras de madera en donde son colocadas trozas hasta de 15 cm y es secado a un contenido de humedad final entre 25-30%, para luego preservar.



### **Método inmersión-difusión**

Es considerado el método más efectivo para el preservado de madera de melina, sobre todo cuando se utilizan sales con amplia capacidad de difusión como las sales de boro.

Este método consiste en sumergir la madera por lo menos en un minuto en una solución de preservante con alta capacidad de difusión, posteriormente empieza el proceso de difusión del preservante dentro de la madera, en el cual se debe evitar que la madera no quede expuesta ya que no debe iniciar el proceso de secado, por lo que la madera debe cubrirse. Las condiciones para este tipo de preservación son:

**Tipo de madera:** en este método se puede utilizar tanto madera de albura como madera de duramen.

**Condición de la madera:** Debe estar totalmente húmeda por lo que es preferible que la madera esté recién cortada.

**Equipo requerido:** Este va a depender de la capacidad de producción, teniendo varias posibilidades, entre las que se pueden señalar: Tanques de inmersión en donde una pila de madera se sumerge completamente, tanque después del proceso de despuntado en donde las piezas que van siendo transportadas por cadenas pasan por el tanque, y el último método es la construcción de un tanque con el preservante y las piezas se van sumergiendo y sacando manualmente.

**Preservante:** generalmente se utilizan preservantes con sales de boro que tienen una amplia capacidad de difusión.

**Tiempo de almacenamiento:** éste depende del espesor de la pieza de madera. En pruebas realizadas con una solución de borato de sodio se establecieron los siguientes períodos de almacenamiento: para un espesor de 12 mm 10 días, en 25 mm 25 días, en 38 mm 50 días, en 50 mm 75 días, en 63 mm 85 días y en 75 mm 106 días.

**Penetración y retención:** la preservación con este método utilizando los períodos adecuados de almacenamiento para la difusión del preservante, puede tener una penetración de hasta el 100% de la sección transversal de la pieza de madera. En tanto la retención va a depender en gran medida de la concentración del preservante utilizado, por ejemplo en pruebas llevadas a cabo en Costa Rica con el fin de establecer las retenciones de boro en madera de melina, se encontró que con una solución de borato de sodio al 12%, la retención fue de 0,874 Kg de boro por metro cúbico cuando la coloración fue intensa al utilizar un indicador de la presencia de boro y cuando el color fue muy tenue la concentración de boro fue de 0,186 Kg de boro por metro cúbico.



**Cepillado:** la madera de melina es factible trabajarla en cepilladoras y machiembradora tradicionales comúnmente encontradas en talleres de ebanistería o industriales como aserraderos y fábricas de muebles. En pruebas de cepillado realizadas con esta madera se ha encontrado que se produce una buena calidad de superficie cuando es utilizada con cabezales convencionales, ángulos de corte de 30 grados y velocidades de alimentación entre 6 y 15 m/min.

**Lijado:** en la madera de melina cuando se necesita remover cierta cantidad de madera por medio del lijado resulta fácil, de manera rápida y con poco embotamiento de la lija, dando como resultado una superficie de buena calidad. Con base en ensayos realizados en los laboratorios de tecnología de madera y la experiencia misma de los ebanistas, la melina presenta mejores propiedades de lijado que otras maderas utilizadas en la fabricación de muebles tales como la caobilla, laurel y cedro.

**Taladrado:** con la melina, si no se considera algunos aspectos, puede presentar serios problemas de taladrado. En primer lugar es preferible realizar un hueco con una broca para madera y no la broca para metal. La broca de madera produce un hueco de mejor calidad tanto superficial como en la parte interna del mismo. Cuando el hueco es realizado con una broca de metal la calidad disminuye notoriamente. En segundo lugar cuando se tenga que realizar un hueco, que sea necesario pasarlo de lado a lado, se debe apoyar la parte de salida de la broca con otra pieza de madera con el fin de evitar los astillamientos.

**Torneado:** De acuerdo a la experiencia generada se puede afirmar que la madera de melina proveniente de árboles jóvenes presenta serios problemas de astillado al momento de realizar el torneado. Aunque con melina proveniente de árboles adultos mejora la calidad del torneado, ésta no llega a clasificarse como una especie apta para el torneado. En caso que se tenga que utilizar esta especie para la obtención de piezas torneadas se recomienda hacer una muy buena selección de la madera tratando de emplear madera proveniente de árboles adultos y/o madera de alta densidad. Además se deberá utilizar herramientas (gubias) con buen filo para evitar el astillamiento de la madera.

**Taladrado:** La madera de melina es una de las especies de excelente comportamiento en el tallado de la madera, no sólo porque en el momento de realizar las figuras con las gubias se tiene que aplicar poco esfuerzo al momento de “sizar”, además la madera es de fácil lijado por lo que reduce notablemente los tiempos de preparación para el acabado. Adicionalmente la madera permite resaltar algunas partes de la figura (crear contrastes) debido a que se pueden dar diferentes colores en una determinada figura por su color blanco.

**Herramientas manuales:** La madera de melina debido a su bajo peso, su buen comportamiento estructural, facilidad de cortar, cepillar, lijar, clavar y atornillar, hace que la especie sea fácilmente procesada, tanto de manera industrial como manualmente. Esta condición permite que la melina compita en el mercado nacional de la construcción, donde no se requiere maquinaria muy especializada.



**Encolado:** La madera de melina posee excelente estabilidad dimensional, además de sus buenas condiciones de humectabilidad, estructura anatómica uniforme y madera con un pH adecuado. Estas características acompañadas de una buena preparación de la superficie, utilización de madera seca y selección adecuada del adhesivo a utilizar, hace que ésta especie sea fácil de encolar.

**Aplicación de tintes:** La madera de melina posee excelentes características de entintado. Su color claro y uniformidad permite cambiar su tonalidad a una amplia variedad e intensidad de colores. Esta característica permite simular la apariencia y el color de otras especies utilizadas en el mercado.

**Aplicación de acabados:** La madera por su estructura anatómica, poca cantidad de vasos y muy pequeños, textura liza y uniforme, excelentes características de cepillado y lijado, además de una buena preparación de su superficie, permite una eficiente aplicación de acabados, además de un menor consumo si se compara con otras especies de madera. En estudios llevados a cabo por la empresa Sur Química de Costa Rica, se determinó que el rendimiento por galón (metros cuadrados cubiertos por galón), para dar acabado a una superficie con poliuretano en madera de melina, es mayor comparado con otras especies de madera comúnmente utilizadas en la fabricación de muebles, tales como el cedro (*Cedrela odorata*) y el Cenízaro (*Samanea saman*).

