

Manual de cultivo de melina

(*Gmelina arborea* Roxb) en ciclo corto

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



ITTO
ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL
DE LAS MADERAS TROPICALES

Olman Murillo | Mario Guevara | Yorleny Badilla | Edwin Esquivel

Febrero 2025

ISBN Obra independiente: 978-9930-617-69-4

674.1097286

M977m Murillo-Gamboa, Olman

Manual de cultivo de melina (*Gmelina arborea* Roxb) en ciclo corto / Olman Murillo-Gamboa, Mario Guevara-Bonilla, Yorleny Badilla-Valverde, Edwin Esquivel-Segura -- 1 edición. -- Cartago, Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2024.

56 páginas : ilustraciones, fotografías, gráficos

Referencias bibliográficas

ISBN: 978-9930-617-69-4

1. Plantaciones de melina 2. Manejo de plantaciones 3. Encalado de suelos
4. Fertilidad del suelo 5. Acidez del suelo I. Guevara-Bonilla, Mario, creador, II.
Badilla-Valverde, Yorleny, creadora, III. Esquivel-Segura, Edwin, creador IV. Título.

Comité Editorial, Escuela de Ing. Forestal

Luis Acosta Vargas

Ruperto Quesada Monge

Dorian Carvajal Vanegas

Foto portada y contraportada:

Yorleny Badilla Valverde

Contenidos

Introducción.....	1
Establecimiento del cultivo de melina	2
Evaluación inicial del sitio a plantar	2
Estado de la fertilidad del suelo.....	3
Espaciamiento inicial	5
Preparación del sitio para el establecimiento de la plantación	6
Limpieza del sitio.....	6
Corrección de la acidez	9
¿En qué consiste el encalado?.....	9
Beneficios del encalado.....	10
Tipos de materiales encalantes.....	11
Métodos y épocas de aplicación de la cal.....	11
Pasos para un correcto encalado	13
Cálculo de dosis de encalado	13
Ejemplo de aplicación.....	14
¿Cómo se debe plantar los árboles?.....	16
Evaluación de la calidad del establecimiento	18
Fertilización en plantaciones ya establecidas	21
Mantenimiento y manejo de la plantación.....	23
Control de malezas	23
¿Cuándo y con qué frecuencia realizar el control de malezas?..	23
Formas de controlar malezas	24
Niveles de control	25

La poda	26
Manejo de plagas y enfermedades	31
Principales plagas en el cultivo de melina.....	31
Marchitamiento de la melina.....	36
Aprovechamiento de plantaciones de turno corto	39
Manejo de rebrotes	41
Costos de producción.....	43
Crecimiento esperado de los árboles	46
Producción esperada de una plantación	47
Uso y comercialización de la madera.....	49

Introducción

La melina es una de las especies forestales más utilizadas en la reforestación comercial en Costa Rica desde su introducción a mediados de los años 60. Poco a poco se fue consolidando como una de las especies más cotizadas en el mercado nacional, principalmente por las bondades de su madera que se caracteriza por ser de fácil trabajabilidad y gran versatilidad de uso. Actualmente es la especie de mayor importancia en el mercado de materiales para embalaje, tarima, entre otros. Su rápido crecimiento en plantación, en sistemas agroforestales y su alta tasa de producción de biomasa, permite que sea considerada como una de las especies de mayor utilización en inversión comercial forestal del país.

Han pasado 20 años desde que se produjo el último manual técnico para productores de melina en el país (Rojas *et al.* 2004). El avance en el desarrollo de nuevas técnicas de plantación, de manejo y de los programas de mejoramiento genético, han permitido que hoy día se cultive de manera clonal en ciclos desde 4,5 a 6 años dependiendo de la región del país, con una alta productividad que podría alcanzar los 200 m³/ha o 70 000 pulgadas madereras ticas (Quirós 2015, Hernández *et al.* 2021).

Por tanto, este manual se produce con el objetivo de proporcionar al productor una guía técnica actualizada sobre cómo cultivar la melina clonal y orientarlo sobre la producción de madera esperada y su potencial comercial.

Establecimiento del cultivo de melina

Evaluación inicial del sitio a plantar

¿Para qué sirve?

Esta primera etapa en el proceso de producción sirve para conocer cuáles son los requerimientos del cultivo y cuáles son las condiciones agroecológicas con que se cuenta en términos de clima y suelo, todo esto para poder identificar los factores limitantes y tomar decisiones. Un buen diagnóstico implica no sólo hacer un recorrido por el sitio a plantar sino también buscar información adicional ya sea en documentos escritos o dada por las personas del lugar.

¿Qué se debe hacer?

1. Identificar cuáles son los requerimientos del cultivo en cuanto a condiciones climáticas y de suelo.
2. Recorrer el sitio para la observación del lugar y toma de muestras según sea necesario.
3. Determinar la fertilidad del sitio en donde se establecerá la plantación.
4. Identificar cuáles son los factores limitantes del sitio para determinar la capacidad de uso del suelo.

Factores limitantes para el desarrollo de plantaciones de melina

La melina es una especie tolerante a suelos con baja fertilidad, ácidos y compactados (Hernández *et al.* 2021), sin embargo, es sensible a sitios con dificultad de drenaje o encharcamiento, que preferiblemente deberán ser excluidos para plantar. Sin embargo, en caso de poderse realizar obras de drenaje, se podría habilitar y ampliar este tipo de sectores para su plantación.

Estado de la fertilidad del suelo

Para la determinación de la fertilidad de un suelo previo al establecimiento de la plantación, el primer paso que debe realizarse es un muestreo del suelo.

Una buena muestra permitirá tener información certera sobre el sitio a plantar y conocer si existen limitantes y las posibles formas de mejora conociendo la importancia de esta fase, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para la toma correcta de una muestra de suelos.

Se debe recorrer el sitio a plantar y dividirlo en áreas o lotes de muestreo con características similares. Se establecen lotes diferentes cuando hay variaciones en la topografía (sitio plano y sitio en pendiente), edades diferentes o cuando hay límites naturales como una quebrada o río.

En cada lote, se debe tomar entre 16 y 20 submuestras de suelo a dos profundidades (0 a 20 cm y 20 a 40 cm) para luego combinar todas las submuestras de una misma profundidad en una muestra compuesta que se llevará al laboratorio de suelos. Una sola muestra compuesta puede representar entre 1 y 20 ha de extensión, siempre y cuando estas sean homogéneas.

Para el muestreo se debe contar con un palín o un barreno y dos baldes o bolsas grandes identificadas con cada una de las profundidades de muestreo.

Para el muestreo de cada lote debe:

- Limpiar la zona donde va a tomar cada submuestra de suelo, eliminando la vegetación existente (Figura 1.1 y 1.2).
- Con el palín o barreno tomar una muestra de 0 a 20 cm de profundidad y otra muestra separada de 20 a 40 cm. Colocar cada una de las submuestras de forma separada en el balde o bolsa respectiva (Figura 1.3).
- Recorrer todo el sitio para tomar de 16 a 20 submuestras por lote.

En cada lote, una vez que se han tomado todas las submuestras se procede a mezclar bien el contenido de cada balde o bolsa. Esa mezcla se divide en cuatro partes, que es lo que se conoce como “cuarteo”; una de las cuatro partes será la muestra compuesta que es la que se envía al laboratorio para análisis. Esta debe ser de entre 0,5 y 1 Kg (Figura 1.4).

Cada muestra compuesta se debe colocar en una bolsa plástica y se debe rotular indicando la fecha de muestreo, la profundidad, el sitio de donde procede y el cultivo que hay presente (Figura 1.5 y 1.6).



Figura 1. Paso para una correcta toma de muestras de suelo en plantaciones forestales.

1. Limpieza de la zona que va a extraer la muestra.
2. Extraer la muestra con el barrero o pala.
3. Colocar las submuestras en una bolsa o balde.
4. Cuarteo de las submuestras.
5. Colocar la muestra compuesta en una bolsa.
6. Rotular la muestra.

Espaciamiento inicial

Actualmente la melina se planta con densidades menores a los 1000 árboles por hectárea. Entre los espaciamientos más utilizados se encuentran el 4 x 3 m, 4 x 3,5 m y el 4 x 4 m. El mejor espaciamiento será aquel que maximice la productividad ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$) e ingresos (primer raleo + cosecha final), aumente calidad de fuste (tronco recto, menor ramificación, minimice rama gruesa, produzca copa más estrecha) y simultáneamente, reduzca los costos de manejo (principalmente en el control de malezas) y reduzca el tiempo de cosecha.

Espaciamiento ideal = productividad (+), calidad de fuste (+),
ingresos (+), costos (-), tiempo (-)

El espaciamiento que se vaya a utilizar debe evitar un primer raleo muy temprano o antes de los 3 años, que por lo general son de baja rentabilidad. Además, se debe considerar si se utiliza un diseño rectangular o un diseño en tres bolillo.

Si se desea establecer algún cultivo agronómico como lo puede ser frijol, yuca, maíz o plátano, se recomienda utilizar espaciamientos anchos (principalmente en las calles). Algunos productores han plantado a 5 m entre calles y a 3 m entre árboles dentro de la calle o línea de siembra (5 m x 3 m). Con este sistema se plantan 667 árboles por hectárea y permite trasladar el primer raleo hasta el año 3 o 3,5 años para alcanzar un mejor diámetro, especialmente válido en la zona norte o el Pacífico del país. En el Caribe o en otras regiones del Pacífico Sur con alta precipitación y sin un período seco definido, se ha experimentado con espaciamientos de 6 m x 3 m, que permite plantar 555 árboles por hectárea con un rápido crecimiento del diámetro. En estas condiciones el diámetro crecerá a un ritmo más acelerado, que permite realizar un raleo comercial al año 2,5 o 3 y se cosechará entre el año 4,5 o 5, dependiendo del diámetro final deseado. Este sistema de amplio espacio entre calles tiene sentido cuando hay oportunidad de establecer algún cultivo agrícola como frijol, maíz, yuca, etc. durante el primer año, que contribuirá con el control de malezas y la fertilización, así como generar un ingreso extra.

