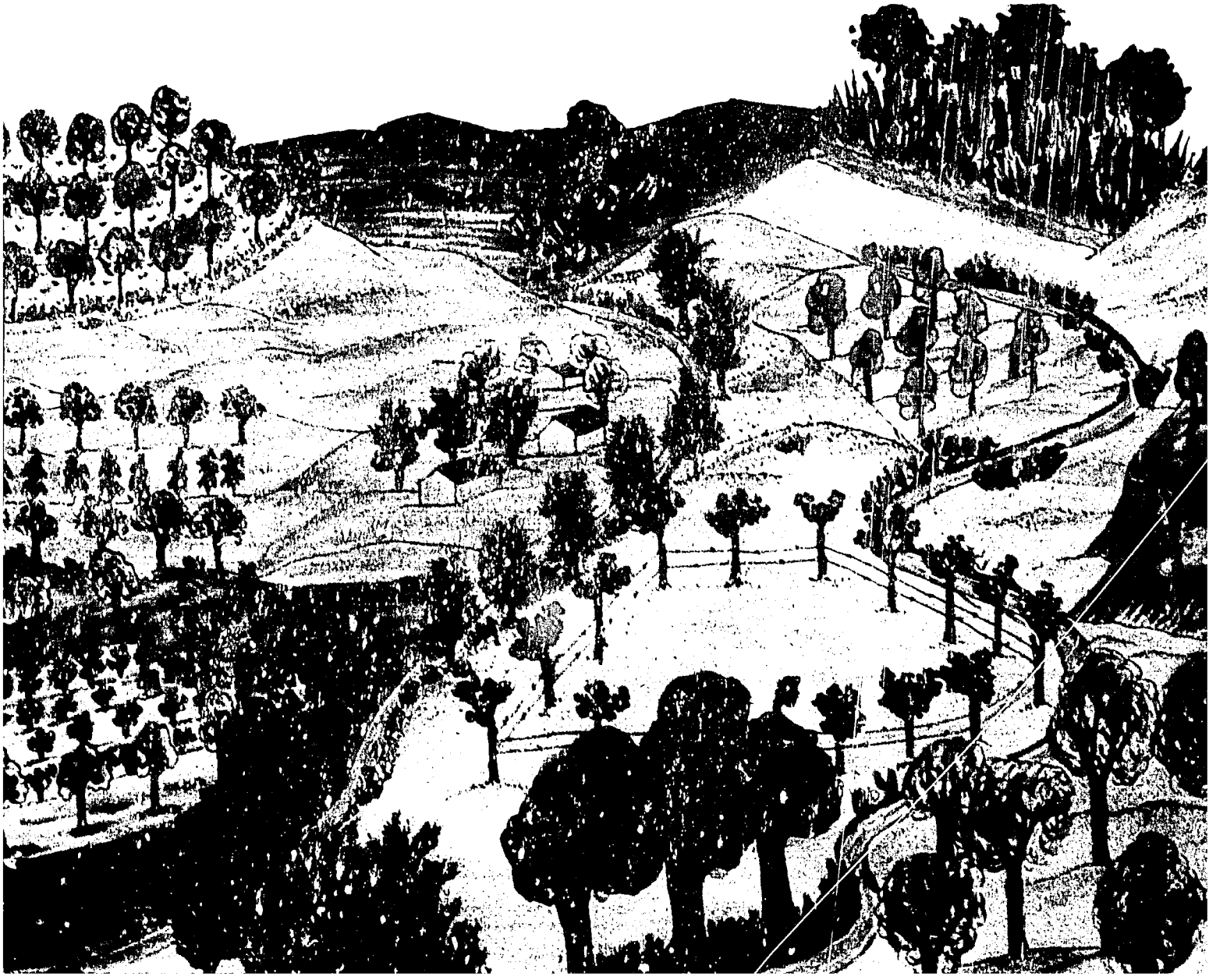
PN-ABF-213

# EL COMPONENTE FORESTAL EN LOS SISTEMAS DE FINCA DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Héctor A. Martínez H.



PN-AEF-213

Serie Técnica
BOLETIN TECNICO No. 19

# EL COMPONENTE FORESTAL EN LOS SISTEMAS DE FINCA DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Héctor A. Martínez H.

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

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido
Area de Producción Forestal y Agroforestal
Turrialba, Costa Rica, 1989

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la 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.

1989, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE
ISBN 9977-57-

631.58
M385 Martínez H., Héctor A.
El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores / Héctor A. Martínez H. -- Turrialba, C.R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, 1989.
p. : 23 cm. -- (Serie técnica. Boletín técnico / CATIE ; no. 19)

ISBN 9977-57-

1. Agroforestería 2. Sistemas agroforestales 3. Pequeño agricultor. I. CATIE. II. Título III. Serie

# INDICE


Página

PRESENTACION . . . . . 7

AGRADECIMIENTO . . . . . 9

INTRODUCCION . . . . . 11

OPCIONES Y COMBINACIONES AGROFORESTALES POSIBLES . . . . . 12

SELECCION DE LA OPCION ADECUADA . . . . . 12

COMBINACIONES AGROFORESTALES EN LOS SISTEMAS DE FINCAS . . . . . 18

1. Sistema de árboles con cultivos . . . . . 18

Arboles dispersos en forma irregular . . . . . 19

Objetivo, especies y distribución . . . . . 19

Arboles intercalados . . . . . 22

Arboles para sombra inicial . . . . . 22

Objetivos, especies y distribución . . . . . 22

Arboles para sombra permanente . . . . . 24

Objetivos, especies y distribución . . . . . 24

Arboles y cultivos secuenciales . . . . . 27

Objetivos y distribución . . . . . 28

Arboles con cultivos en callejones . . . . . 29

Objetivos, especies y diseño . . . . . 31

Plantación en líneas . . . . . 32

Objetivos y diseño . . . . . 34

Arboles nodriza o sostén . . . . . 37

Objetivos, especies y disposición . . . . . 37

Sistema Taungya . . . . . 37

Objetivos, especies y diseño . . . . . 39

Costos/ha . . . . . 39

Página

2. Sistemas de árboles para protección . . . . . 43

Cercos vivos . . . . . 43

Objetivos, especies y diseño . . . . . 43

Costos y beneficios . . . . . 44

Cortinas rompevientos . . . . . 45

Objetivos, especies y distribución . . . . . 45

Arboles en cortorno . . . . . 51

Barreras vivas . . . . . 51

3. Rodales compactos . . . . . 55

Bosquetes energéticos y de producción . . . . . 55

Objetivos, especies y distribución . . . . . 55

Bancos de forraje . . . . . 58

Rendimiento . . . . . 61

Huertos caseros . . . . . 62

4. Arboles en potreros . . . . . 65

Arboles en grupos . . . . . 65

CONCLUSIONES . . . . . 68

BIBLIOGRAFIA . . . . . 69

ANEXOS . . . . . 71

# LISTA DE CUADROS

Página


1. Evaluación de las características fisiográficas de los sitios para plantación . . . . . .13

2. Clasificación de los sitios de plantación según las limitaciones . . . . . .14

3. Factores ecológicos del sitio, mínimas necesarias a considerar para selección de las especies a plantar (para selección de especies ver Cuadro A.3 del Anexo) . . . . . .14

4. Combinaciones agroforestales posibles en los sistemas de finca de pequeños y medianos agricultores . . . . . 15

5. Costos de establecimiento de árboles dispersos . . . . . .21

6. Costos de establecimiento, crecimiento y manejo de árboles para sombra . . . . . .23

7. Costos de establecimiento de árboles para sombra permanente . . . . . 24

8. Costos de establecimiento de árboles y cultivos secuenciales . . . . . 29

9. Rendimiento de especies en cultivos secuenciales . . . . . 29

10. Costos de establecimiento de líneas de árboles por estacas . . . . . .32

11. Costos de establecimiento de líneas de plantación . . . . . .35

12. Crecimiento y rendimiento de especies en plantaciones en línea . . . . . 35

13. Costos de establecimiento de una plantación en sistema Taungya . . . . . .40

14. Rendimiento esperado de especies en un sistema Taungya . . . . . .41

15. Costos de establecimiento y rendimiento de una cerca viva . . . . . 44

16. Costos de establecimiento de una cortina rompevientos . . . . . .51

17. Tabla para calcular el ancho de barrera viva y la distancia entre ellas . . . . . 53

18. Estimación de costos de establecimiento de una hectárea de plantación para leña . . . . . 57

19. Estimación del rendimiento de una hectárea de plantación . . . . . 58

20. Estimación de costos de establecimiento de una hectárea de plantación por siembra directa .61

21. Producción promedio (tm/ha/año) de materia verde total (MTV), materia seca total (MST) y proteína cruda total (PCT) de *Leucaena leucocephala* en La Nueva Concepción, Guatemala 1982 . . . . . 61

22. Costo de establecimiento de grupos de árboles . . . . . .67

# LISTA DE FIGURAS

Página

1. Posibles formas de utilización de las especies de AUM en terrenos de fincas . . . . . 16

2. Arreglos de árboles en fincas . . . . . .17

3. Arboles dispersos en sistemas agroforestales en fincas y especies potenciales . . . . . 20

4. *Mimosa scabrella* para sombrío inicial de café . . . . . 25

5. Arboles para sombrío permanente en cultivos perennes . . . . . .26

6. Arboles con cultivos secuenciales . . . . . .30

7. Arreglos de árboles y cultivos en callejones . . . . . .33

8. Plantación en líneas . . . . . .36

9. Arboles nodriza . . . . . 38

10. Sistema Taungya . . . . . .42

11. Un sistema de cercos vivos común en América Central . . . . . .46

12. Diagrama de cortina rompeviento con diferentes número de filas y estratos de árboles . . . . . .48

13. Efecto de permeabilidad e impermeabilidad de cortinas y disposición de caminos . . . . . .49

14. Efecto de protección de una cortina rompeviento . . . . . 50

15. Arboles en contorno . . . . . .52

16. Barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola . . . . . .54

17. Bosquetes energéticos densos . . . . . 56

18. Bancos de forraje . . . . . 60

19. Ejemplo de árboles maderables en huertos familiares en zonas bajas . . . . . .63

20. Arboles dispersos en potreros (sin escala . . . . . .64

21. Arboles en grupos en potreros . . . . . .66

# PRESENTACION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), cumpliendo con el compromiso regional de contribuir a elevar tanto el bienestar de los pobladores de la región centroamericana, como el de la productividad sostenida de la agricultura de los paises miembros, entrega a consideración de los técnicos agrícolas, forestales, agroforestales, extensionistas y agricultores de la Región, el presente Boletín Técnico que describe en forma pormenorizada diferentes sistemas de incorporación del componente arbóreo a las fincas de pequeños y medianos agricultores.

La intención del documento es servir de guía para el diseño de actividades forestales en los sistemas de finca, así como de instrumento para facilitar las labores de los extensionistas agropecuarios (agrícolas, forestales y pecuarios) de la Región. Asímismo, pretende contribuir a la enseñanza de los sistemas agroforestales en las instituciones educativas que poseen esta materia dentro de sus curricula.

El Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA) del CATIE cumple así con uno de sus objetivos: entregar la información generada a través de la investigación a los usuarios y beneficiarios de la misma.

Ronnie de Camino
Coordinador Regional
Proyecto MADELEÑA

# AGRADECIMIENTO

La información presentada en este documento es el producto de la investigación y trabajo conjunto del CATIE, a través del Proyecto MADELEÑA y las instituciones forestales de los países de la región centroamericana: Dirección General Forestal (DGF) de Costa Rica, Centro Nacional de Recursos Naturales (CENREN) de El Salvador, Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS, antiguo Instituto Nacional Forestal) de Guatemala, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) de Honduras, Dirección de Recursos Naturales Renovables (DIRENA) de Nicaragua y el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) de Panamá, y de los pequeños y medianos agricultores participantes en el Proyecto Madeleña, quienes contribuyeron con sus prácticas y terrenos a definir los sistemas presentados en esta publicación. A todos ellos el autor deja constancia de su agradecimiento.

Héctor A. Martínez H.
Silvicultor
Proyecto MADELEÑA



Previous Page Blank

Héctor A. Martínez H., Silvicultor
Proyecto Madeleña
CATIE - ROCAP 596-0227

# INTRODUCCION

Los sistemas de finca de los agricultores de las regiones tropicales incluyen a los árboles como un componente importante de las actividades productivas de las mismas, especialmente de los pequeños y medianos productores. En la mayoría de los casos los árboles están presentes ya sea formando parte de los linderos, como cercos vivos, barreras rompevientos, árboles frutales, para autoconsumo o venta de productos en los mercados locales, para protección de los animales domésticos o en huertos familiares con multiplicidad de usos y productos o como árboles de sombra. También se encuentran árboles que producen forraje, así como árboles medicinales o aún más, árboles ligados a las tradiciones familiares o religiosas de los agricultores.