**Producción de chapas:** La madera de melina se caracteriza por presentar un color uniforme en el momento de la obtención de chapas, produciendo una textura fina, pero presenta el inconveniente de grano entrecruzado y nudos muertos que generalmente caen, formando un hueco en la chapa, especialmente cuando la madera proviene de árboles que no han recibido manejo. Además de generar una buena calidad superficial de la chapa, es posible el tratamiento de preservantes, retardantes de fuego o aplicación de recubrimientos.

Los rendimientos que se pueden obtener de una troza para la producción de chapas son muy variados, y depende en gran medida del producto a obtener, diámetro y largo de la troza, calidad de la troza, entre otros. Recientemente con el fin de mostrar la factibilidad de utilizar la melina en la fabricación de embalajes de madera para frutas, verduras y hortalizas se estableció el posible rendimiento de una troza en la producción de chapa, dando que este porcentaje presenta 30% para diámetros de 19 cm y 60% para trozas e 30 cm.

En Costa Rica la utilización de la melina en productos que utilicen la chapa se ha limitado solamente a la producción de contrachapado, en otros productos no se ha incursionado debido a la falta de tecnología.

Sin embargo se espera que en el futuro la especie incursione en mercados como contrachapado, palillos de fósforos, cajas para embalaje de frutas y verdura, palillos de dientes, paletas para helado y productos laminados en general.



Fabricación de paneles: Los paneles fabricados en la actualidad son muy variados, encontramos tableros enlistonados, contrachapado o bien tableros de mediana densidad (MDF). En el caso específico de la melina, en Costa Rica el desarrollo de paneles enlistonados fue uno de los primeros nichos en que incursionó la melina en el mercado.

Este uso se dio principalmente por que la especie presenta las condiciones necesarias para la producción de este producto tales como color uniforme, fácil de encolar, buena trabajabilidad en las operaciones de cepillado, lijado, y poco consumo de acabados.

Además se señala que la fabricación de este tipo de paneles generalmente está acompañada del uso de uniones de dedo (finger joint), las cuales en la melina presentan un excelente comportamiento.

Sin embargo, existe otras regiones donde son construidos los paneles en un 100% con esta especie, como por ejemplo en Indonesia, con excelentes resultados y comportamientos en las diferentes pruebas de control de calidad efectuados este tipo de producto.

Otros tipos de paneles son posibles de fabricar con la melina entre los que destacan aquellos en combinación con cemento, tableros de alta densidad (Hardboard) en combinación con otras especies de mayor densidad, tableros de OSB (oriented strange board), aunque de poco éxito hasta el momento.

### **Vigas laminadas**

**Actualmente el sector industrial de la madera está ofreciendo un producto nuevo para el sector de la construcción, y son construidas principalmente de madera de melina y es conocido técnicamente con el nombre de vigas laminadas encoladas y comercialmente a nivel mundial como "glulams".**



**Vigas laminadas y encoladas de madera de melina**



Este tipo de vigas en la actualidad son construidas considerando madera ubicada en las partes externas de la troza con excelentes resultado de resistencia, para diferentes adhesivos y luz entre apoyos.

Al igual que sucede con los tableros, es importante en el momento de fabricar vigas laminadas considerar que existen una serie de condiciones para fabricar este tipo de producto entre los que se destacan el tipo de adhesivo, la calidad de la madera, entre otros.



## *Bibliografía*

- Arce, H.; Moya, R. y Sáenz, M. 2003. Informe 11. Perfil de Inversión: Industria de Embalaje a partir de madera de Melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica. Proyecto de mercadeo e industrialización de la madera proveniente de plantaciones forestales de melina y Proyecto de Investigación: Melina: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. TCD Reg-TCP/cos/0066 y FC-011-2000. FAO-FONAFIFO-CIIBI. Cartago, Costa Rica. 53 p.
- Barrantes, G. 1997. Rendimiento y rentabilidad del aserrío de madera de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, en el aserradero del Centro Agrícola Cantonal de Hojanha. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 61.
- Blanco, M. y Cruz, L. 1999. Evaluación de la resistencia a la degradación por insectos de algunas especies maderables de uso comercial bajo diferentes tratamientos. Informe de Proyecto de Investigación No. 731-95-251. Laboratorios de Productos Forestales. Universidad de Costa Rica. 76 p.
- Bolaños, P. 2002. Posibilidades de diseño a partir de productos secundario (cabería) de madera de melina. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 100.
- Boone, R; Kozlik, C.J.; Bois, P. y Wengert, E.M. 1988. Dry kiln schedules for commercial wood: temperate and tropical. General Technical Report FPL-GTR-57. United States Forest Service. Forest Products Laboratory. 158 p.
- Canessa, E. 2000. Ultraestructura de la pared celular en elementos xilemáticos de melina (*Gmelina arborea*) con los defectos de secado en esta especie. Informe Final para la empresa Maderín ECO. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 17 p.
- Carrillo, O. 2003. Programas de secado de la madera de *Gmelina arborea*. Boletín las Maderas de Plantaciones Forestales 3(1): 5 p. Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Córdoba, R. 2003. Situación de la madera de melina en Costa Rica. Boletín las Maderas de Plantaciones Forestales 3 (1): 5 p. Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Córdoba, R., Moya, R. y Monge, F. 2000b. Evaluación de métodos alternativos para el procesamiento de diámetros menores. Parte I. Informe Final de Proyecto de Investigación. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 49 p.