Preparación del sitio para el establecimiento de la plantación

Una adecuada preparación de sitio es necesaria para garantizar un buen crecimiento inicial de los árboles. Entre las labores más importantes se encuentran la limpieza inicial del sitio, la construcción de caminos y drenajes (cuando sea necesario) y la preparación del suelo a través de métodos que pueden ser manuales, químicos y/o mecánicos.

Limpieza del sitio

Cuando el sitio de reforestación posee arbustos, malezas u otro tipo de vegetación que imposibiliten plantar los árboles, es necesario una intervención bien planificada, que puede incluir labores de eliminación de árboles remanentes, troncos o toda clase de residuos de otros cultivos o malezas. La limpieza de un sitio se puede realizar de forma manual, mecánica, química o mediante la combinación de las anteriores. La selección del método de limpieza dependerá del área y pendiente del terreno, de la disponibilidad de mano de obra y/o maquinaria y del presupuesto disponible.

El control inicial de malezas al momento del establecimiento de plantaciones tiene como objetivo eliminar la competencia por luz, agua, espacio y nutrientes, que serán esenciales para los árboles al momento inicial de plantación. Con un adecuado planeamiento de esta actividad se puede lograr que la plantación se mantenga limpia de malezas durante más de dos meses. Adicionalmente, la construcción de drenajes primarios y secundarios se emplea en sitios con excesiva humedad, ya que el agua no puede encharcarse alrededor del árbol.



Figura 2. Cultivo de melina en franjas de 6 m de ancho con buena preparación inicial del terreno en sistemas de producción con ganadería, zona norte de Costa Rica.

Preparación del suelo

Una de las técnicas que se utilizan cuando se quieren mejorar las limitaciones físicas de un suelo es la preparación mecanizada o labranza. Los objetivos de esta actividad buscan mejorar la estructura del suelo, reducir la densidad aparente o compactación, mejorar la aeración, el movimiento superficial e interno del agua, e inclusive mejorar la disponibilidad de nutrientes. A pesar de sus grandes beneficios no todos los suelos pueden ser mecanizados; por ejemplo, sitios con pendiente mayor a 25-30%. Por tal motivo una evaluación previa de las condiciones del sitio es fundamental para la toma correcta de decisiones en preparación del terreno.

Las actividades de labranza utilizadas en plantaciones forestales varían desde la preparación del suelo en profundidad con el uso de subsoladores de hasta 90 cm, hasta una labranza menor que utiliza rastra de discos o arado de cincel. Algunas empresas han incursionado en la construcción de camellones o lomillos, que son comunes en cultivos agrícolas para facilitar la salida del agua. Esta técnica busca crear un ambiente adecuado para el desarrollo radicular ya que mejora la aireación, la disponibilidad de nutrientes, aumenta el volumen de suelo disponible y reduce el riesgo de encharcamiento.



Figura 3. Acordonamiento de residuos y labranza vertical del suelo en sitio para el cultivo de melina, Zona Norte.

Una mala ejecución de mecanización podría generar efectos adversos como aumento en los procesos de erosión o alteración de las propiedades físicas del suelo y hasta una degradación del perfil del suelo. Como buena práctica, se debe preparar el terreno en dirección transversal a la pendiente para reducir la velocidad del agua y su efecto erosivo. El principio es promover técnicas que favorezcan la conservación del suelo.

En terrenos con pendientes fuertes o superiores al 20%, es recomendable la construcción de cajones o gavetas rectangulares, en forma perpendicular a la pendiente, con las que se espera se logre reducir la velocidad del paso del agua.

El uso de la hoyadora o perforadora manual individual, ha permitido un grado de preparación importante alrededor del árbol, de gran valor en aquellos sitios donde no es posible realizar una preparación mecanizada del suelo. Con estos equipo se logra crear un cilindro de suelo suelto alrededor del arbolito, que puede alcanzar 30 a 40 cm de profundidad y 15 a 20 cm de diámetro.

Corrección de la acidez

La acidez del suelo es uno de los problemas más comunes en suelos tropicales y en zonas de alta precipitación. La acidez se determina mediante el análisis químico del suelo, donde se registra por lo general como una saturación de aluminio ($> 20\%$) o un pH con valores $< 5,5$. Existen otras causas de la acidez del suelo que se pueden consultar en documentos especializados (Alvarado & Raigosa (2012), capítulo 7, 163-181). La acidez produce un fenómeno químico que impide que la planta pueda adsorber los nutrimentos del suelo aun cuando estén presentes, con lo cual afecta directamente el crecimiento y hasta la calidad de los árboles. La acidez excesiva se expresa en un menor volumen comercial y en una disminución de la ganancia para el productor. Para corregir el problema de suelos ácidos se utiliza la técnica del encalado.

¿En qué consiste el encalado?

El encalado es el método más común y efectivo para corregir suelos con pH inferiores a 5,5 y que presentan problemas de acidez. Consiste en la aplicación o incorporación de enmiendas calcáreas, como por ejemplo el carbonato de calcio (figura 4). Las fuentes carbonatadas tienen un efecto residual prolongado de hasta 1 o más años, con las que se busca lograr neutralizar la acidez y mejorar la adsorción de nutrimentos por parte de los árboles. La aplicación de cal también aporta calcio como elemento muy requerido por la melina.

El uso del encalado para la corrección de la acidez del suelo debe considerar varios factores como: pH del suelo, tipos de cal, tamaño de la partícula del material encalante, solubilidad, método de aplicación, época correcta de aplicación y dosis.



Figura 4. Encalado en la banda de siembra en plantaciones de melina, región caribe de Costa Rica, Foto Rony Brenes, Grupo Acón.

Beneficios del encalado

1. Neutraliza la acidez del suelo y aumenta el valor del pH a niveles adecuados para el cultivo de árboles, evitando así problemas de toxicidad y deficiencias nutritivas.
2. Mejora la disponibilidad de nutrientes como fósforo, potasio y molibdeno en el suelo para que puedan ser utilizados por los árboles.
3. Aumenta la capacidad del suelo de retener elementos nutritivos para la plantación.
4. Mejora la actividad y desarrollo de la macro y microfauna responsables de descomponer la materia orgánica del suelo.

Tipos de materiales encalantes

Entre los tipos de cal más comunes y de mayor facilidad de adquisición en el mercado se encuentra

1. Carbonato de calcio: es el producto más común y generalmente el de menor costo. Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones ácidas (contiene un máximo de 40% de Calcio).
2. Cal Dolomita (con magnesio): incluye magnesio además del calcio, se importa y tiene un costo mayor en el mercado. Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones ácidas (contiene entre 2 a 13% de Magnesio).
3. Óxido de calcio: se conoce como cal viva, reacciona con agua formando cal hidratada.
4. Sulfato de calcio: se conoce como yeso. Penetra mejor en el horizonte del suelo y logra un efecto de mayor plazo.
5. Cal líquida: penetra mejor en el horizonte del suelo y reacciona mucho más rápido que otros productos. Es un producto de mayor costo y por su presentación es de más fácil transporte que otros tipos de cal más tradicionales.

Es importante contemplar el costo de cada tipo de cal y saber que a pesar de la diversidad no siempre es bueno aplicar el mismo tipo y no siempre la más cara es la mejor. Adicionalmente la solución de encalado de una finca vecina puede ser diferente en la plantación que desarrollamos, por lo que es importante escuchar la recomendación técnica.

Métodos y épocas de aplicación de la cal

La cal se puede aplicar de varias formas, entre ellas están alrededor del árbol (rodajea), en la línea de los árboles (banda) o en la totalidad del terreno como se muestran en las Figura 5. La forma más efectiva de aplicación de cal es la incorporación en los primeros 15-20 cm de suelo, con el propósito de asegurar una buena penetración y contacto máximo del producto con la capa arable del suelo. En la mayoría de los casos la cal se aplica al menos un mes antes de plantar los árboles, con el propósito de lograr que la reacción de neutralización de la acidez ya haya ocurrido al momento de plantar los árboles. Algunas organizaciones

realizan el encalado de manera mecanizada al mismo tiempo en que se prepara el terreno, con lo que se logra una mayor penetración del producto en el horizonte del suelo.

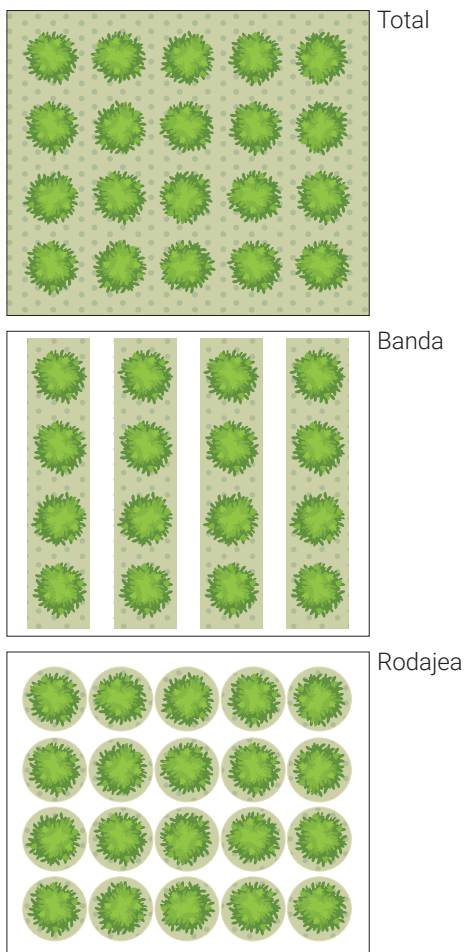


Figura 5. Métodos de aplicación de cal en plantaciones forestales.