Las anteriores consideraciones indican que hay un campo amplio para la incorporación de árboles con más de un propósito definido de producción, en las fincas de los agricultores de la región centroamericana, donde de hecho ya existen árboles. Estos árboles, conocidos como especies de propósito o uso múltiple (AUM) están llamados a proporcionar una variedad de bienes y servicios en las fincas: madera para usos rurales dentro de la misma finca, leña, producción de carbón, madera de dimensiones mayores y otros productos para venta en mercados locales, forraje, protección, mejoramiento del suelo y para el embellecimiento del paisaje rural.

Inicialmente este documento fue ideado como una guía para el establecimiento de las diferentes formas de combinaciones de árboles en las fincas de los agricultores donde desarrolla su acción el Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple del CATIE, pero dada la importancia de los árboles dentro de los sistemas de finca del área centroamericana, se decidió presentarlo como un documento de consulta para ser utilizado por los técnicos forestales y agroforestales de la región.

Se ha discutido la importancia de incorporar los AUM en los sistemas de fincas (Martínez, 1987 y Martínez, 1988), así como las consideraciones necesarias para la selección de las especies y los sitios de plantación. El presente documento centra la atención en las diferentes posibilidades de utilización de las especies de AUM en sistemas agroforestales en las fincas de pequeños y medianos productores en América Central.

En general se asume que en los sistemas de fincas pequeñas la participación de los árboles es en asocios agroforestales, en un sentido amplio. Es decir, aún rodales puros estarán asociados a las demás actividades de producción de la finca como un todo. Además, todos estos sistemas presuponen la plantación de los árboles, o su establecimiento por siembra directa, excepto en aquellos casos donde estos son preexistentes al establecimiento del sistema agroforestal propiamente dicho.

Conviene llamar la atención sobre la necesidad de caracterizar la finca, en forma sencilla y determinar las limitaciones para el establecimiento de los árboles y con base en esta información, decidir los posibles sistemas de plantación o combinaciones agroforestales que deberán emplearse. Con esta información, más la ecológica del sitio, seleccionar las especies. El Cuadro 1 presenta un sistema sencillo para la caracterización fisiográfica de los sitios y el Cuadro 2 indica una forma de clasificación del sitio en base a esta caracterización, que permite decidir sobre el sistema de

plantación a utilizar. Se advierte que los valores de calificación utilizados en el Cuadro 1 son arbitrarios y por tanto no exentos de subjetividad; igualmente los valores del Cuadro 2, derivados del Cuadro 1, deben ser probados en el campo para determinar su validez. En el Cuadro 3 se indican los aspectos ecológicos mínimos del sitio que es necesario tomar en cuenta para la selección de las especies. El Cuadro A.1 del anexo presenta los límites climáticos aproximados de las zonas de vida de América Central.

También es necesario advertir que la decisión final debe hacerse de acuerdo con los intereses del agricultor, ya que es él quien debe cuidar los árboles y beneficiarse de los productos o servicios que estos produzcan. También debe tomarse en cuenta las posibilidades de mercado de los productos por obtener.

Además de las características fisiográficas del sitio, se debe tomar en cuenta la accesibilidad al lugar y los riesgos tales como incendios, inundaciones, acceso de ganado y vientos, para definir la especie y las medidas de protección a utilizar.

## OPCIONES Y COMBINACIONES AGROFORESTALES POSIBLES

Sin pretender ser exhaustivo, se presentan algunas de las posibles combinaciones de árboles y cultivos y/o ganadería en las fincas de agricultores pequeños y medianos en la región centroamericana, aunque estas mismas combinaciones pueden darse en otras regiones del mundo tropical. Se consideran combinaciones agroforestales en el sentido lato, es decir, las diferentes posibilidades de utilización de los árboles en combinación con cultivos y/o ganadería en asociación espacial o temporal o ambas, dentro del sistema de finca. Se han identificado cuatro grupos de combinaciones o sistemas agroforestales (Cuadro 4), de acuerdo con las características de las especies asociadas, los intereses del finquero y los productos o servicios que puedan obtenerse de los árboles. Las Figuras 1 y 2 son una representación idealizada y esquemática de estas combinaciones en un sistema de finca.

## SELECCION DE LA OPCION ADECUADA

La selección de la combinación o sistema agroforestal y de las especies asociadas, adecuadas para cada finca en particular debe ser compatible con las características ecológicas, económicas y sociales de la finca.

La opción seleccionada será aquella que cumpla mejor con los objetivos de producción y espectativas del agricultor. Por tanto se elegirán, en primer lugar, aquellas opciones que no cambien profundamente el sistema de producción tradicional, sino que introduzcan cambios faciles de realizar y ofrezcan resultados satisfactorios y visibles a corto y/o mediano plazo.

**Cuadro 1.** Evaluación de las características fisiográficas de los sitios para plantación

| Factor/característica | Valor | Calificación |
|---|---|---|
| *Topografía* (pendiente) | | |
| Muy escarpada | más de 50 % | 0 |
| Escarpada | 33 a 49 % | 1 |
| Suave a moderada | 10 a 32 % | 2 |
| Plana | < 10 % | 3 |
| *Suelo* | | |
| Profundidad efectiva | | |
| Superficial | 0 - 20 cm | 0 |
| Poco profundo | 20 - 50 cm | 1 |
| Moderadamente profundo | 50 - 100 cm | 2 |
| Profundo | > 100 cm | 3 |
| Textura* | | |
| Arenas finas rígidas, arcillas y limos sueltos libres de material orgánico | muy pesada | 0 |
| Arcillas | pesada | 1 |
| Francos | moderadamente pesada | 2 |
| Arenosos sueltos | liviana | 3 |
| Compactación | | |
| Muy compactados superficialmente por capas cementadas o piedras | 0 - 20 cm | 0 |
| Capas cementadas o piedras subsuperficiales | más de 20 cm | 1 |
| Superficial por sobrepastoreo | 0 - 20 cm | 2 |
| No o levemente compactado | | 3 |
| Drenaje | | |
| Impedido | Inundable | 0 |
| Parcialmente impedido | Inundable en lluvias | 1 |
| Ligeramente impedido | Ocasionalmente | 2 |
| Sin restricciones | | 3 |

* Relacionada con la gravedad específica y el espacio poroso total que permite la penetración de las raíces.

**Cuadro 2.** Clasificación de los sitios de plantación según las limitaciones[1]

| Sitio | Calificación | Uso recomendado P.P.* | S.A.F.** |
|---|---|---|---|
| Sitios con fuertes limitaciones | < 8 | No | Si |
| Sitios con limitaciones modificables económicamente por prácticas agrícolas | 8 - 12 | Si | Si |
| Sitios sin limitaciones | > 12 | Si | Si |

* Plantaciones puras con o sin asocio inicial con cultivos

** Sistemas agroforestales o combinaciones agroforestales permanentes

1/ El Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple ha agrupado las especies de AUM en tres categorías, que coinciden con la clasificación propuesta (Cuadro A.2 del Anexo)

**Cuadro 3.** Factores ecológicos del sitio, mínimos necesarios, a considerar para selección de las especies a plantar (para selección de especies ver Cuadro A.3 del Anexo).

*Clima*

Temperatura media anual
Temperatura mínima (absoluta y promedio)
Temperatura máxima (absoluta y promedio)
Precipitacion media anual
Meses con déficit hídrico (según Holdridge PPT<ETP)
Altitud sobre el nivel del mar

*Vegetación natural*

Indicadora
Actual

*Zona de vida*

Acorde con sistema de Holdridge (Cuadro A.1 anexo)

*Suelo*

Además de los factores enumerados en el Cuadro 1, se tomará en cuenta:

Uso anterior
Presencia de rocas o capas endurecidas ("hardpans") u otro tipo de obstáculos físicos en el perfil del suelo (%)
Fertilidad natural*
Capacidad de intercambio catiónico*
pH*

* Cuando se disponga de resultados de análisis de laboratorio

**Cuadro 4.** Combinaciones agroforestales posibles en los sistemas de finca de pequeños y medianos agricultores *

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Grupo 1:* | Arboles con cultivos | *Grupo 2:* | Arboles para protección |
| | Dispersos | | Cercos vivos o árboles en cercos |
| | Intercalados | | Cortinas rompevientos |
| | Sombra inicial | | Arboles en contorno |
| | Sombra permanente | | Barreras vivas |
| | Cultivos secuenciales | | Estabilización/recuperación de suelos |
| | En callejones | | Protección de cauces y nacimientos |
| | Líneas alternadas | | |
| | Arboles nodriza | | |
| | Sistema Taungya | | |
| *Grupo 3:* | Arboles en rodales compactos | *Grupo 4:* | Arboles en potreros |
| | Bosques de producción de madera | | Arboles dispersos |
| | Bosques energéticos | | Arboles en grupos |
| | Bancos de forraje | | |
| | Huertos caseros | | |

* Referidos más a la distribución de los árboles en el momento del establecimiento, que a la plantación y/o manejo silvicultural final resultante

Según OTS-CATIE (1986) la selección de un sistema agroforestal determinado depende de la productividad, la factibilidad financiera, la sostenibilidad y la adoptabilidad del mismo.

La productividad se refiere a los incrementos de biomasa (vegetal y/o animal) por unidad de área y tiempo. En sistemas agroforestales el término productividad se utiliza indistintamente para los componentes arbóreos, animales o agrícolas, o la suma de estos componentes, referido a fincas y terrenos en general. La productividad específica de los cultivos también se expresa como "rendimiento por hectárea y año" y se asocia con los beneficios económicos derivados de éste.

En el caso de los árboles, la productividad se puede expresar en términos de volumen de madera y/o leña ($m^3$/ha/año). También puede expresarse en términos de biomasa (tm de materia seca/ha/año), ya sea biomasa total, biomasa aérea total, de follaje o de combinaciones de las anteriores. Dada la dificultad de hacer determinaciones exactas del volumen de madera aprovechable en pie, sin cortar los árboles, es posible utilizar el área basal (G, expresada en $m^2$/ha/año), ya que este parámetro está muy relacionado con el volumen, como una medida del rendimiento o productividad. La productividad de forraje y leña en cortas periódicas será medida en términos de biomasa y se podrá estimar mediante relaciones matemáticas, las cuales es preciso determinar para cada lugar y especie.

1. Arboles dispersos
2. Cultivo en callejones
3. Plantoción en líneas
4. Arboles de borde
5. Cerco vivo
6. Arboles de borde
7. Protección de cursos de agua
8. Sombra
9. Cortinas rompevientos
10. Estabilización de laderas
11. Barreras en contorno
12. Arboles con barreras vivas
13. Control de erosión (en cárcavas)

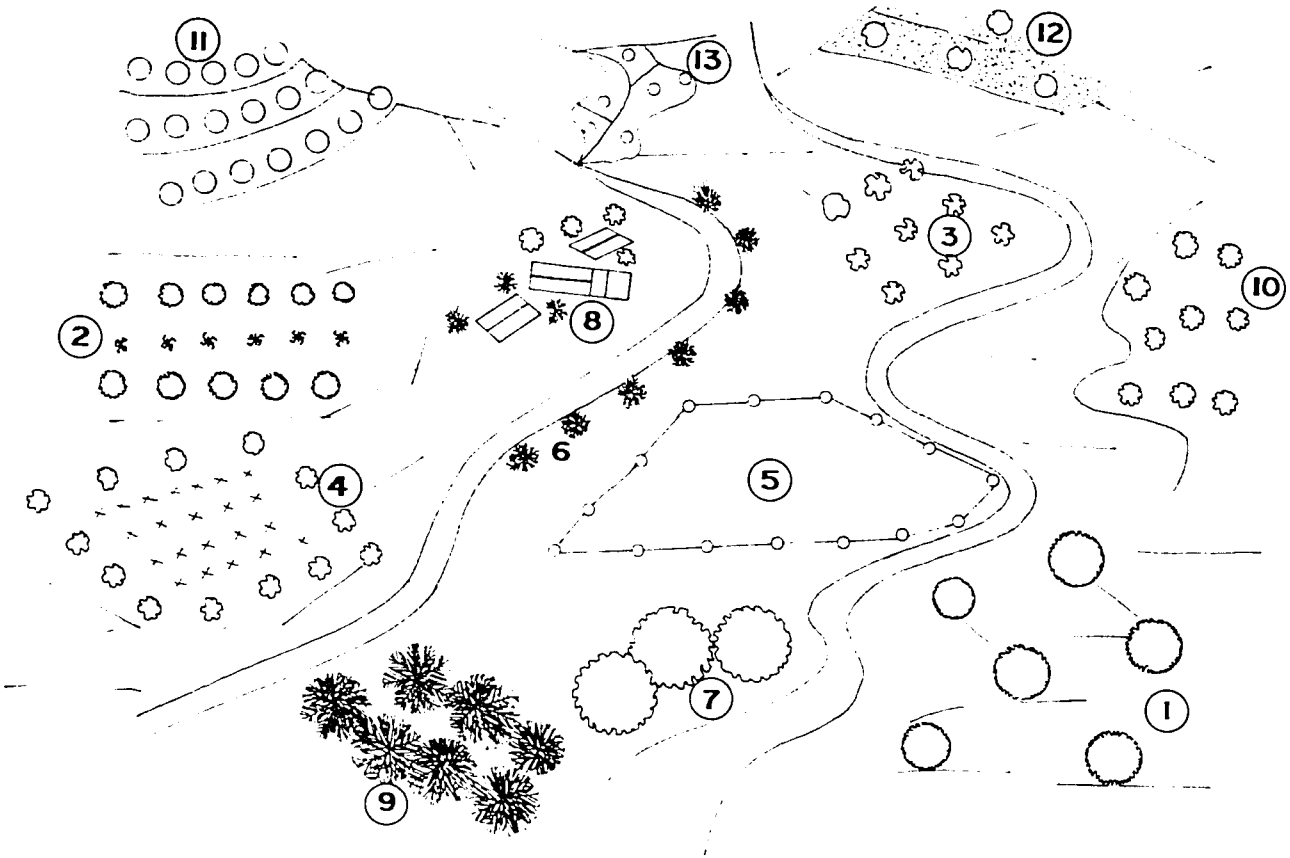
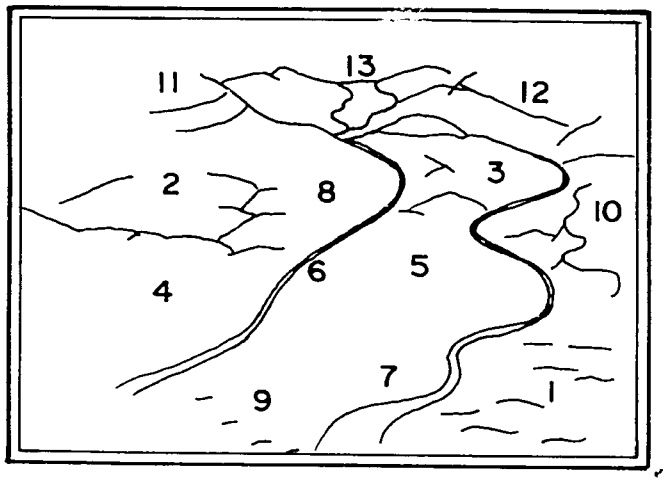