- Eusebio, D.; Novicio, L. y Dionglay, C. 1998. Influence of rice hull ash (RHA) on the properties of woodwool cement boards (WWCB). FPRDI Journal 24(1): 67-80.
- Garay, D.; Durán, J. y Moreno, P. 2001. Tableros aglomerados de partículas a partir de las especies teca y melina. Revista Forestal Venezolana 45(2): 205-212.
- Góngora, E. 2002. Pruebas de rendimiento para obtener tablitas de melina (*Gmelina arborea*). Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 116 p.
- González, G. 2002. Propiedades químicas de la melina (*Gmelina arborea*). Boletín Kurú 32: 34-35. Órgano Informativo de la Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- González, L.; Moya, R.; Ramírez, A.; Córdoba, R. y Coto, JC., 2002a. Informe 5. Resistencia mecánica de vigas estructurales laminadas y encoladas de melina (*Gmelina arborea*). Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 66 p.
- González, L.; Moya, R.; Monge, F.; Córdoba, R. y Coto, JC. 2002b. Informe 7 Resistencia a la tensión de uniones dedo (finger joint) con madera de melina (*Gmelina arborea*). Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 32 p.
- Graves, A. 1981. *Gmelina arborea*-a review of the literature. Forestry abstracts 46(6): 237-258.
- Leandro, L. y Moya, R. 2002. Aumento de la durabilidad de las maderas de plantación por preservación –caso de Melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica . Memoria del II Congreso Forestal Latinoamérica: Bienes y Servicios del Bosque: Fuente desarrollo Sostenible. Ciudad de Guatemala 2002. 881-890 p.
- Leandro, L.; Moya, R. y Amador, E. 2002a. Informe 6. Características de la preservación de la madera de melina (*Gmelina arborea*) con el método de inmersión-difusión utilizando boro y el método vacío-presión utilizando CCA-C. Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Leandro, L., Moya, R. y Monge, F. 2002b. Guía practica 1. La preservación de la melina utilizando el método inmersión-difusión con sales de boro. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 104 p.



- Leandro, L., Moya, R. y Monge, F. 2002c. Guía practica 2. Preservación de postes de melina utilizando el método vacío-presión con CCA-C. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 104 p.
- Leandro, L.; Moya, R. y Amador, E. 2004. Informe 14. La Durabilidad de la madera de melina creciendo en Costa Rica. Proyecto de Investigación: Melina y teca: Determinación de propiedades básicas para sus posibles usos industriales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Marín, M.; Pizarro, H. y Alfaro, E. 2000. Estudio sobre la resistencia natural de la madera de 4 especies forestales, al ataque de la termita *Natutitermes corniger*, bajo condiciones de laboratorio. Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional de Costa Rica. 53 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* in Costa Rica. Bios et Forêts Des Tropiques 279(1): 47-57.
- Moya, R., Leandro, L. y Monge, F. 2003b. Bondades de la madera de melina 1. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R.; Leandro, L.; Córdoba, R.; Serrano, R. y Monge, F. 2003c. Aspectos importantes sobre la trabajalidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*). Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Murillo, F. 1994. El efecto del rendimiento en aserrío sobre la rentabilidad en trozas de *Gmelina arborea* provenientes de una plantación de 6 años. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 144 p.
- Ogbonnaya, C.; Nwalozie, M.C. y Nwaigro, L. 1993. Growth and wood properties of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) seedlings grown under five soil moisture regimes. American Journal of Botany 79(2): 128-132.
- Punhani, R. 1995. Span tables for roof purlins and ceiling joists in some social forestry species for timber house constructions. Indian Forester 121(7): 651-662.
- Rojas, K. 1997. Rendimiento en aserrío, propiedades físico-mecánicas y secado al aire para dos plantaciones de *Gmelia arborea* propiedad de Ston Forestal S.A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 84 p.
- Sánchez, E. 1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del aserradero San Gabriel, Florencia, San Carlos. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R Instituto Tecnológico de Costa Rica. 110 p.



Thibaut, B.; Baillères, H.; Chanson, B. y Fournier-Djimbi, M., 1997. Plantations D'arbres á croissance rapide et qualité des produits forestiers sous les tropques. Bios et Forêts Des Tropiques 152(2): 48-53.

Zeledón, D. 2004. Algunos aspectos de la anatomía de la madera de melina (*Gmelina arborea* (Roxb.) y su relación con las propiedades de secado y durabilidad. Revista Forestal Kurú 1(1): 1-5.



# *Capítulo 6*

## **Mercadeo y comercialización de la madera**



Autor: M. Sc. Róger Moya Roque

Manual para productores de melina en Costa Rica

CARTAGO, 2004



## **Contenido**

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| <b>Resumen.....</b>                       | <b>138</b> |
| <b>Mercado.....</b>                       | <b>139</b> |
| <b>Precios.....</b>                       | <b>142</b> |
| <b>Estándares de calidad.....</b>         | <b>144</b> |
| <b>Demanda de madera y productos.....</b> | <b>146</b> |
| <b>Canales de comercialización.....</b>   | <b>147</b> |
| <b>Productores y consumidores.....</b>    | <b>149</b> |
| <b>Costos e ingresos esperados.....</b>   | <b>150</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                  | <b>151</b> |



# Resumen

Internacionalmente la melina es utilizada para la producción de pulpa para papel, con poca presencia en los mercados internacionales de comercialización tanto en volumen como en área plantada, por lo que no tiene un distintivo internacional de comercialización como lo tienen otro tipo de especies. Los precios de esta madera se encuentran dentro de los rangos para maderas semiduras y especies con una variedad de usos.

En Costa Rica el desarrollo de la comercialización de la especie ha sido intensivo si se compara con otras maderas de bosque natural, pudiéndose encontrar productos con cierto grado de estandarización y de calidad.

Actualmente es posible encontrar en el mercado de la madera una amplia gama de productos, donde se puede usar la especie, tanto productos de alto valor agregado como de menos valor. Pero debido a su amplio desarrollo en la industria forestal existe una tendencia a encontrar esta madera en usos y mercados ya más desarrollados, trayendo con ello un aumento en el precio de la madera, el cual se ha caracterizado por leves aumentos desde el año de 1995.