Pasos para un correcto encalado

1. Para encalar se debe realizar previamente un análisis de suelo del sector a plantar.
2. Basado en el análisis de suelo y en el presupuesto disponible, se decide cuál material encalante y dosis se aplicará. Para saber cuál es la dosis óptima de cal por hectárea es indispensable consultar a su profesional forestal.
3. Antes de aplicar la cal, el terreno deberá estar limpio para evitar beneficiar a las malezas e impedir que vayan a competir con el crecimiento inicial de los árboles.
4. Se debe seleccionar la forma de aplicación de la enmienda (alrededor de la rodajea del árbol, a lo largo de la banda de siembra, etc) para lograr un buen rendimiento del o los operarios de campo, con el menor costo posible.
5. Aplicar la dosis correspondiente teniendo cuidado de no humedecer la cal.

Cálculo de dosis de encalado

Existen distintas fórmulas para calcular la cantidad de cal necesaria que se debe aplicar para corregir problemas de acidez. El criterio más utilizado actualmente para calcular la dosis adecuada es utilizar una fórmula basada en el porcentaje de saturación de acidez, que fue adaptada del cultivo de café.

La fórmula se resume de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \text{ de material encalante} = \frac{1,5 (\%SA - RAS) \times CICE}{PRNT}$$

Donde

%SA = Porcentaje de saturación de acidez que se obtiene del análisis de suelos. Si no está en el reporte del suelo se puede estimar de la siguiente manera: %SA = (acidez/CICE)*100

CICE = suma de las bases más la acidez (Ca+Mg+K) + Acidez intercambiable (Al+H)

RAS = Porcentaje de saturación de acidez deseado o tolerado por el cultivo.

PRNT = Poder relativo de neutralización total del material encalante.

Ejemplo de aplicación

En un sitio en Pital de San Carlos (Zona Norte) se estableció una plantación clonal de melina, donde el análisis de suelo correspondiente se muestra a continuación.

Cuadro 1. Resultados del análisis químico completo del suelo en Pital de San Carlos, zona norte de Costa Rica.

Análisis químico de suelos													
Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
KCl-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
PITAL - 0-20 cm. S-17-08563		5,0	1,56	2,87	1,60	0,22	6,25	25	1	2,9	11	187	154

Con base en el análisis de suelo se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación del problema o grado de acidez. Como se ve en el análisis de suelos el sitio registró un pH ácido (5,0), el porcentaje de saturación de acidez (SA%) es alto (25 %) y la acidez es mayor al máximo recomendado (1,56), por lo que se necesita realizar una corrección de la acidez.

Paso 2. Definición del material encalante a utilizar: Para este caso en particular el valor de calcio (Ca) es menor al mínimo recomendado, mientras que el valor de magnesio (Mg) es superior al valor recomendado. Por tal motivo se recomienda aplicar carbonato de calcio, cuyo producto registra un PRNT de 84,8%.

Paso 3. Definición del porcentaje de saturación de acidez deseado (RAS). De acuerdo con Molina y Alvarado (2012) un porcentaje de saturación de acidez del 10% es adecuado para el establecimiento de plantaciones de melina.

Paso 4. Aplicación de la fórmula

$$\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \text{ de material encalante} = \frac{1,5 (25 - 10) \times 6,25}{84,8}$$

$$\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \text{ de material encalante} = 1,65$$

Se requiere aplicar 1,65 toneladas de cal para disminuir el porcentaje de saturación de acidez de un 25% a un 10%. Dependiendo del método de aplicación, así se deberá analizar la cantidad de cal por aplicar. Si se aplica por ejemplo, 100 g al fondo del hoyo y alrededor en la rodajea, se requiere en total 715 árboles/ha x 100g = 71,5 k de producto. Por lo general, la cal se compra en presentaciones de 45k, entonces se requerirá comprar 2 sacos de cal.

Si la cal se aplica en la banda de siembra con un metro de ancho. Se asume que en una hectárea imaginaria plantada a 4 x 3,5m de distancia habrá 100/4m = 25 callejones de 100 m de largo. Entonces 25 bandas x 1m de ancho x 100 m de fondo = 2500 m² de superficie, que equivale a un 25% de una hectárea. Por tanto, si la recomendación es la de aplicar 1,65 Ton/ha (10 000 m² de superficie), se necesitará un 25% de ese valor, que corresponde con 1,65/4 = 0,4 Ton o 400 k de cal. Si la cal se oferta en sacos de 45 k, entonces se necesitará comprar 9 sacos de cal.

El encalado no debe superar 1,5 ton/ha en la primera aplicación y debe realizarse al menos un mes antes de iniciar con el programa de fertilización. La aplicación de la enmienda se debe realizar con el suelo húmedo, pero evitando periodos de fuertes aguaceros que causen escorrentía superficial y que laven el producto.

Finalmente, el tipo de cal cambiará el PRNT por lo que es importante revisar la especificación técnica, ya que podría variar si se cambia el tipo de cal (mayor o menor granulometría principalmente). Por lo general, entre más fina sea la cal se obtendrá una velocidad de reacción mayor y una mejor penetración del producto en el perfil del suelo.

La frecuencia de aplicación de la cal es otro elemento importante para decidir, ya que puede variar en relación con el tipo de producto. Por lo general, se ha observado que es mejor fraccionar la aplicación de la cal en dos eventos, un mes antes de plantar los árboles y, 4 o 6 meses después de plantados.

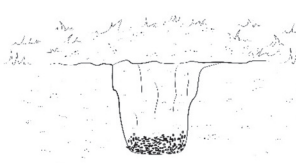
¿Cómo se debe plantar los árboles?

- a. Realice un hoyo de al menos 30 cm de profundidad o dos veces la altura del arbolito. Limpie en tierra con una pala ancha, una superficie alrededor del árbol de 1m de diámetro (rodajea).

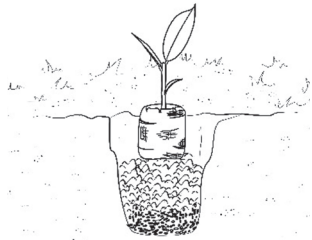


El uso de la hoyadora mecánica se ha venido popularizando por su mayor rendimiento para el operador. Este equipo logra un rendimiento de aproximadamente 1000 a 1200 hoyos por día por operador (3 a 4 veces más que con barreno o palín). Más importante aún, permite romper suelos compactados y crea un mejor hoyado donde crecerá la masa radical de la planta en forma libre sus primeros meses de vida.

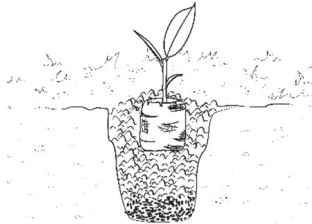
- b. Luego de haber realizado el hoyo, se puede agregar fertilizante u otro tipo de abonos orgánicos con el fin de promover el crecimiento inicial de los árboles. Cuando se decida realizar esta práctica aplicar no más de 100 g por planta de fertilizante.



- c. Elimine la bolsa plástica y recójala. Las nuevas tecnologías utilizan el sistema Jiffy o *paper pot*, ambos biodegradables, por lo que no requieren su eliminación. Estas tecnologías favorecen el desarrollo libre de raíces. Pero se ha observado que al momento de plantar el árbol, se logra acelerar el crecimiento inicial de la raíz cuando se rasga ligeramente dos lados de esta cobertura. Finalmente posicione en forma recta el árbol en el centro del hoyo.



- d. Llene con tierra el hoyo, presione alrededor del árbol hasta dejarlo firme y evitar dejar espacios vacíos. El árbol debe quedar levantado sobre la superficie, de modo que el agua no se encharque alrededor y escurra de forma libre.



- e. Recuerde que un árbol bien plantado es aquel que:

- Se encuentra en una posición recta, sin inclinación.
- Tiene tres pares de hojas, sin quebradura de tallo ni de la yema principal.
- Con una altura de la parte aérea entre 15 y 25 cm.
- Tiene una rodajea limpia en tierra, de 1m de diámetro alrededor.
- Se observa ligeramente sobre el nivel de la línea del terreno, de modo que se asegure que el agua escurra alrededor y no se encharque.
- Sano y sin hojas con deficiencia nutricional visible (clorosis, otras).
- Con abundante presencia de raíces alrededor del pote.



Plántula correctamente plantada



Figura 6. Plántula de melina recién plantado con buenas características

Evaluación de la calidad del establecimiento

Para determinar si una plantación fue establecida correctamente, se pueden evaluar criterios relacionados con el establecimiento y con la calidad del árbol (cuadro 2). Mediante un procedimiento de muestreo se puede verificar en campo la calidad de cada árbol plantado. De manera ideal, este procedimiento se debe realizar en las primeras tres semanas después de establecida la plantación.

El muestreo se puede realizar con parcelas temporales en forma de “L” como se muestra en la figura 7. El método consiste en establecer una a dos parcelas por ha a partir de algún método aleatorio, donde se ubica el árbol inicial que será el vértice de la parcela. Este árbol será evaluado y los siguientes 7 continuos en la columna y otros 7 árboles en la fila, lo cual da como resultado 15 posibles árboles en la parcela. Para localizar la primera parcela el técnico se debe preferiblemente ubicar en una

esquina o en la orilla de la plantación. Se elige un número aleatorio del 0 al 9, por ejemplo # 7, se debe entonces localizar al árbol 7. Desde ese árbol se avanza entonces sobre la fila hasta encontrar el árbol 7, el cuál será el vértice o punto inicial de la parcela de muestreo. Las siguientes parcelas se ubicarán cada 20 árboles. Observe que el conteo de las plantas se realizará a pesar de que haya alguna faltante.