Figura 1. Posibles formas de utilización de las especies de AUM en terrenos de finca

Adaptado de: Weber, F.R. y Stoney, C. 1986




1. Arboles dispersos
2. Cultivo de callejones
3. Plantación en líneas
4. Arboles de borde
5. Cerco vivo
6. Arboles en bordes de caminos
7. Protección de cursos de agua
8. Sombra
9. Cortinas rompevientos
10. Estabilización de laderas
11. Barreras en contorno
12. Arboles con barreras vivas
13. Control de erosión (en cárcavas)

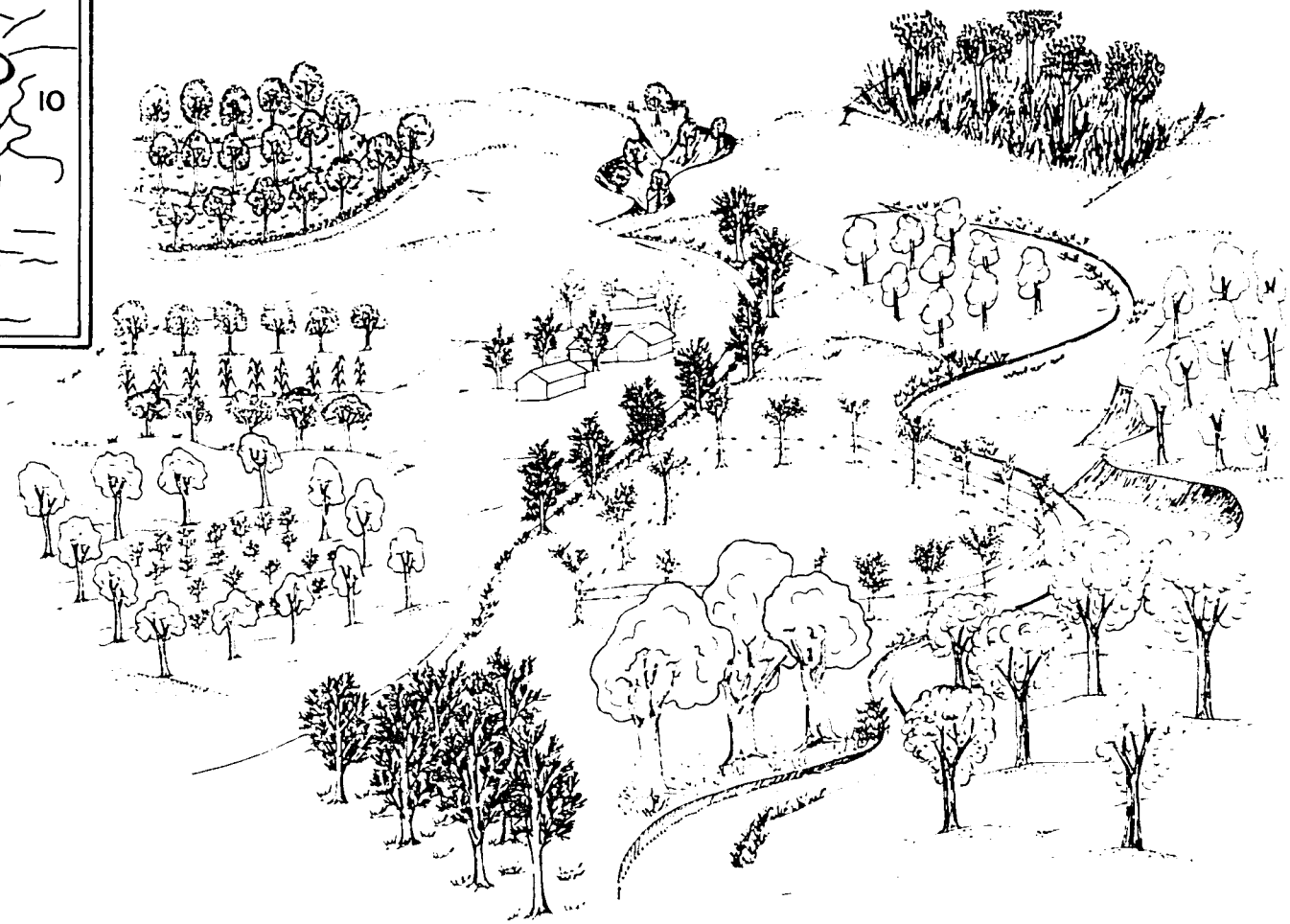


Figura 2. Arreglos de árboles en fincas
Adaptado de: Weber, F. R y Stoney, C. 1986

Para el total del sistema de finca (árboles + cultivos y/o animales) será necesario hacer las determinaciones de rendimiento para cada uno de los componentes individuales y, por adición, obtener la productividad total del mismo.

La factibilidad financiera considera los rendimientos monetarios previstos como resultado de la inversión realizada, en fondos o recursos. Difiere del análisis económico, el cual toma en cuenta los beneficios resultantes para la sociedad.

La sostenibilidad indica la capacidad del sistema para mantener la productividad a largo plazo sin degradar el sitio y sin adiciones sustanciales de insumos. Es decir no se refiere exclusivamente al mantenimiento de la producción anual, la cual puede fluctuar, sino a la persistencia del sistema y sus productividades.

Finalmente la adoptabilidad tiene que ver con la facilidad y complacencia con que el agricultor instala en el campo el sistema agroforestal. Según Peck (1984), la adoptabilidad de un sistema agroforestal se ve favorecida, cuando es posible:

- reducir los riesgos de las cosechas mediante la diversidad de especies
- utilizar especies de propósito múltiple
- utilizar especies fáciles de establecer, resistentes a poco o ningún mantenimiento y que no requieran insumos importados
- usar plantas con habilidad de rebrote, para disminuir los costos de establecimiento en el segundo turno
- producir bienes o servicios tangibles durante el primer año; los productos obtenidos deben tener un mercado establecido o fácil de establecer en el futuro inmediato
- utilizar los recursos disponibles en forma eficiente.

De acuerdo con lo anterior, la selección del sistema más apropiado deberá basarse en consideraciones biológicas, económicas y prácticas y con la participación directa del agricultor, fijando claramente desde el principio los objetivos generales y específicos de los trabajos por realizar.

## COMBINACIONES AGROFORESTALES EN LOS SISTEMAS DE FINCA

### 1. Sistemas de árboles con cultivos

A continuación se describen algunas de las diferentes combinaciones agroforestales que es posible establecer en las fincas de pequeños y medianos agricultores. Es necesario aclarar que muchos de estos sistemas no han sido suficientemente estudiados y comprobado su funcionamiento en la práctica y por tanto se encuentran en etapa experimental, aunque son utilizados tradicionalmente por los agricultores.

## Arboles dispersos en forma irregular

Este sistema es común en la región centroamericana. Por ejemplo en las zonas altas de Guatemala se intercala el maíz (***Zea mays***) y hortalizas entre árboles de regeneración natural de ***Pinus*** spp, ***Alnus acuminata*** o ***Sambucus*** sp., asociados con maíz. En las zonas bajas secas de la mayoría de países de América Central, se combinan especies de ***Leucaena*** (***leucocephala***, ***salvadorensis*** o ***diversifolia***) con maíz, o en las zonas cafetaleras de algunos países, árboles de especies valiosas como ***Cordia alliodora***, ***Cupressus lusitanica***, ***Grevillea robusta*** o ***Cedrela*** spp. asociados con café (***Coffea arabiga***) o ***Terminalia oblonga*** (sinónimo ***T. obovata***) y/o ***C. alliodora*** asociadas con cacao (***Teobroma cacao***), además de la sombra tradicional. También es común el asocio de ***A. acuminata*** o ***C. lusitanica*** con pastos para producción lechera.

Generalmente los árboles aparecen en forma natural y los agricultores los cuidan por el valor de la madera, o como en el caso de ***A. acuminata*** y ***Sambucus*** sp. en Guatemala, por la creencia, que el "mulch" proveniente del follaje enriquece los suelos. En algunos casos los árboles son introducidos en forma deliberada, por ejemplo ***T. oblonga*** como sombra para cacao y obtención de madera y leña.

Las anteriores consideraciones indican la posibilidad de introducir esta forma de asociación en los sistemas de finca.

## Objetivo, especies y distribución

Usualmente el objetivo de esta práctica es producir madera de valor y/o postes largos, utilizables para usos rurales o venta en mercados locales, asociado con la producción de cultivos perennes o anuales, como una forma de utilización más intensiva de la tierra. Beneficios complementarios de esta práctica son la producción de leña, proveniente de las podas y las partes no comercializables de los árboles, así como sombra, ciclaje de nutrimentos y protección del suelo.

Del grupo de especies prioritarias seleccionadas por el CATIE para América Central (Cuadro A.3 del anexo), ***Bombacopsis quinatum***, ***C. lusitanica***, ***Eucalyptus saligna*** y ***Tectona grandis*** sobresalen para este tipo de asociación, aunque otras especies de interés local, como ***C. alliodora*** o ***A. acuminata***, pueden integrarse a esta práctica (Cuadro A.2 del anexo). El turno varía entre 10 a 12 años para ***E. saligna***, 20 años para ***C. lusitanica***, 25 a 30 años para ***B. quinatum*** y, según la experiencia de Trinidad, 40 a 60 años (para obtención de madera de aserrío) para ***T. grandis***. En esta práctica es también posible considerar especies de madera valiosa como ***Cedrela odorata*** o ***Swietenia macrophylla*** como parte de la asociación, en densidades no mayores de 5-10 árboles ha. En general los árboles requieren una o dos podas de formación, durante los primeros dos a tres años.

En cuanto a la distribución, una disposición regular con distanciamientos amplios (8-10 m) entre hileras y árboles es la más adecuada para prevenir la competencia entre cultivos. La Figura 3 presenta un ejemplo de la distribución de los árboles entre los cultivos.

