

Serie Técnica
Informe Técnico No. 181

Melina

***Gmelina arborea* Roxb., ESPECIE DE
ARBOL DE USO MULTIPLE
EN AMERICA CENTRAL**

Olman Murillo
Juvenal Valerio

Publicación patrocinada por el
Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELENA)
CATIE-ROCAP (596-0117)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
CATIE

Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido
Area de Producción Forestal y Agroforestal

Turrialba, Costa Rica, 1991

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

Madeleña es un proyecto de investigación, capacitación y disseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador y DIGEBOS de Guatemala, con la coordinación regional del CATIE.

© 1991, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

ISBN 9977-57-107-4

634.97591

M977 Murillo, Olman

Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) especie de árbol de uso múltiple en América Central / Olman Murillo, Juvenal Valerio. -- Turrialba, C.R. : CATIE, 1991.

72 p. ; 23 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 181)

ISBN 9977-57-107-4

1. *Gmelina arborea* - América Central
2. Árboles de uso múltiple - América Central
I. Valerio, Juvenal II. CATIE III. Título IV. Serie

CONTENIDO

PRESENTACION	vii
AGRADECIMIENTO	viii
INTRODUCCION	1
1. BOTANICA Y ECOLOGIA	3
2. ESTABLECIMIENTO	15
3. MANEJO	43
BIBLIOGRAFIA	65

LISTA DE CUADROS

1. Cronograma de actividades para la producción de plantas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. en zonas con climas estacionales.	33
2. Cronograma de actividades para la producción de plantas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. en zonas con climas húmedos.	34
3. Regímenes de chapea o limpieza para el primer año de vida de una plantación de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., con dos tipos de clima.	40
4. Propuesta de raleo, según el IDR para producir postes y madera de aserrío en plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., con densidad inicial de 1111 árboles/ha.	45
5. Propuesta de raleo, según el IDR para producir madera de aserrío y contrachapado en plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., con densidad inicial de 1111 árboles/ha.	46

6.	Tablas preliminares de rendimiento con manejo de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., en América Central, para los índices de sitio 28, 21 y 14 m, con una densidad de plantación de 1111 árboles/ha.	60
7.	Ambito de las variables utilizadas en la generación del modelo preliminar de rendimiento de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. en América Central.	61

LISTA DE FIGURAS

1.	Características botánicas más sobresalientes de <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	6
2.	Distribución natural de <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	7
3.	Frutos de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) cosechados para semilla en Hojancha, Costa Rica.	18
4.	Endocarpos de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) limpios y secos.	19
5.	Arbol semillero de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) en Hojancha, Costa Rica.	24
6.	Rodal semillero de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) establecido en Hojancha, Costa Rica.	25
7.	Diagrama de calificación de la rectitud del fuste en árboles de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) en plantación.	25
8.	Diagrama de calificación de la bifurcación del fuste en árboles de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) en plantación.	26

9.	a) Bancal y b) pseudoestaca de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) con seis meses de edad, en Costa Rica.	31
10.	Presencia de un segundo eje en un árbol de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., de tres años de edad	38
11.	Ejemplo de una "caja de nueve" para seleccionar árboles a ralea en <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	47
12.	Clases de dominancia del eje principal de <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	50
13.	Forma correcta de podar una rama gruesa de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.); a) primer corte, b) segundo corte.	51
14.	a) Productos de rebrotes de Melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) y b) rebrotes antes de su selección.	53
15.	Desarrollo de la altura dominante de árboles de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., para tres índices de sitio en América Central.	56
16.	Curvas de crecimiento diametral en plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., para tres índices de sitio en América Central.	58
17.	Curvas de crecimiento en altura total promedio, de plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> Roxb., para tres índices de sitio en América Central.	58
18.	Rendimiento en volumen de la masa remanente y volumen acumulado sin corteza hasta 10 cm, para <i>Gmelina arborea</i> Roxb. en un índice de sitio promedio (IS = 21), en América Central.	61

PRESENTACION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en colaboración con las instituciones forestales de América Central, desarrolla, desde 1980, investigación silvicultural con especies de crecimiento rápido y propósito múltiple, con el objetivo de conocer el comportamiento y posibilidades de las mismas en la Región, para incorporarlas en los sistemas de finca de los pequeños y medianos agricultores. El Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA) promueve la incorporación de estas especies dentro de los sistemas de finca de los pequeños y medianos agricultores de la Región. El propósito del Proyecto es aumentar los ingresos y mejorar el bienestar de las familias rurales, así como contribuir a la disminución del deterioro ambiental en América Central y Panamá, mediante un incremento significativo del cultivo de árboles de propósito múltiple, para la utilización en la propia finca y para la venta de productos forestales en los mercados locales.

El incremento del cultivo de estas especies dependerá del conocimiento que se tenga, a todo nivel, de la importancia de las mismas, de sus formas de cultivo, de los métodos de manejo silvicultural de las plantaciones y de las combinaciones agroforestales establecidas con ellas. Consciente de la necesidad de este conocimiento, el Proyecto MADELEÑA inició la preparación de "Guías Silviculturales" para el cultivo de las especies seleccionadas. Este documento presenta las experiencias y conocimientos que hasta la fecha, se tienen en América Central sobre el cultivo de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.), una especie de árbol de uso múltiple de gran importancia en la Región.

El CATIE cumple así con el compromiso institucional de poner al servicio de los países miembros los conocimientos generados por la investigación, contribuyendo de esta manera al desarrollo agropecuario acelerado y sostenido de la Región y al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de menores recursos. El Proyecto MADELEÑA pone a disposición de los agricultores, técnicos en extensión, técnicos forestales, autoridades del sector y reforestadores, la presente guía para la producción y uso de *Gmelina arborea* Roxb. en América Central.

Rodolfo Salazar
Líder Proyecto
MADELEÑA

AGRADECIMIENTO

En primera instancia el Proyecto MADELEÑA agradece a los profesores MSc. Olman Murillo y MSc. Juvenal Valerio, del Departamento de ingeniería forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por la recolección de la información y redacción de esta guía. Además, se agradece al MSc. William Vásquez por la revisión y corrección de la misma.

La investigación silvicultural que permitió la redacción de la presente guía, es el producto de la participación de muchas instituciones y personas en América Central. En este sentido se reconoce la participación de las instituciones forestales nacionales: Dirección General Forestal (DGF) de Costa Rica; el Centro de Recursos Naturales (CENREN) de El Salvador; la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) de Guatemala; la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) de Honduras; la Dirección de Recursos Naturales y del Ambiente (DIRENA) de Nicaragua y el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) de Panamá. También se reconoce la labor de los técnicos nacionales de cada país, así como a los agricultores e instituciones, que con su trabajo y dedicación, permitieron establecer los ensayos para obtener la información presentada en esta guía. Es importante aclarar que esta información es el compendio de la experiencia de todos los técnicos y personal de apoyo de los Proyectos LEÑA y MADELEÑA, durante más de nueve años de investigación.

Los autores desean hacer un reconocimiento al Ingeniero Forestal Emel Rodríguez Paniagua, por la revisión de los manuscritos, sus recomendaciones al mismo, basadas en su amplia experiencia práctica en el manejo de esta especie y por permitir que se incluyera en este trabajo, la información de los temas de semillas y viveros desarrollados por él. A todos ellos el Proyecto deja constancia de su agradecimiento.

PROYECTO MADELEÑA
CATIE

INTRODUCCION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, junto con las instituciones nacionales encargadas de administrar los recursos forestales de los países de América Central*, desde 1980 ha desarrollado investigación sobre silvicultura, manejo y producción de especies de árboles de crecimiento rápido y uso múltiple (AUM).

Desde 1986, a través del Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, más conocido como MADELEÑA, se han incrementado las actividades de manejo de las especies de AUM, para entregar a los técnicos nacionales, servicios de extensión forestal y agrícola, estudiantes, docentes de universidades y escuelas técnicas, así como a los agricultores, guías técnicas para estimular el cultivo y manejo de estas especies.

El objetivo de estas guías es dar a conocer a los interesados en América Central, en particular y al resto de la región tropical, a través de las instituciones nacionales y los servicios de extensión, en forma sencilla, clara y aplicable, la tecnología generada en torno al cultivo de cada una de las especies seleccionadas, para incorporar los árboles de uso múltiple a los sistemas de producción de las fincas de pequeños y medianos agricultores, así como de las comunidades rurales, de tal manera que contribuyan a elevar el nivel de vida de estos pobladores y a detener el deterioro ambiental de la Región. Dichas guías permitirán, al extensionista, conducir el proceso de establecimiento de las especies en las fincas; al técnico forestal, identificar los sitios promisorios y los factores limitantes para el establecimiento de la especie y a los planificadores, orientar sus decisiones sobre planes y proyectos de desarrollo forestal, mediante la estimación de los rendimientos potenciales de las especies.

Este documento resume los conocimientos que hasta la fecha, se tienen en América Central sobre el cultivo de la especie *Gmelina arborea* Roxb. Es el producto de la investigación realizada desde 1980 por el CATIE y las instituciones forestales nacionales de la región centroamericana, durante el desarrollo de los Proyectos Leña y Fuentes Alternas de Energía (LEÑA) y Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA).

* Para los efectos de este documento, América Central corresponde a los territorios de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, países miembros del CATIE en la región centroamericana.

La Melina es una especie exótica, procedente del sureste asiático que debido a su amplia adaptación y rápido crecimiento, ha sido introducida a gran número de países en Asia, Africa, Sur y Centro América. Es una especie caducifolia que alcanza alturas entre 12 y 30 m y un diámetro máximo de 60 a 100 cm. Su madera tiene una gran variedad de usos, desde madera de aserrío para muebles, hasta leña y pulpa para papel. Posee capacidad para regenerarse por rebrotes, que en poco tiempo producen gran cantidad de leña. Es una especie prometedora para la reforestación en América Central.

1. BOTANICA Y ECOLOGIA

*La especie **Gmelina arborea** (Roxb.) fue descrita por Roxburg como una especie de muy amplia distribución natural en el sureste asiático. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm, cubriendo diversas zonas climáticas y edáficas. Ha sido introducida con éxito en diversos países tropicales, incluyendo Centroamérica, donde se le encuentra principalmente en las zonas de vida bosque muy húmedo Tropical, bosque húmedo Tropical y bosque seco Tropical. Se le planta con éxito entre los 24 y 35°C, 1000 a 3000 mm anuales de precipitación y desde el nivel del mar hasta los 500 m de elevación.*

Como principales factores limitantes para el establecimiento de plantaciones de Melina están los suelos. Es imprescindible que sean bien drenados, profundos y que permitan el desarrollo radical. La especie es también susceptible a la competencia de malezas, principalmente gramíneas.

La especie ha sido utilizada con éxito para la producción de leña, debido a que quema rápido y presenta un poder calórico de alrededor de 20 000 kJ/kg. Como madera aserrada presenta buena trabajabilidad, durabilidad y ausencia de distorsiones dimensionales, por lo que se usa en la fabricación de muebles, instrumentos musicales, cajonera, postes para cerca y todo tipo de construcciones rurales, incluyendo su uso en exteriores. Resultados muy satisfactorios se han logrado en la producción de pulpa para papel, así como también en la industria de chapas y contrachapas (plywood).

En este capítulo se da información del peso específico de la madera y de sus fibras, junto con las principales características macroscópicas y químicas de la madera. Se indican valores de las distintas propiedades fisicomecánicas de la madera y se muestran directrices del secado y preservación de la misma.

La Melina no es una especie típica para sistemas agroforestales, excepto en las modalidades de cerca viva y bajo el asocio temporal con cultivos anuales o sistema Taungya. El manejo de rebrotes para la producción de leña y otros bienes ha tenido también buenos resultados.

Nomenclatura

Gmelina arborea (Roxb.) es sinónimo de *Gmelina arborea* Linn. y junto con *G. mollucana*, son las únicas dos especies del género que se desarrollan como árboles. Esta especie pertenece a la familia Verbenaceae y su rango de distribución natural es muy amplio. El género *Gmelina*, fue descrito por Linneo en 1742 y la especie en 1814 por Roxburg (Jackson, 1946).

A la especie se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 msnm, en su ámbito natural. Aquí crece en zonas secas hasta en bosques húmedos tropicales, aprovechando la enorme variedad de condiciones ambientales donde la especie puede establecerse. Sin embargo, ocurre con mayor frecuencia en bosques deciduos con una estación seca bien definida.

En los países de la Región, el nombre común de esta especie es Melina, mientras que en Indonesia le llaman Yemane y en la India, Gamar o Gumadi.

Han sido identificadas dos variedades de la especie: *G. arborea* var. *glaucescens* y *G. arborea* var. *canescens*, la mayor diferencia entre las dos está en su distribución natural.

Desde principios de siglo, esta especie ha sido introducida en numerosos países y se pueden encontrar grandes plantaciones en el sureste de Asia, en el oeste de Africa (Sierra Leona, Nigeria y otros países) y en Brasil principalmente. En Centro América las mayores plantaciones se encuentran en Costa Rica.

Descripción de la especie

Es una especie caducifolia que puede alcanzar alturas entre 12 y 30 m y un diámetro máximo entre 60 y 100 cm. Cuando crece aislada, desarrolla una copa amplia, ramas gruesas, bajas y tronco muy cónico. En plantaciones densas desarrolla un fuste limpio de ramas bajas y menos cónico. El tronco es de base recta, corteza externa lisa, gris blanquecina; corteza interna amarillenta, moteada que pardea al aire rápidamente.

El sistema radicular es profundo, con una raíz principal pivotante, cuando se desarrolla en suelos arenosos profundos. En suelos con impedimentos desarrolla un sistema radicular superficial.

Las hojas son simples, opuestas, grandes, ovalacuminadas y con la base cordada. El haz es normalmente glabro o con muy poca vellosidad. El envés presenta pubescencia estrellada de color amarillo-oscuro. Sus flores son numerosas y se presentan en panículas terminales, ramificadas y densamente pubescentes. La floración se produce en la época seca o al inicio de las lluvias. Las flores son monoicas perfectas o hermafroditas. Sus frutos (drupas) son abundantes, ovaliformes, de color amarillo cuando están maduros, de 2 a 2,5 cm de longitud, con un endocarpo endurecido, que contiene de una a cuatro semillas en sus cavidades. Normalmente, sólo germinan de una a tres semillas por fruto (Figura 1).

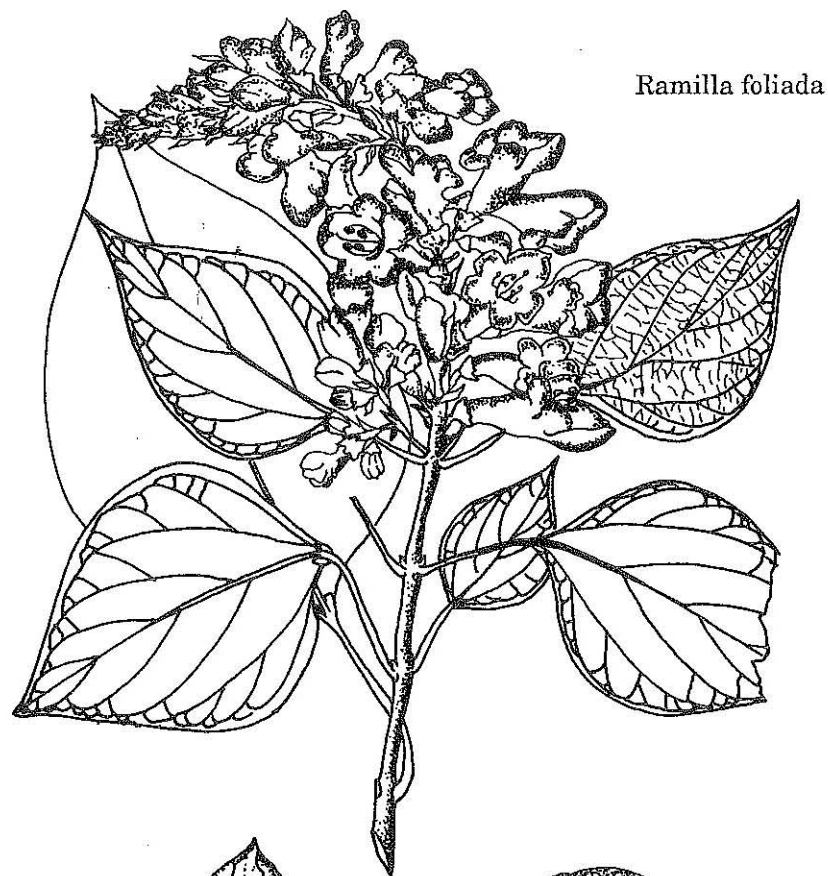
Rango de distribución natural y variabilidad

La especie se distribuye en forma natural en una vasta región geográfica del continente asiático, se extiende desde las zonas bajas del Himalaya, a los 30° de latitud norte, en el curso del río Chenab (al oeste de Pakistán), hacia el sureste y sur a través de la India, Nepal, Sikkim, Assam, el este de Paquistán y Sri Lanka. Continúa su distribución a lo largo de Birmania, casi toda la Península de Indochina y las provincias sureñas de China (Yunnan y Kwangsi Chuang). Se le encuentra en Malasia, Filipinas e Indonesia, pero no se conoce con certeza si sea también nativa de estas zonas. (Greaves, 1981 y Lamb, 1970) (Figura 2).

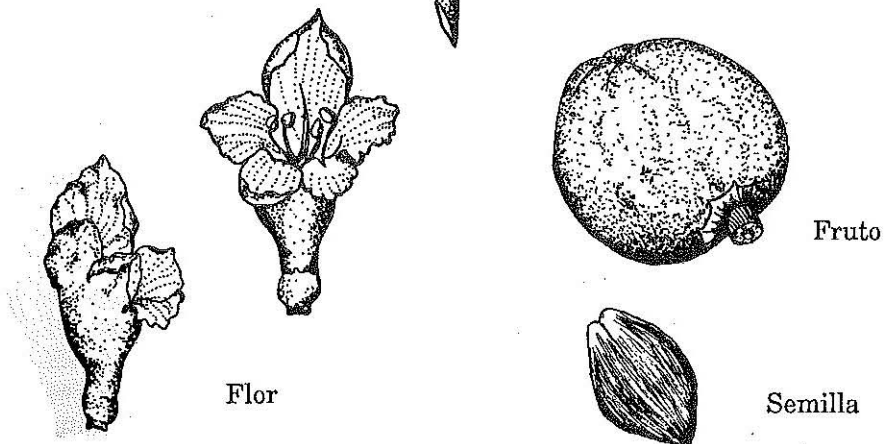
En esta área se encuentran condiciones de clima y suelo extremadamente diversas; la especie se ha adaptado a estas condiciones de manera que presenta una gran variabilidad. Las variedades reconocidas han sido asociadas con las condiciones de humedad del tipo de bosque en el que se han desarrollado.