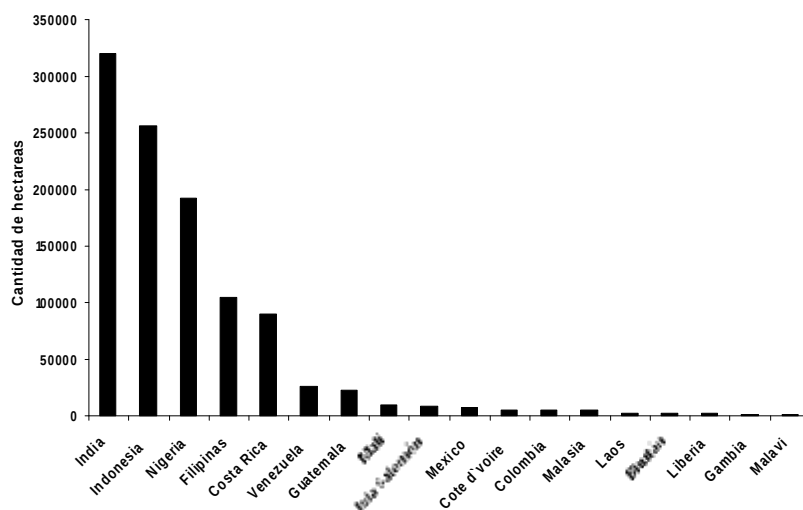
## Mercadeo y comercialización



## *Mercado*

### **Mercado mundial**

La FAO (2003) estima que existen cerca de 1,07 millones de hectáreas plantadas con la melina, sin embargo, para algunos especialistas, esta cifra es muy alta, ya que en muchos de los países donde se planta no tiene estadísticas claras sobre la verdadera área plantada, por lo que esta cifra puede alcanzar solamente las 700 mil hectáreas, la cual representa solamente el 0,34% de las especies tropicales plantadas en el mundo.



**Distribución de área plantada con melina en los diferentes países tropicales.**

Una característica de las plantaciones de melina en el mundo, es que el 20% están dirigidas a la producción de leña y el restante 80% al aprovechamiento industrial, siendo la producción de pulpa para papel y madera aserrada su principal objetivo. Un ejemplo importante de resaltar es Costa Rica, debido a que el 100% de las plantaciones están dirigidas a la producción de materia prima para la industria de aserrío.

El aporte de las plantaciones de melina al mercado de la madera es bajo. Se reporta 14 mil metros cúbicos por año, volumen de madera poco significativo para el consumo de madera en rollo en el mundo, que es cercano a los 3 335 millones de m<sup>3</sup> por año. De hecho la especie en el mercado mundial es considerada de poca importancia.

Incluso en la mayoría de los países donde se ha plantado, el mercado es meramente local.

Recientemente Dvorak (2003) apuntó la necesidad de crear un nombre comercial internacional a la especie, para ampliar aún más los mercados.



En los países donde la melina crece naturalmente, la madera generalmente está orientada a la producción de productos de bajo valor agregado, pero con alto consumo de madera en troza, entre las que destaca la producción de pulpa para papel y la producción de tableros. Sin embargo, como se señala anteriormente, Costa Rica es pionera en la utilización de esta madera como productos sólidos.

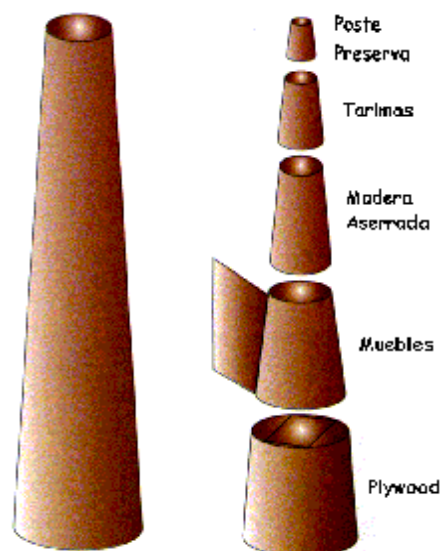
Por otra parte, estudios de mercados en países europeos, han encontrado que la melina presenta altas posibilidades de incursionar en productos de elevado valor agregado con amplia demanda en el mercado, tales como la producción de chapas y tableros, pero se presenta el inconveniente de dar sostenibilidad al mercado por la poca área plantada.

### **Mercado local**

La madera de melina es una de las especies reforestadas de mayor uso en la industria forestal en Costa Rica, y junto con la teca, son las especies reforestadas de mayor demanda en el mercado, con cerca de 20% (cerca de 225 mil metros cúbicos) de la madera consumida por los aserraderos.

Un aspecto importante de destacar del mercado de la melina es la capacidad de permanecer en el mercado local ante una serie de tratados de libre comercio establecidos por Costa Rica con países con amplia tradición forestal como el caso de Chile, Canadá y más recientemente con los Estados Unidos.

A pesar de esta competencia, en Costa Rica la madera de melina posee una amplia variedad de usos, y lo más importante de ello, es que estos se encuentran categorizados para las diferentes partes del árbol, en la cual las partes bajas del árbol se obtienen los productos de mayor valor agregado y en la parte alta los de menor valor.



Esquema de utilización de un árbol de melina en Costa Rica.



El mercado de la melina en el pasado se limitaba a la fabricación de productos de muy bajo valor agregado, principalmente tarimas, lo cual le dio una etiqueta de “madera para embalaje” a la especie, sin embargo, en la actualidad se está empezando a posicionar en mercados con mayor valor agregado y alto consumo. Este éxito, no sólo se dio por la abundancia de materia prima, sino que la madera presenta una serie de bondades, entre las que se destacan las siguientes:

**Madera de plantación forestal:**

La melina fue plantada en el pasado con el fin de producir materia prima sostenible para el sector de la construcción, la industria del mueble y otros usos. Además de que representa una excelente opción para disminuir la presión sobre los bosques naturales del país ya que tiene turnos de rotación entre 8 y 12 años.

**La madera clara:** Presenta un color amarillento pálido, en ocasiones con tonalidades blancas, amarillas, cremas y rosadas. Existe poca diferenciación de color entre albura y duramen, lo que hace que el color de la madera sea uniforme. Esta característica junto con sus propiedades físicas y buena trabajabilidad, la convierten en una especie con gran potencial en el mercado nacional e internacional.

**Moderadamente liviana:** La melina posee un peso específico básico entre 0.38 y 0.45, lo que la cataloga como liviana a moderadamente liviana. No obstante, a pesar de esta característica, la madera posee buena resistencia, haciéndola apta para la fabricación de una gran variedad de productos.

**Estabilidad dimensional:** Una vez que la madera estabiliza el contenido de humedad, mantiene sus dimensiones aún cuando se presenten cambios de humedad relativa y temperatura en el ambiente.

**Fácil de trabajar con herramientas manuales:** La madera de melina debido a su bajo peso, buen comportamiento estructural, facilidad de cortar, cepillar, lijar, clavar y atornillar, hace que sea fácilmente procesada, tanto de manera industrial como manualmente.

**Versatilidad:** En la actualidad debido a su abundancia la melina ha incursionado en una gran variedad de productos, que van desde elementos estructurales, hasta artesanías.