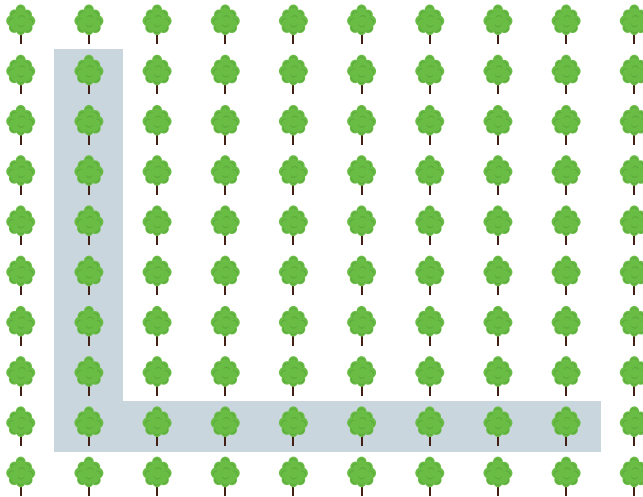


Figura 7. Parcela de muestreo en "L" con 8 árboles en la columna y 7 en la fila (Rojas 2014)

A cada árbol incluido en la muestra se le evalúan todos los criterios tal y como se indica en el cuadro 2. Los primeros cinco criterios de izquierda a derecha, verifican la calidad de la planta que llegó a campo que se califican con un "1" en cada variable cuando es una planta idónea. De seguido se evalúan las cinco variables y se obtiene una sola calificación denominada Calidad de la Planta, que se califica en una escala de 1 a 3. Donde un valor de "1" corresponde con una planta de la más alta calidad o idónea y un valor de "3" para una planta no aceptable para plantar. Por ejemplo, una planta recién establecida no debe haber llegado bifurcada de vivero (se califica con "2"). Una planta con deficiencia nutricional recibirá una calificación de "2", pero no se debe considerar como una situación grave o discriminante, ya que es una situación corregible.

Una planta excesivamente alta (> 30-35 cm) puede dañarse durante el transporte y en las labores de plantación. Una planta excesivamente pequeña (> 15 cm) tiene un riesgo alto de mortalidad a pesar de haber sido lignificada de manera adecuada.

A la derecha siguen cinco criterios de evaluación para verificar la calidad de establecimiento de la plantación, que de igual manera, se integran al final en una variable denominada Calidad de Siembra, que se califica en una escala de 1 a 3. Un valor de “3” corresponde con una planta que fue establecida en campo de manera inaceptable. Una inclinación severa es un criterio descalificante, así como una planta en riesgo de inundación, una planta floja, que en estos casos deben ser calificados con una calidad de siembra “3”.

Cuadro 2. Criterios de evaluación de la calidad de establecimiento de plantaciones forestales.

Plan	h total (cm)	No. hojas	Bifurca- ción (1 ó 2)	Deficiencia nutricional	Sanidad (1 o 3)	Calidad de la planta (1 a 3)	Daño mecánico	Inclinación severa	Daño en el ápice (1 ó 2)	Riesgo de inundación	Planta floja (1 ó 2)	Calidad de siembra (1 a 3)
1												
2												
3												
4												

Con los resultados puede realizarse un análisis simple para determinar la calidad de plantas o la calidad del establecimiento. Para esto se revisa el resultado de la evaluación de la calidad de plantas que llegaron del vivero al campo (primera mitad del formulario), así también el detalle de cómo fueron calificadas en su calidad de plantación en cada categoría de 1 a 3 respectivamente. Si por ejemplo se registraron

N1 = 10; N2 = 4 y N3 = 1, la calidad de la plantación sería:

$$\frac{N1 * 1 + N2 * 2 + N3 * 3}{N1 + N2 + N3} = \frac{10 * 1 + 4 * 2 + 1 * 3}{15} = 1,4$$

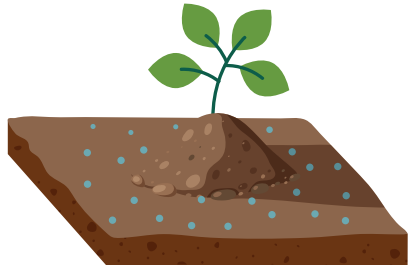
Si transformamos este valor de 1,4 en una escala de 1 a 100 para facilidad de análisis e interpretación = $(1+(1-1,4)/2)*100 = 80$ que es una calificación buena.

Una buena plantación no debería registrar más de un 5% de plantas de calidad 3 o de calidad de plantación 3, tampoco una calificación global menor a un 70%.

Fertilización en plantaciones ya establecidas

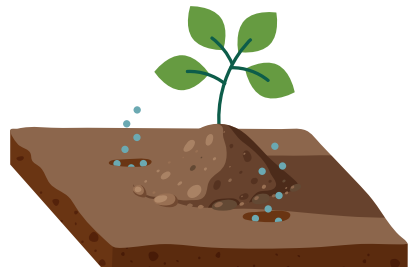
1. **Aplicación al voleo:** Esta técnica consiste en aplicar el fertilizante de forma superficial en toda el área de plantación. Esta forma de aplicación permite cubrir menor área en menor tiempo, sin embargo, para que sea una práctica eficiente debe existir un adecuado control de malezas.

Al voleo.



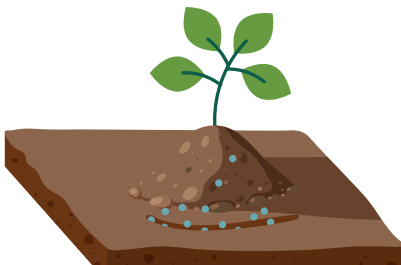
2. **Aplicación mediante espeque:** Se utiliza cuando no es posible asegurar un eficiente control de malezas o cuando no se quieren tener pérdidas por volatilización. Esta práctica se realiza usualmente en plantaciones menores a los dos años.

Espeque. Hacer dos hoyos y echar fertilizante.



3. **Aplicación en “semiluna” o banda.** En esta técnica consiste en aplicar el fertilizante ya sea alrededor de la planta cubriendo el área de proyección de copa o aplicada sobre la hilera de plantación en la banda de control de malezas.

Media luna. Hacer una media luna y echar fertilizante.



4. **Aplicación de fertilizantes foliares.** Esta aplicación se utiliza mayoritariamente en árboles recién establecidos que presentan deficiencias nutricionales visibles.

Foliar. Con bomba de espalda a las hojas.



Resiembra

Es normal que al momento de plantar árboles ocurra mortalidad causada por factores bióticos (plagas y/o competencia con malezas), por factores abióticos como el efecto del viento, encharcamiento o inundación, sequía prolongada, alta temperatura o por una mala ejecución del proceso de plantado. La resiembra es una actividad con un costo significativo, por lo tanto, si la mortalidad es menor a un 10% y no ocurre de forma localizada por sectores, sino que se distribuye por toda la plantación, no es relevante y no tiene mayor efecto en el crecimiento, ni en el volumen final esperado.

Cuando la mortalidad supere significativamente un 10% de los árboles plantados, o también, si ocurre en sectores dejando espacios amplios sin árboles, entonces se recomienda resembrar en los primeros 30 días. Posterior al mes, no se recomienda la resiembra ya que los árboles de reemplazo no alcanzarán a los ya establecidos y se convertirán a futuro en árboles de raleo.

Mantenimiento y manejo de la plantación

Control de malezas

Las malezas son plantas sin valor económico para el productor que crecen dentro de la plantación de melina y que pueden afectar su crecimiento y productividad en general. Se debe realizar su control porque pronto competirán por espacio, agua, luz y nutrientes. Además, dificultan el acceso a la plantación y pueden ser hospederos de plagas y enfermedades. El control de malezas debe planificarse bien, ya que puede representar alrededor de un 30% de los costos totales de una plantación en todo su ciclo.

¿Cuándo y con qué frecuencia realizar el control de malezas?

La cantidad y frecuencia de las actividades de control dependerá de las condiciones climáticas (lugares con mayor precipitación requerirán mayor frecuencia de control), del espaciamiento inicial utilizado, el tipo de maleza presente. Las gramíneas (pasto) son es una de las malezas más agresivas y debe ser controlada lo antes posible. La melina ha mostrado ser altamente intolerante a la competencia de los pastos y otro tipo de malezas como bejucos, navajuela o coyolillos que reducen significativamente el crecimiento, afectan la calidad del árbol y aumentan la mortalidad inicial de la plantación.

Formas de controlar malezas

Existen distintos tipos de control dentro de los cuales destacan (figura 8):

- **Manual:** Se puede utilizar machete, pala o azadón. Se debe tener cuidado de no causar daño a la base del árbol. Idóneo para sitios con pendientes moderadas a altas.
- **Mecánico:** Se basa en el uso de motoguadañas o de un tractor agrícola con una chapeadora incorporada. Este implemento puede venir con cuchillas o con cadenas que muelen y destruyen la planta. Generalmente este tipo de control se realiza en la entrecalle de la plantación. Aquí es relevante un distanciamiento entre calles de al menos 3,5 o 4 m que permita el paso del tractor agrícola.
- **Químico:** Consiste en la eliminación de arvenses mediante la aplicación de herbicidas. Los productos químicos más utilizados son el glifosato, el metsulfurón methyl, el de contacto paraquat, así como herbicidas preemergentes como el Oxifluorfen.
- **Utilización de coberturas:** Es una opción válida en muchos sitios que se fundamenta en la siembra de alguna planta rastrera de baja competencia con el árbol. Por lo general se utilizan plantas leguminosas y cubren toda la superficie de la plantación. Entre las más comunes se encuentran *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* y *Vigna radiata*.