Requerimientos ambientales y rango de distribución en América Central

En general la especie se adapta mejor a las zonas de vida del bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical con variaciones en su desarrollo, el cual parece depender del tipo de suelo. En la zona de vida de bosque muy húmedo tropical, bajo condiciones de lluvia uniforme, durante todo el año y suelos poco profundos en colinas bajas, ha mostrado resultados muy pobres. Asimismo, cuando ha sido plantada en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano presenta un fuste torcido, poca altura, muy ramificado y aspecto arbustivo. Estas características indeseables son típicas y observables en cualquier zona de vida, si los suelos son erosionados, compactados y muy superficiales.



Ramilla foliada



Flor

Fruto

Semilla

Figura 1. Características botánicas más sobresalientes de *Gmelina arborea* Roxb.

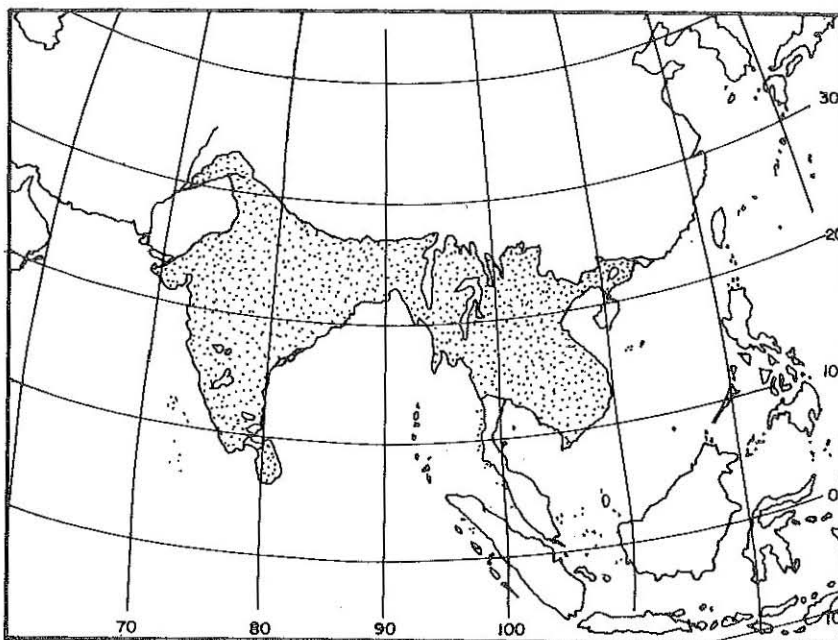


Figura 2. Distribución natural de *Gmelina arborea* Roxb.

En su ambiente natural, las temperaturas máximas absolutas varían entre los 38°C y los 48°C y las mínimas entre los -1°C y los 16°C. Las heladas pueden dañar las plantaciones en forma severa. La especie muestra su mejor desarrollo cuando se le planta en sitios con rangos de temperatura de 18°C, como mínimo y 38°C como máximo. En América Central se le ha plantado con éxito en sitios con temperatura media anual entre 24°C y 29°C.

La precipitación varía entre 762 y 2032 mm anuales, pero en las regiones del norte de Bangladesh, Assam y Nepal está expuesta a precipitaciones de hasta 5000 mm (Lamb, 1970). La precipitación óptima varía de 1800 a 2300 mm, aunque puede crecer en sitios de hasta 4500 mm, con un período seco que puede variar entre dos y ocho meses. En América Central se le ha plantado en zonas con precipitaciones desde 700 hasta más de 3100 mm anuales. En algunos casos se ha plantado en condiciones de sitio con cinco a ocho meses de déficit hídrico.

En la mayor parte de la zona de distribución natural, la especie se encuentra entre los 90 y 900 m de altitud. En la parte occidental del Himalaya se le encuentra hasta los 1200 m y en Sri Lanka hasta los 1500 m. En América Central se le planta desde el nivel del mar hasta 1000 m, con mejores crecimientos por debajo de los 500 msnm.

La especie presenta un mejor desarrollo en suelos profundos, húmedos, bien drenados y con un buen suministro de nutrimentos. Puede crecer en suelos desde ácidos o calcáreos, hasta lateríticos; sin embargo, el crecimiento se ve afectado en suelos superficiales, con capas endurecidas, impermeables, pedregosos, o en suelos ácidos muy lixiviados o de arenas secas. No crece bien en suelos arcillosos, pesados o de mal drenaje. En suelos vertisoles los pocos árboles que sobreviven presentan un fuste poco definido. Se le ha plantado con buenos resultados en suelos inceptisoles, entisoles y alfisoles.

La Melina es una especie esencialmente heliófita, que no tolera la sombra.

Factores limitantes

Las condiciones de suelo son de gran importancia en el desarrollo de la especie, aunque puede establecerse en la mayoría de los tipos de suelo, los rendimientos más satisfactorios se dan en suelos profundos, húmedos, pero bien drenados y sin obstáculos, ya que las raíces no pueden traspasar capas endurecidas o de grava compacta (Lamb, 1970).

En general, la especie es susceptible a la competencia de gramíneas u otras malezas. En zonas húmedas se ha visto invasión de enredaderas de la familia Convolvulaceae que pueden "ahogar" las plantas. En América Central las plantaciones, especialmente las más jóvenes, han sido atacadas por hormigas defoliadoras del género *Atta* spp.

En condiciones de bosque muy húmedo premontano o en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, la plantación puede mostrar algunas características indeseables como por ejemplo la presencia de muchos árboles con fuste torcido, de poca altura, muy ramificados y con aspecto arbustivo. Asimismo, en zonas muy ventosas, la especie limita su desarrollo y presenta gran cantidad de ramas quebradas.

Características y propiedades de la madera

El valor promedio del peso específico de Melina es de 0,37 con un ámbito de 0,29 a 0,44 g/cm³. Este valor va en aumento desde el centro hacia la corteza y de la primera troza hacia la última.

Se ha encontrado que a mayor peso específico, mayor es la longitud de fibras y que a mayor altura en el tronco, disminuye el peso específico de la madera, en una proporción de un 3% (Hughes y Esan, 1969).

La longitud de la fibra de Melina va en aumento desde el centro hacia la corteza. En los primeros años de edad la longitud es de 5 a 8 mm y aumenta a 10 y 14 mm después del cuarto año, momento en el cual puede ser utilizada como pulpa para papel. Existe una ligera tendencia de que a mayor velocidad de crecimiento del árbol, mayor es la longitud de la fibra.

La madera de Melina es de color amarillento grisáceo o blanco-rosáceo. No se diferencia la albura del duramen, especialmente después de secada la madera. El grano es recto en la mayoría de los casos, aunque suelen aparecer individuos con grano moderadamente entrecruzado y a veces rizado.

El parénquima es apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico con dos a cinco células de ancho y formando bandas tangenciales a ciertos intervalos.

En la mayoría de los casos se presenta una porosidad en anillos, aunque suelen encontrarse individuos con porosidad difusa. Los anillos de crecimiento no están muy bien delimitados, siendo posible observarlos en las secciones de diámetro mayor, debido a una mayor concentración de poros en los límites de los mismos; aun así no es posible hacer un conteo de ellos. En las secciones más pequeñas los anillos no se aprecian del todo, ya que no se presenta una concentración de poros en ninguna parte de la sección transversal. Los poros visibles a simple vista son de tamaño mediano a pequeño y presentan gran contenido de tñlides. Los radios son visibles a simple vista y se pueden encontrar uniseriados y multiseriados.

El módulo de ruptura verde es de 378,8 (Kg/cm²) (de 294 a 469) y el módulo de elasticidad verde es de 9200 y seco de 9600 Kg/cm².

La especie presenta madera juvenil en los primeros tres o cuatro años y de ahí inicia la transición a madera adulta, la cual se estabiliza a partir de los cinco o seis años.

Gmelina es una especie importante como fuente de pulpa para papel, tiene un contenido alto de celulosa de 40 a 47% y holocelulosa desde un 65,1% hasta un 71,7%.

Contiene más extractivos de alcohol benzeno soluble, que la mayoría de las latifoliadas tropicales (desde un 2,9% hasta un 5,7%).

Varias ligninas han sido extraídas de la madera de esta especie, entre ellas están: furofuran, gmelofuran, bromina, arboreol, cluytil forulate. El contenido total de ligninas es de un 29,7% (Greaves, 1981).

La especie es de secado lento y no presenta problemas de rajado o reventado durante el proceso, si se realiza según un programa de secado.

Para piezas o tablas hasta de 38 mm de grosor, se recomienda una temperatura inicial de 71°C. Piezas más gruesas requerirán una mayor temperatura. Piezas de 1,25 cm (1/2") a 2,54 cm (1"), tienden a rajarse por el centro si no se secan apropiadamente.

Piezas de 1,60 cm a 2,54 cm tardan de 70 a 105 días, respectivamente, para secarse al aire libre. Los valores de contracción en secado son de 0,8% radial y 1,0% tangencial (Greaves, 1981).

Se tiene que a mayor peso específico de la madera, mayor es la durabilidad. La madera dura tanto protegida como expuesta al agua. Asimismo, es desde moderadamente susceptible hasta totalmente resistente al ataque de termitas.

La albura puede ser tratada con los métodos de célula completa, tanque abierto y el proceso Lowry.

Lo lento del proceso de secado y el alto contenido de extractivos y resinas, hacen difícil el uso de preservantes; el duramen se resiste a la impregnación de preservantes.

Contra el ataque de taladradores de la madera se utiliza una solución de 5% de pentaclorofenato de sodio.

Con 50:50 creosota y una mezcla de diesel en el tanque abierto, a 104°C, por dos horas, se logra una absorción del duramen de 16 a 32 kg/m³ y de la albura de 112 a 160 kg/m³ (Greaves, 1981).

La madera de esta especie puede ser convertida en pulpa mediante el proceso de sulfato, usando 15% de álcali activo, con una temperatura máxima de 170°C, la cual se logra después de una hora y se deja luego por dos horas más (Greaves, 1981).

Con el proceso de "soda caliente" se produce también buen papel, pero de inferior calidad en cuanto a ruptura de las láminas, en relación con el material producido con el proceso de sulfato.

Otro proceso utilizado es el de sulfito semiquímico neutro (NSSC), con el que se logran buenos resultados en el rendimiento de pulpa producida, con propiedades de dureza y resistencia similares a los obtenidos con el proceso de sulfato (Peh y Khoo, 1984).

La compresión perpendicular al grano, en condición verde, es de 2,62 Kg/cm² y en condición seca de 2,97 Kg/cm². Paralela al grano es de 27,7 Kg/cm², en condición verde y de 32,5 Kg/cm² en condición seca.

La madera de Melina es de fácil aserrío, con buena trabajabilidad y en general, produce una superficie lisa de buen acabado. Sin embargo, algunas veces el grano entrecruzado y los nudos pueden causar alguna dificultad en relación con la trabajabilidad.

Es una madera fácil de desenrollar en la industria del plywood y "paletas", donde por ejemplo, láminas desenrolladas de 1,6 mm y 0,8 mm de grosor son fáciles de manipular, permanecen planas y lisas después del secado y se pueden engomar fácilmente (Peh y Khoo, 1984).

En el aserrío de trozas de dimensiones de 10 a 15 cm de diámetro, procedentes de raleos en la zona Atlántica de Costa Rica, se han obtenido rendimientos de 35%.

En Guanacaste, Costa Rica, se han aserrado trozas de hasta 55 cm de diámetro, produciendo piezas de buena calidad para muebles, tabla viselada y piezas para la construcción de viviendas.

Como se mencionó anteriormente, la especie presenta buena trabajabilidad, buena durabilidad, un acabado fino y ausencia de

distorsiones dimensionales o torceduras y encojimiento durante el secado. Es por ello que en algunos lugares se le ha llamado "teca blanca"; asimismo, presenta muy buen potencial para productos que requieran estabilidad dimensional. En países donde la Melina ha sido cultivada extensamente, existe una gran variedad de productos que se obtienen con esta madera. Entre los más importantes están los muebles, instrumentos musicales, carpintería, ebanistería, paneles, cajonería en general, tallado y otros. Además, es utilizada en construcciones rurales, para postes, yugos y otros. También ha sido utilizada en la industria de palillos para fósforos.

En exteriores, la especie ha dado muy buenos resultados, resistiendo la humedad debido a que contiene en sus tejidos ceras, grasas y resinas naturales. Cuando se utiliza con algún producto protector, se ha logrado una duración de hasta 15 años en piezas expuestas a la intemperie.

Sus características de resistencia han sido buenas, tanto para la pulpa blanqueada como para la no blanqueada. Con material de plantaciones de Belice se obtuvo pulpa con buenas características, sin embargo, ligeramente inferior en su resistencia al rompimiento, en relación con la pulpa producida con latifoliadas de Estados Unidos. Un buen detalle de los procedimientos utilizados se describe en el trabajo de Palmer y Gibbs (1974), citado por Greaves (1981). En la actualidad, la empresa Stone Forestal, que opera en Costa Rica y la Sim Som Company, que opera en Guatemala, tienen como objetivo la producción de materia prima para la producción de papel a partir de madera de Melina. La empresa Scott Paper, establecida en Costa Rica, actualmente basa parte de la producción de papeles para uso doméstico, en pulpa de madera de Melina.

Esta especie ha sido ampliamente reconocida en la India, como apta para la producción de chapas y láminas contrachapadas (plywood), de muy buena calidad, si ésta ha sido apropiadamente pulida y barnizada. En la producción de contrachapas la especie desenrolla bien y se logra un producto de poco peso y de buena apariencia. Uno de los problemas encontrados ha sido la mala calidad de rectitud y forma del fuste.

La Melina ha sido utilizada como leña en Malawi, Sierra Leona y Nigeria. En Malawi se le utiliza para el secado de tabaco, mezclando leña verde (dos partes) con leña seca. En Costa Rica, se le ha utilizado como leña en salineras, aunque debe estar bien seca para alcanzar altas temperaturas. La leña quema rápidamente y tiene un poder calorífico bueno (alrededor de 20 000 kJ/kg ó 4800

kcal/kg). Produce carbón que arde bien y sin humo, pero con abundantes cenizas. El contenido de cenizas es de un 0,65% hasta un 1,02%. En Costa Rica, madera de 34 meses de edad mostró un poder calórico de 19 124 kJ/kg y un 0,81% de cenizas. La madera debe protegerse de los ataques de termitas cuando se almacena al aire libre.

Sistemas agroforestales

La especie ha sido utilizada en sistemas agroforestales; sin embargo, su crecimiento rápido y amplia densidad de copa impiden su asocio después del primer año de plantación, con los espaciamientos tradicionalmente utilizados (2,5m x 2,5m y 3m x 3m). Se le ha utilizado con éxito en asocio con maíz y frijol en Hojancha, Costa Rica, durante el primer año de establecida la plantación; no obstante, los mejores resultados se han observado como cercas vivas.

En Coatepeque, Guatemala (10 msnm, temperatura media anual de 27,8°C y precipitación media anual de 2346 mm, con siete meses de déficit hídrico), se instaló una cerca viva plantada a dos metros entre plantas. A los 22 meses se observó una sobrevivencia de 85%, un diámetro promedio de 7,4 cm y 6,4 m de altura promedio de los árboles sin podar (Martínez, 1986). En Guanacaste, Costa Rica, una cerca viva establecida a dos metros y raleada a los cinco años de edad, alcanzó a los ocho años de edad, alturas totales de 12 a 14 m y alturas comerciales de siete metros, con diámetros hasta de 35 cm. La poda baja de estas cercas permitió obtener una buena producción de madera limpia pero con mucha conicidad.

Como sombra de otros cultivos no hay experiencias reportadas en la región; sin embargo, por su sombra tan densa es poco probable su utilización en este sistema agroforestal. En la zona de Puriscal, Costa Rica, se ha intentado manejarla con podas de ramas bajas y descope o "descumbra", para mantener su asociación con otros cultivos.

En asocio con cultivos anuales, bajo el sistema Taungya, se ha observado que la especie puede ser plantada con maíz y frijol, con distanciamientos de 2 x 3 m. Los cultivos pueden ser incorporados a la vez o en forma escalonada en el tiempo, en un lapso de cinco a 10 meses. Resultados en Turrialba, Costa Rica, demostraron que con la cosecha de los cultivos se cubrieron totalmente los costos de establecimiento y mantenimiento de la plantación, dejando beneficios netos considerables (Fernández, 1978).

Otros usos

En síntesis se puede decir que la Melina no se ha introducido en la Región como una especie típica para sistemas agroforestales. La alta incidencia de fustes torcidos, alta conicidad, presencia de gran cantidad de ramas que dejan profundas cicatrices en el fuste, la pérdida del eje dominante por bifurcación o por el desarrollo de ramas bajas (reiteración), son características propias de la especie que atentan contra su manejo en bajas densidades. Si se usa una densidad alta, su desarrollo de copa es tal que impedirá el paso de luz, e impedirá también el crecimiento de casi cualquier otra planta bajo su dosel. Por lo tanto, su participación en sistemas agroforestales se ve limitado a cercas vivas y al asocio inicial con cultivos anuales (Sistema Taungya).

Las flores de esta especie producen miel de excelente calidad. El follaje joven es apetecido por animales, los cuales pueden producir daños a las plantaciones jóvenes o a los rebrotes por el ramoneo. Los frutos, hojas, flores, raíces y corteza son utilizados en el sureste asiático como medicina para diferentes enfermedades. También, es plantada para la protección de campos cultivados, ya sea como cerca viva o como parte de cortinas rompevientos.

2. ESTABLECIMIENTO

Esta sección se inicia con una descripción del sistema reproductivo de la especie (flores, frutos y semillas), con detalles de su fenología y productividad en programas semilleros, sobre la recolección y manejo de la semilla, una vez cosechado el fruto. Se presenta una sección sobre el proceso germinativo y las técnicas de medición de la viabilidad de la semilla, previo a la descripción de los tratamientos pregerminativos utilizados en esta especie.