### Principales usos de la melina en Costa Rica

| Construcción                 | Muebles                | Otros                            |
|------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Cerchas                      | Archivadores           | Carretas de artesanía            |
| Columnas sólidas             | Bancas                 | Papel facial                     |
| Pisos y Decks                | Camas                  | Papel para imprimir              |
| Molduras                     | Cómodas                | Lápices                          |
| Mostradores                  | Juegos de comedor      | Tarimas                          |
| Puertas                      | Juego de sala          | Cajones para productos agrícolas |
| Rodapié                      | Mesas                  | Postes para cerca                |
| Tablilla                     | Sillas                 | Postes para construcción         |
| Vigas sólidas                | Sillones               | Fósforos                         |
| Vigas laminadas              | Trinchantes            | Paletas para helado              |
| Columnas laminadas           | Escritores             | Moldadientes                     |
| Tableros laminados           | Estantes para oficinas |                                  |
| Marcos de puertas y ventanas |                        |                                  |
| Contrachapado                |                        |                                  |

### Precios

#### Precios mundiales

Un importante trabajo realizado en Costa Rica (Gardino, 2001) establece que la melina puede incursionar en mercados de piezas para molduras y en la fabricación de chapas. En el primer tipo de mercado se establece rango de precios de US\$ 350-390/m<sup>3</sup> precio CIF (puesto en puerto de importación), lo que equivaldría a un precio FOB (precio en puerto costarricense) alrededor de US\$ 280-300/m<sup>3</sup>.

Sin embargo, para tener estos precios es necesario contar con buena calidad y dimensiones de trozas que son los requisitos establecidos por los compradores en los mercados internacionales.

Además de estos estudios, en general no se tiene reportados precios internacionales de melina, a excepción de los reportados para el mercado local de Indonesia que corresponde a un precio por troza de US\$ 95/m<sup>3</sup> (ITTO, 2003).

#### Precios locales

Los precios de la madera en Costa Rica son mayores que los encontrados en los mercados internacionales y dependen de: el producto que se trate, la región del país donde provienen las trozas, el mercado a que va dirigido y el grado de proceso de la madera. Sin embargo, a pesar de este mejor precio de madera en el mercado local, en los últimos años ha venido en franca disminución debido a la presencia de madera importada, con mejores condiciones de precio y de producto.



**Precio de trozas de melina en Costa Rica**

| <b>Trozas en patio*</b> | <b>Precio (US\$/m3)</b> |
|-------------------------|-------------------------|
| 15 - 20 cm diámetro     | 15                      |
| 20 - 25 cm diámetro     | 20                      |
| superior a 25 diámetro  | 25                      |

Fuente: \*Cámara Costarricense Forestal, 2003.

Por otra parte, el desarrollo histórico del precio de la madera de melina en Costa Rica muestra un crecimiento lento, desde 1995 hasta la fecha, en tres tipos de modalidades de comercialización: madera en pie, madera en patio de aserradero y madera aserrada. Sin embargo, es importante hacer notar que los precios a partir del año 2000 presentan una tendencia a mejorar, en particular en el precio de la madera aserrada.

**Precio de la madera de Gmelina arborea en cinco diferentes zonas del país. 2003.**

| ZONA           | DIAMETRO (cm) | EN PIE (\$/m3) | PATIO DE INDUSTRIA (\$/m3) | ASERRADA SIN CEPILLAR (\$/m3) |                 |
|----------------|---------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                |               |                |                            | Verde                         | Seca            |
| GUANACASTE     | 10 - 15       |                | 38,75 - 65,88              | 204,45                        | -               |
|                | 15 - 30       |                | 58,13 - 77,50              | 221,03                        | -               |
|                | > 30          | 13,95 - 19,38  | 85,25                      | 232,08 - 386,81               | -               |
| ZONA NORTE     | 10 - 15       | 6,2            | 29,45                      | 176,83                        | 303,92          |
|                | 15 - 30       | 7,75           | 38,75                      | 176,83                        | 303,92          |
|                | > 30          | 11,63 - 15,50  | 54,25                      | 221,03                        | 303,92          |
| P. CENTRAL     | 10 - 15       | 9,3            | 23,25                      | 132,62 - 154,72               |                 |
|                | 15 - 30       | 11,63          | 31                         | 165,77                        |                 |
|                | > 30          | 15,50 - 19,38  | 38,75                      | 193,4                         | 221,03 - 276,29 |
| ZONA ATLANTICA | 10 - 15       | 13,95 - 18,60  | 23,25 - 27,13              | 99,46                         | 110,52          |
|                | 15 - 30       | 13,95 - 18,60  | 31,00 - 34,88              | 110,52                        | 132,63          |
|                | > 30          | 19,38 - 25,58  | 42,63 - 46,50              | 132,63                        | 165,77          |
| ZONA SUR       | 10 - 15       | 9,3            | 19,38 - 23,25              | 99,46                         | 154,72          |
|                | 15 - 30       | 13,95 - 20,15  | 21,70 - 27,13              | 110,52                        | 171,3           |
|                | > 30          | 23,25 - 31,78  | 29,45 - 37,20              | 132,63 - 143,67               | 193,40 - 276,29 |

\*1\$= 418,04 colones al 31 de diciembre del 2003; CCF, 2004.



## ESTÁNDARES DE CALIDAD

### Estándares de calidad para madera en troza

En la comercialización de trozas se considera como factor más importante el diámetro de la troza, el cual determina el precio de la madera y se establecen las siguientes categorías:

- Ø **Diámetro menor 10 cm:** En la actualidad no es comercializada, ya que la tecnología existente no permite hacer el proceso de aserrío de forma comercial, y en algunas ocasiones es vendida para postes de cercas o varas de ranchos con un precio muy bajo.
- Ø **Diámetro de 10-15 cm:** Este aserrío es realizado generalmente en la misma plantación, dando como resultado un semibloque, el cual posteriormente es transportado a una industria para su aserrío. Respecto al precio de esta categoría, es el más bajo comparada con otras categorías.
- Ø **Diámetro de 16 a 22 cm:** Aserrío para la obtención de madera para tarima que generalmente es de precio bajo.
- Ø **Diámetro de 22 a 30 cm:** Principalmente aserrío para madera de construcción, madera para tableros y molduras y el precio tiende a mejorar respecto al anterior.
- Ø **Diámetro mayor a 30 cm:** Este tipo de trozas son las de mejor precio y es utilizado para la obtención de chapas y madera para la fabricación de lápices.