Figura 8. Métodos de control de malezas en plantaciones de melina.

Niveles de control

Dentro de la plantación o sistema agroforestal se pueden controlar las malezas en tres niveles:

- **Rodajea:** se realiza principalmente cuando los árboles son jóvenes y consiste en la eliminación de cualquier tipo de planta alrededor del árbol, en aproximadamente 1 m a la redonda. Se aplica los primeros meses cuando el arbolito aún no supera 1 m de altura y resulte riesgoso el uso de herbicida.
- **Franja, banda o línea de plantación:** Se controla con frecuencia las arvenses a lo largo del carril o línea del cultivo de árboles, con un ancho aproximado de 1 m.
- **La entrecalle:** El espacio entre las líneas de siembra. Por lo general no recibe la misma frecuencia de control que los primeros dos niveles. Por lo general es fácil de controlar en forma mecanizada.
- **Control total:** Se elimina completamente la vegetación presente en la plantación.

Acciones de conservación de suelos

En nuestra silvicultura convencional no es común la incorporación de acciones de bajo costo para la conservación de suelos. Esto aplica principalmente en terrenos con pendientes superiores al 10%, en lomas cortas y en regiones de alta precipitación. El principio básico es reducir la velocidad del agua superficial o de escorrentía para evitar la pérdida del recurso suelo. Como elemento básico, la línea de plantación o la entrecalle, debería establecerse en contorno y transversal a la pendiente, de ser posible siguiendo la curva de nivel.

Otra acción simple y de bajo costo consiste en establecer con la pala una mini terraza alrededor del arbolito, con inclinación hacia el lado interno de la ladera. El arbolito debe quedar plantado ligeramente por encima del nivel del terreno.

Cuando se realice la labor de rodajea o limpieza alrededor del arbolito, el excedente de tierra o malezas se debe colocar del lado opuesto a la pendiente del terreno. Otra acción eficiente es la de mantener alguna vegetación en la entrecalle, preferiblemente no gramínea (pasto), que evite que el terreno quede desnudo. En este sentido, el control de

malezas debería realizarse de una manera menos agresiva. Esto podría también incluir la siembra de alguna vegetación o cobertura que controle la gramínea u otro tipo de malezas.

Los cursos que va abriendo el paso del agua deben ser reducidos o neutralizados. El mismo terreno irá indicando por donde está pasando el agua con mayor velocidad. En estos caminos de agua se pueden abrir gavetas transversales a la pendiente, semejantes a las que se utilizan en el cultivo del café, de modo que sirvan de trampa o disminución de la velocidad del agua.

La poda

En plantaciones de turno corto con el objetivo de producción de madera para embalaje, la poda debe enfocarse en mejorar la forma de los árboles y debe realizarse desde los primeros meses de establecida la plantación. La poda tiene también como uno de sus objetivos principales producir madera libre de nudos. A pesar de que el mercado de la madera aún no exige este requisito y no lo reconoce con un pago mayor por la madera sin defectos del nudo, lo cierto es que las piezas con nudos tienen menor resistencia y soporte a la carga.

Durante el ciclo de producción de melina existen distintas operaciones de poda que se deben realizar (cuadro 3). Los instrumentos de poda más utilizados son la podadora de mano, la tijera podadora y el rabo de zorro. No se recomienda utilizar machetes o seguetas para podar.

A pesar de la importancia que tiene las operaciones de poda, se ha observado con frecuencia que después de aplicada la poda aumentan los procesos de incidencia de la marchitez de la melina. De manera empírica se ha determinado que cuando la poda no se realiza al ras con el fuste, sino que se deja un muñón pequeño (de aproximadamente 5 mm de exposición), hay una mucho menor incidencia de la enfermedad.

Cuadro 3. Tipos de poda en plantaciones de melina de turno corto.

Tipo de poda	Edad (meses)	Descripción
Despunta de las ramas laterales	Desde el mes 2 hasta el mes 9	Se despuntan las ramas laterales para evitar que compitan con la yema principal. Se corta los últimos 10 cm de la rama, con esto sigue activa pero no continúan creciendo ni consumiendo recursos.
Deshija	Primer año	Se busca eliminar los brotes que aparecen desde la base del árbol, que pueden consumir muchos recursos, competir y hasta deformar la primera troza si no se elimina temprano, con alto impacto económico.
Poda de formación	3 y 6	La poda de formación es una práctica que consiste en la eliminación de bifurcaciones, rama gruesa o cualquier tipo de rama no deseable que afecte el crecimiento vertical dominante del árbol. La causa de este daño puede ser desde el ataque de plagas, afectaciones por viento o cualquier otro factor que dañe la yema terminal. La melina es un árbol que responde bien a esta poda correctiva siempre y cuando se realice lo antes posible, normalmente en los primeros meses de plantado. Poco tiempo después de esta poda de formación, el árbol por lo general recuperará la dominancia de la yema principal y continuará con su crecimiento.
Poda baja	6 a 12	Inicia cuando el árbol supere los 3 m de altura total. Se realiza en dos fases, procurando no eliminar las ramas más arriba del 50% de la altura total del árbol. Primera fase se poda hasta aproximadamente 1,5 a 1,8m de altura del fuste. Se continúa con la segunda fase cuando el árbol supere los 4,5 – 5 m de altura total y se poda hasta aproximadamente 2,5 m de la altura de fuste. Con esto se logra producir madera a futuro de alta calidad o libre de nudos. Se debe procurar podar la troza hasta la altura que corresponda con el largo comercial establecido por el mercado, usualmente de 2,3m de largo. También se podría utilizar el criterio de madera para tarima, donde cada troza corta es de 1,25 m de largo. Por tanto, para podar 2 trozas para tarima se debe eliminar ramas hasta 2,5 m de altura.
Poda media	12 a 18	Se continúa con la poda hasta limpiar de ramas aproximadamente 4,6 a 5 m de fuste, con el propósito de obtener a futuro 2 trozas largas para aserrío de 2,3 m de la más alta calidad posible. O también, con 5m de poda se obtienen a futuro 4 trozas cortas para tarima libres de nudos. Para realizar esta poda es necesario que la altura total del árbol supere los 9 -10 m.

La melina joven registra tasas de crecimiento mensual del diámetro de aproximadamente 8 a 10 mm los primeros 24 meses de vida. Por lo tanto, cuando el corte de la rama se realiza al ras y se elimina el cuello o arruga inferior de la rama (figura 9), la herida va a tardar un poco más tiempo en cicatrizar. Con el vigor del árbol de melina, el diámetro rápidamente crecerá casi un centímetro en grosor cada mes, empezará a superar en grosor al espacio donde estuvo la rama y poco a poco, empezará a formarse una cavidad. Esto puede ocurrir a pesar de que se haya aplicado la pasta selladora en cada rama podada. Esta cavidad va a retener humedad y puede permitir el inicio de procesos de infección por patógenos o el ingreso de insectos barrenadores. En esto es importante entonces, revisar la herramienta y la técnica de poda, para preferiblemente dejar un pequeño muñón expuesto, que será hasta más fácil de cubrir con la pasta de sellado de la herida. En este sentido, el uso del tijerón parece ser entonces una herramienta más apropiada que una sierra pequeña, que si podría realizar cortes más lisos.



Figura 9. (Izq.) poda con mejor técnica, deja un pequeño muñón y deja la garganta de la rama (líneas o arrugas debajo) que facilita la cicatrización. (Der.) corte de rama muy liso que reduce la garganta de la rama. El crecimiento del diámetro supera la cicatrización y produce la cavidad húmeda que facilita procesos de infección.

Para prevenir la dispersión de patógenos, una buena práctica es la limpieza de la herramienta cada vez que se poda un árbol (figura 10). Para este propósito se puede utilizar alcohol, yodo, formalina e inclusive cloro.



Figura 10. Desinfección de la herramienta con yodo después de podar cada árbol

Manejo de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas en plantaciones clonales de turno corto de melina es importante para optimizar su desarrollo. Consiste en la aplicación de un conjunto de estrategias de control aplicadas principalmente de manera preventiva, o de manera correctiva cuando aparece el problema fitosanitario. Algunas de estas estrategias son el control silvicultural (podas, raleos, encalado, otros), biológico (aplicación de *Trichoderma*, bioinsumos de varios tipos, entre otros) y la aplicación de productos químicos (insecticidas, fungicidas, bactericidas, entre otros) cuando sea requerido.

De manera ideal se debe realizar todo el esfuerzo posible para prevenir la aparición de plagas y enfermedades. Una vez que aparece algún problema fitosanitario, su impacto en la calidad del árbol, en el valor de la madera y en los costos de su control será mucho mayor.

Enfermedades sin control pueden llegar a provocar mortalidad y pérdidas importantes en la plantación. Por tanto, el principio es, no escatimar esfuerzos ni recursos en acciones de prevención, para evitar tener que aplicar medidas correctivas, que a veces no logran evitar la muerte del árbol o imposibilitan la comercialización futura de su madera.

Principales plagas en el cultivo de melina

Las principales plagas encontradas en plantaciones de melina de turno corto son la hormiga zompopa, el grillo cortador de ápices y tallos, el venado y la enfermedad conocida como el marchitamiento de la melina.

Atta sp. Hormiga cortadora (Orthoptera)

Nombre científico: *Atta* spp.

Nombre común: Zompopa, zompopo, hormiga cortadora.

En plantaciones clonales de melina la zompopa es considerada la principal plaga y se presenta durante todo el ciclo de producción. Sin embargo, el daño de mayor impacto y riesgo ocurre desde el establecimiento hasta los primeros 12-18 meses.