Para el establecimiento y manejo de viveros, se adjunta una descripción detallada del cada una de las labores a seguir; se incluye el cálculo del área de siembra según espaciamientos, regímenes de fertilización y otras actividades culturales. Se ofrece un calendario de labores para zonas con clima estacional y otro para clima no estacional. Finalmente se presenta una guía para el control de la calidad y preparación de seudoestacas.

En el establecimiento de la plantación se hace mención de los aspectos más importantes de la preparación del terreno, del espaciamiento inicial según objetivos y condiciones de sitio, de algunos aspectos de las técnicas de plantación utilizadas en la Región y del proceso de mantenimiento inicial, que incluye control de malezas, fertilización y deshija.

Semilla y propágulos

La floración se inicia a los tres años después de la plantación; sin embargo, con estacas enraizadas, provenientes de árboles adultos, puede observarse floración en el mismo vivero.

La floración ocurre en la época seca o al inicio de las lluvias. En zonas de bosque seco tropical se inicia la floración en el mes de enero y se extiende hasta el mes de marzo. En zonas lluviosas o de bosque húmedo tropical puede encontrarse floración aún en el mes de mayo.

Durante el período de floración el árbol pierde sus hojas. La pérdida de las hojas es total en las zonas secas o con época seca

prolongada; en las zonas lluviosas como el bosque húmedo tropical, la caducidad es parcial. El número de inflorescencias por árbol, varía grandemente y oscila entre 30 y 350 en árboles de seis años de edad (Bolstad y Bawa, 1982).

En el rodal, la floración de esta especie normalmente es abundante cada año; sin embargo, es irregular en árboles individuales. En algunos ambientes lluviosos, la especie puede mostrar varios picos de floración en un mismo año.

El período entre la aparición de las yemas florales, el desarrollo de la estructura floral y su estadio de receptividad de polen, puede extenderse de seis a 10 meses en árboles adultos. Por lo tanto, es posible encontrar en un árbol maduro, todos los estadios desde yemas florales, flores en desarrollo y frutos en maduración. Sin embargo, el pico mayor de producción de frutos suele ocurrir aproximadamente un mes después del pico de floración.

La Melina se ha reportado como especie que es polinizada por insectos. En Costa Rica, en el bosque seco tropical, Bolstad y Bawa (1982), observaron pequeñas abejas de las familias Anthophoridae y Xylocopidae, del orden Hymenoptera, realizando la polinización. También se ha observado la presencia de abejorros "chiquizá" y de abejas de apiarios locales en las inflorescencias, durante su estado receptivo.

La flor se abre durante la noche y al amanecer, el estigma inicia su estado de receptividad, el cual dura hasta poco más del mediodía. El estilo se desprende y cae un día después de polinizada la flor (Okoro, 1978).

En condiciones normales, aproximadamente el 3% de las flores logran desarrollarse en frutos maduros. Si se utiliza polinización controlada, se puede lograr que hasta el 58% de las flores lleguen a desarrollar frutos.

En estudios hechos en Costa Rica (Bolstad y Bawa, 1982), se encontró que la especie no tolera la autopolinización. Todas las flores autopolinizadas abortaron en un lapso no mayor de 15 días. Sin embargo, en otros trabajos se ha observado que sí es posible producir frutos maduros con autopolinización, aunque no se ha podido constatar si la semilla es viable o no (Lauridsen, 1986; Bowen y Eusebio, 1982).

Características más importantes de los frutos y endocarpos de Melina

Los frutos de Melina son drupas carnosas, ovoides u oblongas, de 20 a 35 mm de largo. Su mesocarpo es amarillo, carnoso y comestible para los animales. (Figura 3).

El endocarpo es duro y se le conoce como "hueso". A menudo se le confunde con la semilla, pero técnicamente no lo es, ya que las semillas se localizan dentro de esta estructura. Sin embargo, el endocarpo es la unidad de comercialización y propagación utilizada para la especie. (Figura 4).

El endocarpo contiene cuatro o cinco estructuras en forma de válvulas o celdas. Por lo general, dos de esas celdas contienen una semilla viable. No obstante, se encuentran endocarpos que presentan desde una sola celda con semilla, hasta otros con cuatro o cinco celdas con semilla.

Existe una gran variación en el tamaño del endocarpo, según la procedencia, entre árboles de una misma plantación y dentro de un mismo árbol. Se pueden tener entre 660 y 2820 endocarpos por kg, con un promedio de 1000 a 1200 endocarpos/kg.

Un árbol puede producir en promedio, alrededor de 0,8 a 1,0 kg de endocarpos/año, en plena madurez. Sin embargo, es posible encontrar individuos que producen hasta 2,5 kg de endocarpos/año.

La semilla se recolecta desde diciembre a junio, iniciándose más temprano en las zonas secas que en las zonas húmedas. En estas zonas, el pico de recolección de semilla es durante el mes de marzo.

La recolección se puede extender hasta por cuatro meses. Únicamente deben recolectarse frutos amarillos y verde-amarillos. Los frutos verdes pueden recolectarse y dejarse extendidos a la sombra por una semana, hasta que terminen de madurar. Un hombre puede recolectar hasta 50 kg de frutos por día, lo que equivale a 3 kg de endocarpos secos por día.

Los frutos recolectados manualmente del suelo, se almacenan en sacos que no sean plásticos, donde deben permanecer no más de tres a cuatro días antes de que se inicie la fermentación. Estos sacos con frutos no deben dejarse expuestos al sol, deben conservarse a la sombra.

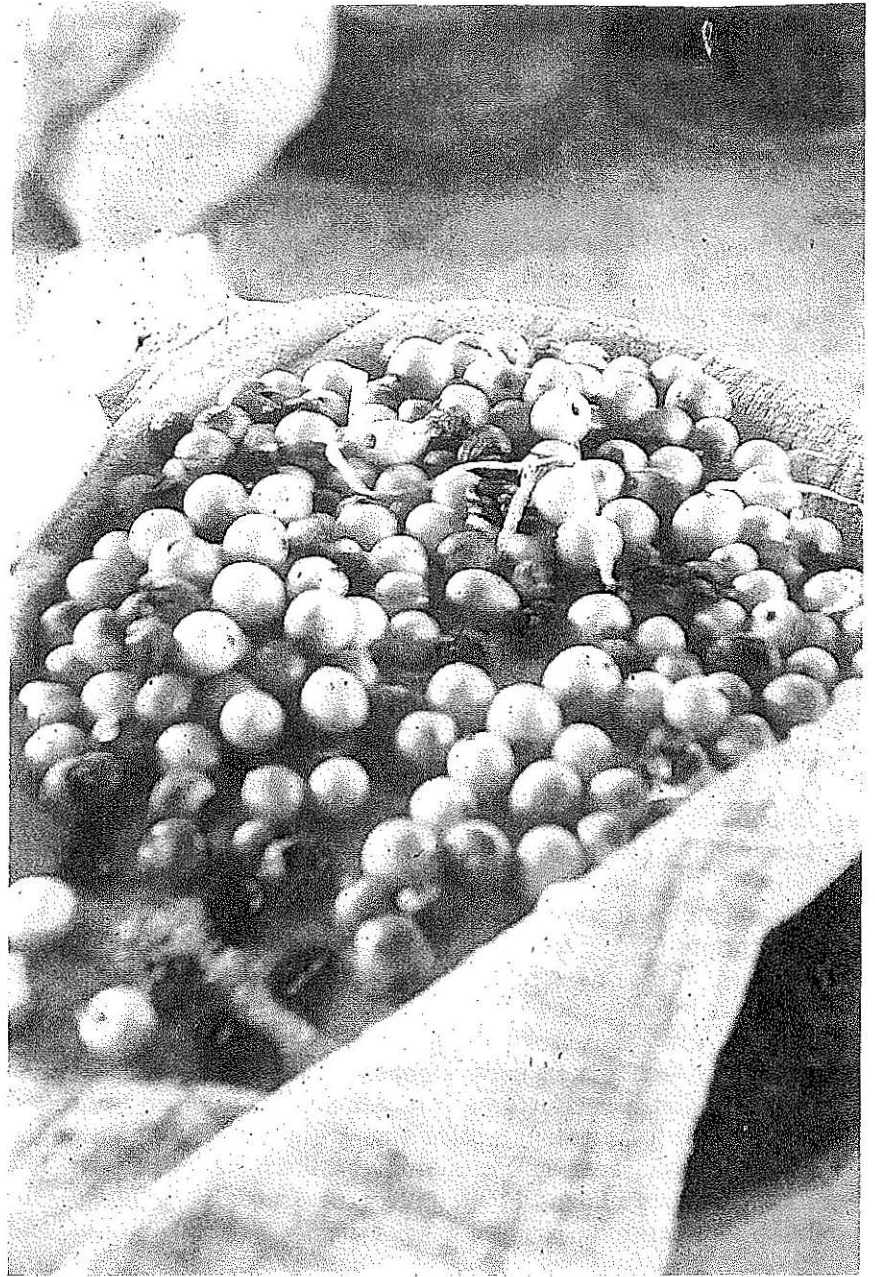


Figura 3. Frutos de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) cosechados para semilla en Hojanca, Costa Rica.

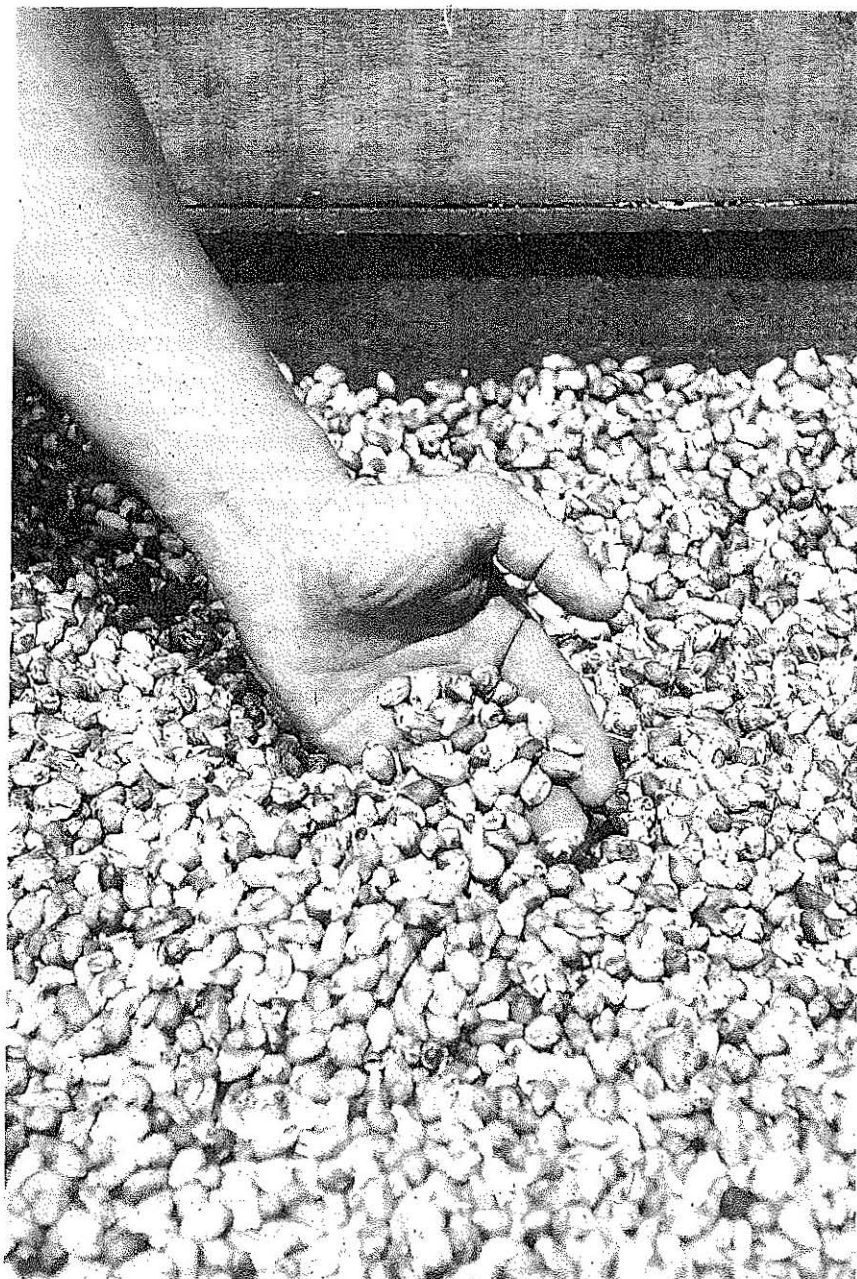


Figura 4. Endocarpos de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) limpios y secos.

Una vez en el sitio de procesamiento, los frutos son depositados en cajas de madera, donde serán macerados o despulpados con el uso de "chancadoras" o despulpadoras de café modificadas, para extraer el endocarpo del fruto. Es importante que esta labor se realice tan pronto como sea posible, para evitar la fermentación que disminuiría la germinación de la semilla.

Si los frutos se dejan por más de una semana bajo condiciones de altas temperaturas, la germinación puede reducirse a 0%.

También se puede hacer el despulpado manual con abundante agua en circulación.

Una vez extraídos y limpios los endocarpos, deben ser secados. Esta labor debe realizarse solamente en horas de baja intensidad del sol (8 a 10 am), ya que una alta temperatura hace que las válvulas se abran y dañen las semillas. El secado debe realizarse por tres o cuatro días. Finalmente y de acuerdo con las posibilidades, los endocarpos deben ser escarificados. Se les debe remover la punta o sección final, si esto no ha ocurrido ya en el proceso de despulpado. Para ello se introducen los endocarpos dentro de algún recipiente metálico, grande y con tapa, luego se agitan rápidamente, para que los endocarpos choquen con la superficie interna del recipiente y pierdan la punta. Los endocarpos pueden ser colocados en bandejas con malla metálica para facilitar su limpieza final.

Si se seleccionan semillas por árbol, es recomendable eliminar hasta un 15 ó 25% de los huesos del lote, desechando los más pequeños.

Si la recolección es en forma masal, no es conveniente desechar más de un 10% de endocarpos del lote, con base en su tamaño, ya que se podrían eliminar endocarpos normales y de buena calidad de algún árbol, que normalmente produce endocarpos pequeños.

Para evitar problemas de endogamia, las semillas deben ser recolectadas de al menos 10 a 20 árboles.

Los endocarpos, empacados en bolsas y dentro de recipientes metálicos bien cerrados, pueden ser almacenados hasta por dos años a temperaturas de 3 a 5°C, con un contenido de humedad de 6 a 10%.

Características más importantes de la semilla de *Gmelina arborea* Roxb.

La semilla de Melina es blanda, alargada, blanca y de consistencia dura cuando es viable. También se puede encontrar de color café claro y lisa.

Tiene forma elipsoidal, mide de 7 a 9 mm de largo. El embrión es recto, con dos cotiledones planos y carnosos. Su radícula es corta y carece de endospermo (Niembro, 1983).

La germinación es de tipo epígea y se inicia a los seis o siete días. El pico de germinación se da entre los 17 y 20 días y termina entre los 47 y 89 días. A los 12 días debe haber germinado el 33%. Si no ha habido germinación, o ésta ha sido muy baja, el lote se considera como un lote pobre y debe ser desechado. El conteo final puede hacerse a los 28 días.

Una vez sembrada, la semilla germina mejor a plena exposición de luz (25 a 30°C) que bajo sombra o alguna cubierta. Por debajo de 16°C se corre el riesgo de que no ocurra la germinación.

Dado que la especie se siembra en forma directa en los almacigos o viveros forestales, es aconsejable realizar un tratamiento pregerminativo. El tratamiento depende de las condiciones de la semilla y es difícil determinar el número de días exactos del proceso, por ello se ajusta al inicio de la apertura del endocarpo. El tratamiento comienza con un período de inmersión de las semillas en agua, durante cinco días, cambiando el agua todos los días. Luego se sacan las semillas, se amontonan en un sitio a la sombra, sobre una capa de hojas secas de "plátano" o de sacos de "yute" y se cubren con una cubierta húmeda, que puede ser también de hojas secas o de sacos de "yute", remojando diariamente hasta que el endocarpo se abra. Este período puede durar de 10 a 15 días. Por cada 100 endocarpos se puede obtener en promedio 136 plántulas.

También, la especie puede ser propagada exitosamente por varios métodos. Entre éstos, se han probado con buenos resultados, el enraizamiento de estacas, acodos aéreos y diferentes métodos de injerto. En general, los mejores resultados se obtienen si se realizan las labores al inicio de la época lluviosa.

En la propagación por estacas existen resultados contradictorios. Algunos estudios indican que el mejor material proviene de las puntas de los tallos y rebrotes jóvenes, mientras otros han observado mejores resultados con secciones de crecimiento secundario (Zakaria y Ong, 1982; Wong y Jones, 1986).

Para producir estacas en forma masiva, es necesario establecer un vivero de multiplicación o jardín clonal. Este es un sitio donde se plantan varias estacas o propágulos de los mejores clones seleccionados. Por cada clón habrá varias estacas plantadas, las cuales se mantendrán bajo régimen de manejo de poda y cosecha de estacas de los rebrotes. Se recomienda plantar estos ramets o estacas de cada clón, a una distancia de 1,0 m x 1,8 m y empezar a cosechar después de 200 días. Una vez que han entrado en producción, se pueden cosechar a intervalos de tres meses para mantener el vigor del tocón.

En relación con la propagación por injertos, el uso de yemas o púas ha probado ser de mayor éxito (Araya y Haque, 1982), especialmente por el gran número de injertos que se pueden lograr de un mismo clón. Se ha observado que estos injertos inician la floración en menos de un año, e incluso pueden producir semilla viable.

Fuentes semilleras

Estudios recientes sobre el comportamiento de procedencias de la especie, en Costa Rica, han identificado como las mejores fuentes para la Región las siguientes (Mesén, 1990):

1. Fuente semillera Manila, Costa Rica. BLSF1018.
En la literatura se le podrá encontrar como procedencia derivada Manila de Costa Rica.
2. Jarí, Brasil. DAN4040.
3. Sri Lanka A. DAN4067.

Estas tres procedencias han mostrado un alto porcentaje de supervivencia después de tres años, alta superioridad en crecimiento en altura total y diámetro basal, buenos hábitos de ramificación, fustes más rectos y limpios y una baja incidencia de bifurcaciones. Estas observaciones se han hecho en Turrialba, Costa Rica. Sin embargo, la procedencia derivada de Manila de Costa Rica, también ha dado excelentes resultados en Hojancha, Guanacaste (clima seco, con un período seco de más de cinco meses al año) (Merayo y Murillo, 1990).