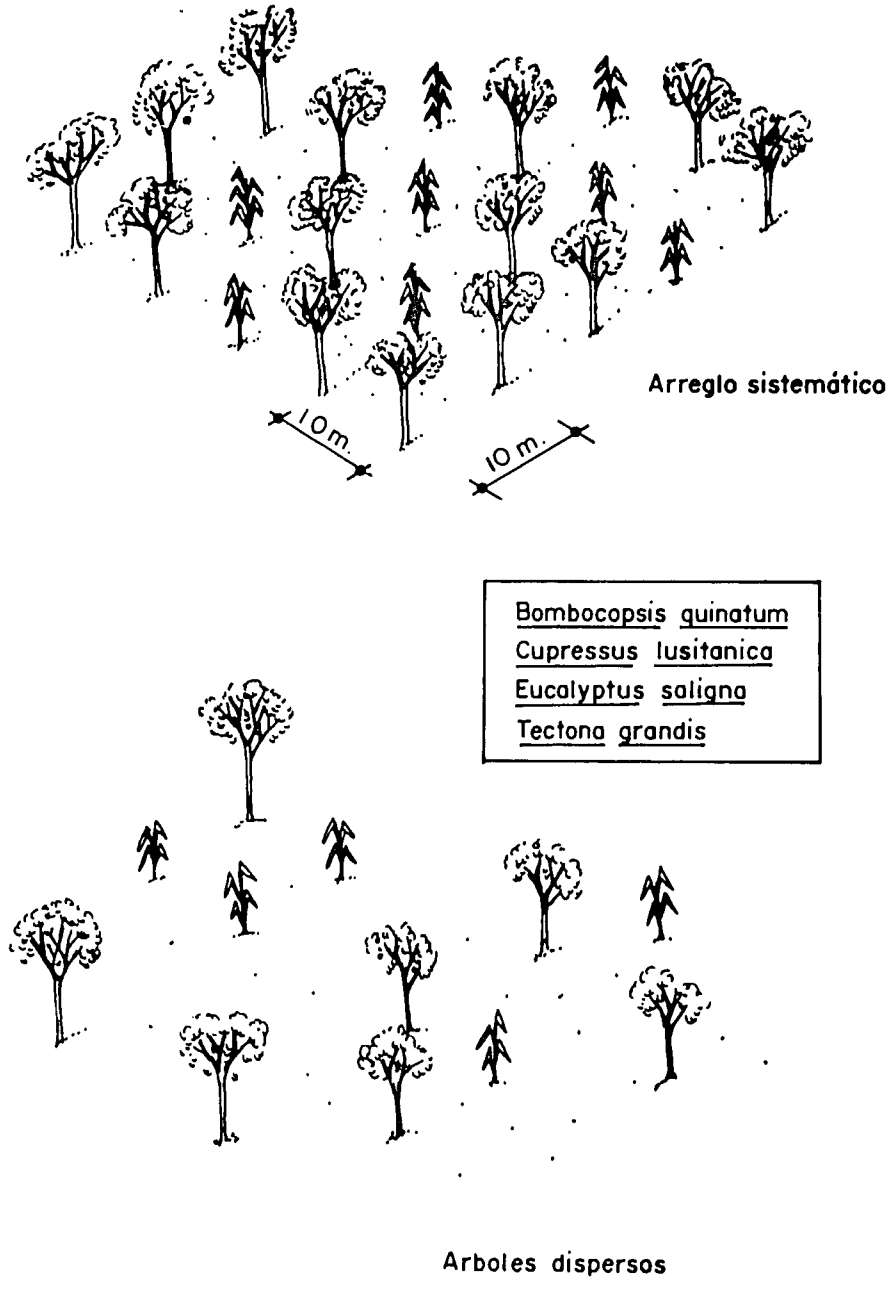



Figura 3. Arboles dispersos en sistemas agroforestales en fincas y especies potenciales

El Cuadro 5 presenta una estimación de los costos de adquisición de plántulas y jornales necesarios para el establecimiento y cuidado de 100 árboles durante el primer año, así como de los rendimientos esperados. No se presentan costos/ha debido a que generalmente se trata de asociaciones establecidas en áreas pequeñas.

**Cuadro 5.** Costos de establecimiento de árboles dispersos

| | | |
|---|---|---|
| Costo de plántulas en vivero | $0,12 c/u* | $12,00 (2)** |
| Transporte 10 km promedio | | 4,00 (2) |
| Ahoyado | 1 jornal (2) | |
| Plantación | 1 jornal (2) | |
| Replante | 0,5 jornal (3) | |
| 2 Limpias y eventualmante | | |
| 2 podas el segundo y tercer año | 2 jornales (3,4) | |
| Limpias mantenimiento segundo año (2) | 2 jornal/año (3,4) | |
| Podas año 3 | 2 jornales/año (2,3) | |
| Postes (300 a $0,30 c/u) | $90,00 *** | |
| Alambre espigado (3 rollos a $18,00 c/u) | $54,00 *** | |
| Instalación de cercos | 10 jornales (2,3) *** | |

* Costo promedio para planta en bolsa y seudoestaca, incluídas las plántulas para reposiciones, en dólares americanos.

** Para todos los casos la cifra en paréntesis se refiere al trimestre en que es necesario realizar la actividad o incurrir en el costo, en América Central.

*** Costos de protección para árboles dispuestos regularmente en potreros

Crecimientos esperados con árboles dispersos.

| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen $m^3$/100 árboles* Trozas 35 <d> | Trozas 20 | Postes cond. | Postes horc. | Postes ten. | Leña | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***B. quinatum*** | 30 | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | | | | 103,7 | 196 |
| ***C. lusitanica*** | 20 | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | | | | 103,7 | 196 |
| ***E. saligna*** | 10 | 25 | 30 | | | 39,3 | 7,2 | 7,4 | 34,1 | 88 |
| ***T. grandis*** | 25** | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | | | 7,4 | 96,3 | 196 |

Tipos de postes: cond. = conducción horc. = horcones ten. = tendales

* No incluye raleos debido a las características del sistema

** Estimaciones realizadas en base a la experiencia del Proyecto Madeleña con plantaciones de esta edad

El Cuadro A.4 del anexo presenta información sobre las dimensiones de los productos de AUM considerados y el Cuadro A.5 el número de piezas por árbol según la categoría de producto.

### Arboles intercalados

Es una modificación del sistema anterior, al disponer a los árboles en forma regular y aumentar la densidad en el área de cultivo. Puede relacionarse con árboles en callejones o árboles en líneas alternadas, aunque, estrictamente, se trata de árboles plantados en forma deliberada entre los cultivos, ya sea para provisión de sombra, mulch o adición de nitrógeno, cuando se trata de especies leguminosas; o producción de leña y/o madera con otras especies.

La asociación puede ser durante pocos años. Por ejemplo se usa sombra temporal de ***Mimosa scabrella***, durante los primeros tres a seis años en una plantación de café, mientras crecen los árboles de sombra definitiva (***Inga*** spp. o ***Gliricidia sepium***), para luego cortar la mimosa cuando las especies permanentes se han establecido en forma definitiva. La asociación también puede ser por períodos largos, por ejemplo sombra para café o cacao con ***L. leucocephala***, ***E. saligna*** o ***C. lusitanica*** (como en algunas regiones en Guatemala).

En este sistema es necesario el manejo de copas, mediante podas periódicas cuando las especies arbóreas como ***C. lusitanica*** o ***M. scabrella*** se encuentran asociadas a cultivos tales como café. Con especies de copa estrecha como ***E. saligna***, generalmente no es necesaria esta práctica.

En otros casos puede tratarse de árboles asociados durante los primeros 2-3 años con un cultivo agrícola, luego un período de crecimiento libre de los árboles, sin asocio, durante otros 3 a 5 años para, al final de 5-8 años, cortar completamente, cultivar y manejar los rebrotes. Este último esquema se asemeja a la agricultura migratoria, aunque con inclusión deliberada de árboles con propósitos de producción definidos.

### Arboles para sombra inicial

En plantaciones de cultivos que requieren sombra como café, té (***Tea sinensis***) o cardamomo (***Elateria cardamomum***), es necesario contar con especies arbóreas de crecimiento muy rápido, que provean sombra durante la fase de establecimiento del cultivo y eventualmente beneficien el suelo por la incorporación de mulch o nitrógeno. Entre las especies prioritarias seleccionadas por Madeleña, ***M. scabrella*** sobresale para este tipo de utilización. Localmente se puede utilizar ***Calliandra calothyrsus*** o especies de turno mas largo como ***L. leucocephala***.

### Objetivos, especies y distribución

El objetivo es la provisión de sombra durante la fase de establecimiento del cultivo agrícola y la producción de madera para usos rurales o leña.

La distancia de plantación varía con el cultivo asociado y las condiciones climáticas del sitio. Generalmente se hará en hileras, con distanciamientos de 3-4 m entre árboles y 5-7 m entre filas. La Figura 4 presenta un posible diagrama de distribución.

El Cuadro 6 presenta una estimación de costos de establecimiento y manejo para 100 árboles durante el primer año, así como una estimación del crecimiento para un turno de tres años, para *M. scabrella*, utilizada en la zona de San Ramón en Costa Rica, con este propósito.

**Cuadro 6.** Costos de establecimiento, crecimiento y manejo de árboles para sombra.

| | | |
|---|---|---|
| Costo de plántulas en vivero (110)* | $0,10 | $10,00 (2) |
| Transporte | | 4,00 (2) |
| Ahoyado | 1 jornal (2) | |
| Plantación | 1 jornal (2) | |
| Replante | 0,5 jornal (3) | |
| Limpias | 2 jornales (3,4) | |
| Podas | 2 jornales (4) | |
| Podas 2do. año | 2 jornales (2,4) | |
| Aprovechamiento 3er. año | 4 jornales (4) | |

* Incluye plántulas para reposición

Crecimiento esperado:

| | Edad (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen ($m^3$/100 árboles)* |
|---|---|---|---|---|
| *Mimosa scabrella* | 3 | 7,5 | 15,0 | 7,9 |

* No incluye follaje y ramas delgadas incorporadas al suelo por caída natural. La cuantificación de esta biomasa deberá realizarse mediante utilización de trampas para colección de follaje caído. Tampoco se incluye el producto de podas antes del aprovechamiento final, el que deberá cuantificarse en forma separada.

El volumen anterior es equivalente a una producción de aproximadamente 4 tm de leña para los mismos 100 árboles.

## Arboles para sombra permanente

Esta práctica es muy utilizada en forma tradicional con especies como ***Inga*** spp., ***C. alliodora*** o ***Eucalyptus deglupta*** mezcladas con ***Erythrina poeppigiana***, para sombrío de cafetales, ***T. obovata*** y ***Gliricidia sepium*** como sombrío de cacao o ***G. sepium*** como sombra de café o cacao, ***A. acuminata***, ***Casuarina equisetifolia***, ***C. lusitanica*** y ***G. robusta*** como sombra de café. Acá también cabe la posibilidad de incorporar unos pocos árboles de especies valiosas como cedro y caoba.

En fincas con cultivos que requieran sombra ligera puede incorporarse, además de las especies tradicionales, otras como ***E. saligna*** o ***C. equisetifolia***, para sombra y producción de postes o leña, o ***L. leucocephala*** para, además de la sombra, beneficiar al cultivo con la posible adición de nitrógeno por las raíces y la hojarasca.

Los espaciamientos utilizados son amplios, de 5 o más metros entre árboles y 5-10 m entre hileras. Los turnos varían con la especie y el objetivo adicional de los árboles. Turnos de 10-12 años para el eucalipto o de 15-20 años para las otras especies se consideran adecuados. La Figura 5 muestra la posible distribución de cultivos y árboles de sombra.

## Objetivos, especies y distribución

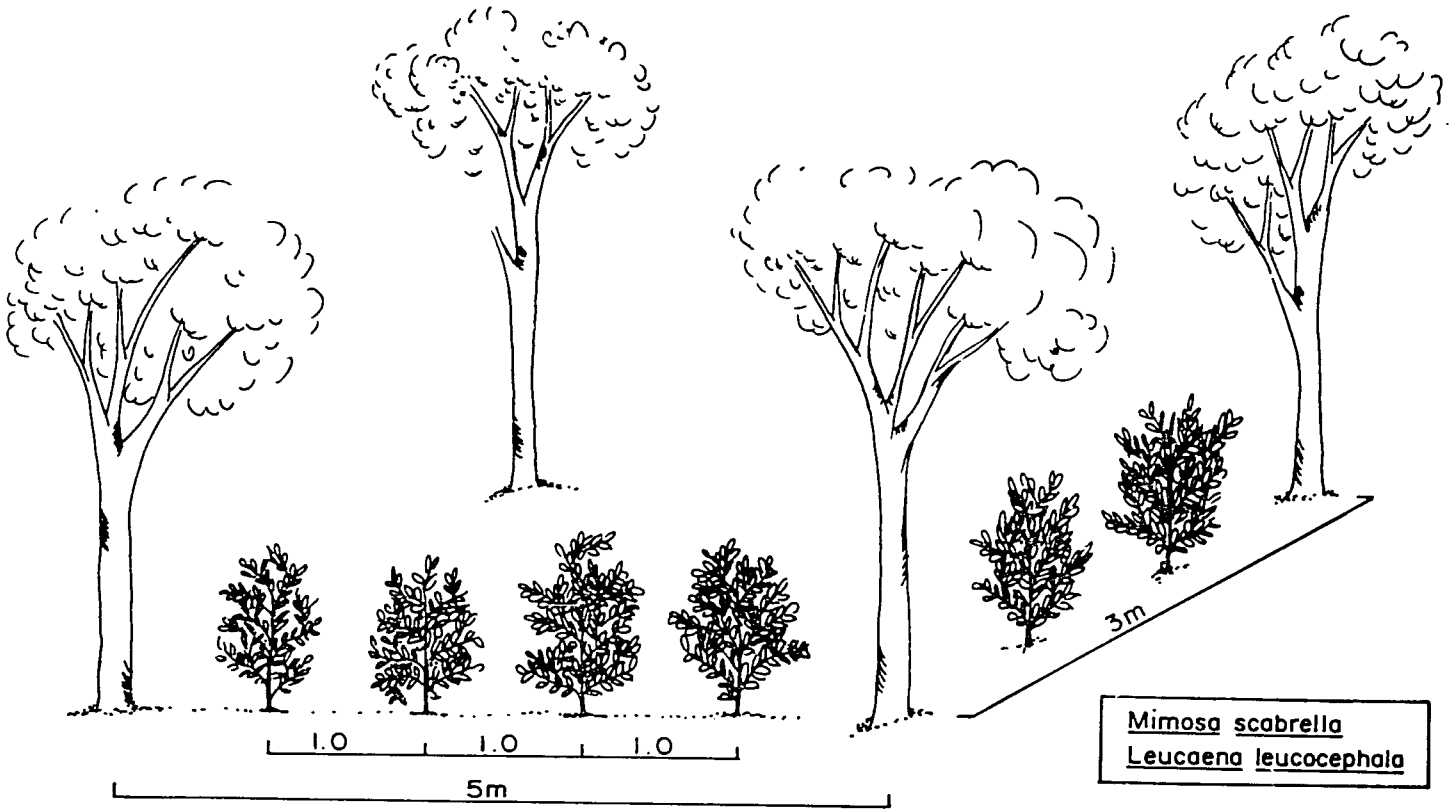
El objetivo de la inclusión de los árboles es la producción de sombra permanente para cultivos agrícolas tales como café, cacao, té, cardamomo u otros. Cuando se utilizan especies que ramifican ampliamente, los árboles, además de la sombra, producen leña obtenida de las podas anuales, o postes y madera al realizar aprovechamientos periódicos.