Después del criterio de diámetro, en la actualidad existen algunas empresas (sobre todo las que fabrican lápices y obtienen chapas) con criterios de calidad para la compra de madera en troza. De ellos, destaca la conicidad, la rectitud de la troza, presencia de ramas o nudos o el ataque de insectos.

Por su parte aquellos aserraderos no preparados para el procesamiento de la madera de plantación y que incursionan en el aserrío de la melina, utilizan el criterio tradicional para la comercialización de trozas proveniente del bosque natural, en el cual las trozas deben tener pocas rajaduras, sin presencia de daños por hongos o insectos, las trozas deben ser relativamente rectas y el diámetro no debe ser inferior 33 cm, que corresponden a las 10 pulgadas del cuarto de circunferencia del “sistema a mecate” utilizado para la medición de madera en troza.



### **Estándares de calidad para madera aserrada**

Al igual como sucede con la madera en troza en Costa Rica, el vendedor conviene con los clientes una determinada calidad de troza y a partir de la oferta y la demanda establecen un precio de comercialización. Sin embargo, en los últimos años algunas empresas han adaptado las normas de clasificación de madera aserrada de la Asociación Nacional de Maderas Duras (NHDA) de los Estados Unidos. Estas normas se caracterizan por que regula toda la actividad de compra en madera aserrada para el mercado de muebles.

También es posible encontrar la madera de melina comercializada junto con la madera procedente del bosque natural. Cuando esto ocurre se usan los mismos criterios de selección y categorías de la madera del bosque natural, los cuales consisten en dos categorías: la primera o segunda, la cual, simplemente se refiere al largo de la pieza, la primera es considera piezas con largos superior a las 2,5 m y la segunda donde el largo es menor a la dimensión antes mencionada.

### **Estándares de calidad para la producción de tarimas**

Este sector a pesar que fue uno en los que primeramente incursionó la madera de melina, carece de una metodología o normas, debido a que el productor y comprador establecen criterios de común conveniencia. Por ejemplo, en la empresa Industriales del Ambiente S.A. cuenta con los siguientes criterios para descartar una pieza a ser utilizada en una tarima:

- Piezas que no tengan el largo comercial, generalmente 1,10 y 1,22 metros, y espesor permitido (14 mm)
- Nudos muertos o vivos con más de 3 cm de diámetro.
- Reventaduras en los extremos de las tablas.
- Una cara de la pieza sin la presencia de la médula
- Piezas sin la presencia de la corteza

### **Estándares de calidad para otros productos**

Los tableros de madera sólida, son producidos por la técnica de finger joint. En Costa Rica la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica presenta 5 categorías para estos productos: premium PP, premium PS, premium PN, select SS, select SN y normal<sup>1</sup>, cada clasificación tiene establecida la cantidad y calidad de los defectos permitidos. Estos defectos fueron establecidos internamente por la empresa para tener el producto de venta en el mercado.

---

<sup>1</sup> Maderas Cultivadas de Costa Rica S.A



## ***Demanda de madera y productos***

En el mercado de la madera aserrada en Costa Rica se distinguen varios tipos de mercados: construcción, tarimas, la industria del mueble y otros productos. El mercado de la construcción es el de mayor demanda (55% del total comercializado en el año) y representa una amplia gama de productos, seguido por la industria de muebles (con el 20%) y embalajes (con 20%) y por último otros mercados menos importantes (con el 5%), tales como chapas y aglomerados.

### **Productos principales comercializados en Costa Rica.**

| <b>Tipo de producto</b> | <b>Dimensión (pulgadas)</b>                                              | <b>Largo de comercialización</b> |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Tablilla                | $\frac{1}{2} \times 3$ , $\frac{1}{2} \times 4$ o $\frac{1}{2} \times 5$ | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Regla                   | 1 x 3                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Regla para marco        | 1 x 4                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Regla para plantilla    | 1 x 2                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Formaleta               | 1 x 12                                                                   | Preferiblemente de 4 varas       |
| Cargadores              | 1 x 5                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Alfajilla o cadenillo   | 2 x 5                                                                    | Preferiblemente de 4 varas       |
| Piso                    | 1 x 3, 1 x 4 o 1 x 5                                                     | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Rodapié                 | $\frac{1}{2} \times 3$ , $\frac{1}{2} \times 4$ o $\frac{1}{2} \times 5$ | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Corniza                 | 1 x $\frac{1}{2}$ , 1 x 1                                                | De 1 varas hasta 4 varas         |
| Cuarto redondo          | $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ , 1 x 1                                 | De 1 varas hasta 4 varas         |

La demanda y cantidad de cada uno de estos productos depende de muchos factores, entre ellos destaca la época del año. En verano suele venderse mayor cantidad de madera debido a que ocurre una reactivación del sector de la construcción. La demanda de cada uno de estos productos, no está establecida con exactitud para todo el país, sin embargo, en un estudio realizado durante el año 2000 por parte de la Universidad Nacional se estableció que el 35,5% de los aserraderos encuestados en la Meseta Central respondieron que la tablilla es el producto de mayor demanda, seguido de la regla (19,4%), formaleta (16,1%) y las vigas para artesanado (13,0%).

En este mismo trabajo, se estableció que las especies de plantación más solicitadas en los aserraderos son la melina (35%), seguido del laurel (19%), pino (16%) y teca (16%). En el caso de la melina, está siendo preferida por muchos consumidores debido a que tiene gran variedad de usos, desde productos de alto valor agregado como muebles hasta de menos valor, como la madera simplemente aserrada.