Si en la Región se cuenta con plantaciones de por lo menos cinco o seis años de edad, será muy importante establecer rodales semilleros para suplir las necesidades locales de semillas (Figura 5).

Los principales caracteres a considerar en la selección de árboles semilleros de Melina, son en orden de importancia:

1. Rectitud del fuste
2. Altura de bifurcación
3. Altura total
4. Sanidad
5. Angulo de ramas
6. Grosor de ramas

Es importante tener presente que en cada rodal semillero, la base genética debe ser suficientemente amplia; esto quiere decir que el rodal semillero no debe ser inferior a una o dos hectáreas, en la medida de lo posible y no provenir de semillas de uno o muy pocos árboles (Figura 6).

Utilizando las Figuras 7 y 8 es posible calificar árboles de acuerdo con sus características de rectitud y de altura de bifurcación.

Producción de plántulas

Características del proceso de producción en vivero

La selección del sitio, para establecer el vivero, debe contar con varios factores y entre los más influyentes se encuentran:

- a. Disponibilidad de agua todo el año
- b. Ubicación, fácil acceso y lo más cerca posible de un camino accesible todo el año
- c. Topografía plana o bien regular
- d. Suelo de textura liviana y buen drenaje
- e. Mano de obra disponible y cerca del sitio

Además, las condiciones climáticas y edáficas del sitio deben ser las que requiera la especie y preferiblemente, similares a las condiciones donde se plantará.

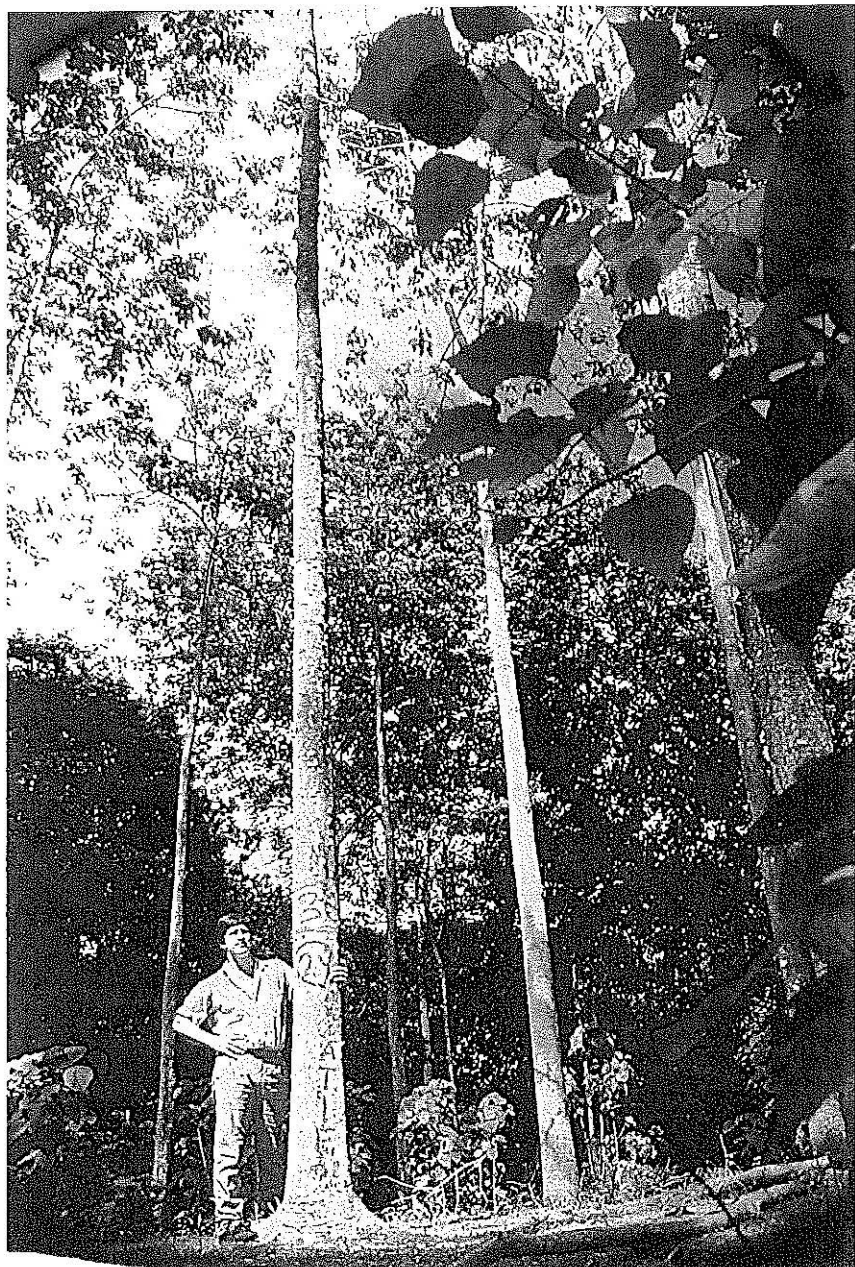


Figura 5. Arbol semillero de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en Hojanca, Costa Rica.



Figura 6. Rodal semillero de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) establecido en Hojancha, Costa Rica.

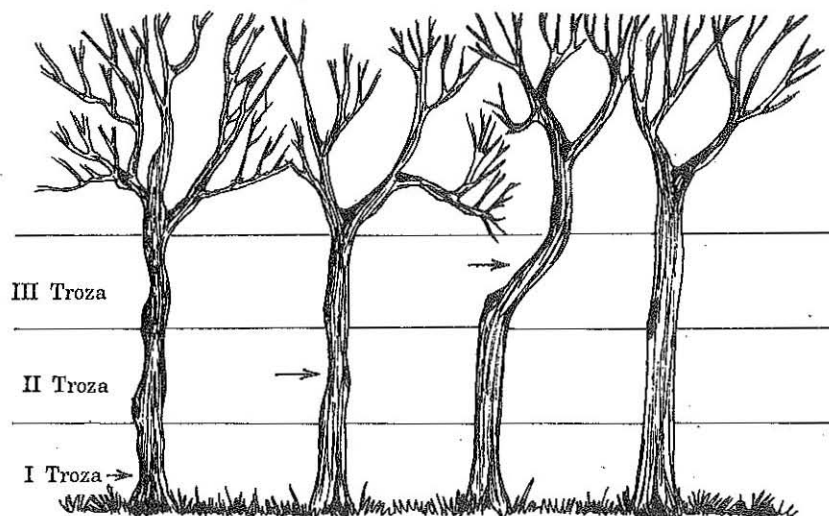


Figura 7. Diagrama de calificación de la rectitud del fuste en árboles de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

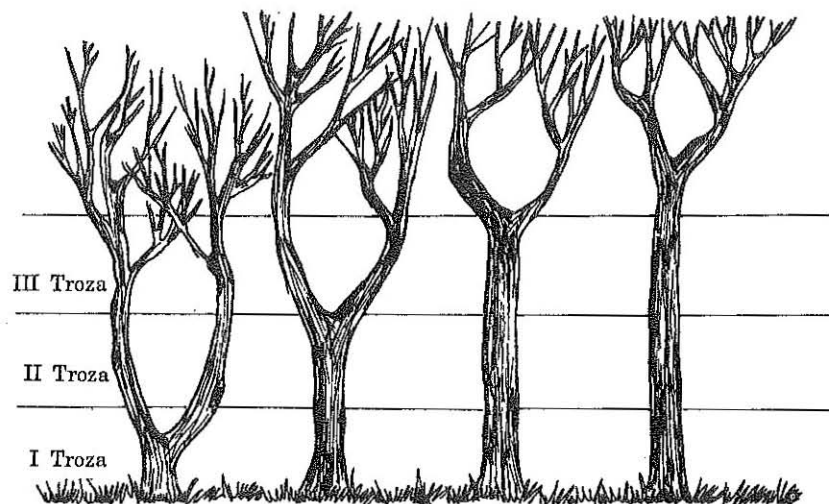


Figura 8. Diagrama de calificación de la bifurcación del fuste en árboles de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

La mejor época para plantar es al inicio de la época lluviosa y los árboles en vivero, deben tener las condiciones adecuadas para salir al campo en esta época. En zonas donde no se presenta una estación seca prolongada, como en la mayoría de la zona atlántica, no hay problemas para iniciar la producción de árboles en vivero en los meses de diciembre en adelante. Sin embargo, en la región del Pacífico o en zonas donde el abastecimiento de agua es crítico, la época de inicio de la producción de plantas se prolonga seis meses más, o sea que las semillas se siembran al inicio de las lluvias (junio, en la mayoría de los casos), crecen hasta octubre o al final del período lluvioso y se mantienen sin riego desde noviembre hasta mayo, cuando deberán salir como pseudoestacas para la plantación definitiva.

Sólo saldrán para el campo las plantas de buena calidad y con condiciones de madurez adecuadas, para soportar la plantación y los períodos cortos de sequía.

Preparación del terreno para el vivero

Una de las primeras actividades a realizar en la preparación del vivero, es el cercado del área que se destinará a la producción.

El sitio debe estar limpio de árboles, arbustos y malezas antes de iniciar el arado del suelo.

Cuando el terreno ha sido utilizado más de una vez como vivero, se hace necesario pasar el arado y la rastra en sentido contrario a la dirección del arado, con el fin de eliminar los "terrones". Labor muy importante porque las semillas germinarán directamente en el suelo y éste debe estar totalmente suelto. Esta labor de rastreo se realiza las veces que sea necesario.

Si hay problemas de acidez, es necesario realizar el encalado para corregir el pH y favorecer la absorción de los nutrimentos; a la vez que se previene o disminuye el ataque de *Phyllophaga* spp. ("fogotos", jogotos o gusanos de "gallina ciega").

En terrenos con pendientes entre 1 y 5%, para evitar el lavado de las semillas por la escorrentía, es necesario construir drenajes por lo menos cada 8 ó 10 m. Si aumenta la pendiente, se aumentará también la frecuencia de drenajes y la profundidad de éstos, para evitar que se atasquen y causen una escorrentía mayor.

Técnicas de vivero

1. Siembra directa

La semilla de esta especie se siembra en forma directa en los bancales. Para esto debe realizarse previamente un tratamiento pregerminativo como ya se explicó.

La semilla se siembra a una distancia desde 15 x 20 cm, hasta 15 x 30 cm, colocando un endocarpo por hueco. Para el cálculo del número de semillas por área, se procede como sigue:

- a. Se determina el área a plantar en m^2 (ejemplo 30 x 50 m = 1500 m^2).
- b. Se determina el número de endocarpos por m^2 :
Si en 1 m lineal caben 6,6 hoyos, en 1 m^2 caben
 $6,6 \times 5 = 30,3$ endocarpos (Asumiendo un
distanciamiento de 15 x 20 cm).
- c. Si en 1 m^2 caben 30,3 endocarpos, en 1500 m^2
cabrán: $1500 \times 30,3 = 45\ 450$ endocarpos.

d. Si 1 kg tiene 1200 endocarpos. 45 500
endocarpos/1200 endocarpos = 37,87 kg de
endocarpos para 1500 m².

2. Densidad y profundidad de siembra

En esta especie es muy importante controlar la densidad y la profundidad de la siembra. En hoyos mayores de 3 a 4 cm de profundidad, las semillas de Melina tienen pocas probabilidades de germinar. Pero también semillas en huecos muy superficiales, que con la lluvia o el riego quedan descubiertas, en su mayoría sufren la muerte del embrión, por efecto del sol y las altas temperaturas; una profundidad del hoyo de 2 a 3 cm es la más adecuada. El espeque es la herramienta más apropiada en rendimiento y calidad de ejecución para la siembra de endocarpos en viveros.

Para el control de la densidad, el orden en la siembra y el aprovechamiento óptimo del sitio, se recomienda utilizar cuerda por lo menos cada cuatro hileras de trazo.

Si el terreno se encuentra sin saturación de humedad a la hora de la siembra, que es la situación deseable, se pueden tapar las semillas utilizando una escoba hecha con grupos de ramas pequeñas amarradas.

Si está haciendo sol fuerte, no es aconsejable que las semillas permanezcan todo un día sin tapar, ni tampoco que se cubran con capas de suelo con espesores mayores de 4 cm.

En el momento de la siembra debe instalarse el sistema de riego; una vez sembrada la Melina, es necesario mantener el terreno húmedo por un período de 15 días o más, hasta que termine la germinación. Si se hace coincidir el inicio del vivero con la normalización de la época de lluvias, sólo es necesario regar una vez por día si no llueve.

El período de germinación, por lo general, se prolonga desde 10 hasta 18 días. En este período el terreno se comenzará a llenar de pequeñas malezas que germinan antes que las semillas de Melina. Esta maleza se puede eliminar con una aplicación de Gramoxone (Paraquat)*, antes de la germinación (aproximadamente al noveno día), sin perjudicar en absoluto a las semillas.

* La mención de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.

En los viveros, la Melina puede ser atacada por dos enfermedades, el "damping off" o mal del talluelo y la chasparria. El primero es de fácil propagación y su control es preventivo.

La chasparria es un hongo que destruye las hojas y se propaga con gran rapidez en los días muy lluviosos. Comienza con una mancha pequeña de color café, que rápidamente forma esporas por el envés de las hojas. Su control se logra con productos como "Coopolaton"* o con "Koxide"*, en dos o tres aplicaciones consecutivas, distanciadas de uno a dos días y fumigando hasta por el envés de la hoja.

El almácigo de Melina es atacado principalmente por tres insectos: fogotos, hormigas y grillos. Los fogotos se pueden controlar desde la preparación del terreno. Si no se ha realizado esta labor, se puede aplicar alguno de los insecticidas utilizados para estas plagas, durante la fertilización y hacer la aplicación localizada con espeque.

Las hormigas que generalmente causan daños son las conocidas como "corbutas" u hormiga roja y las "zompopas" u hormigas arrieras. Las hormigas rojas se comen la semilla al "abrir" o germinar y las zompopas cortan secciones de las hojas y cargan con ellas. Las dos especies causan daños significativos en el almácigo, pero su control es simple, utilizando los productos disponibles en el mercado para estos casos.

Los grillos son insectos que realizan graves daños. Un grillo adulto puede cortar hasta 10 o más plantas por noche. Sin embargo, su cueva es fácil de localizar y se puede realizar un control mecánico, uno por uno, en áreas pequeñas, o atomizar las plantas con un insecticida sistémico. El método de cebos envenenados ha resultado ser exitoso contra esta plaga, se utiliza masa y melaza con el insecticida en pequeñas bolsas plásticas que se distribuyen dentro del almácigo.

El esquema de fertilización varía de acuerdo con las condiciones de suelo y del número de veces que se coseche el mismo cultivo. Sin embargo, el suministro de fórmulas que contengan NPK han dado resultados satisfactorios con la siguiente distribución:

1. Primera fertilización (un mes de germinado): 10-30-10 de NPK a razón de 3 a 4 g/plántula.

2. Segunda fertilización (dos meses de edad): 12-24-12 de NPK a razón de 5 a 10 g/plántula.
3. Tercera fertilización (un mes antes del período de aclimatación): Nutrán * 33% de N a razón de 184 kg/ha.

Los elementos menores se aplican en aspersiones, por lo menos dos veces durante el período de producción y en mañanas bien soleadas, durante las primeras horas.

En Melina es muy necesaria la poda del tallo, para lograr un crecimiento uniforme de todas las plántulas. También se favorece el engrosamiento del diámetro basal y finalmente aumenta el sistema radicular secundario. Esta actividad se inicia desde que la planta alcanza los 20 cm de alto y se pueden hacer dos o tres podas, dependiendo de la calidad de las plantas.

La determinación de la cantidad y calidad de las plántulas producidas, es decisiva en la programación de la reforestación. La selección se realiza utilizando el diámetro a la altura del cuello de la plántula, como uno de los indicadores de alta calidad. Este debe tener no menos de 2 cm de diámetro.

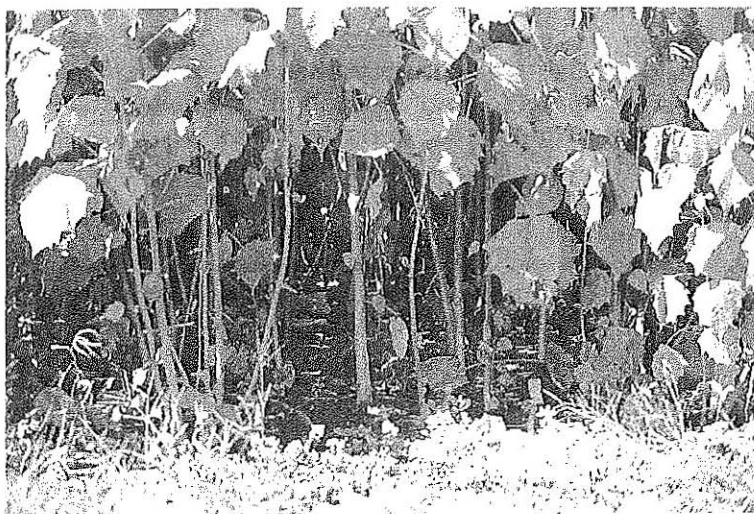
La aclimatación consiste en la reducción o eliminación del riego, para someter las plántulas a condiciones similares a las que deberán soportar en el campo.

Esta práctica es de suma importancia, ya que en la temporada lluviosa se presentan sequías de varios días con fuertes insolaciones. En estos casos, las plántulas deberán tener la consistencia suficiente para soportar estas condiciones adversas.

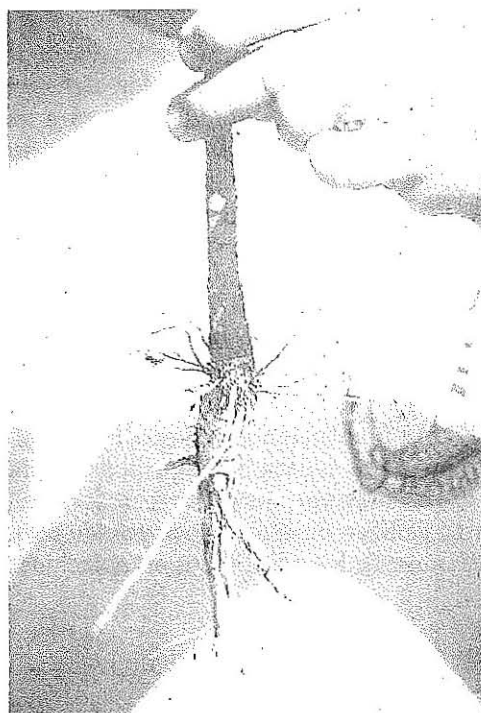
Las pseudoestacas deben ser cortadas dejando unos 10 cm de tallo y unos 15 cm de raíz, con diámetros extremos entre 10 y 15 mm y con cortes inclinados (Figura 9).