Daños

La hormiga corta pedazos de hojas en forma de medialuna (figura 11), que transporta luego hasta el nido donde los tritura y utiliza como sustrato para cultivar el hongo del cual se alimenta (figura 12). Los árboles afectados pueden disminuir su tasa de crecimiento, perder la dominancia apical y bifurcarse, hasta llegar a morir inclusive cuando ocurre un ataque persistente durante los primeros meses de la plantación.



Figura 11. Daños producidos por hormiga zompopa.
Corte en forma de medialuna.



Figura 12. Hongo del cual la hormiga zompopa se alimenta.

Manejo

Para su control se pueden recurrir a métodos mecánicos, biológicos o químicos. La selección del método de control dependerá de la cantidad y tamaño de los hormigueros. Si se realiza un control químico se recomienda utilizar cebos o en casos más específicos insecticidas de contacto. Entre los principios activos más comunes se pueden encontrar: octoborato de sodio, sulfamid, fipronil, entre otros.

***Gryllus assimilis* Fab. (Orthoptera: Gryllidae)**

Nombre científico: *Gryllus assimilis*, (syn: *Acheta assimilis*)

Nombre común: Grillo de campo jamaicano, grillo de Jamaica

El grillo común es considerado una plaga importante que afecta al cultivo durante los primeros meses, en especial cuando la planta llegó a campo con un tamaño pequeño (menor a 15-20 cm) y con un tallo muy succulento o poco lignificado.

Daños

El daño es producido tanto por el adulto como por la ninfa grande, que cortan el ápice, tallo, la raíz e inclusive el follaje de la plántula. La melina tiene gran capacidad de rebrote después del daño, pero puede perder el ápice y quedar bifurcada (Figura 13).

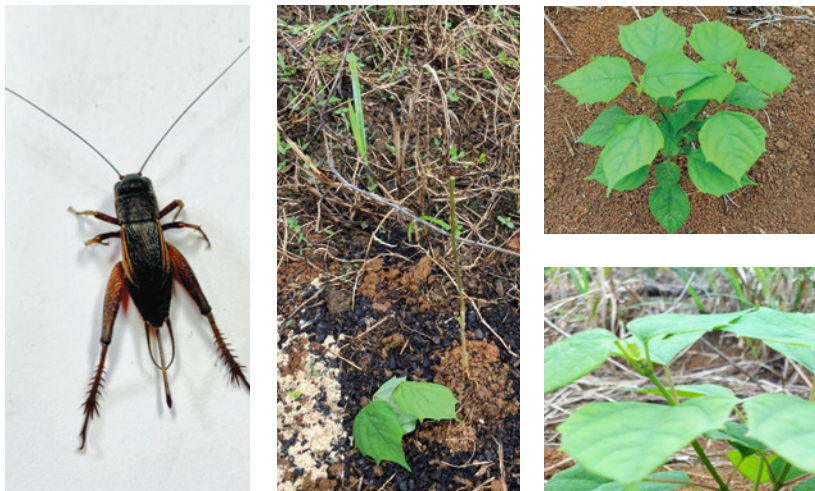


Figura 13. Especimen de *Gryllus assimilis* y daños ocasionados en plantas jóvenes de *Gmelina arborea*. Fotos: María Rodríguez

Manejo

Para su control se puede recurrir a aplicaciones de productos químicos, así como cebos envenenados; por ejemplo: Terbufos, que es un insecticida-nematicida granular que se aplica únicamente al suelo y tiene acción estomacal y de contacto. Una opción preventiva simple consiste en aumentar el endurecimiento o lignificación del tallo de la planta en el vivero/invernadero.

***Odocoileus virginianus* Zimmermann. (Mamífero, Cervidae)**

Nombre científico: *Odocoileus virginianus*

Nombres comunes: venado cola blanca, ciervo de Virginia, ciervo cola blanca.

Daños

En plantaciones de melina, el venado puede ocasionar daños tanto en plantaciones recién establecidas, al consumir los brotes tiernos de la plantas, como en árboles adultos, al raspar la corteza con sus cuernos, lo que ocasiona heridas que pueden funcionar como entrada de patógenos importantes para la especie como lo es *Ceratocystis fimbriata* y deformación del fuste (Figura 14).



Figura 14. Daños ocasionados por venado cola blanca en corteza de árboles de *Gmelina arborea*. Fotos: María Rodríguez

Manejo

En ocasiones y si el área de plantación es pequeña se ha recurrido a cercar los terrenos afectados con cerca eléctrica, además, se han aplicado productos a base de ingredientes con olores fuertes que ahuyenten a estos mamíferos, por ejemplo: emulsión de pescado (pescagro).

Marchitamiento de la melina

Esta enfermedad es causada por el hongo oportunista del suelo *Ceratocystis fimbriata*, que en una etapa avanzada llega a causar la muerte del árbol en unos pocos meses. Los síntomas inician con un proceso desde el ápice terminal del árbol hasta su base, con marchitamiento y caída de hojas, hasta ir provocando una muerte descendente en pocos meses (figura 15).



Figura 15. Sintomatología de la enfermedad de la melina (Rodríguez y Guevara 2024)

Manejo

A manera preventiva se pueden realizar las siguientes medidas:

1. Plantar exclusivamente clones tolerantes a la enfermedad.
2. Aplicar enmiendas (cal) para neutralizar y reducir los niveles de saturación de acidez del suelo. Esto es recomendable en regiones bajas, húmedas como buena parte del caribe, zona norte, Pacífico central y sur de Costa Rica.
3. Controlar el exceso de humedad a través de la construcción de drenajes o también, creación de lomillos o camellones. Se recomienda esta actividad en sitios muy planos, lluviosos como en la región Caribe y buena parte de la zona norte.
4. Realizar las podas de manera oportuna e impedir que las ramas gruesas superen los 3 cm de grosor. La poda debe preferiblemente realizarse con tenaza o tijerón para dejar un pequeño muñón que sobresalga del fuste (Figura 9), con el propósito de lograr una cicatrización rápida y evitar el posible ingreso de patógenos.

¿Cómo proceder cuando aparece un foco de infección?

En general hay poca experiencia aún con la aplicación de medidas de control de esta enfermedad. Las investigaciones continúan buscando opciones satisfactorias. Existen, sin embargo, algunas experiencias que han sido aparentemente exitosas y se mencionan a continuación.

1. Cuando se encuentre focos de árboles afectados, se debe actuar inmediatamente, ya que la enfermedad avanza muy rápidamente.
2. Una experiencia exitosa ocurrió con la eliminación cuidadosa y completa con un cuchillo desinfectado, de las lesiones del fuste visiblemente infectadas. Posteriormente se aplicó un producto sellador antibacterial y antifúngico (hongos) para mejorar el saneamiento y protección del tronco. Esta práctica se debe aplicar de preferencia en árboles con síntomas iniciales, junto con una desinfección del sitio con cal y quema de residuos. Posterior a la eliminación del tejido dañado, se aplicó un baño o asperjeo del tronco con un fungicida sistémico, para eliminar o reducir toda posibilidad de presencia del hongo. Finalmente, se aplicó un insecticida en la plantación para eliminar la posible presencia de un coleóptero

barrenador (escarabajo diminuto), que se sospecha podría ser el dispersor del hongo del suelo hasta las heridas del fuste, cuando este insecto realiza la formación de galerías donde deposita sus huevos.

Como última opción y con árboles en un estado más avanzado de la enfermedad, se ha optado por realizar la corta del árbol, se trocea, y se reduce en el mismo sitio en pedazos pequeños, que luego son quemados. El árbol enfermo y sus residuos no deben ser movidos por la plantación, para evitar el riesgo de dispersión de la enfermedad. En ambos casos se recomienda la aplicación de algún fungicida sistémico de amplio espectro.

3. Adicional a la eliminación de árboles enfermos se ha utilizado con éxito la aplicación de un insecticida sistémico, en un radio bien amplio alrededor de los árboles enfermos, o mejor aún, en toda la plantación para controlar la proliferación del abejón barrenador. Este coleóptero diminuto (familia *Scolytidae*) se especula que sea un dispersor del hongo y lo lleve del suelo al tronco, donde perfora y construye galerías.

Aprovechamiento de plantaciones de turno corto

Por su rápido crecimiento la melina se puede planificar para producir madera en ciclos de tan solo 4 a 4,5 años con un raleo a los 2,5 años en zonas muy húmedas sin periodo seco (Cuadro 4)

Cuadro 4. Opciones de raleo y cosecha de plantaciones de melina clonal en ciclo corto

Manejo	Regiones sin periodo seco (Caribe, Sarapiquí, Osa)	Regiones con hasta 3 meses con poca lluvia (Zona norte, Pacífico central y sur)	Regiones con más de 3 meses secos (Pacífico norte o Guanacaste)
I Raleo (50%) Diámetros de 12 a 20 cm (5 a 6 pulgadas)	2,8 años (se planta en junio y se cosecha en febrero) Diámetros de 12 a 22 cm	2,8 a 3 años (se planta en junio y se cosecha de febrero a junio) Diámetros de 12 a 20 cm	3 años Diámetros de 12 a 18 cm
II Raleo (4 a 8 pulgadas)	NA	4,8 años (período seco) Diámetros de 16 a 30 cm	4,8 años (período seco) Diámetros de 16 a 26 cm
Cosecha Final	4 a 4,5 años Diámetros de 28 a 38 cm	4,5 años o 5,5 años con II Raleo Diámetros de 26 a 38 cm	5,5 o 6,5 años con II Raleo Diámetros de 26 a 34 cm

En regiones un poco menos húmedas con un periodo seco de hasta 3 meses (zona norte, sectores del Pacífico central), se puede planear para cosechar a los 5 o 6 años con un raleo para madera de tarima a los 3 a 3,5 años. A veces un segundo raleo a los 4 años aproximadamente, lo que trasladaría la cosecha final al año seis.