## Canales de comercialización

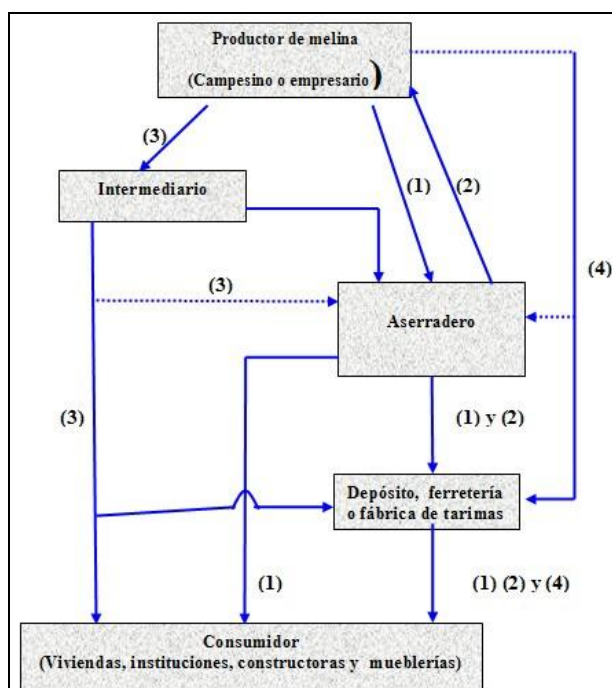
### Canales de comercialización internacionales

La melina crece naturalmente en la parte inferior de Asia y generalmente su mercado es y limitado localmente, sin embargo algunas exportaciones de esta madera son realizadas principalmente a los Estados Unidos. Es por esta situación que no existen canales de comercialización bien establecidos como lo tienen otras especies tales como los pinos, eucaliptos o la teca.

En el caso de Costa Rica cuando ha existido una comercialización internacional su venta ha sido hecha por el empresario forestal que tiene su propia materia prima. La madera es llevada a un distribuidor en el país que se caracteriza por ser pequeño, ya que la cantidad de madera que puede exportar de Costa Rica es muy reducida.

### Canales de comercialización nacional

La comercialización nacional de la melina en términos generales es realizada usando los mismos canales que el resto de las maderas provenientes del bosque natural, en la cual la madera llega al consumidor de 4 diferentes maneras:



**Comercialización de la madera de melina en el mercado local de Costa Rica.**

Nota: El número entre paréntesis indica el canal de comercialización y línea punteada indica servicio de aserrío



1. La forma más utilizada de comercializar la madera de melina en Costa Rica consiste en que el productor hace la transformación de trozas en productos comercializables y posteriormente llega directamente al consumidor o bien a través del depósito, ferretería o fábrica de tarima. Esta forma de comercializar se caracteriza por que se está eliminando los intermediarios.
2. El dueño de aserradero compra las trozas de melina, hace el proceso de transformación y la coloca en el depósito de madera o ferretería o el fabricante de tarimas, que puede ser propio o de una segunda persona, para que este se encargue de comercializar el producto. En los últimos años, esta forma de comercializar la madera esta ganando terreno debido a que muchos aserraderos se instalaron sin contar con una materia prima propia, o en otros casos los aserraderos se sobredimensionaron en producción para la materia prima que contaban en sus plantaciones.
3. Un intermediario (camionero u otro) compra la madera, realiza el aprovechamiento, paga el servicio de aserrío y realiza la venta a un depósito de madera o bien al consumidor o una pequeña fábrica de producción de tarimas. Esta forma de comercializar fue adoptada fácilmente por aquellas personas que comercializaban la madera de bosque natural.
4. Un dueño de la ferretería o depósito de madera va al bosque, compra los árboles, paga el servicio de aserrío y realiza la venta de madera. Esta forma es la menos frecuente de encontrar.

Por otra parte, en el desarrollo de la comercialización de la madera de melina se ha notado que los productores recurren a productos más tecnificados y a una comercialización más planificada, como lo hacen los demás productos de construcción civil.

Dos hechos fundamentales marcan este comportamiento: por un lado se ha apreciado la existencia de unidades de comercialización en las empresas productoras de madera y la existencia de productos con marcas registradas, por ejemplo Vigamel®, Plymel® o Tablamel®.

También es posible encontrar sitios en Internet para el comercio de madera, por ejemplo el sitio MundoForestal.com, que distribuye semanalmente un boletín con madera disponible para la venta donde se presentan las empresas o personas dispuesta a vender o comprar madera, sea en troza o madera aserrada.



## *Productores y consumidores*

Los productores (reforestadores) de melina se ubican en todas las áreas bajas del país, altitud menor a 600 metros. Sin embargo, tres regiones son las de mayor producción:

- **Zona Norte:** En esta región la cantidad de productores no es mucha pero se concentra la mayor cantidad de área reforestada en el país, lo que indica una oncentración de área en pocas empresas. A pesar de ello, se encuentran organizaciones bien consolidadas con extensiones que no sobrepasan las mil quinientas hectáreas por organización, entre la que destaca CODEFORSA.
- **Pacífico Sur:** En esta región la mayor cantidad de área reforestada pertenece a una sola empresa con cerca de 12 mil hectáreas, realizando ella misma la comercialización de las trozas. También se presentan organizaciones de ayuda a campesinos (Centros Agrícolas) con una cantidad de madera de melina que no sobrepasa entre ellas las 2 mil hectáreas.
- **Pacífico Norte:** En esta región los productores son campesinos con áreas reforestadas muy pequeñas y no sobrepasa en la mayoría de los casos las 10 hectáreas. Estos productos se encuentran organizados en entes no gubernamentales (ONG), entre los que destacan los Centros Agrícolas.

El establecimiento de plantaciones en estas tres regiones de Costa Rica ha permitido que el desarrollo industrial se concentre en estas áreas para procesar o aserrar casi en su totalidad trozas de melina.



**Industrias de aserrío de madera de plantación y fuentes de materia prima.**

| Zona del país                  | Nombre de la Industria             | Consumo (m <sup>3</sup> /año) | Procesa melina* | Tipo de fuente de materia prima* |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| <b>Región Huetar Norte</b>     | Maderas Cultivadas de Costa Rica   | 35,000.00                     | Sí              | Propia                           |
|                                | Flor y Fauna                       | 20,000.00                     | -               | Propio                           |
|                                | Sociedad Maderera Florencia        | 12,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Forestales San Clemente            | 11,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero El Gavilán              | 10,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Maderas de Cutris                  | 4,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Claudio Moreira                    | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Isifredo Vargas         | 3,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Aserradero de Manuel Alvarado      | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero de Javier Alfaro        | 2,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Reforestaciones El Jardín          | 2,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | 25 Aserraderos (caseros y móviles) | 25,000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>129,000.00</b>             |                 |                                  |
| <b>Región Huetar Atlántica</b> | Buen Precio (TICABAN)              | 6,000.00                      | -               | Propio                           |
|                                | Proforca (Limón)                   | 5,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Agroforestales La Fortuna          | 5,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | ENVACO Forestal (Guápiles)         | 3,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Peltón Forestal (Guápiles)         | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 5 Aserraderos (caseros y móviles)  | 5 000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>26,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>Zona Sur</b>                | Faber Castell (MADERIN)            | 10 000.00                     | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Von moos                | 2,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Aserradero Agrícola San Ignacio    | 5,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 3 Aserraderos pequeños             | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>20,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>Guanacaste</b>              | Comer. de Maderas Reforestadas     | 6,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | C.A.C. Hojancha                    | 4,000.00                      | Sí              | Propio                           |
|                                | Santo Cristo de Esquipulas         | 3,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | Forestales Solimar                 | 4,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | 5 Aserraderos pequeños             | 5,000.00                      | Sí              | Segundos                         |
|                                | <b>Subtotal</b>                    | <b>22,000.00</b>              |                 |                                  |
| <b>TOTAL</b>                   |                                    | <b>197,000.00</b>             |                 |                                  |