Las plántulas deben ser bien seleccionadas y la persona que las prepara, debe tener clara conciencia de la importancia de llevar buen material al campo. Las pérdidas podrán ser mayores en la plantación si no hay un riguroso control de calidad en el vivero.

* La mención de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.



a.



b.

Figura 9. a) Bancal y b) pseudoestaca de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) con seis meses de edad, en Costa Rica.

Es importante que las herramientas de corte estén bien afiladas y que la asepsia, que debe mantenerse al hacer los cortes de raíz y tallo, sea permanente durante todo el proceso de cosecha de las plántulas del almácigo. Seudoestacas con cortes sin destreza y con herramientas sin filo, han provocado mortalidades hasta de un 60% en proyectos de reforestación (Rodríguez, 1986).

Los Cuadros 1 y 2 muestran un posible calendario de actividades para la producción de plántulas de Melina, tanto en zonas con clima estacional (dos estaciones bien marcadas), como para zonas con clima no estacional (o zonas que prácticamente no presentan un déficit hídrico durante el año).

Plantación

Antes de iniciar con aspectos de la tecnología de las plantaciones de *G. arborea*, es preciso recalcar algunos hechos relacionados con la ecología de las plantaciones de esta especie.

La Melina fue plantada en su región de origen desde finales del siglo pasado con resultados desalentadores, las plantaciones sucumbían ante el ataque de plagas y después de cinco o 10 años, los árboles sufrían una muerte descendente. A pesar de esta experiencia, se continuó plantando la especie fuera de su región de origen; a la fecha, ha sido introducida en más de 35 países, en ocho de los cuales se planta a gran escala (Greaves, 1981). Aunque en el presente no hay problemas fitosanitarios de mayor magnitud, se sabe que después de varias rotaciones con la misma especie, en el mismo sitio, se pueden acumular enemigos hasta un punto en el que no es posible continuar produciéndola.

Una plantación es un ecosistema y es necesario manejarlo de tal forma que exista un equilibrio armónico con el medio. Las investigaciones van dirigidas a mejorar el crecimiento de los árboles para satisfacer objetivos socioeconómicos, pero no deben romperse drásticamente los equilibrios establecidos por la naturaleza.

Selección del sitio de plantación

La selección del sitio donde se establecerá la plantación es de gran importancia, pues aunque la especie crece en la mayoría de los suelos, es sumamente sensible a las condiciones del mismo (Lamb, 1970). En plantaciones extensas, se han observado áreas en las que

Cuadro 1. Cronograma de actividades para la producción de plantas de *Gmelina arborea* Roxb. en zonas con climas estacionales.

Actividad	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo
1 Preparación del terreno	xxxx												
2 Pregerminación de semillas	xx												
3 Siembra directa		xxxx	xxxx										
4 Riego		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx					
5 Uso de herbicidas antes de germinación		xxxx	xxxx										
6 Prevención contra hongos		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx								
7 Control de insectos		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
8 Limpias				xxxx	xxxx	xxxx							
9 Fertilización			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx						
10 Poda de tallos				xxxx		xxx							
11 Control de cantidad y calidad			xxxx		xxx				xx			xxx	
12 Aclimatación									xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
13 Preparación de pseudo-estacas y despacho													xxxx

Fuente: Rodríguez, 1986.

Cuadro 2. Cronograma de actividades para la producción de plantas de *Gmelina arborea* Roxb. en zonas con climas húmedos.

Actividad	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo
1 Preparación del terreno	xxxx	xxxx	xxxx						
2 Pregerminación de semillas	xxxx	xxxx	xxxx						
3 Siembra directa			xxxx	xxxx	xxxx				
4 Riego			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xx
5 Uso de herbicidas antes de germinación		xxxx	xxxx	xx					
6 Prevención contra hongos	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xx	
7 Control de insectos	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xx
8 Limpias					xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	
9 Fertilización					xxxx	xxxx	xxxx		
10 Poda de tallos							xxxx		xxxx
11 Control de cantidad y calidad						xx		xx	xxx
12 Aclimatación						xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
13 Preparación de pseudo-estacas y despacho									xxxx

Fuente: Adaptado de Rodríguez y Murillo, 1986.

la incidencia de árboles de forma indeseable es marcadamente mayor que en el resto de la plantación, esto se observa principalmente en las áreas de mayor pendiente. Lo anterior coincide con los resultados de un estudio realizado en Malasia, en donde se observó diferencias significativas entre el comportamiento de los árboles, respecto a la dominancia del eje principal, la calidad de la copa y la rectitud del fuste. Las diferencias están asociadas con la posición en la pendiente; el comportamiento en la parte alta de la pendiente es inferior al de la parte baja (Kamis y Mohd, 1984).

Es recomendable identificar las áreas de la parte superior de las pendientes, las áreas erosionadas o de suelo superficial y tomar la decisión de plantar en ellas o no, dependiendo de los objetivos. En estos casos se puede plantar otra especie que pueda responder mejor en esas condiciones, ya que la Melina podría ocasionar gran erosión, especialmente en zonas secas.

Preparación de terreno

El objetivo de la preparación del terreno es crear condiciones favorables para el establecimiento de la planta, esto permitirá aumentar las probabilidades de supervivencia, un crecimiento rápido y el árbol estará en condiciones de competir ventajosamente con las malezas, a más temprana edad.

Se debe eliminar totalmente la vegetación existente, ya que los arbolitos son sumamente sensibles a la competencia con las malezas. En sitios de pendiente pronunciada, se da una situación problemática, pues la plantación se hace al inicio de la estación lluviosa y al estar el suelo expuesto, se incrementan los riesgos de erosión. Para disminuir este efecto se deben acordonar los residuos de la vegetación cortada, siguiendo el contorno del terreno, para que sirvan de barrera que retenga el suelo removido por la lluvia.

En el caso de áreas cubiertas de pastos, es necesario el uso de herbicidas para la erradicación de las gramíneas. Para la aplicación de estos productos hay que seguir las instrucciones que aparecen en las etiquetas respectivas. Es importante también que las dosificaciones indicadas, responden a estudios hechos por la casa productora y que contemplen el poder contaminante del producto; el uso de sobredosis puede acarrear desequilibrios ecológicos e incluso trastornos fisiológicos a la especie que interesa proteger.

En el caso de áreas cubiertas de bosque, o de alguno de sus estados sucesionales como "charrales" o "tacotales", existe en el

suelo un banco de semillas que pueden germinar como respuesta a la entrada de luz y las actividades de apertura de hoyos. También en estos casos se presenta el riesgo de que los tocones de algunos árboles o arbustos rebroten, ocasionando serios problemas, dado su rápido crecimiento. El caso de los rebrotes debe ser atendido en forma especial en la primera intervención de limpieza o chapea.

Una de las operaciones relacionada con el establecimiento de la plantación, es el trazado de la misma, esto garantiza una distribución proporcional de los recursos del sitio entre los árboles. Hay que tener claro que la distancia se debe mantener constante y que se debe medir en forma horizontal, esto es especialmente importante en terrenos con pendientes. Existen diversas formas de hacer el trazado: con una vara, estaquillando, con cuerda o a "simple ojo". La decisión del método a usar debe tomar en cuenta el tamaño de la plantación, la topografía, los objetivos de la misma y la disponibilidad de personal calificado para hacerlo.

Las características de los hoyos para la plantación dependen del material a plantar y de la disponibilidad de recursos humanos y de capital. En hoyos de mayores dimensiones habrá mayor espacio de tierra removida, lo cual permite una mejor penetración de raíces y por lo tanto, mayores probabilidades de un establecimiento exitoso.

Al usar fertilizante en el fondo del hoyo, hay que asegurarse de cubrir el producto con tierra, de manera que las raíces no entren en contacto directo con él. Si se usan plántas en bolsas plásticas, éstas se deben remover, dado que bien pueden usarse de nuevo si se tratan con cuidado. En el caso de arbolitos a raíz desnuda, es necesario que las raíces no queden dobladas, pues estas deformaciones se conservan hasta la madurez y traen consigo problemas anatómicos, el retardo del crecimiento e incluso la muerte del árbol.

La densidad inicial, definida por la distancia de plantación, estará en función de los objetivos de producción y de factores ambientales.

Fox (1967), menciona que en Sierra Leona, las plantaciones en áreas de potrero se establecen normalmente a 2 m x 2 m, cuando el objetivo no es la producción de madera para aserrío. Se señala el riesgo de plantar Melina para la producción de postes, por la posible sobreproducción de un material, para el cual bien puede no haber mercado en la cantidad ni el momento adecuados. En la búsqueda

de una distancia óptima de plantación, se comparó una plantación de 3,7 m x 3,7 m con otra de 4,6 m x 4,6 m, encontrándose que a los tres años, la segunda mostraba un 16% más de árboles mal formados que la primera. Al utilizar distanciamientos mayores de 3 m x 3 m, se reduce considerablemente la posibilidad de seleccionar árboles de buena forma en el primer raleo.

En Costa Rica, tanto en plantaciones comerciales como en pequeñas parcelas en fincas, el distanciamiento de 3 m x 3 m, ha demostrado ser apropiado para el crecimiento inicial de la especie y permite el aprovechamiento de leña y postes en el primer raleo.

Tradicionalmente se han usado las seudoestacas para el establecimiento de las plantaciones, aunque se pueden usar las plantas en bolsa e incluso las plantas a raíz desnuda. Se ha ensayado también la siembra directa, con espeque, colocando de cuatro a cinco semillas por golpe (Dawkins, 1919). Esta técnica es aconsejable cuando existe suficiente cantidad de semilla y el costo de la misma no represente una limitante. En el caso de la siembra directa hay que tener especial cuidado con el control de malezas, pues el arbolito puede sucumbir a la competencia. Se ha ensayado este método incluyendo la quema previa, como parte de la preparación del terreno (Sábado y Asunción, 1970).

En Costa Rica se ha empleado, a nivel piloto, la preparación mecanizada del terreno, en plantaciones industriales establecidas por siembra directa. En este caso se ha usado semilla pregerminada, para disminuir la cantidad requerida; sin embargo, se requiere mayor cantidad de semilla que la usada con técnicas tradicionales de vivero o almácigo. La ventaja económica de este método es que evita la fase de vivero, es especialmente recomendable en proyectos de gran magnitud, en los cuales haya suficiente disponibilidad de recursos financieros y que los terrenos sean fácilmente mecanizables.

Para tener un fuste recto y vigoroso se debe deshijar, esta labor se realiza eligiendo el mejor de los ejes y eliminando el o los restantes. Es conveniente realizar esta operación lo más temprano posible, cuando el tejido de los tallos no se ha lignificado, de esta manera, la deshija es más fácil y no se da tiempo para que los ejes se deformen en la base. Se debe usar un cuchillo filoso de manera que el corte sea limpio, que no desgarre tejido de la corteza. En la Figura 10 se observa un ejemplo del desarrollo de un segundo eje, en un árbol de tres años de edad, además de la inclinación por la presencia del

segundo rebrote, la biomasa producida se distribuye entre ambos, ocasionando una disminución en el crecimiento del eje principal.

Control de malezas

El objetivo del control de malezas es manejar los niveles de población de las mismas, para ofrecer a los árboles condiciones óptimas de crecimiento, a un costo razonable. En los primeros meses de la plantación, los árboles aún no están en condiciones de competir y pueden ser asfixiados por las malezas. La mayoría de malezas disminuye su abundancia ante la reducción de la intensidad de luz. Esta reducción se da al cerrarse el dosel de la plantación, por lo que las deshierbas se deben concentrar en los primeros dos o tres años.

El clima influye en el régimen de deshierbas, en sitios húmedos, como la Región Atlántica de América Central, habrá que efectuar un número mayor de operaciones de limpieza, pero los árboles estarán en condiciones de competir a más temprana edad, ya que el dosel se cerrará en el segundo o tercer año, dependiendo del espaciamiento y de las condiciones del sitio. En las regiones de clima seco, como la costa del Pacífico, las operaciones son menos frecuentes, pero se requiere hacerlas durante mayor número de años.

Es necesario visitar frecuentemente la plantación y determinar en qué momento es necesaria una operación de deshierba.

Las deshierbas se inician alrededor de cuatro semanas después de hecha la plantación. Para disminuir costos se puede realizar una rodajea, que consiste en la eliminación total de las malezas en una circunferencia de un metro de diámetro alrededor del árbolito. Además de bajar los costos permite el crecimiento de hierbas en las áreas donde no compiten con el árbol, lo que contribuye a proteger el suelo. Sin embargo, no es conveniente realizar dos rodajeas consecutivas, pues se permite a las malezas, de las áreas no intervenidas, robustecerse demasiado, es preferible intercalar con una deshierba general.

Suponiendo dos condiciones promedio de clima, una en zona húmeda, con nueve meses de lluvia y la otra en zona seca, con sólo seis meses de lluvia, se proponen los siguientes regímenes de deshierbas para el primer año de vida de la plantación (Cuadro 3).



Figura 10. Presencia de un segundo eje en un árbol de *Gmelina arborea* Roxb., de tres años de edad.

Las plantas trepadoras, principalmente de la familia Convolvulacea (churristates), representan una gran amenaza, ya que deforman los árboles y compiten por la luz al cubrir la copa. Este es un problema serio y hay que atacarlo inmediatamente después de detectado, sin darle tiempo a que sus consecuencias sean mayores.

Cuadro 3. Regímenes de chapea o limpieza para el primer año de vida de una plantación de *Gmelina arborea* Roxb., con dos tipos de clima.

Operación	Momento después del establecimiento (semanas)	
	clima húmedo	clima seco
Rodajea	4-5	4-5
Deshierba general	10-11	11-12
Rodajea	18-19	20-21
Deshierba general	31-32	30-31
Deshierba general	42-43	
Deshierba general	51-52	51-52

Cuando algunos árboles o arbustos de la vegetación anterior a la plantación rebrotan, es necesario descascarar el tocón hasta el nivel del suelo, con esto se remueven todas las yemas latentes que podrían reactivarse.

En Asia, la especie es incapaz de competir con el zacate *Imperata cilindrica*; es posible que en América Central pueda encontrar problemas con gramíneas como el pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), en la región del Pacífico, o como el elefante (*Pennisetum purpureum*), en el Atlántico. En casos especiales como los señalados, se deben tomar medidas urgentes para eliminar dichas malezas, o bien, tomar la decisión de plantar otra especie.

Para las operaciones de control de las malezas se puede usar un herbicida quemante, como por ejemplo los productos comerciales a base de paracuat*. Se debe asegurar que el producto no alcance el

* Compuestos a base de Bipiridilo.

follaje del árbol, aplicándolo cuando las hojas se encuentren a más de medio metro del suelo.

Fertilización

Una especie de rápido crecimiento requiere de una adecuada disponibilidad de nutrimentos, para que éstos no sean un factor limitante de su desarrollo. La respuesta a la fertilización estará en función de las características de cada suelo, por lo que primero es necesario un análisis del mismo, para determinar los posibles requerimientos de fertilización en cada sitio. En un experimento con Melina en el que se aplicó 50, 100 y 150 kg/ha de un fertilizante de fórmula 14-14-14, la dosis de 100 kg/ha dio los mejores resultados (Mendoza y Glori, 1976).

Se ha observado que en esta especie, el contenido de cenizas es de 0,86 por ciento, lo que equivale a 8,6 g en cada kilogramo de madera seca. Para un peso específico promedio de 400 kg/m³ se removerán 3,44 kg de minerales, en cada metro cúbico de madera aprovechada. Parte de estos minerales son restituidos al ecosistema por la meteorización de la roca madre, pero otros deben restituirse a través de la lluvia y la fertilización, para mantener la productividad del sitio.

Aspectos fitosanitarios

En el informe del año 1989, del Programa Interinstitucional de Protección Forestal (PIPPOF), se indica que en Costa Rica se han encontrado algunos insectos que atacan a la Melina, entre ellos un defoliador, dos barrenadores, termitas y atacantes de la corteza. Hasta el momento la mayoría de estas plagas no representan un problema de gran magnitud (Araya *et al.*, 1989). El insecto que representa el mayor peligro es el barrenador *Aepytus* sp., cuya larva se alimenta de la médula en árboles delgados y en árboles más gruesos, también construye sus galerías en el xilema (madera) (Hilje, 1990).

Otros enemigos de la especie son las hormigas del género *Atta* spp., las cuales defolían el árbol tanto en vivero como en plantación. Se controlan químicamente a través de cebos envenenados.

Como medida preventiva general, se recomienda mantener bajos los niveles de densidad de la plantación, para incrementar el vigor de los árboles y remover los más débiles y susceptibles. Si en la plantación se mantienen los árboles más vigorosos, se disminuyen

los riesgos de ataque de plagas y enfermedades. Es indispensable efectuar una supervisión continua, para identificar cualquier problema y atacarlo antes de que éste sea mayor.

Con respecto a las enfermedades, en el informe de PIPROF, ya referido, se indica que se han encontrado hongos que atacan el follaje, el tronco y las ramas, aunque la mayoría de éstos no son específicos. Una enfermedad, poco conocida en América Central es la mancha foliar de la Melina, causada por el hongo *Pseudocercospora rangita*, esta enfermedad se ha observado tanto en condiciones de vivero como en plantas adultas (Arguedas y Araya, 1990).

Al igual que en el caso de las plagas, se recomienda un cuidadoso programa de supervisión de la plantación, para detectar a tiempo cualquier problema, en ese caso se debe recurrir a un especialista en protección forestal. Si se da un adecuado manejo a la densidad de la plantación, se disminuyen los riesgos de enfermedad, pues las condiciones de mayor ventilación y menor humedad relativa, no son propicias para el desarrollo de enfermedades.

3. MANEJO

El conjunto de tratamientos silviculturales que se aplican a un bosque o plantación, para lograr los objetivos propuestos de la misma se conocen como manejo.