Las plantaciones clonales de melina de ciclo corto manifiestan un crecimiento muy acelerado, que ameritan un primer raleo entre los 2,5 y 3 años. Para luego planear la cosecha final a los 4 a 5 años, dependiendo de la región del país y su tasa de crecimiento.

El primer raleo es por lo general de baja rentabilidad, por lo que se busca posponerlo a la mayor edad posible para lograr un crecimiento diamétrico mejor. Debe tenerse presente que este raleo busca eliminar los árboles de menor adaptación y calidad de tronco, por lo que estos árboles tienen en promedio, un diámetro de unos 3 cm inferior al promedio global de la plantación. Si la plantación crece a un ritmo de 6 cm por año, tendrá en alrededor promedio de 18 cm en 3 años, pero los árboles a ralear tendrán 15 cm en promedio. Debe también recordarse, que aproximadamente un 33% de los árboles del primer raleo no llegan a tener ningún valor comercial para el mercado de tarimas, que exige al menos 12 cm de diámetro (5 pulgadas ticas) en la cara menor de la troza. En algunas empresas de tarima, aceptan trozas desde 10 cm o 4 pulgadas ticas. Si se plantan 715 árboles/ha al inicio, en este primer raleo se extraerá entre 300 y 350 árboles dependiendo de la mortalidad. De los cuales, unos 200 a 250 tendrán características comerciales.

Una opción en investigación son las llamadas plantaciones monoclonales, donde se plantan lotes pequeños con un solo clon. Hoy día se cuenta con más de 15 clones de alto rendimiento y alta tolerancia a la marchitez (principal enfermedad), con los que se puede plantar de forma segura pequeños bloques o lotes monoclonales, preferiblemente no mayores a 3 ha y establecer al menos 5 clones diferentes en una misma finca. Estos lotes crecerán con una alta homogeneidad, mayor crecimiento y permiten la aplicación de raleos sistemáticos. Es decir, se eliminan filas completas de manera alterna (un 50% de intensidad), o también, una fila cada 3 filas (un 33% de intensidad). Con este método, se logra que en el primer raleo se obtengan árboles de todos los tamaños para esa edad. Si seguimos con el tema de los diámetros del primer raleo, los árboles tendrán ahora en promedio los mismos 18 cm y no 15 cm como

con el raleo selectivo, con lo cual se aumenta la rentabilidad de esta primera cosecha parcial. Otra ventaja es la disminución de los costos de corta y extracción de los árboles. Ya que no hay marcaje individual de los árboles y se eliminarán filas completas dejando una pista amplia para el derribo y arrastre de los árboles.

Los restantes 350 árboles que quedan en pie recibirán el beneficio de la apertura a la luz y reducción de la competencia, por lo que experimentarán una buena tasa de crecimiento. Esto permitirá que en 1,5 a 2 años después se pueda realizar la cosecha final. Este sistema permitirá la cosecha de árboles de tamaño medio a medio alto, es decir, entre 20 y 30 cm en su DAP. Una de las ventajas del ciclo corto es que el sistema de aprovechamiento de la madera resulta ser de menor complejidad para el productor. Los diámetros medios no tienen un gran peso todavía y pueden ser extraídos con poca tecnología, con tracción humana, animal o con un tractor agrícola pequeño.

Otra opción de manejo consiste en realizar un segundo raleo 1,5 años después con una intensidad de un 40 a 50%, es decir, aproximadamente al año 4 o 4,5, donde se extraen unos 150 árboles por ha. Con esto se logra postergar 1,5 años la cosecha final donde se puedan lograr obtener aproximadamente 200 árboles gruesos con DAP desde 30 (12 pulgadas ticas) hasta más de 40 cm (15 o 16 pulgadas ticas). Estas decisiones dependerán de la oportunidad de mercado existente cerca de la plantación. El razonamiento de esta opción de producción a más largo plazo está en la búsqueda de un mayor precio potencial por la madera gruesa (> 10 pulgadas ticas). Una desventaja, sin embargo, es que la madera de mayores dimensiones requiere involucrar un cambio en el sistema cosecha. Se necesitará del uso de maquinaria de mayor envergadura, que por lo general no está al alcance de un pequeño productor.

Manejo de rebrotes

El manejo de rebrotes es una excelente opción para obtener un segundo ciclo de producción a bajo costo. Como requisito importante es verificar si el primer ciclo fue establecido con material genético de alta calidad, de lo contrario se perdería la oportunidad de obtener una buena producción de madera.

El otro elemento importante es la cantidad de tocones activos remanentes después de la cosecha del primer ciclo. Algunas causas de la pérdida de tocones son la pudrición a causa de alguna enfermedad, pérdida durante el primero o segundo raleo o malas prácticas durante la cosecha, como el uso de aceite quemado en las motosierras. En caso de presentarse sectores amplios sin tocones activos o una baja densidad de los mismos, se debe replantar los espacios vacíos con plantas nuevas de la mayor calidad genética disponible.

En la figura 16 se muestra el proceso de selección de los mejores dos rebrotes por tocón. En sitios ventosos, es recomendable elegir los dos mejores por si se pierde uno de ellos en los primeros meses. Se busca elegir aquellos rebrotes dominantes, de buena forma, alto vigor, crecimiento superior al resto y con buena ubicación en la periferia del tocón. El tocón tarda unos 2 meses en rebrotar y se debe esperar a que alcancen al menos 1m de altura para poder elegir los rebrotes.



Figura 16. Manejo de rebrotes en melina, tocón con múltiples rebrotes (izq.) a los 45-60 días después de talado el árbol. Selección temporal de los dos mejores rebrotes (der.), por su mejor posición en el tocón y mayor vigor inicial.

Costos de producción

Los costos de producción de una hectárea de melina varían entre regiones del país. En zonas muy lluviosas como en el caribe y partes del Pacífico sur, el control de malezas aumenta y requiere de intervenciones cada 2 meses durante el primer y parte del segundo año. El control de malezas es sin duda la actividad más costosa y representa casi un 30% (¢587 946 o poco más de \$1100) del total de costos

Cuadro 5. Costos de producción por ha de melina, en un ciclo de 5 años, zona norte de Costa Rica. No incluye gastos administrativos

Año 1 Formulación y gestión del proyecto	¢17 305
Año 1 Preparación de terreno y establecimiento	¢728 043
Año 1 Mantenimiento y Manejo: Despunta (3ero y 6to mes), Poda de formación (mes 2 o 3), Poda baja hasta 2,5m a los 5-6 mes.	¢383 321
Año 2 Mantenimiento y Manejo, Poda hasta 5m (10-12 mes), I Raleo a los 2,5 o 3 años (30-36 meses).	¢489 931
Año 3 Mantenimiento y Manejo	¢62 848
Año 4 Cosecha o II Raleo (4 o 4,5 años).	¢41 900
Año 5 Cosecha al final del periodo lluvioso.	¢111 231
Asistencia Técnica	¢83 984
Total ¢1 834 579	

En cuanto al costo de las plantas, estas tienen un valor que varía entre los ¢250 y ¢325 por unidad, lo que representa aproximadamente un 9,5% del costo global. Pero el productor debe considerar no solo el costo, sino también el origen genético, ya que plantas clonadas provenientes de programas de mejoramiento genético, son materiales certificados, más seguros y estables en producción, altamente tolerantes a la marchitez de

la melina y pueden adelantar la cosecha hasta en 6 meses con un 25% más de madera comercial. Por lo que invertir en plantas de una mejor calidad genética, significarán un beneficio en la producción mucho mayor.

Cuadro 6. Distribución de costos de una hectárea clonal de melina en las actividades principales, en un ciclo de 5 años

Actividad	Costo	Proporción (%)
Asistencia técnica	¢83 984	4,6
Mano de Obra	¢839 757	45,8
Insumos	¢798 915	43,5
Herramientas	¢67 583	3,7
Costo total	¢1 834 579	

La asistencia técnica representa un costo muy bajo en el total de la inversión (aproximadamente ¢75000 o poco menos de un 4%), pero con un impacto muy alto en el éxito del cultivo. El técnico podrá aportar información y guía de gran valor para el buen desarrollo de la plantación. Por tanto, para el productor la relación costo beneficio será sin duda muy beneficiosa con la inversión en asistencia técnica. De preferencia, el tema del apoyo técnico deberá ser canalizado a través de organizaciones locales.

En términos globales, el costo en US dólares es aproximadamente de \$3495 (1 \$ = ¢515) en zonas donde se requiere de un alto control de malezas, que es el rubro más caro. Un pequeño o mediano productor podría también reducir un poco costos de algunas actividades, como las cargas sociales cuando el mismo asume parte de la mano de obra, hasta lograr un costo de US \$ 3000/ha. Esto es también especialmente válido en regiones con un periodo seco más prolongado, como el Pacífico Norte y Central del país, donde el control de malezas es un tanto menor.

Puede observarse que la inversión en el año 1 puede alcanzar ¢1,13 millones o poco más de los \$2150, que representa poco más del 61% de los costos globales. El año 2 requiere de aproximadamente ¢490 mil colones que corresponde a un 26% de los costos. Es decir, el año 1 y 2 juntos representan más del 87% de todos los costos de la plantación clonal de melina.