Fuente: Carrillo, 2001 y \*Elaboración propia

Es importante hacer notar que cerca del 50% de los aserraderos instalados, la materia prima (trozas) no pertenece a los dueños de los aserraderos, por lo que es un indicativo de que una gran cantidad de madera está siendo vendida a aserraderos para que ellos realicen la comercialización.

***Costos e ingresos esperados***

Los costos de aserrío y utilidades en un proceso de aserrío por tratarse de madera de plantación dependen mucho del diámetro de la troza y del tipo de maquinaria utilizada, no obstante, diferentes estudios para líneas de producción especializadas en madera de diámetros menores muestran algunos costos e ingresos obtenidos con madera de melina :



- Una sierra circular doble, una reaserradora y una línea de recuperación de costillas los costos de aserrío son de US\$ 48 por m<sup>3</sup> y la utilidad esperada por metro cúbico es de US\$ 95 para 1997.
- Un aserradero de cinta, con diámetros de los volantes de 90 cm de diámetro se tiene los costos y utilidades mostrados en el siguiente cuadro, para diferentes clases diamétricas para el año de 1997.

**Costos y utilidades en servicios de aserrío con madera de melina en un aserradero de cinta**

| <b>Categoría de diámetro (cm)</b> | <b>Utilidad (\$/m3)</b> | <b>Costos de aserrío (\$/m3)</b> |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 15-20                             | 19.75                   | 310.51                           |
| 20-25                             | 22.14                   | 268.63                           |
| 25-30                             | 42.40                   | 248.36                           |
| 30-35                             | 57.92                   | 232.83                           |
| 35-40                             | 75.90                   | 162.41                           |

- Una sierra de cinta con un carro automático se tiene que los costos son de US\$ 40 por m<sup>3</sup> y utilidad de US\$ 82,7/m<sup>3</sup> (Brenes, 2003).



## Bibliografía

- Alfaro, M.; Herrera, M. 1999. Precios de la madera en Costa Rica. Desde el Bosque; Órgano Informativo de la Cámara Costarricense Forestal. Año 2. No. 2. San José. Costa Rica.
- Arias, G. y Zamora, N. 1999. Diagnóstico de las oportunidades o amenazas para el proceso de reforestación nacional que implicaría un tratado de libre comercio con Chile. COSEFORMA- Cámara Costarricense Forestal y Programa global de bosques. San José. 29 p.
- Barrantes, G. 1997. Rendimiento y rentabilidad del aserrío de madera de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* en el aserradero del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. p 61.
- Bolaños, P. 2002. La cabería en un proceso de aserrío de trozas de melina. Boletín Las maderas de plantaciones. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2(2): 7.
- Brenes, R. 2003. Control de producción, costos y rendimientos del Aserradero Brenes S. A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 116 p.
- Cámara Costarricense Forestal (CCF). 2002. Lista de precios de 1995-2002. Desde el bosque. Órgano Informativo de la Cámara Costarricense Forestal. San José. Costa Rica. 1 p.
- Carrillo, O. 2001. Situación de la Industria Forestal Costarricense. Proyecto Mercado e Industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales (TCP/COS/006A). FAO. Costa Rica. 23 p.
- Dvorak, W. 2003. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 18 p.
- FAO, 2003. Situación de los bosques del mundo 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma. 154 p.
- Gardino, P. 2001. Estudio de mercado de productos forestales Posibilidades de exportación de melina y teca de Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)- Costa Rica. Proyecto: TCP/COS/006(A): Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales.



- González, G. 2003. Clasificación de madera de melina en Costa Rica. Boletín de las maderas de plantaciones forestales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 3(1): 6.
- Itto, 2003. Tropical Timber Market Report 1 – 15<sup>th</sup> March 2003. International Tropical Timber Organization. Japan. 25 p.**
- Leandro, R. 2000. El consumo de madera en el Valle Central de Costa Rica. Universidad Nacional, Cámara Costarricense Forestal y Oficina Nacional Forestal. San José. 73 p.
- Marx, C. 2002. La situación forestal en América Latina y el Caribe. Memoria del Congreso Forestal Latinoamericano. Guatemala. 17-28 p.
- Moya, R.; Leandro, L. y Monge, F. 2003a. Bondades de la madera de melina 1. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R.; Leandro, L.; Córdoba, R.; Serrano, R. y Monge, F. 2003b. Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina (*Gmelina arborea*). Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2 p.
- Moya, R. 2004. *Gmelina arborea* in Costa Rica. Bios et Forêts des Tropiques 279(1): 47-57.
- Pérez, R. y Carvallo, O. 2004. Production of semi-chemical pulp and high yield kraft for the fabrication of medium and liner papers from the wood of *Gmelina arborea* grown in Venezuela. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, NC: USA. 10 p.
- Sage, L.F. y Quirós, R. 2001. Análisis comparativo de competitividad. Documento técnico preparado como componente del Proyecto TCP/COS/006(A) "Mercadeo e Industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales" Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. San José. 30 p.
- Sánchez, E. 1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del aserradero San Gabriel, Florencia, San Carlos. Informe de práctica de especialidad. Cartago, C. R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 77 p.
- Vallejos, O. 1998. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edáficas y foliares para *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 113 p.
- Vindas, F. 2003. Consideraciones en la calidad de las trozas en la empresa Eco Woods Maderín Eco. Boletín de las maderas de plantaciones forestales. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 3(1): 6.