Aunque no existe información sistemática sobre costos de establecimiento y rendimiento de las especies en asocio del Cuadro 7, se presenta estimaciones para la plantación y manejo durante el primer año. No existe información sobre la producción de leña proveniente de las podas anuales de algunas especies.

**Cuadro 7.** Costos de establecimiento de árboles para sombra permanente.

| | | |
|---|---|---|
| Costo de plántulas en vivero (110) | $0,10 c/u* | $11,00 (2) |
| Transporte (10-20 km) | | 6,00 (2) |
| Ahoyado | 1 jornal(2) | |
| Plantación | 1 jornal(2) | |
| Replante | 0,5 jornal(3) | |
| Limpias 1er año | 2 jornales(4) | |
| Podas 1er año | 1 jornal(4) | |
| Limpias durante turno | 1 jornal/año (3) | |
| Aprovechamiento | 6 jornales(4) | |

* Hasta $0,20 para algunas especies




Se puede elegir a 2m x 2m y hasta 3m x 3m.

Figura 4. Mimosa scabrella para sombrío inicial de café

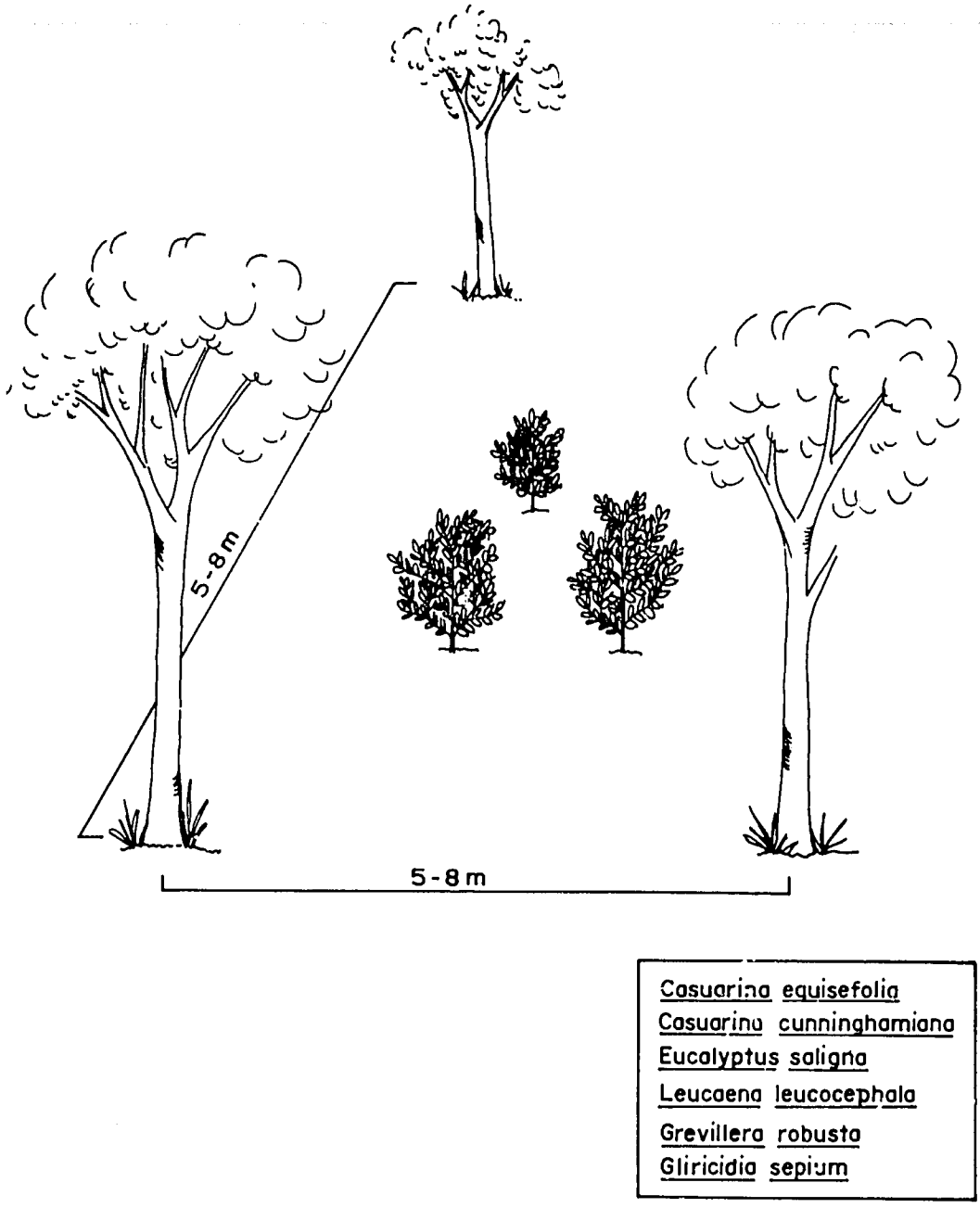



Figura 5. Arboles para sombrío permanente en cultivos perennes

Crecimientos esperados:

| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen $m^3$/100 árboles Postes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | cond. | horc. | ten. | cer. | Leña | Total |
| ***E. saligna*** | 10 | 25 | 30 | 39,3 | 7,2 | 7,4 | | 34,1 | 88 |
| ***G. sepium*** | 15 | 15 | 30 | | 27,1 | | 6,5 | 29,4 | 63* |
| ***L. leucocephala*** | 8 | 12 | 20 | | | 10,6 | | 14,4 | 25* |

Tipos de postes: cond. = conducción horc. = horcones ten. = tendales cer. = cerco

* Sin incluir la madera (leña) proveniente de podas anuales, la cual se puede considerar igual a 1-2 m estéreos/100 árboles/año.

Salazar (1986) encontró producciones de entre 150 y 288 metros estéreos de leña, en plantaciones de ***Leucena leucocephala*** de 5,4 años y 2500 árboles por hectárea.

## Arboles y cultivos secuenciales

Esta forma de asociación se asemeja a la agricultura migratoria tradicional, con la diferencia de la inclusión de árboles con propósitos definidos, durante el período de cultivo, al estilo del sistema taungya.

Las especies arbóreas pueden ser de maderas valiosas o leguminosas que faciliten la restauración de la fertilidad del suelo y brinden productos adicionales como leña y postes, o una combinación de los dos tipos. Aunque no existen muchos ejemplos en que los árboles hayan sido deliberadamente plantados, la evidencia de las zonas secas de Guatemala, donde se conservan los tocones y posteriormente se deja crecer los rebrotes de especies como ***G. sepium*** y ***Leucaena*** spp. o ***Guazuma ulmifolia*** y ***G. sepium*** en Costa Rica, en terrenos en barbecho, hacen pensar en la factibilidad del sistema.

La secuencia de actividades es:

- En terrenos actualmente cultivados o en barbecho: limpieza y cultivo tradicional de granos básicos (maíz, frijol) u otros cultivos propios de la zona. El período de cultivo dependerá de la fertilidad natural del suelo en el momento de comenzar el sistema.
- Un año antes de abandonar el terreno se plantará la especie forestal, junto con el cultivo agrícola, en una densidad alta (1,5 m x 1,5 m o hasta 3 m x 3 m): ***L. leucocephala***, ***G. sepium*** u otras leguminosas como ***Cajanus cajan***, ***C. calothyrsus*** o ***Sesbania grandiflora*** (también ***S. sesban***), solas o mezcladas con especies de mayor valor local. Puede utilizarse siembra directa.
- Durante el período de barbecho (5 a 8 años) se dejarán crecer libremente las especies forestales, para permitir la restauración de la fertilidad del suelo.

- Al año 4 ó 5 se cortará la vegetación, cuidando de dejar en el terreno el follaje y ramas delgadas, conservando los tocones.
- Durante uno o dos años se utilizará el terreno con los cultivos propios de la zona, cuidando los rebrotes de los tocones, los cuales permitirán la renovación posterior del bosque. La Figura 6 presenta la secuencia ideal de operaciones.

## Objetivos y distribución

Los objetivos específicos de esta práctica son la restauración de los suelos y la producción de leña, o eventualmente postes para uso rural.

Las especies que podrían utilizarse son: ***G. sepium***, ***L. leucocephala*** (o especies locales de ***L. diversifolia*** o de ***Mimosa*** spp.). Eventualmente se puede introducir algunos pocos árboles de ***E. camaldulensis***, ***Caesalpinia velutina***, cedro o caoba u otras especies locales de valor.

Debido a que el objetivo de esta práctica es la recuperación de suelos, se puede utilizar un arreglo espacial con patrón regular de distanciamientos a 1 x 2 m ó 2 x 2 m, o espaciamientos mayores cuando se considere necesario. En terrenos en pendiente los árboles se distribuirán siguiendo las curvas de nivel y/o al tresbolillo. En todos los casos el método más económico de establecimiento es la siembra directa, máxime si se tiene en cuenta el valor del producto final (leña).

Al igual que en casos anteriores, no existe experiencia en cuanto a los costos involucrados, pero se pueden hacer algunas estimaciones de costos para el establecimiento (Cuadro 8) de un cuarto de hectárea (2500 $m^2$) a 2 x 2 m, que se considera un área mínima utilizable por los agricultores en este sistema.

**Cuadro 8.** Costos de establecimiento de árboles y cultivos secuenciales.

| | | |
|---|---|---|
| a) Con plantas producidas en vivero | | |
| Valor plantas de vivero (625 + 60) | $0,10 c/u | $ 68,50 (2) |
| Limpieza inicial | 4 jornales (1) | |
| Ahoyado y plantación | 8 jornales (2) | |
| Replante | 1 jornal (3) | |
| b) Por siembra directa | | |
| Costo de semillas | | $ 7,00(1) |
| Limpieza inicial | 4 jornales(1) | |
| Siembra | 2 jornales(2) | |
| Limpieza* | 2 jornales/año(3) ** | |
| Podas | 2 jornales/año(4) ** | |
| Aprovechamiento | 10 jornales(4) ** | |

* Durante los primeros tres años

** Costos adicionales para las dos opciones

En cuanto a rendimientos no existe información, aunque plantaciones realizadas con densidades altas, dan una idea del crecimiento que es posible esperar. Por ejemplo para una plantación a 1 m x 2 m (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Rendimiento de especies en cultivos secuenciales

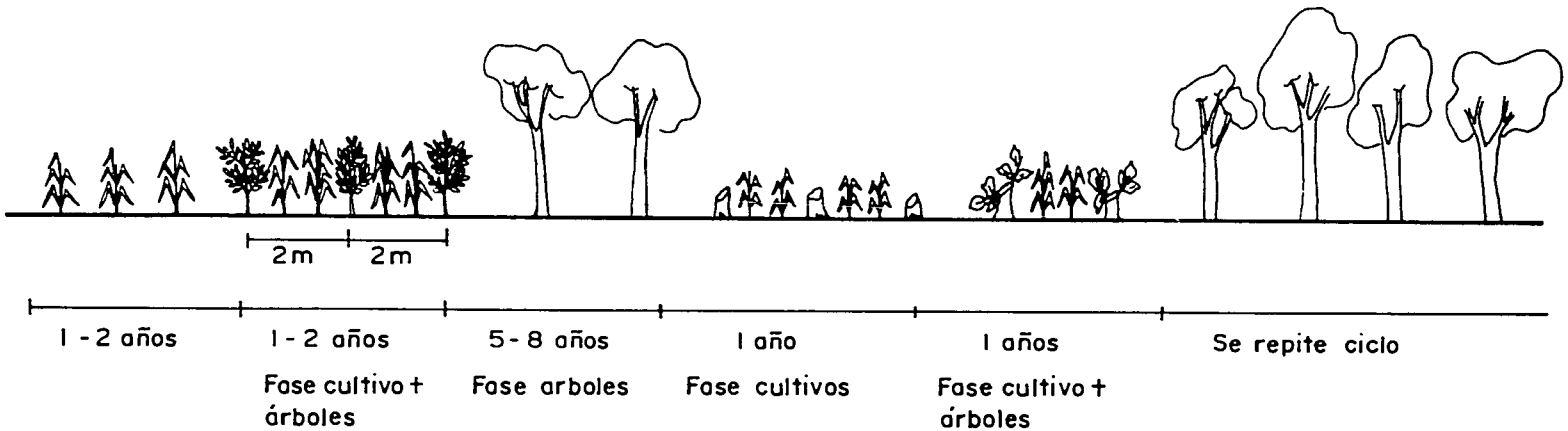
| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen ($m^3$/ha*) Tutores | Leña | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *G. sepium* | 5 | 6,0 | 5,0 | 16,6 | 13,4 | 30 |
| *Leucaena* spp. | 5 | 7,0 | 6,0 | 23,8 | 26,2 | 50 |

* No incluye el producto de las podas intermedias. Ver Cuadro A.5

Existe la posibilidad de obtener varas para sostén de hortalizas (tutores), con cortes anuales a partir del segundo año del establecimiento. Se estima una producción de 4800 varas por año/ha después del primer corte.