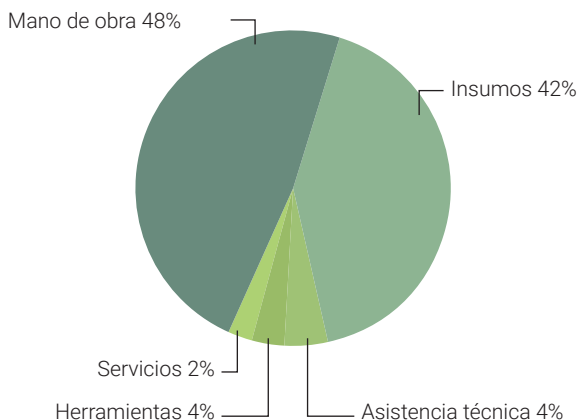


Figura 17. Distribución de los costos de producción de melina en ciclo corto. El costo de las plantas (10%) y el control de malezas (27%) forman parte del rubro de insumos.

En cuanto a la distribución de los costos, puede observarse que la mano de obra representa el 45% de los costos totales. Este valor ya incluye el 40% de las cargas sociales (menos la cesantía) y el 4,6% de la póliza de riesgos del INS: Costa Rica es el país en la región con la mano de obra más cara (¢353 000 o \$672 salario mensual líquido), por lo que las investigaciones buscan como simplificar procedimientos de campo, incluir nuevas tecnologías y la posibilidad de mecanización. Finalmente, estos costos se basan en experiencias con pequeños y medianos finqueros con proyectos menores a 50ha. En plantaciones de inversionistas más grandes, se deberá incluir un 10% de gastos administrativos.

En términos de necesidades de financiamiento (capital), se podría estimar que los costos de los raleos, de la cosecha final y el costo de regencia no son requeridos, dado que estas actividades generan ingresos inmediatos que pueden sufragar estos gastos. Bajo esta premisa, los costos y necesidades de financiamiento se reducen a ¢1 600 00, que corresponde a aproximadamente \$3000.

Crecimiento esperado de los árboles

Con el desarrollo de la silvicultura clonal y con la aplicación de mejores prácticas silviculturales de preparación y manejo de las plantaciones, la melina ha experimentado un mayor crecimiento y productividad. Con el propósito de que el productor pueda determinar si su plantación va con buen desarrollo, se desarrolló un modelo matemático que permite determinar el crecimiento esperado del diámetro (d) a cualquier mes de edad. El modelo se basa en el número de meses efectivos de crecimiento, es decir, hay que restar los meses secos o cuando los árboles pierden completamente su hoja durante el periodo seco. Por ejemplo, en Guanacaste la melina crecerá aproximadamente 7 meses efectivos al año. Mientras que en el caribe y regiones del Pacífico sur crecerá los 12 meses del año. En la zona norte crecerá unos 9 a 10 meses durante el año. Por lo tanto, para utilizar el cuadro siguiente se deberá descontar los meses sin crecimiento de cada año, para determinar los meses efectivos de crecimiento en cada región del país.

En sitios de la región Caribe, Pacífico sur lluvioso, ambos con 12 meses efectivos por año, se espera que a los 5 años supere fácilmente los 33-35 cm del DAP, con un crecimiento anual mayor a los 6,5 cm (Sitio Alto). Mientras que en el Pacífico central y seco (Guanacaste), se espera que supere los 30 cm del diámetro a los 6 años, con un crecimiento anual de aproximadamente 5,5 cm (Sitio Bajo). La zona norte se comportará como un sitio promedio con 6 cm por año.

Debe entenderse que esta es una guía práctica de crecimiento esperado. Puede también ocurrir que, con algunas mejoras en el suelo, encalado, fertilización y buen control de malezas, la melina podría mejorar su tasa de crecimiento.

Cuadro 7. Crecimiento mensual esperado del diámetro
(a 1,30 m) para plantaciones clonales de melina en Costa Rica.

Mes efectivo	Sitio Bajo	Promedio	Sitio Alto
6	4,47	5,02	6,23
12	7,31	8,61	10,37
18	10,05	11,81	13,97
24	12,69	14,78	17,26
30	15,22	17,58	20,33
36	17,66	21,27	23,25
42	20,00	23,85	26,04
48	22,23	26,36	28,72
54	24,37	28,79	31,31
60	26,40	32,17	33,83
66	28,33	34,50	36,29
72	30,16	36,77	38,68

Producción esperada de una plantación

La producción de madera de una plantación dependerá del espaciamiento inicial y del mantenimiento y manejo oportunos durante todo el ciclo de producción. A manera de ejemplo se espera que una plantación de melina, con una densidad inicial de 715 árboles por ha (4 x 3,5 m), con un solo raleo y una cosecha temprana, tenga la siguiente producción (cuadro 8). Para la estimación del volumen, se asumió que, en el primer raleo, un 40% de los árboles no tienen valor de mercado por torceduras de fuste y por bajo diámetro.

Cuadro 8. Producción esperada por hectárea en una plantación clonal de melina con un único raleo y una cosecha temprana (4 a 5 años según calidad de sitio).

Actividad	Edad/diámetro	Pacífico seco y central	Zona norte	Caribe Pacífico sur
I Raleo	33 meses D = 22 cm			214 árboles 9,5 m³ 3500 PMT
	36 meses D = 20 cm		214 árboles. 8,1 m³ 2900 PMT	
	40 meses D = 18 cm	214 árboles. 7,8 m³ 2800 PMT		
	48 meses D = 32 cm			325 árboles 58 m³ Grueso 21000 pulg. 87 m³ Tarima. 32000 PMT
Cosecha	54 meses D = 30 cm		325 árboles 50 m³ Grueso 18000 pulg. 71 m³ Tarima 25600 PMT	
	60 meses D = 30 cm	325 árboles 24 m³ Grueso 8600 PMT. 83 m³ Tarima 30000 PMT		
		115 m³. 41400 PMT	130 m³. 46500 PMT	155 m³. 56500 PMT
Total				

La pulgada maderera tica (PMT) se calculó en relación de $1\text{m}^3 = 362$ PMT, dado que después del primer raleo en una plantación clonal, los árboles en pie son de alta calidad para la producción. El volumen de madera para tarimas se mantuvo como volumen redondo, dado que se comercializa mediante el método estéreo. Para el cálculo de su volumen se utilizó un largo de 1,2 m y un diámetro mínimo de 12 cm. El diámetro de los árboles del raleo se asumió que mantienen 3 cm menos que el diámetro promedio de la plantación. El volumen de madera gruesa se estimó con base en el bloque interno, es decir, un 65% del volumen redondo, que luego fue convertido a PMT por el factor 362.

Como puede observarse, el sistema de producción en ciclo corto puede ser muy eficiente para el productor de melina, en términos de rapidez de ingresos por su madera. La productividad de la plantación puede aumentarse si se incorporan buenas prácticas de manejo silvicultural, como un buen control de malezas, el encalado en suelos ácidos, la fertilización, la poda y el raleo oportuno.

Uso y comercialización de la madera

La madera de melina es de densidad media o semidura, con valores de peso específico básico de 0,30 a 0,38. Hoy día es la principal materia prima para la fabricación de tarima en el país, pero la madera producida en plantaciones no logra satisfacer la demanda actual. Sin embargo, el precio en pie se mantiene entre \$60 y \$75 por pulgada tica, dependiendo de la cercanía con las plantas de elaboración de tarimas, y también del diámetro de las trozas. El diámetro mínimo comercial usualmente es de 12 cm (5 pulgadas) en la cara menor, en trozas de 1,10 a 1,25 metros de longitud, aunque es posible que el mercado acepte hasta 10 cm (4 pulgadas). La madera que supere los 30 cm de diámetro, por lo general se considera como madera gruesa para aserrío y su precio por pulgada puede aumentar hasta \$100 o \$120 en pie. Sin embargo, la realidad es que la demanda por madera para tarima es muy alta y la industria de transformación de madera nacional no cuenta con la materia prima suficiente para abastecer al mercado. Por lo que casi la totalidad de la madera producida en plantación se destina hacia la industria de tarima.

La melina tiene una madera con muy buenas propiedades para usos diversos, como en la fabricación de tableros de distintos tipos, mueblería y madera para construcción de vivienda, en los sectores no estructurales de la vivienda.

Agradecimiento

Este manual formó parte del proyecto de investigación **“Técnicas de silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones clonales de teca y melina”**, con el financiamiento de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC.

La presente publicación es parte del proyecto PD 849/17 Rev. 2 (F), “Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica” financiado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), mediante las aportaciones voluntarias de los gobiernos de los Estados Unidos de América y Japón.

Literatura

Molina, E. y Alvarado, A. 2012. Manejo de la acidez y el encalado del suelo. En: Alvarado A., Raigosa J. Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Editorama, S.A. San José, Costa Rica. Capítulo 7, 415 p.

Hernández, W., Badilla, Y., Esquivel, E., Murillo, O. 2021. Comportamiento de clones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en condiciones de suelo ácidos. Rev. Ciencias Ambientales. (julio-diciembre, 2021). Vol 55(2): 229-249.

Quirós, S. 2015. Modelos de volumen comercial, perfil de fuste y crecimiento para plantaciones clonales de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. en Costa Rica. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 70 p.

Rojas, F., Arias, D., Moya, R., Meza, A., Murillo, O., Arguedas, M. 2004. Manual para productores de melina *Gmelina arborea* en Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, San José, Costa Rica. 314 p.

Rojas, J. 2014. Sistema de inventario forestal continuo para reforestación Grupo Internacional RGI S.A., zona norte, Costa Rica. Tesis Lic. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 78 p.



ITTO
ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL
DE LAS MADERAS TROPICALES

La presente publicación es parte del proyecto PD 849/17 Rev. 2 (F), "Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica" financiado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), mediante las aportaciones voluntarias de los gobiernos de los Estados Unidos de América y Japón. Para conocer más de la OIMT visitar www.itto.int