Es importante identificar a la plantación como un ecosistema y a la vez, como una actividad económica, por lo que se debe procurar que las inversiones hechas por medio de los tratamientos, sean retribuidas en forma de mayor cantidad y calidad de madera, leña u otros productos.

Hasta la fecha, se tienen los conocimientos silviculturales básicos para producir satisfactoriamente madera mediante plantaciones de G. arborea. También se conocen aspectos sobre el crecimiento promedio de la especie bajo diferentes calidades de sitio. No obstante, aún no se posee la información económica precisa, referente a los costos y rendimientos, para analizar los aspectos financieros de la producción.

Los puntos más importantes del manejo de una plantación incluyen el control de malezas, principalmente de especies trepadoras, pero permitiéndoles que desempeñen su papel tanto en el ciclo de nutrimentos, como en el ciclo hidrológico, ya que su ausencia aumenta el riesgo de erosión al dejar el suelo descubierto.

La fertilización debe hacerse en función de las características del suelo y va orientada a incrementar el ciclo de nutrimentos, más que a poner a disposición del árbol una dosis de minerales, en un determinado momento de su vida.

La densidad debe mantenerse en niveles que permitan un crecimiento individual satisfactorio, sin que se abra demasiado el dosel, el Índice de Densidad de Rodal es un buen método para el manejo de la densidad. Los raleos deben hacerse reservando los mejores árboles para la cosecha final y extrayendo los productos con métodos que tengan poco impacto en el suelo, como por ejemplo el uso de bueyes.

La poda es necesaria si se pretende madera de calidad, pero debe aplicarse únicamente a los árboles que realmente serán aserrados.

Raleos

El objetivo de los raleos es concentrar el potencial de crecimiento en los mejores árboles. Los árboles remanentes, después de cada raleo, serán los de mejor forma y tamaño.

El raleo permite ajustar la densidad, a lo largo de la vida de la plantación, de manera que se den condiciones óptimas de crecimiento, para cada árbol en particular y para el arbolado en general. Por las características de la especie, si se mantiene el rodal a altas densidades, se eliminará totalmente el sotobosque. Si esto sucede se desprotege el suelo y se aumentan los riesgos de erosión, principalmente en sitios con pendientes.

Existen diferentes indicadores de la densidad en plantaciones forestales. Estos se han usado para identificar y describir los niveles óptimos de densidad a que se debe mantener el arbolado, dependiendo de los objetivos de la plantación. Uno de estos indicadores es el Índice de Densidad del Rodal (IDR), que relaciona el número de árboles con el diámetro de los mismos. Según la teoría que respalda este método, para cada especie existe un IDR máximo, independientemente de las características del sitio. Para *Gmelina*, Arias y Campos (1988), determinaron un IDR máximo de 689*. A partir de este valor se definen cuatro zonas de densidad, que son: a) la de establecimiento, que va de cero a 247; en esta situación el crecimiento de los árboles individuales es máximo, pero se subutilizan los recursos del sitio; b) la segunda zona va de 247 a 394, zona en la que los árboles aprovechan plenamente los recursos del sitio y pueden crecer sin que la competencia los limite; c) la tercera es donde el crecimiento de la masa es máximo, pero el crecimiento individual se ve limitado por la competencia. Esta zona va de 394 a 592; d) la zona de autorraleo de 592 a 689, situación donde se presenta la muerte de algunos individuos por excesiva competencia, por lo que se pierde parte del potencial de crecimiento del sitio.

* El IDR se refiere al número de árboles de un diámetro determinado (en este caso 25 cm), que puede soportar el sitio.

$$\text{IDR} = N (\text{Db}/D)^c$$

donde: Db = diámetro base (normalmente 25 cm)

D = diámetro promedio del rodal

c = coeficiente de la ecuación

La mayoría de los objetivos de una plantación se logran cuando se mantiene en la segunda y tercera de las zonas. La cuarta zona es inconveniente, pues se corre el riesgo de deteriorar el sitio por sobreexplotación y erosión.

La densidad de la plantación se decide de acuerdo con los objetivos de producción y con la disponibilidad de mercado para los productos.

A manera de ejemplo, se proponen dos regímenes de raleo, basados en el IDR (Cuadros 4 y 5). En el primero se propone manejar la plantación con densidades altas (rojal denso). En este caso se supone que los árboles tendrán una forma más cilíndrica y con menor incidencia de ramas gruesas. Estos niveles de densidad son apropiados para producir postes e inclusive madera para aserrío.

Se usa el diámetro promedio de la plantación como referencia para prescribir los raleos; la edad a la que una plantación alcanza determinadas dimensiones y por lo tanto, determinado nivel de competencia; variará con la calidad del sitio. En ambos casos se asume una densidad de plantación de 1111 árboles por hectárea, también se asume que existe mortalidad inicial. El número de árboles remanentes, correspondiente a cada diámetro, es el óptimo para esas dimensiones. Si la plantación tiene más árboles hay que hacer un raleo para ajustar la competencia, si el número de árboles es menor, habrá que dar tiempo para que los individuos crezcan y alcancen un diámetro mayor.

Cuadro 4. Propuesta de raleo, según el IDR para producir postes y madera de aserrío en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb., con densidad inicial de 1111 árboles/ha.

$\frac{dap}{\bar{X}}$ (cm)	No. árboles raleados	No. árboles remanentes
18	(352)	759
22	251	508
27	170	338

IDR: Índice de densidad del rojal

Por otra parte, en una plantación manejada con baja densidad (rodal ralo), se da mayor espacio a los árboles, por lo que se espera un crecimiento más rápido, aunque se puede esperar que los árboles presenten mayor conicidad, así como ramas más gruesas. La producción estará destinada al aserrío o al contrachapado (Cuadro 5).

Nótese que para utilizar los cuadros propuestos, lo más importante es la relación del número de los árboles remanentes y el dap promedio de la plantación.

Según se propone, una vez realizado el tercer raleo, se mantendrá la plantación hasta el momento de la cosecha final. En el caso del rodal de baja densidad (Cuadro 5), la cosecha final será más temprano que en el caso del rodal denso, suponiendo iguales características de calidad de sitio.

Cuadro 5. Propuesta de raleo, según el IDR para producir madera de aserrío y contrachapado en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb., con densidad inicial de 1111 árboles/ha.

dap \bar{X} (cm)	No. árboles raleados	No. árboles remanentes
15	(426)	685
19	258	427
24	159	268

IDR: Índice de densidad del rodal.

Una vez que se ha decidido sobre la necesidad de ralear, el siguiente paso es determinar en el campo, cuáles árboles eliminar. Para esto es de mucha ayuda la técnica de agrupar los árboles en "cajas", de cuatro o nueve individuos y entre éstos, seleccionar cuáles se quedan, o bien, los que se eliminarán (Figura 11). Lo anterior permite distribuir uniformemente el raleo, de lo contrario se corre el riesgo de concentrar la corta de árboles en áreas en las que se presenta menor calidad del arbolado.

En el ejemplo que se presenta en la Figura 11, si se quiere ralear cuatro de cada nueve árboles, se contaría la posición número

cuatro, ya que ese árbol ya había muerto, el árbol ocho se debe eliminar por presentar problemas fitosanitarios, los árboles uno y seis se eliminarán, uno por bifurcado y el otro por torcido. En el caso de un raleo más drástico, cinco de cada nueve árboles pueden ser eliminados, además de los anteriores, se puede cortar el número dos, pues su crecimiento no es tan vigoroso como el de los árboles restantes.

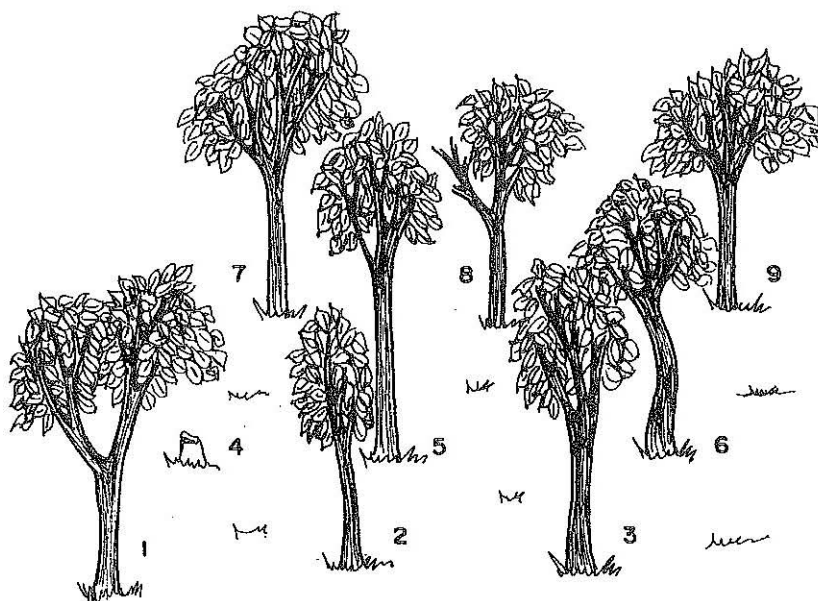


Figura 11. Ejemplo de una "caja de nueve" para seleccionar árboles a ralear en *Gmelina arborea* Roxb.

El tipo de raleo que se recomienda aquí es el raleo por lo bajo, donde se eliminan primero los árboles muertos o moribundos, árboles enfermos, suprimidos, de menor crecimiento y finalmente, se toma en cuenta la distribución de los mismos. No es racional cortar un árbol vigoroso y dejar en la plantación uno de inferior calidad.

Para la ejecución del primer raleo se pueden emplear hachas, machetes o sierras manuales. El uso de motosierras, de dimensión adecuada, puede hacer más eficiente la operación, principalmente en plantaciones extensas. En plantaciones para aserrío, los raleos

sucesivos requieren del uso de motosierra, a no ser que se trate de parcelas pequeñas, para el autoabastecimiento de postes y madera redonda.

La Melina rebrota después de la tala, por lo tanto, es necesario hacer el corte bien bajo y descascarar los tocones para remover las yemas. No es conveniente permitir el desarrollo de rebrotes, en las plantaciones manejadas para madera de aserrío, ya que se altera la densidad que se ha pretendido dar a la plantación. Los árboles que se eliminan, principalmente en el primer raleo, son genéticamente inferiores, no vale la pena mantener esos genotipos en la plantación. Otra forma utilizada para la eliminación de rebrotes, es cubrir los tocones con tierra, para propiciar la pudrición a través de los cortes y disminuir la capacidad de rebrote.

Para extraer los productos del raleo es recomendable usar métodos que no impacten el sitio, ya que de lo contrario se disminuiría el potencial de producción del mismo. El empleo de tracción animal, bueyes o caballos, es lo más adecuado en plantaciones pequeñas, en plantaciones de mayor extensión se puede usar un tractor agrícola liviano.

Mercado de productos de raleo

Uno de los factores que ha limitado la aplicación de raleos, en las plantaciones de Costa Rica, es la falta de mercado para los productos de los mismos. En el caso de la Melina, se puede pensar en leña o en pulpa para papel, si la plantación se encuentre cerca de los centros de consumo de leña o de una planta astilladora. Este problema es mayor para los productos del primer raleo, en plantaciones de cierta extensión. Cuando se pueden consumir los productos en la misma finca, el problema desaparece.

Se han investigado las propiedades de la madera de árboles jóvenes para realizar su industrialización, con resultados alentadores. En Costa Rica, se han logrado excelentes resultados con los productos de raleos, donde se utilizan para muebles, puertas, artesanías y más frecuentemente para construir galerones, bodegas, corrales y otras edificaciones rurales.

Es necesario investigar más sobre la factibilidad de elaborar otros productos, a partir de madera de raleos y sobre todo, la rentabilidad de este trabajo.

Podas

La poda es, en esencia, la eliminación o remoción de partes del árbol, principalmente ramas; éstas bien pueden estar muertas o moribundas, en cuyo caso no hay reducción del área fotosintética. En otros casos se eliminan ramas vivas, con lo que se reduce el potencial de fotosíntesis y se ocasiona un retraso en el crecimiento del árbol. Este retraso puede ser de mayor o menor magnitud, dependiendo del vigor del árbol y de la intensidad de la poda. En Turrialba, Costa Rica, Salazar (1988), encontró que la poda del 25% de la copa tiende a aumentar el crecimiento en diámetro y volumen, pero que podas de más del 50% tuvieron un efecto negativo. Esta práctica debe hacerse después del primer aclareo, con el objeto de mejorar la calidad de los productos que se obtendrán de los árboles maduros. La poda, como cualquier operación silvicultural, es una inversión que se hace en el rodal y como tal, se espera que la misma sea retribuida.

Se ha observado que algunos árboles de la especie, pierden total o parcialmente, la dominancia del eje principal y que existen diferentes grados de intensidad de la pérdida de la dominancia, tal como se presenta en la Figura 12.

De acuerdo con la Figura 12, se recomienda la poda de ramas gruesas en los árboles de calificación siete, en los árboles de calificaciones seis y cinco se justifica la poda, cuando tienen un crecimiento vigoroso y si no hay otros de calificación siete, que se puedan retener en su lugar en un futuro raleo. No se justifica la poda de árboles de calificación inferior a cinco, pues la calidad del producto no pagaría la inversión de la poda, principalmente si la rama epicórmica (segundo eje), se presenta por debajo de la altura de la primera troza.

Para realizar la poda se deben utilizar serruchos o sierras de arco bien afilados, para evitar que se produzcan rasgaduras en la corteza, ya que éstas facilitan la entrada de patógenos y disminuyen la calidad de la madera. En caso de usar cuchillo o machete, se debe hacer un primer corte de abajo hacia arriba y luego concluir con otro en sentido contrario, como se muestra en la Figura 13.

La altura de poda es importante, pues en la parte baja la operación es barata y fácil de realizar, pero arriba de dos metros se deben emplear escaleras, lo que dificulta y encarece la operación. Es recomendable aplicar la poda de ramas gruesas hasta la altura que corresponde a la primera troza, en los casos en que ésta sea necesaria, sin sobrepasar el 25% de la altura de la copa.

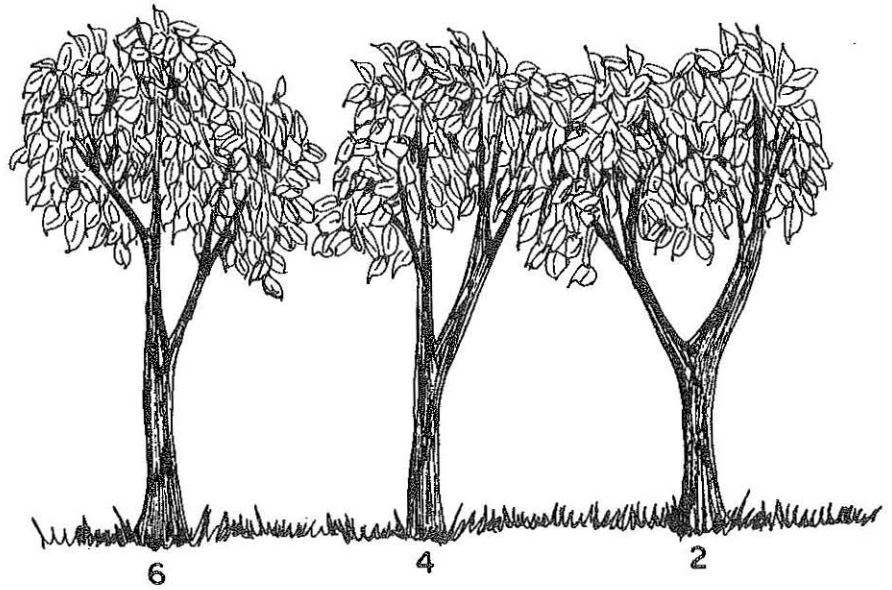
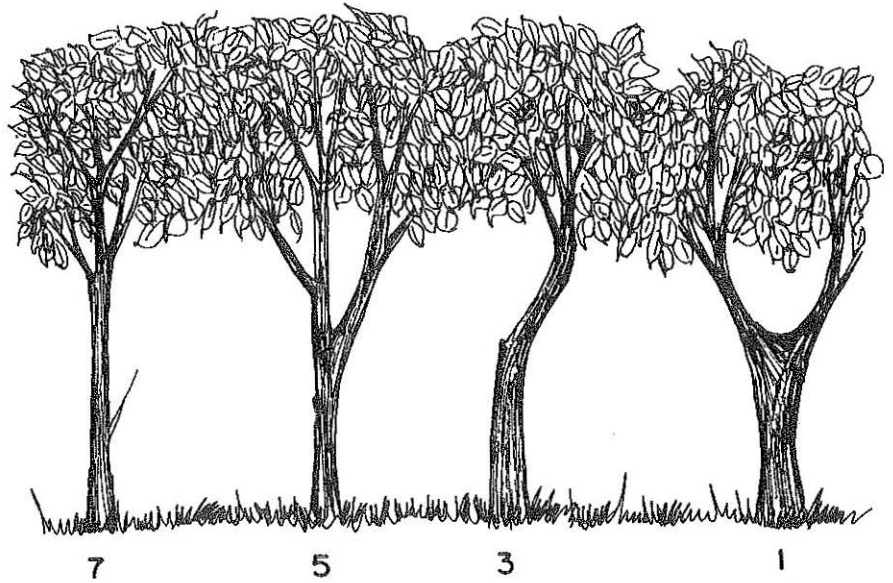


Figura 12. Clases de dominancia del eje principal de *Gmelina arborea* Roxb. Adaptado de Keidin *et al.* (1984).

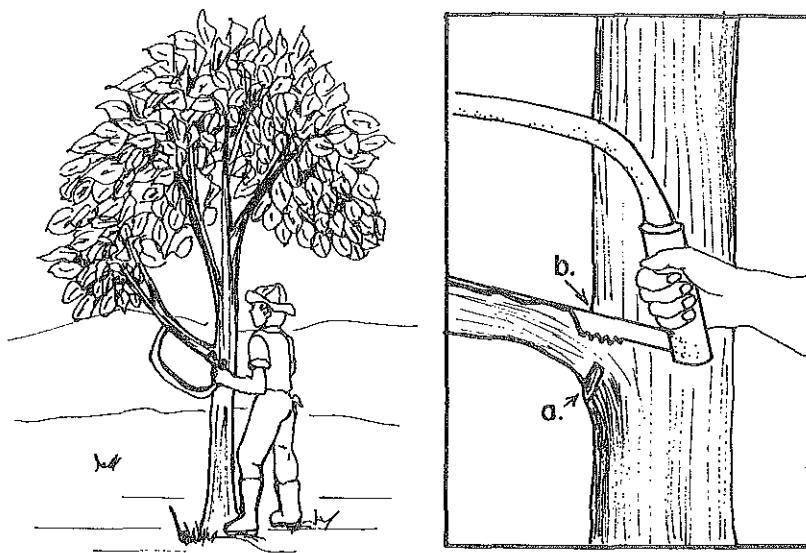


Figura 13. Forma correcta de podar una rama gruesa de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.): a) primer corte, b) segundo corte.