### Arboles con cultivos en callejones

Esta técnica, conocida en la literatura inglesa como "alley cropping", consiste en la mezcla de filas de árboles de porte pequeño o arbustos, podados frecuentemente para evitar el exceso de sombra, con cultivos anuales. Se utiliza tanto en las zonas húmedas tropicales como en zonas más secas.




| | |
|---|---|
| Leucaena leucocephala | Gliricidia sepium |
| Caesalpinia volutina | Eucalyptus camaldulensis |

Figura 6. Arboles con cultivos secuenciales

## Objetivos, especies y diseño

El objetivo básico de esta práctica es la producción de abono verde ("mulch") proveniente de las podas periódicas (2-4/año), el cual se aplica entre los callejones a los cultivos y a los propios árboles. Este follaje presta el beneficio adicional de controlar las malezas. Otro objetivo de esta práctica puede ser la producción de estacas o postes y prevenir la erosión.

Las especies más utilizadas son leguminosas, fijadoras de nitrógeno y productoras de follaje abundante, tales como ***Erythrina poeppigiana***, ***G. sepium***, ***L. leucocephala***, o especies locales de los géneros ***Calliandra***, ***Acacia*** o ***Prosopis***. También puede utilizarse, de acuerdo con las condiciones locales, especies como ***M. scabrella***, ***A. acuminata*** y otras.

La disposición de los árboles entre los cultivos es uno de los factores críticos en este sistema. Inicialmente se pensó que distancias cortas entre las filas de árboles (4-5 m) favorecían al sistema, sin embargo se ha observado que los árboles dispuestos en esta forma competían fuertemente con los cultivos por agua y nutrimentos, por lo que actualmente se ha optado por distancias mayores 7-9 o más metros entre filas y distancias cortas entre árboles (1-4 m). El otro factor crítico es el espacio que ocupan los árboles, especialmente donde los agricultores disponen de poca tierra apta para los cultivos. En cuanto a la altura de poda se puede generalizar que alturas de 1,0 a 2 m son adecudas para intercalar cultivos de porte bajo como frijoles o maíz. La frecuencia de podas puede variar, aunque se ha encontrado con ***G. sepium*** y ***Erythrina*** spp. que frecuencias de 6 meses o más mantienen la productividad de biomasa proveniente de hojas y ramas tiernas. En aquellas zonas donde el factor limitante es la tierra, no es posible utilizar este sistema.

Finalmente, otro factor que debe tomarse muy en cuenta es la compatibilidad entre los árboles y los cultivos asociados, ya que en algunas ocasiones hay efectos alelopáticos que pueden disminuir los rendimientos del cultivo, o los árboles pueden convertirse en refugio de plagas que lo afectan. En la Figura 7 se presentan varias formas de disposición de los componentes del sistema.

En regiones libres de vientos, las hileras de árboles deberán orientarse en sentido este-oeste para utilizar más eficientemente la radiación solar, mientras que en regiones azotadas por vientos fuertes, éstas deberán orientarse en ángulos entre 45° y 90° con relación a la dirección de los vientos dominantes, para que actuen como cortinas, cuidando de la orientación del movimiento solar, para evitar problemas de sombreamiento excesivo.

El tipo de planta depende de la especie y las condiciones del suelo. Por ejemplo ***G. sepium*** y probablemente ***L. leucocephala*** pueden establecerse por estacas grandes, de 2-2,5 m de longitud y 5-12 cm de diámetro, mientras que ***M. scabrella*** y ***A. acuminata*** deben establecerse con plántulas criadas en vivero. El Cuadro 10 presenta una estimación de los costos de establecimiento de dos líneas de 50 m separadas 9 m entre si y árboles plantados a 2 m dentro de las líneas.

No se dispone de datos sobre producción de follaje en este sistema durante períodos largos. Budelman (1987) en Costa de Marfil, Africa ha encontrado producciones de 0,21 kg/árbol de materia

**Cuadro 10.** Costos de establecimiento de líneas de árboles por estacas.
Se pueden presentar dos situaciones:

1. Para establecimiento de ***G. sepium*** por estacas grandes (probablemente también para ***L. leucocephala***)

| | | |
|---|---|---|
| a) Preparación de estacas | | |
| Corta y preparación | 2 jornales (1) | |
| Limpieza del terreno | 1 jornal (1) | |
| Ahoyado y plantación | 2 jornales (2) | |
| Replante | 0,5 jornal (3) | |
| 2 podas anuales | 2 jornales/año (3,4) | |
| b) Por compra de estacas | | |
| Compra de estacas (55)* | $0,30 c/u | $ 16,50 (1) |
| Limpieza de terreno | 1 jornal (1) | |
| Ahoyado y plantación | 2 jornales (2) | |
| Replante | 0,5 jornal (3) | |
| 2 podas anuales | 2 jornales/año (3,4) | |
| 2. Para establecimiento de especies producidas en bolsa: | | |
| Costo de plántulas de vivero (55) | $ 0,10 c/u | $ 5,50 (2) |
| Limpieza | 1 jornal (2) | |
| Ahoyado y plantación | 1 jornal (2) | |
| Replante | 0,1 jornal (3) | |
| Podas de formación | 1 jornal (4) | |
| Podas anuales (2/año)** | 2 jornales (4) | |

* Incluye replante en caso de pérdidas

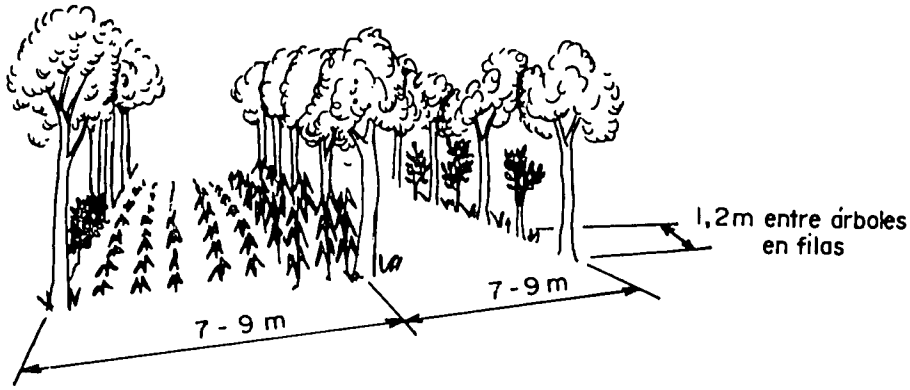
** Para un turno inicial de 8 años, sujeto a comprobación

seca seca en podas trimestrales (0,84 kg/árbol/año), con contenidos de nitrógeno que variaron entre 2,94 y 3,33 por ciento. Barón (1987) en Turrialba encontró una producción de 0,17-0,22 kg/árbol para un solo corte y contenidos de nitrógeno entre 4,22 y 4,55 por ciento. En los dos casos la producción de biomasa por árbol es similar, aunque difiere la concentración de nitrógeno. Gutiérrez (1985) en Panamá encontró producciones de 2,2 kg/árbol de follaje verde, al primer corte, en plantaciones de ***L. leucocephala*** de 25 meses de edad. Guillén y Huezo (1987) encontraron producciones de 7,8 kg/árbol de follaje verde en dos cortes realizados con cinco meses de diferencia, en una plantación de dos años de edad de ***L. leucocephala***.

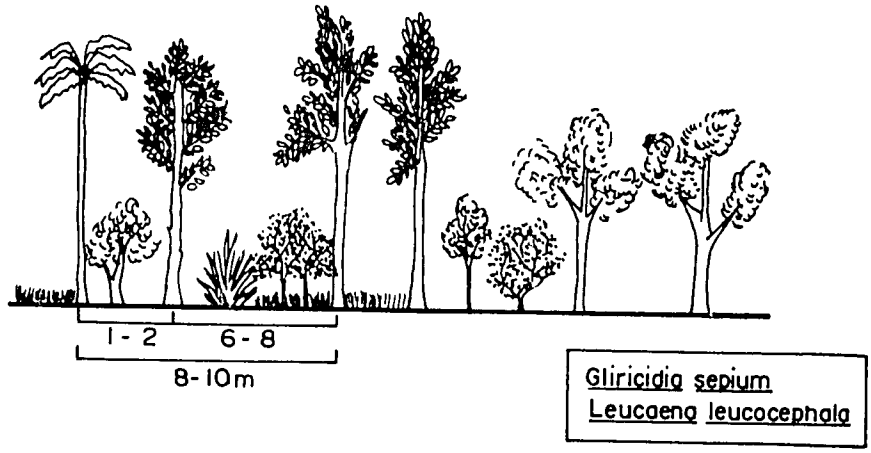
Aparentemente las leguminosas arbóreas pueden aportar hasta 150 kg/ha de nitrógeno, plantadas en los espaciamientos descritos.

## Plantación en líneas

Es una forma de plantación con una disposición muy similar a la de los árboles en los cultivos en callejones; las líneas o filas (de un árbol) se distancian ampliamente (10 o más metros). Dentro de las filas de árboles se puede establecer cultivos anuales o perennes, dependiendo de las necesidades del productor, la fertilidad del suelo y la pendiente del mismo.




Cultivos anuales en calleiones de una fila de árboles




Cultivos en callejones de dos árboles

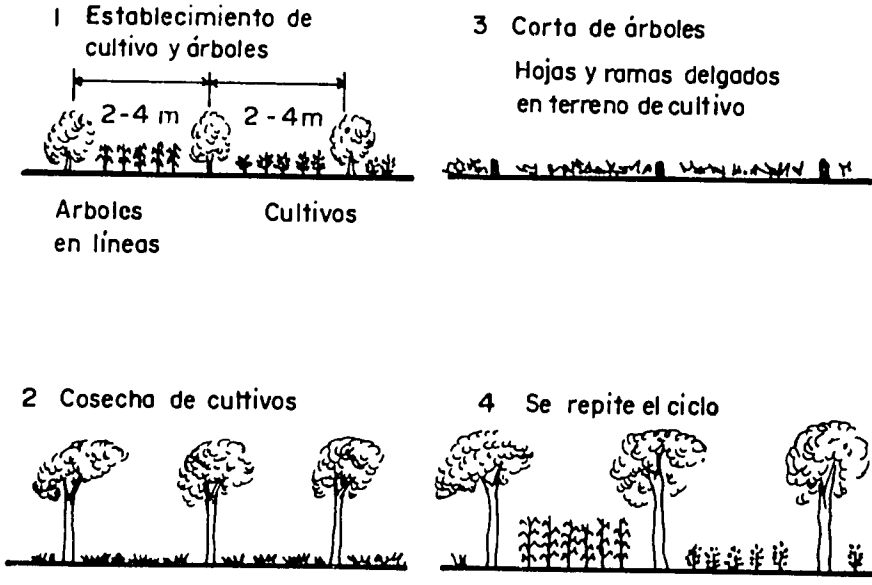



Figura 7. Arreglos de árboles y cultivos en callejones

El sistema se diferencia del cultivo en callejones en que los árboles no se podan en forma intensiva, aunque pueden recibir algunas podas de formación o para evitar el exceso de sombra. En condiciones de suelos moderadamente fértiles y pocas restricciones de drenaje y compactación, podrá utilizarse, sin mayores problemas especies tales como ***Acacia mangium***, ***C. alliodora***, ***C. lusitanica***, ***C. equisetifolia***, ***C. odorata***, ***E. camaldulensis***, ***E. deglupta***, ***E. saligna***, ***Gmelina arborea***, ***T. grandis***, ***Pinus caribaea*** o en zonas altas ***A. acuminata***, ***C. lusitanica*** o ***Casuarina cunninghamiana*** para producción de madera de uso local, postes o leña. También puede emplearse frutales como aguacate (***Persea americana***), tamarindo (***Tamarindus indica***) o cítricos, tales como naranja (***Citrus sinensis***) o limoneros (***Citrus limon***).

Estas especies se establecen con plántulas producidas en vivero, seudoestacas o siembra directa cuando el tamaño de la semilla lo permite, como en ***G. arborea*** y ***T. grandis***.

## Objetivos y diseño

El objetivo de este tipo de plantación es la producción de cultivos (anuales o perennes) junto con madera para uso local o producción de postes y leña. También puede utilizarse para controlar los vientos durante algunas épocas del año.

Aunque el distanciamiento entre las filas dependerá en buena medida del cultivo asociado, éste debe ser amplio, generalmente mayor de 8-10 m o más, mientras que la distancia entre árboles puede ser relativamente corta (2-4 m), dependiendo de la especie y el producto deseado. Al igual que en el caso del cultivo en callejones, se presentan conflictos por el espacio que ocupan los árboles y la posible competencia con los cultivos por agua y nutrimentos. Además, existe el problema de la sombra, debido a que los árboles a partir de 3-4 m de altura se dejan crecer libremente. La Figura 8 presenta un esquema del sistema.

Se deberá tener especial cuidado en la dirección de las filas de árboles, las cuales preferencialmente deben orientarse de este a oeste, para evitar el exceso de sombra sobre los cultivos, y a la vez permitir el máximo aprovechamiento de la radiación solar. Deberán observarse los mismos cuidados con respecto a los vientos que fueron indicados para el cultivo en callejones.

Una modificación al sistema es el establecimiento de grupos de dos o hasta tres filas de árboles (similar al sistema de barreras rompevientos), con espaciamientos de ocho a diez metros entre los grupos de filas y distancias de 1,5 a 3,0 m entre árboles dentro de las filas y entre filas contiguas

No se dispone de costos de establecimiento y rendimientos. A continuación se presentan estimaciones del costo y rendimiento para dos formas de establecimiento de hileras de 100 árboles (Cuadro 11 y Cuadro 12).

**Cuadro 11.** Costos de establecimiento de líneas de plantación.

| | | |
|---|---|---|
| a) Especies producidas en bolsa | | |
| Costo de plántulas de vivero (100+10) | $0,10 c/u | $ 11,00 (2) |
| Transporte | | 4,00 (2) |
| Limpieza | | 1 jornal(1) |
| Apertura de hoyos | | 1 jornal(2) |
| Plantación | | 1 jornal(2) |
| Replante | | 0,1 jornal(3) |
| Podas de formación | | 1 jornal(4) |
| Limpias anuales* | | 1 jornal(3) |
| Aprovechamiento | | 10 jornales(4) |
| b) Especies producidas por seudoestaca | | |
| Costo de seudoestacas (110) | $0,15 c/u | $ 16,50 (2) |
| Limpieza | 1 jornal (1) | |
| Apertura de hoyos | 1 jornal (2) | |
| Plantación | 1 jornal (2) | |
| Replante | 0,1 jornal (3) | |
| Podas de formación | 1 jornal (4) | |
| Limpias* | 1 jornal/año (3) | |
| Aprovechamiento | 10 jornales (4) | |

* Durante los tres primeros años

**Cuadro 12.** Crecimiento y rendimiento de especies en plantaciones en línea

| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Volumen $m^3$/100 árboles* Trozas 35 <d> | Trozas 20 | Postes** cond. | Postes** horc. | Postes** ten. | Postes** cer. | Leña | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Especies producidas en bolsa | | | | | | | | | | | |
| *A. mangium* | 10 | 15 | 16 | | | | | 7,7 | 1,4 | 10,9 | 20 |
| *A. acuminata* | 20 | 25 | 40 | 33,3 | 53,8 | | | 10,9 | 1,3 | 57,7 | 157 |
| *B. quinatum* | 30 | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | | | | | 103,7 | 196 |
| *C. equisetifolia* | 15 | 15 | 25 | | | | 18,8 | | 4,6 | 16,6 | 40 |
| *C. cunninghamiana* | 15 | 20 | 35 | | | | 52,0 | | 8,3 | 35,7 | 96 |
| *C. lusitanica* | 20 | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | | | | | 103,7 | 196 |
| *E. camaldulensis* | 10 | 18 | 20 | | | | 8,2 | 8,7 | 1,5 | 9,6 | 28 |
| *E. saligna* | 10 | 25 | 30 | | | 39,3 | 7,2 | 7,4 | | 34,1 | 88 |
| b) Especies producidas por seudoestaca | | | | | | | | | | | |
| *G. arborea* | 12 | 15 | 40 | 30,5 | 18,5 | 9,4 | 35,6 | 94 | | | |
| *T. grandis* | 25 | 20 | 50 | 56,7 | 35,6 | 7,4 | 96,3 | 196 | | | |

* El Cuadro A.6 anexo presenta información sobre productos por árbol

** Tipos de postes: Cond.= conducción, horc.= horcones, ten.= tendales, cer.= cerca

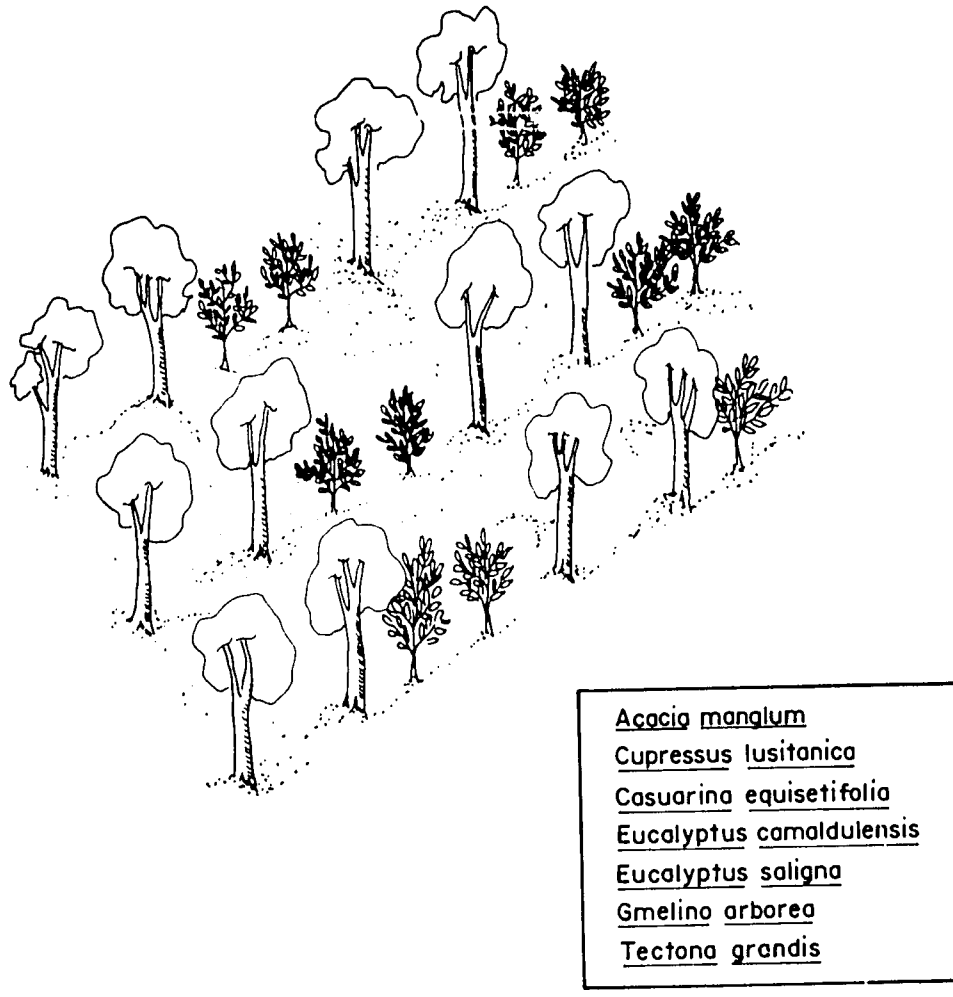



Figura 8. Plantación en líneas

### Arboles nodriza o de sostén

Esta forma de asociación está restringida a unas pocas especies arbóreas con cultivos que necesitan sostén, tales como tomate, frijol, ñame, vainilla o pimienta negra. Las especies de árboles utilizables deben plantarse por estacas grandes, permitir podas contínuas, ser de copa estrecha y preferiblemente que enriquezcan el suelo por adición de "mulch" o nitrógeno.

### Objetivos, especies y disposición

El objetivo de esta práctica es sostener el cultivo asociado, ya sea por apoyo directo sobre la especie forestal o con la ayuda de cuerdas (de polipropileno o yute), tendidas entre dos o más estacas. Adicionalmente se puede incorporar el follaje al suelo.

Las especies utilizadas son ***G. sepium***, ***L. leucocephala*** o, eventualmente, ***C. velutina*** establecidas mediante estacas grandes, de 2-2,5 m a distancias de 5 o más metros dentro de cada línea de cultivo. La Figura 9 presenta un diagrama de la distribución de los componentes del sistema.

Los costos de preparación de estacas son similares a los de cultivo en callejones.

### Sistema Taungya

Este método de regeneración de bosques combina la producción de árboles con la siembra de cultivos básicos durante los primeros años del establecimiento de la plantación. Es decir, trata de conjugar los intereses del agricultor que no dispone de tierras para agricultura, con los de la silvicultura. Aunque el sistema se aplica normalmente en agricultura y silvicultura comunitaria, puede funcionar en fincas individuales para el establecimiento de plantaciones combinadas, en los primeros años, con cultivos.

El Proyecto Madeleña ha acumulado experiencia en el establecimiento de plantaciones de diferentes especies, como aripín, aliso o jaúl, eucaliptos, leucaena, melina, teca, pinos y pochote entre otras, en combinación con cultivos. En todos los casos se ha utilizado maíz como cultivo asociado durante uno o dos años, dependiendo de la densidad de plantación y la rapidez de crecimiento de las especies forestales. También se ha usado frijol en el segundo período agrícola de cada uno de los años mientras se permite agricultura.

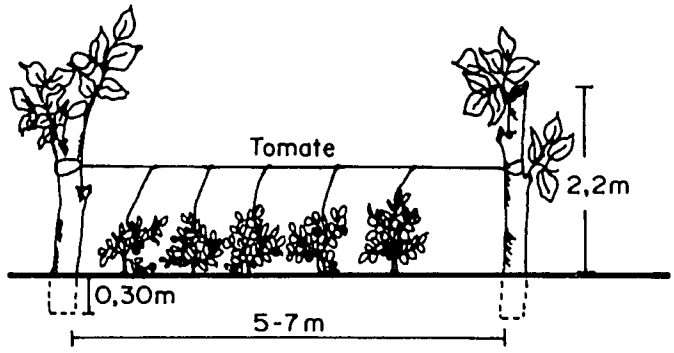
El método puede usarse para establecer plantaciones en sitios originalmente cubiertos por barbechos o bosques secundarios empobrecidos, o en terrenos que pronto van a dedicarse a otros usos diferentes de la agricultura. La secuencia de actividades es la siguiente:

- Limpia (tumba, roza) de la vegetación existente.

- Apilamiento (en montones o hileras) para luego quemar.

A. Pimienta negra

B. Tomate




Gliricidia sepium
Leucaena sepium
Caesalpinia velutina

Figura 9. Arboles nodriza

- Siembra de cultivos agrícolas (si la fertilidad del suelo permite más de un ciclo de cultivos, se plantarán inicialmente solos, si no fuera posible, la plantación forestal se establecerá simultáneamente con el cultivo agrícola).

- Siembra directa o plantación simultánea durante el primero o segundo ciclo de cosecha.

- Cuidado de cultivo y árboles simultáneamente. Al cesar el ciclo agrícola se iniciará los cuidados y manejo silvicultural de la plantación.

- Podas, raleos, aprovechamiento y repetición del ciclo.

## Objetivos, especies y diseño

El objetivo del sistema es disminuir los costos de establecimiento de plantaciones. En las fincas de los pequeños productores se pretende tener una entrada económica inicial que refuerce el presupuesto de la finca y disminuya los costos de establecimiento. Es lógico esperar que las áreas destinadas a esta práctica serán de poca extensión (quizá no mayores de 1-2 ha), o pequeñas áreas que van convirtiéndose en plantaciones anualmente.