Hay que investigar más sobre los costos y rendimientos de poda en la especie, así como sobre los posibles incrementos en el valor de la madera podada, respecto de la no podada.

Manejo de monte bajo

Se conoce como monte bajo al sistema silvicultural que basa la reposición del arbolado, después de la cosecha, utilizando el crecimiento de rebrotes. En estos sistemas el tiempo entre cosechas de rebrotes es más corto que la rotación usual de la especie. Los productos son de menores dimensiones pero en mayor cantidad. Por la experiencia que se tiene en el trópico, con el manejo de monte bajo, se deben prever posibles problemas por la remoción alta y frecuente de nutrimentos, que habrá que sustituir con fertilizantes, encareciendo el sistema.

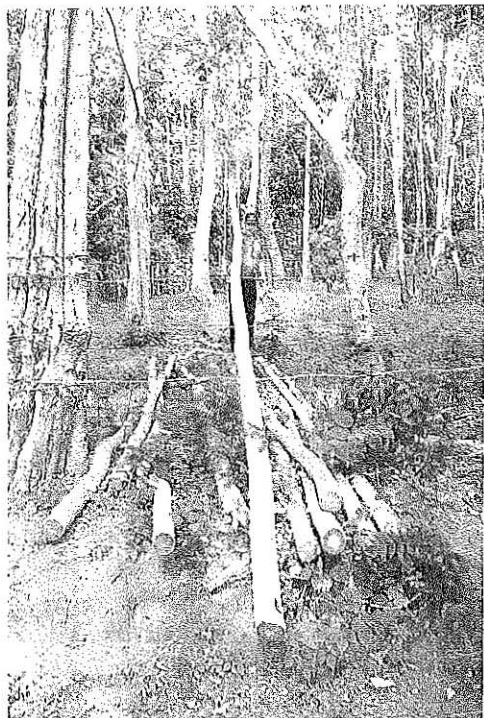
Una alternativa para el manejo de monte bajo es la producción de leña, postes y pulpa, por lo que su aplicación estaría restringida a las áreas en las que exista mercado para dichos productos. También se puede pensar en madera para aserrío de pequeñas dimensiones, en cuyo caso es conveniente contar con una industria apropiada para esas dimensiones, pues de lo contrario puede ser que se "castigue" el precio del producto.

La cosecha de los árboles debe ser cuidadosa para evitar daños al tocón, se recomienda el uso de sierras en lugar de hachas para evitar el deterioro de la corteza. Se recomienda talar a unos 15 cm del suelo, para dar un buen espacio al establecimiento de los rebrotes. Es recomendable que la cosecha se haga una vez iniciado el período de lluvias, para que el árbol esté en plena actividad fisiológica y no haya riesgo de daños por deshidratación, esto es especialmente importante en regiones secas (Hutchinson, 1987).

Cuando en cada tocón se presentan varios rebrotes, la selección de los mismos se hace una vez que entre ellos se haya evidenciado diferencias, así, es posible escoger el o los mejores rebrotes, tanto en vigor como en rectitud. Si se quiere un producto de mejor calidad, se debe reducir el número de rebrotes a manejar, preferiblemente sólo uno. Entre más temprano se haga la selección de los rebrotes definitivos, éstos crecerán más rápido y vigorosamente.

En un experimento realizado en Hojancha, Costa Rica, se observó la respuesta de los rebrotes a diferentes tratamientos. El experimento se estableció en una plantación de 900 árboles por hectárea, talada a los cinco años de edad. Los tratamientos consistieron en retener uno, dos, tres y cuatro rebrotes por tocón y un testigo al que no se le eliminaron rebrotes. A los dos años, la evaluación observó que a mayor número de rebrotes el diámetro era menor, pero con una mayor cantidad de biomasa de los rebrotes en conjunto. A los dos años, se dejó un solo rebrote por cepa; del raleo se produjeron 1625 postes por hectárea, en el testigo y 500 en el tratamiento de cuatro rebrotes, que fue el que produjo menor cantidad de postes. Respecto a la producción de leña, el testigo produjo 18,5 tm/ha, mientras que el tratamiento de un rebrote produjo 8,0 tm/ha. Estos resultados son preliminares, pero indican el posible ámbito de producción de rebrotes de la especie, en una región de clima estacional, con cinco meses secos, precipitación media anual de 2305 mm y una temperatura de 27,2 °C. Se plantea además, que la obtención de productos secundarios recompensa el posible atraso en el crecimiento de los ejes individuales, atribuible a los dos años que se esperó para hacer la selección y eliminación de los rebrotes (Rodríguez, 1985).

La Figura 14 muestra un tocón antes de la selección y el material cosechado de rebrotes de Melina utilizados para construcción rural.



a.



b.

Figura 14. a) Productos de rebrotes de Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) y b) rebrotes antes de su selección.

Crecimiento y rendimiento

Desde 1980, el Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA, CATIE), ha realizado estudios de crecimiento y rendimiento de la especie a nivel de América Central, basados en una red de parcelas permanentes, establecidas desde 1980 en toda la Región. Los modelos matemáticos desarrollados permiten predecir el comportamiento de las plantaciones de Melina. Estos modelos son preliminares y aplicables sólo dentro del ámbito de las variables utilizadas en su desarrollo.

Clasificación de la calidad de sitio

Para estimar el potencial de crecimiento de una especie, en un sitio dado, se utiliza la metodología de Índices de Sitio (IS). La variable independiente más adecuada para evaluar la calidad del sitio donde crece una especie, es la altura promedio de los 100 árboles dominantes por hectárea. Se toma como Índice de Sitio la altura de los árboles dominantes (hd) de un rodal a una determinada edad, llamada edad base.

En el caso de Melina, a partir de la base de datos del Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple del CATIE, Hughell (1991), desarrolló para América Central, una ecuación de Índice de Sitio que predice la altura de los árboles dominantes, a la edad base de 10 años, a partir de la altura de árboles dominantes y de la edad actual de la plantación. Para esta ecuación se utilizó el modelo de crecimiento propuesto por Schumacher y la metodología de la curva guía descrita por Alder (1980).

Como primer paso se ajustó la ecuación de Schumacher, para estimar el crecimiento promedio de la altura dominante en función de la edad:

$$\text{Ln}(\text{hd}) = a + b/E^k$$

donde:

$\text{Ln}(\text{hd})$ = Logaritmo natural de la altura dominante

a = 4,4277

b = -3,151

k = 0,3277

E = edad de la plantación

R² = 94%

Para llegar al modelo de intercepto común (a común), se sustituye hd por el índice de sitio (IS), para una edad base (Eb) y dado que la pendiente del modelo cambia para cada IS, se denota como b_i así:

$$\text{Ln}(\text{IS}) = a + b_i/\text{Eb}^k$$

Para estimar la pendiente b_i de cada IS se despeja b_i :

$$b_i = (\text{Ln}(\text{IS}) - a) * \text{Eb}^k$$

Sustituyendo la ecuación anterior en el modelo de Schumacher, se obtiene el modelo de intercepto común (a común), recomendado por Hughell (1991):

$$\text{Ln}(\text{IS}) = a + (\text{Ln}(\text{hd}) - a) * (\text{E}/\text{Eb})^k$$

donde:

- Ln = logaritmo natural
- hd = altura dominante
- a,k = del modelo de Schumacher
- E_b = edad base de 10 años
- E = Edad de la plantación en años

Si se quiere saber la calidad del sitio en el que se encuentra una plantación, se obtiene el promedio de los 100 árboles más altos por hectárea y la edad de la plantación, se sustituyen estos valores en la ecuación anterior y se despeja el índice de sitio, que es la altura que tendrá la plantación a los 10 años; si la plantación es más vieja, será la altura que tenía a esa edad.

Utilizando la ecuación de Schumacher y la ecuación para estimar la pendiente (b_i), se generaron las curvas de crecimiento en altura dominante a diferentes edades, para diferentes índices de sitio. Los índices de sitio seleccionados de 28, 21 y 14, representan sitios buenos, regulares y malos, respectivamente (Figura 15).

La información sobre la calidad del sitio es importante, pues permite estimar la producción y planificar los tratamientos silviculturales requeridos para cada clase de sitio.

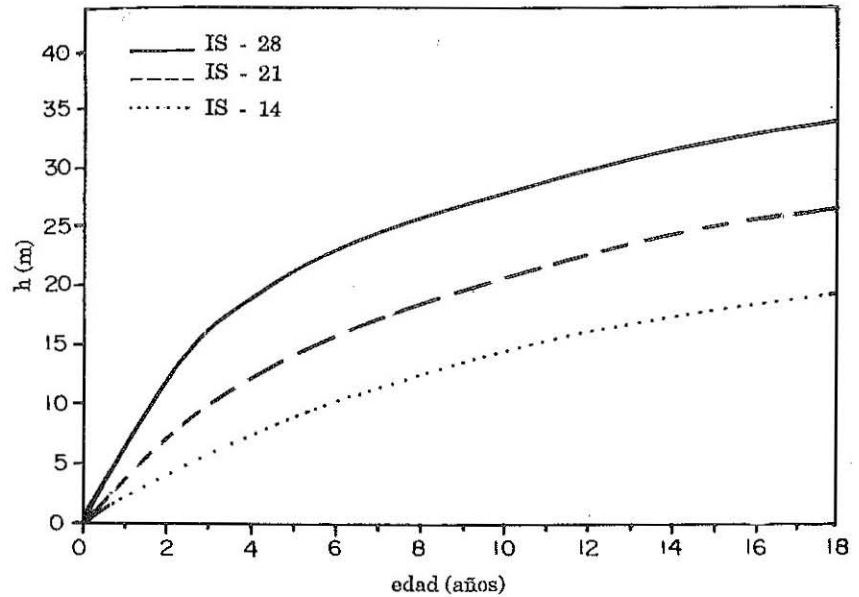


Figura 15. Desarrollo de la altura dominante de árboles de *Gmelina arborea* Roxb., para tres índices de sitio en América Central.

Crecimiento en diámetro y altura

Una vez estimada la calidad de sitio, Hughell (1991), ajustó el crecimiento en dap y altura, utilizando información de las parcelas de crecimiento establecidas en el área centroamericana.

El modelo utilizado para ajustar el crecimiento en diámetro y altura, para diferentes calidades de sitio, fue el propuesto por Chapman - Richard (Hughell, 1991).

Las Figuras 16 y 17 muestran el desarrollo del diámetro y la altura con la edad, para tres índices de sitio. A continuación se describen las ecuaciones ajustadas.

La ecuación para predecir el diámetro es:

$$D = a * IS (1 - \exp(-k * Edad))^c$$

donde:

$$\begin{aligned} a &= 1,7397 \\ k &= 0,089 \\ c &= 0,8189 \\ IS &= \text{índice de sitio} \\ D &= \text{dap (cm)} \\ R^2 &= 92\% \end{aligned}$$

La ecuación para predecir la altura es:

$$h = a * IS * (1 - \exp(-k * Edad))^c$$

donde:

$$\begin{aligned} a &= 0,9929 \\ k &= 0,2332 \\ c &= 1,2811 \\ h &= \text{altura total (m)} \\ IS &= \text{índice de sitio} \\ R^2 &= 95\% \end{aligned}$$

Predicción del rendimiento

Utilizando las ecuaciones para estimar IS, D y h con una mortalidad promedio del 11% a los dos años de edad, Hughell (1991), generó tablas de rendimiento para diferentes índices de sitio del área centroamericana.

El programa de aclareo propuesto se establece fijando, para cada intervención, la edad y la intensidad en número de árboles extraídos por hectárea.

El Cuadro 6 presenta las tablas preliminares de rendimiento para tres calidades de sitio: bueno (IS=28), regular (IS=21) y malo (IS=14), con una densidad inicial de plantación de 1111 árboles/ha. Se proponen tres raleos para la clase de sitio 28 y sólo dos raleos para los índices de sitio 21 y 14.

El volumen individual de un árbol se estima a partir de la información de diámetro y altura, mediante una ecuación de volumen, en este caso se trata de una ecuación desarrollada por Salazar y Palmer (1984), derivada del análisis de los volúmenes sin

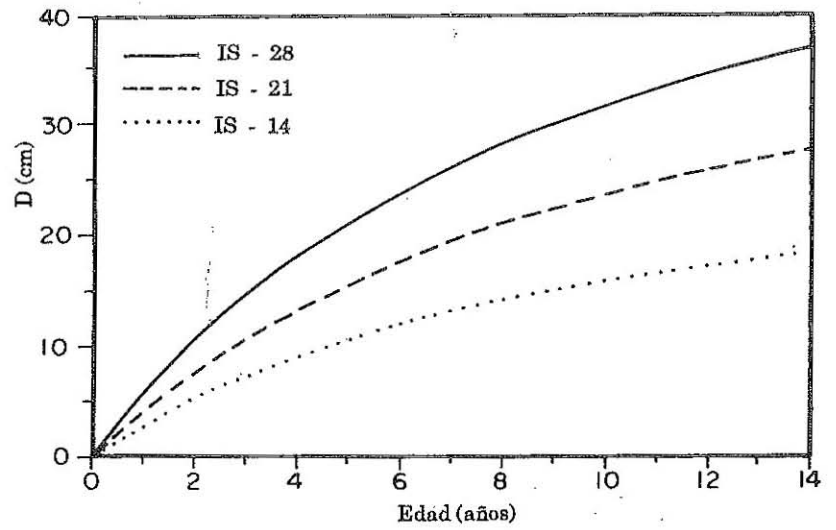


Figura 16. Curvas de crecimiento diametral en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb., para tres índices de sitio en América Central.

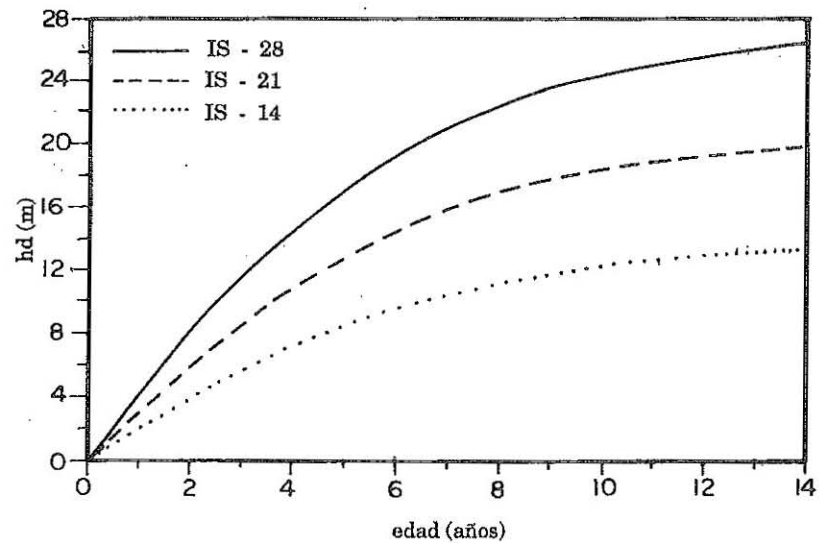


Figura 17. Curvas de crecimiento en altura total promedio, de plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb., para tres índices de sitio en América Central.

corteza, de un grupo de 60 árboles en Manila de Siquirres, en la región atlántica de Costa Rica, donde se midió hasta un diámetro superior de 10 cm. Para estimar el volumen por hectárea, se multiplica el volumen individual por el número de árboles. La ecuación de volumen es la siguiente:

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

donde:

Ln	=	logaritmo natural
V _{sc}	=	volumen total sin corteza hasta 10 cm
a	=	-9,63
b	=	1,785
c	=	0,8189
D	=	diámetro a 1,3 m con corteza en cm
h	=	altura total en m
Ambito D	=	20 a 50 cm

Es importante anotar aquí, como lo indica Hughell (1991), que debido a que el modelo ajustado para estimar el diámetro es independiente de los raleos propuestos, en la realidad, para parcelas raleadas, se pueden esperar diámetros mayores que los presentados en el Cuadro 6.

En la Figura 18 se puede observar, para el índice de sitio promedio (IS = 21), el rendimiento en volumen de la masa en pie y el volumen total acumulado.

Una aclaración importante que debe hacerse, es que éste es un modelo que aún debe ser validado y su aplicación se limita a los ámbitos de calidad de sitio, densidades de plantación y edades representadas en las parcelas estudiadas, las cuales se muestran en el Cuadro 7.

Determinación del tiempo de crecimiento (Turno)

Se conoce como turno la edad a la que se hace la cosecha final de una plantación. Hay diferentes criterios para tomar la decisión de talar una plantación. Unos toman en cuenta el crecimiento en biomasa y otros se basan en indicadores financieros. En estos últimos, se toma en cuenta el dinero invertido y el producto de la venta del material talado, así como el tiempo transcurrido entre la inversión y la recuperación (actualización financiera).

Cuadro 6. Tablas preliminares de rendimiento con manejo de *Gmelina arborea* Roxb., en América Central, para los índices de sitio 28, 21 y 14 m, con una densidad de plantación de 1111 árboles/ha.

Edad (años)	Arboles remanentes					Arboles extraídos					V.Acum (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)	ICA (m ³ /ha/año)
	N (N/ha)	H (m)	D (cm)	G (m ² /ha)	V _{pl} (m ³ /ha)	N (N/ha)	G (m ² /ha)	D (cm)	V (m ³ /ha)				
IS = 28													
2	989	7,9	11,0	9,5	28,9						28,9	14,4	14,4
4	549	14,7	19,4	16,2	72,8	440	9,5	16,5	49,1		121,9	30,5	46,5
6	549	19,3	23,7	24,1	154,5						203,6	33,9	40,9
8	399	22,4	29,9	28,0	177,0	150	5,9	22,4	43,9		270,0	33,7	33,2
10	399	24,4	31,6	31,3	239,3						332,3	33,2	31,2
12	299	25,7	36,8	31,8	221,5	100	5,5	26,6	45,6		360,0	30,0	13,9
14	299	26,4	369,9	32,0	258,1						396,7	25,3	18,3
IS = 21													
2	989	5,9	8,3	5,3	12,9						12,9	6,4	6,4
4	989	11,0	13,6	14,4	58,6						58,6	14,6	22,8
6	609	14,5	18,9	17,1	76,6	380	7,3	15,7	38,0		114,6	19,1	28,0
8	609	16,8	21,0	21,2	120,7						158,8	19,8	22,1
10	409	18,3	25,3	20,5	109,6	200	6,4	20,1	39,6		187,3	18,7	14,2
12	409	19,2	25,9	21,5	135,4						213,0	17,7	12,9
14	409	19,8	29,5	24,6	157,8						235,4	16,8	11,2
IS = 14													
2	989	3,9	5,5	2,4	4,1						4,1	2,1	2,1
4	989	7,3	9,1	6,4	18,8						18,8	4,7	7,3
6	989	9,7	11,8	10,9	40,0						40,0	6,7	10,6
8	639	11,2	14,9	11,2	40,7	350	4,1	12,2	17,1		57,8	7,2	8,9
10	639	12,2	15,8	12,5	55,0						72,1	7,2	7,2
12	439	12,8	18,4	11,7	46,7	200	3,3	14,4	15,3		79,1	6,6	3,5
14	439	13,2	18,5	11,7	54,4						86,8	6,2	3,9

Vol = volumen en m³/ha sin corteza hasta 10 cm

N = Número de árboles por hectárea

H = Altura total promedio en m

D = Diámetro a 1,3 m en cm

Fuente: Hughell, (1991).

G = Área basal en m²/ha

V.Acum = volumen acumulado (árboles remanentes más árboles extraídos)

IMA = Incremento medio anual en volumen

ICA = Incremento corriente anual

Cuadro 7. Ambito de las variables utilizadas en la generación del modelo preliminar de rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. en América Central.

Variable	Ambito		
	Promedio	Mínimo	Máximo
E = edad (años)	6,5	1,0	20,7
NP = N plantado (N/ha)	1904,0	251,0	2654,0
NV = N vivo (N/ha)	1427,0	121,0	2500,0
SV = supervivencia (%)	77,0	11,0	100,0
D = dap (cm)	16,1	2,7	41,6
H = altura media (m)	11,7	1,4	25,7
Hd = alt. dominante (m)	13,6	2,3	30,3
IS = índice de sitio (m)	19,1	9,6	18,6

NP = número de árboles plantados (N/ha)

NV = número de árboles vivos (N/ha)

D = dap cuadrático (cm)

Fuente: Hughell, (1991).

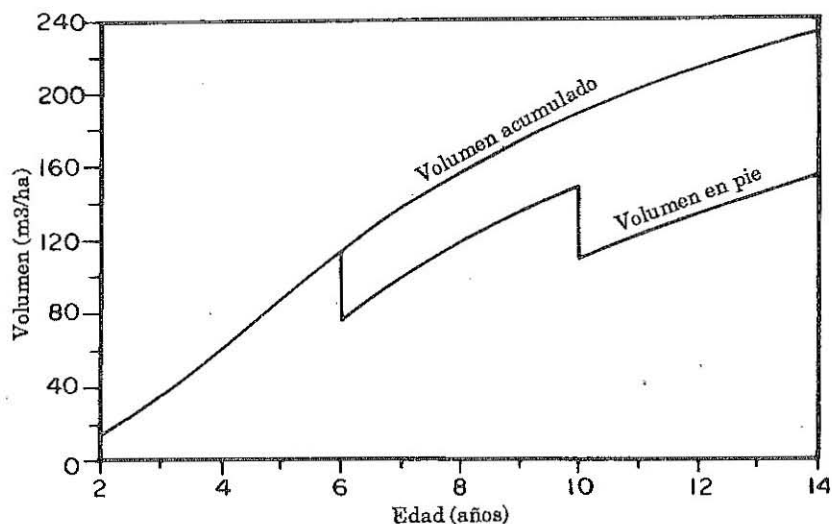


Figura 18. Rendimiento en volumen de la masa remanente y volumen acumulado sin corteza hasta 10 cm, para *Gmelina arborea* Roxb. en un índice de sitio promedio (IS = 21), en América Central. Fuente: Hughell, (1991).

Para la determinación del turno, cada año se analiza el estado de la plantación y se calcula el o los indicadores que corresponda, según el criterio seleccionado.

En el caso de plantaciones para producir leña, por ejemplo, se usa el turno de máxima producción en volumen, que se alcanza cuando se ha maximizado el incremento medio anual (IMA), que es la relación entre el volumen total producido, incluyendo los raleos y la edad:

$$\text{IMA} = \frac{\text{volumen}}{\text{edad}}$$

Esto sucede cuando el IMA se iguala numéricamente con el incremento corriente anual, ICA.

Por su parte, el ICA es la relación entre el incremento del volumen en un período, respecto a ese período de tiempo, por lo que también se llama incremento periódico, la fórmula de cálculo es:

$$\text{ICA} = \frac{\text{incremento en volumen}}{\text{período de tiempo}}$$

La edad a la que se alcance el turno, dependerá de la velocidad de crecimiento de los árboles, en los mejores sitios el turno se alcanza antes que en los de menor calidad. Según este criterio para Melina, los turnos de máxima producción en volumen, para los sitios 28, 21 y 14, se alcanzan entre los ocho y los 12 años (Cuadro 6).

Cuando el objetivo de la plantación es producir madera para aserrío, por ejemplo, se usa el turno tecnológico, éste se alcanza cuando se ha maximizado la producción de madera de ciertas dimensiones. Se usan los mismos indicadores que en el caso anterior (IMA e ICA), pero se calcula el volumen, tomando en cuenta únicamente la madera que cumpla con los requisitos específicos.

En los ejemplos anteriores, se determinó la edad de corta tomando en cuenta la producción en volumen. Esto puede ser más importante para quien compra la madera o la leña, que para quien la produce. Existe la posibilidad de determinar el turno, tomando en cuenta los aspectos económicos de la producción, esto permite

maximizar los ingresos del productor. Para la determinación de este turno, Valor Potencial del Suelo (VPS), se estima en qué momento se maximiza la diferencia de los ingresos y los costos, ambos actualizados a una tasa de descuento determinada.

Otro indicador financiero es la Tasa Interna de Retorno (TIR), que indicará a qué edad la plantación paga la tasa de interés más alta.

Desde el punto de vista financiero, existe una edad óptima, en cada plantación, para hacer la cosecha final. Se debe llevar un registro de los costos y de las mediciones del volumen del rodal y de los raleos, para calcular su valor y determinar así el monto de los ingresos actualizados. La tasa de descuento debe ser comparable con la tasa que pagan los bancos por los depósitos de dinero.

Como cada plantación tiene características particulares, respecto a los costos de establecimiento y manejo y respecto al precio de venta de los productos, es difícil generalizar sobre los indicadores financieros. Un tema de investigación a desarrollar en el futuro, será la determinación de costos y beneficios reales en plantaciones de esta especie, esto permitirá la determinación de turnos financieros.

Comentario final

Indudablemente la Melina se ha convertido en una especie con gran potencial para la reforestación en el trópico americano y por lo tanto, se requiere de una mayor investigación.

Tomando como base los conocimientos expuestos en esta guía, se puede decir que las áreas que requieren mayor investigación, dentro del ámbito de la silvicultura son: a nivel de vivero, la siembra directa y el control de plagas y enfermedades y a nivel de plantación, la siembra directa en el campo, la fertilización y los regímenes de raleo más adecuados. Es necesario establecer y medir parcelas con raleos para mejorar y validar las tablas de rendimiento existentes.

Al igual que en las demás especies utilizadas para reforestación, es urgente continuar la investigación hacia las áreas de aprovechamiento e industrialización de la madera, empezando con la madera de pequeñas dimensiones.

En la medida en que las instituciones nacionales se unan, en un esfuerzo común, para resolver estos problemas, en esa medida se podrá contar con guías silviculturales cada vez más completas.

BIBLIOGRAFIA

- ARAYA, C.; HILJE, L.; SCORZA, F.; VIQUEZ, M. 1989. Programa interinstitucional de protección forestal: informe anual 1989. San José, C.R., PIPROF. 83 p.
- ARGUEDAS G., M.; ARAYA, C.M. 1990. Patología forestal: principales enfermedades forestales en Costa Rica. *In* Plagas y enfermedades en Costa Rica. Cartago, C.R., Cenecoop R.L. p. irr.
- ARIAS, D.; CAMPOS, N. 1988. Planificación de Aclareos en Plantaciones de *Gmelina arborea* en Costa Rica. Basada en la Metodología de Densidad del Rodal, (IDR). ITCR. Nota Técnica no.2. 6 p.
- ARAYA, R.S.; HAQUE, M.S. 1982. Grafting and budding in Yemane (*Gmelina arborea* Roxb). *Indian Forester* (India) 108(7):497-500.
- BOLSTAD, F.V.; BAWA, K.S. 1982. Self incompatibility in *Gmelina arborea* L. (Verbenaceae). *Silvae Genetica* (Alemania) 31(1):19-21.
- BOWEN, M.R.; EUSEBIO, T.V. 1982. Seed handling practices: four fast growing hardwoods for humid tropical plantations in the eighties. *The Malaysian Forester* (Malasia) 45(4):534-547.
- BOWEN, M.R.; EUSEBIO, T.V. 1983. *Gmelina arborea*: flowering and seed studies (Abstract). FAO. Forest Genetic Resources Information no. 12. 28 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 79. v2, 724 p.
- _____. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 86. 277 p.

- CORDOBA F., R. 1990. Propiedades físico-mecánicas y secado natural de dos especies forestales de plantación. Melina (*Gmelina arborea*) y Laurel (*Cordia alliodora*). Cartago, C.R., ITCR. s.p.
- _____. 1990. Propiedades físico-mecánicas y características de secado y preservación para trozas residuales de Caobilla, Cativo y Fruta Dorada y raleos de Melina. Cartago, C.R., ITCR. s.p.
- DAWKINS C., G.E. 1919. Yemane (*Gmelina arborea*) in Upper Burma. *Indian Forester (India)* 65 (10):505-519.
- FERNANDEZ V., S. 1978. Comportamiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. asociado con maíz (*Zea mays* L.) frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos espaciamientos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 125 p.
- FOX J., E.D. 1967. The growth of *Gmelina arborea* ROXB. (Yemane) in Sierra Leone. *Commonwealth Forestry Review (G.B.)* 46(1):138-144.
- GREAVES, A. 1981. *Gmelina arborea*. *Forestry Abstracts (G.B.)* 42(6):237-251.
- HUGHELL, D. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. en América Central. *Silvoenergía (C.R.)* no. 44:1-4.
- HUGHES, J.F.; ESAN, D. 1969. Variation in some structural features and properties of *Gmelina arborea*. *Tropical Science (G.B.)* 11(1): 23-37.
- HUTCHINSON, I. 1987. Manejo de Rebrotos para el Uso Múltiple. Turrialba, C.R., CATIE. 17 p.
- HILJE Q., L. 1990. Datos Sobre los Animales que son Plagas Forestales en Costa Rica. *In* Plagas y enfermedades en Costa Rica. Cartago, C.R., Cenecoop R.L. p.irr.
- INDEX KEWENSIS. 1946. Comp. por B.D. Jackson. Londres, G.B., Oxford University Press. 1268 p.

- KAMIS, A.; MOHD A., M.G. 1984. Initial Performance of *Gmelina arborea* Roxb. and *Acacia mangium* Willd. Under Plantation Conditions. *The Malaysian Forester* (Malasia) 47(4):255-262.
- KEIDING, H.; LAURIDSEN, E.B.; WELLEN D., H. 1984. Evaluation of a series of teak and *Gmelina* provenance trials: selection of traits, assessment and analysis of observations. In *Joint Work Conference and Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees* (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings Ed by R.D. Barnes and G.L. Gibson. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute. p.30-38
- LAMB A., F.A. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en tierra baja tropical: *Gmelina arborea*. *Boletín Instituto Forestal Latinoamericano* (Ven.) no.33/34:21-34.
- LAURIDSEN, E.B. 1986. *Gmelina arborea*, Linn. Danida Forest Seed Centre. Seed Leaflet no.6. 31 p.
- MARTINEZ H., H.A. 1986. Silvicultura de algunas especies de árboles de uso múltiple. *El Chasqui* (C.R.) no. 12:4-11.
- MENDOZA, V. B.; GLORI, A.V. 1976. Fertilitation of yemane (*Gmelina arborea*) in Carranglan, Nueva Ecija. *Sylvatrop* (Filipinas) 1(2):138-141.
- MERAYO, O.; MURILLO, O. 1990. Establecimiento de rodales semilleros de *Tectona grandis* y *Pochota quinatum* en la Península de Nicoya, Guanacaste ITCR. Informe Técnico. 132 p.
- MESEN, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 156. 42 p.
- NIEMBRO R., R.A. 1983. Estructura y clasificación de semillas de especies forestales mexicanas. In *Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales* (1983, Méx.). Subsecretaría Forestal/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (Méx.) Pub. Esp. no.40. p. 77-119.
- OBANDO, G. 1989. Construcción de Modelos Matemáticos de Clasificación de Sitios para la Especie *Gmelina arborea* (L) Roxb., Aplicables a la Zona Pacífico Sur de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R., ITCR. 118 p.

- OJENIYI, S.O.; AGBEDE, O.O. 1980. Agronomic assesment of taungya system of the effect of inter-planting *Gmelina arborea* with food crops. Turrialba (C.R.) 30(3): 290-293.
- OJENIYI, S.O.; AGBEDE, O.O. 1980. Effect of interplanting *Gmelina arborea* with food crops on soil condition. Turrialba (C.R.) 30(3): 268-271.
- OKORO, O.O. 1978. Preliminary studies on flower and fruit development in *Gmelina arborea* Roxb. Proc flower and seed development in trees: a symposium. Miss., EE.UU., Mississippi State University. 5 p.
- PALMER, E. R. 1973. *Gmelina arborea* as a Potential Source of Hardwood Pulp. Tropical Science (G.B.). 15(3):243-259.
- PEH, T.B.; KHOO, K.C. 1984. Timber properties of *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Paaraserianthes falcataria* and their utilization aspects. The Malaysian Forester (Malasia) 47 (4): 285-303.
- RAMIREZ, M.R. 1989. Uso y manejo de árboles de uso múltiple en áreas selectas de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago. C.R., ITCR. [204] p.
- RODRIGUEZ, E. 1985. *Gmelina arborea*, Especie Promisoria para Producción de Madera de Uso Rural e Industrial en Hojancha, Costa Rica. In: Técnicas de Producción de Leña en Fincas Pequeñas y Recuperación de Sitios Degradados por Medio de la Silvicultura Intensiva (1985, Turrialba, C.R.). [Actas de los Simposios]. Ed. por R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. p 199-217.
- RODRIGUEZ, E. 1986. Guía para el establecimiento de almácigos de *Gmelina arborea*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie informativa. Tecnología Apropiada. no. 14. 20 p.
- RODRIGUEZ, E.; MURILLO, O. 1986. Almácigos forestales. Establecimiento y manejo. Cartago. C.R., ITCR. 71 p.
- ROSERO, P. 1979. Ensayo taungya: *Gmelina arborea* en el CATIE. In Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina (1979, Turrialba, C.R.). Actas. Ed. por G. de las Salas. Turrialba, C.R., CATIE. p 203-204.

- SABADO, E.Q.; ASUNCION, P.C. 1970. Study on direct seeding *Gmelina arborea* Roxb. in Magat. Bureau of Forestry (Philippines) Research Note no. 77. 2 p.
- SALAZAR F., R. 1988. Observaciones preliminares sobre el comportamiento de la melina en el trópico americano. Turrialba, C.R., CATIE. 20 p. (Presentado a la 16. Reunión COFLA, Kingston, Jamaica, 1988).
- SALAZAR F., R. 1990. Efecto de la Poda en el Crecimiento y Forma de *Gmelina arborea* en Costa Rica. In Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Forestales con Especies de Uso Múltiple (1990, Guatemala). Actas de la Reunión IUFRO. Ed. por R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. p. 221-231.
- 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.
- WONG, C.Y.; JONES, N. 1986. Improving tree form through vegetative propagation of *Gmelina arborea*. Commonw. For. Rev. (G.B.) 65(4): 321-325.
- ZAKARIA, I.; ONG, T.H. 1982. Vegetative propagation of Yemane (*Gmelina arborea*) by stem cuttings. Malaysian Forester (Malasia) 45(2):282-284.

PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA*

JEFATURA

Rodolfo Salazar, Ph.D.
Douglas Asch, Sr.

Líder Regional
Administración

SILVICULTURA

Miguel Musálem, Ph.D.
David Hughell, M.Sc.
William Vásquez, M.Sc.
Luis Ugalde, Ph.D.

Silvicultor Principal
Modelación
Silvicultura
Manejo de Información

SOCIOECONOMIA

Thomas McKenzie, M.Sc.
Dean Current, M.Sc.

Economista Principal
Socioeconomía/Manejo de
Información
Economía
Economista Asistente

Carlos Reiche, M.Sc.
Manuel Gómez, M.Sc.

EXTENSION

Carlos Rivas, M.Sc.
Ana Loaiza, Bch.
Elí Rodríguez, Lic.

Extensionista Principal
Diseño Gráfico
Editor

PAISES

GUATEMALA

Carlos Figueroa, M.Sc.
Eberto de León, Lic.

Coordinador Nacional
Economía

HONDURAS

Rolando Ordóñez, Das.

Coordinador Nacional

EL SALVADOR

Hugo Zambrana, M.Sc.
Modesto Juárez, M.Sc.

Coordinador Nacional
Economía

COSTA RICA

Carlos Navarro, M.Sc.
Fabián Salas, Ing.

Coordinador Nacional
Economía

PANAMA

Blás Morán, Ing.

Coordinador Nacional

* Madeleña es un proyecto de investigación, capacitación y diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador y DIGEBOS de Guatemala, con la coordinación regional del CATIE.

**Publicación del Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple
MADELEÑA/CATIE/ROCAP 596-0117**

Editor : Elí Rodríguez
Montaje de Artes Finales : Ana Loaiza
Levantado de Texto : Marcia Pacheco
Carlos Solano

**Impreso en Litografía e Imprenta LIL S.A.
el mes de agosto de 1991**

Edición de 1000 ejemplares