La selección de especies y la distancia de plantación depende del objetivo (madera, postes, leña) y de las condiciones ecológicas del sitio. La duración del turno estará dada, igualmente, por el objetivo de la plantación. Para plantaciones energéticas se seleccionará especies de crecimiento rápido y que rebroten, como ***A. mangium***, ***C. velutina***, ***E. camaldulensis***, ***G. sepium***, ***G. arborea***, ***L. leucocephala***, con espaciamientos de 2 x 2 m ó 2,5 x 2,5 m. Para producción de postes y madera se puede utilizar ***A. acuminata***, ***B. quinatum***, ***C. lusitanica***, ***E. saligna***, ***G. arborea***, ***P. caribaea*** y ***T. grandis*** o especies locales seleccionadas cuidadosamente, con espaciamientos de 2,5 x 2,5 m ó 3 x 3 m. La Figura 10 presenta un diagrama de las posibles secuencias cultivo-árboles en el sistema.

El tipo de planta depende de las características de las especies: ***C. velutina***, ***G. sepium*** y ***L. leucocephala*** pueden establecerse por siembra directa; ***A. mangium***, ***A. acuminata***, ***C. lusitanica***, ***E. camaldulensis***, ***E. saligna*** y ***P. caribaea*** por plántulas de vivero y ***B. quinatum***, ***G. arborea***, ***T. grandis*** y ***L. leucocephala*** por seudoestacas de vivero.

## Costos/ha

Los costos de establecimiento, excluyendo los del cultivo agrícola, son similares a los de plantaciones puras. En el Cuadro 13 se presenta una estimación de los costos involucrados para cada tipo de plántula utilizada para el establecimiento. Estos datos deberán ser ajustados en el futuro cuando se tengan registros actualizados de todas las operaciones involucradas.

**Cuadro 13.** Costos de establecimiento de una plantación en sistema Taungya.

a) Establecimiento por siembra directa

| | | |
|---|---|---|
| Costo de semilla (3 kg/ha) | | $ 40,00 (1) |
| Preparación del terreno | 20 jornales (1) | |
| Siembra | 2 jornales (2) | |
| Replante | 0,5 jornales (3) | |
| 2 limpiezas primer año | 6 jornales (3,4) | |
| 2 limpiezas segundo año | 6 jornales (3,4) | |
| Cosecha 5-8 año | 25 jornales (4) | |

b) Establecimiento por plántulas de vivero

| | | |
|---|---|---|
| Costo plántulas de vivero (2500 + 250/ha) | | $ 275,00 (2) |
| Transporte de plántulas | | 25,00 (2) |
| Limpieza y preparación terreno* | 4 jornales (1) | |
| Ahoyado y plantación | 26 jornales (2) | |
| Replante | 1,5 jornales (3) | |
| 2 limpiezas primer año | 6 jornales (3,4) | |
| 2 limpiezas segundo año | 6 jornales (2,4) | |
| Cosecha 5-10 año | 40-60 jornales (4) | |

c) Establecimiento por seudoestaca

| | | |
|---|---|---|
| Costo seudoestacas de vivero (1600 + 200) | | $270,00 (2) |
| Transporte seudoestacas | | 10,00 (2) |
| Limpieza y preparación terreno | 4 jornales* (1) | |
| Ahoyado y plantación | 20 jornales (2) | |
| Replante | 1 jornales (3) | |
| 2 limpiezas primer año | 6 jornales (3,4) | |
| 2 limpiezas segundo año | 6 jornales (2,4) | |
| Limpia + Raleo año 5-7 | 8 jornales (1) | |
| Raleo año 12-15 | 8 jornales (1) | |
| Cosecha año 20-25 | 50-70 jornales (4) | |

* Hasta 12 jornales en barbechos espinosos densos

El rendimiento esperado se presenta en el Cuadro 14, en condiciones de suelos fértiles para producción forestal. En las especies productoras de trozas para aserrío y postes de conducción se consideró un 60 por ciento como porcentaje de utilización total.

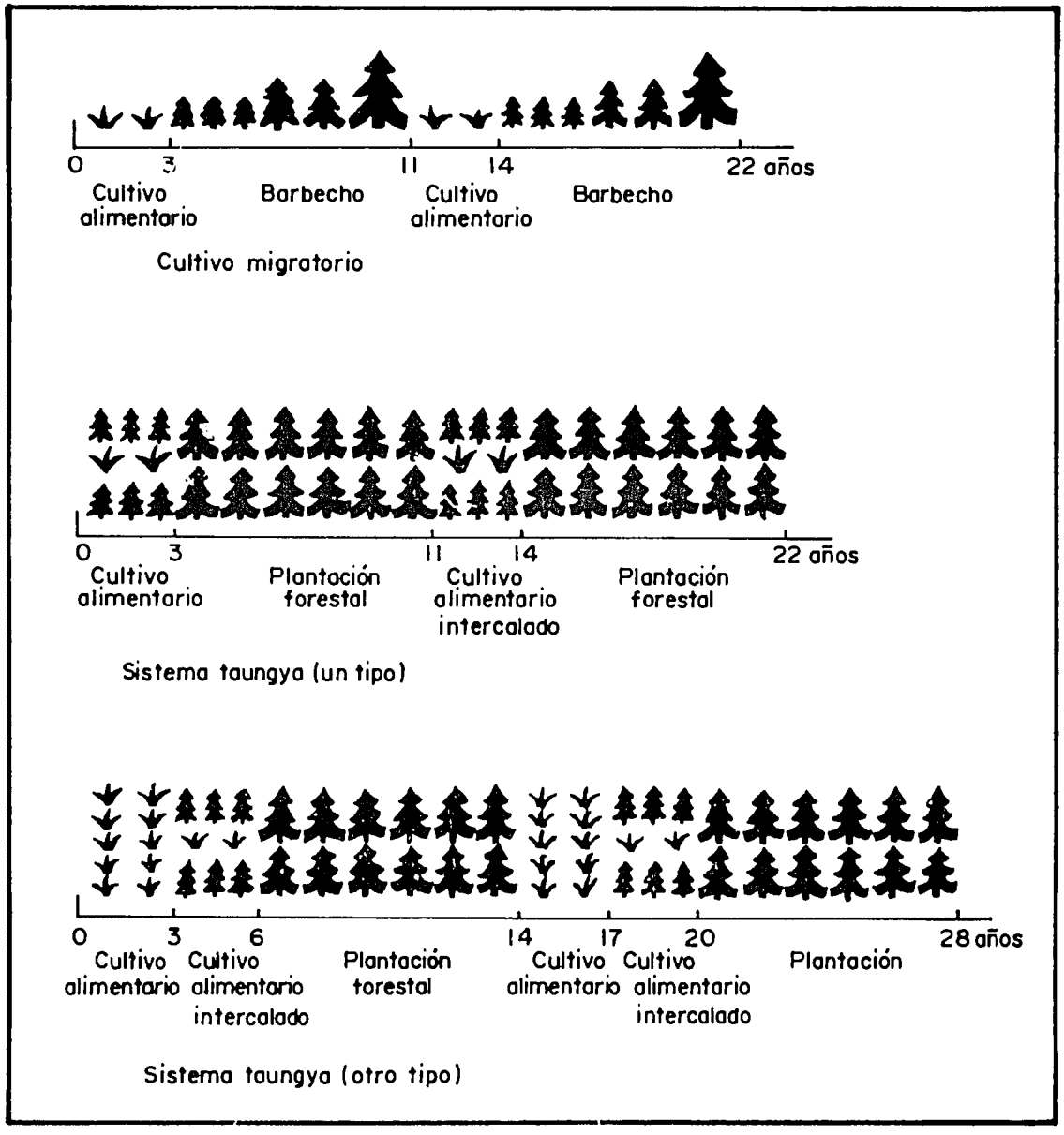
**Cuadro 14.** Rendimiento esperado de especies en un sistema Taungya.

| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Trozas 35 <d> | Trozas 20 | Trozas cond. | Volumen m³/ha Postes horc. | Postes ten. | Postes cer. | Tutor | Leña | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Densidad de plantación 2500 árboles/ha | | | | | | | | | | | | |
| Sin raleos intermedios | | | | | | | | | | | | |
| *C.velutina* | 7 | 8 | 12 | | | | 48,3 | | | 1,1 | 60,6 | 110 |
| *G.sepium* | 7 | 6 | 10 | | | | | | | 1,1 | 78,9 | 80 |
| *L.leucocephala* | 7 | 12 | 12 | | | | | | 72,2 | 1,1 | 86,7 | 160 |
| Con un raleo intermedio* | | | | | | | | | | | | |
| *A.mangium* | 10 | 15 | 16 | | | | | 77,2 | 12,7 | | 90,1 | 180 |
| *C.equisetifolia* | 15 | 15 | 25 | | | | 119,2 | 106,0 | | | 142,8 | 368 |
| *C.cunninghamiana* | 15 | 20 | 20 | | | | 71,1 | | 30,5 | | 192,9 | 294 |
| *E.camaldulensis* | 10 | 18 | 20 | | | | | 130,9 | 40,5 | | 111,6 | 283 |
| *E.saligna* | 15 | 25 | 30 | | | 245,2 | 86,8 | 88,4 | 14,6 | | 285,0 | 720 |
| *P.caribaea* | 15 | 22 | 25 | | | 158,4 | | 76,6 | | | 309,0 | 544 |
| Con dos raleos intermedios** | | | | | | | | | | | | |
| *A.acuminata* | 20 | 25 | 40 | 102,0 | 221,6 | | 38,2 | | 30,5 | | 144,7 | 537 |
| *C.lusitanica* | 25 | 20 | 50 | 270,5 | 138,0 | | 88,2 | | | | 330,3 | 827 |
| b) Densidad inicial 1600 árboles/ha | | | | | | | | | | | | |
| *B.quinatum* | 30 | 20 | 50 | 204,3 | 85,5 | | 24,9 | | 6,9 | | 265,4 | 587 |
| *G.arborea** | 12 | 18 | 30 | | 70,7 | | 28,8 | | 18,3 | | 89,2 | 207 |
| *T.grandis* | 30 | 20 | 30 | | 73,5 | | | 51,3 | 7,6 | | 98,6 | 231 |

* Aplicación de un raleo del 50 por ciento de la población inicial, al año 5 de plantado. Los productos del raleo no están considerados en estas cifras, pero puede estimarse una producción del 20 por ciento de la cosecha final.

** Dos raleos, cada uno del 50 por ciento de la población presente al inicio del mismo. Se estima una producción del 20 por ciento de la cosecha final en cada uno.

El Cuadro A.7 anexo presenta una estimación de los productos por árbol.




| | |
|---|---|
| Acacia mangium | Alnus acuminata |
| Caesalpinia velutina | Bombacopsis quinatum |
| Eucalyptus camaldulensis | Cupressus lusitanica |
| Gliricidia sepium | Eucalyptus saligna |
| Gmelina arborea | Pinus caribaea |
| Leucaena leucocephala | Tectona grandis |

Figura 10. Sistema Taungya

Fuente: Vergara, N.T. Unasylva Vol. 37. Nº 147

## 2. Sistemas de árboles para protección

La función principal de los árboles en estos sistemas es la protección de las propiedades (cercos vivos), los suelos (cortinas rompevientos o barreras vivas) o los cultivos (árboles en contorno). El sistema admite asociación no solo con cultivos agrícolas, sino también con pastos o la simple protección del suelo para su recuperación.

### Cercos vivos

Es una práctica utilizada ampliamente en los trópicos. El objetivo básico es la delimitación y protección de terrenos, aunque se pueden tener otros beneficios, como producción de leña, estacas para otros cercos vivos o, con algunas especies, postes y madera para otros usos, producción de forraje, abono verde, flores comestibles u otros productos.

### Objetivos, especies y diseño

Los cercos vivos se instalan a lo largo de las divisiones entre fincas o dentro de ellas para separar potreros y tierras dedicadas a diferentes usos. Además de la función de delimitación pueden desempeñarse como cortinas rompevientos. Una forma de aumentar la rentabilidad del componente forestal, es la utilización de todos los espacios posibles, sin disminuir la productividad de las otras actividades agropecuarias. Por tanto, el establecimiento de especies de valor comercial dentro de los cercos, debe considerarse una actividad rentable y formar parte del sistema productivo de la finca.

La técnica de instalación y manejo es bien conocida por los agricultores, pero existen lagunas sobre el tipo, tamaño y formas de manejo de estacas de algunas especies.

Las especies más populares para el establecimiento de cercos vivos en la región centroamericana son: ***Jatropha curcas***, ***Moringa oleifera***, ***G. sepium***, ***G. ulmifolia***, ***Bursera simarouba***, ***Croton niveus***, y en menor proporción ***B. quinatum***, ***E. camaldulensis***, ***T. grandis***, ***Cassia siamea***, ***C. equisetifolia*** y ***C. cunninghamiana***. Las cinco primeras especies más ***Bombacopsis*** generalmente se establecen por estacas grandes, de 2,2-2,5 m de longitud y diámetros de 8 cm o más, preferiblemente recién cortadas, mientras que las otras provienen de plántulas de vivero. En los cercos con especies para protección y producción de leña y forraje, deben intercalarse especies valiosas tales como ***B. quinatum***, ***T. grandis***, ***S. macrophylla***, ***C. odorata*** y otras, para aumentar la rentabilidad del sistema.

Dependiendo de las necesidades de protección, la distancia entre plantas dentro de un cerco, de tres a cuatro hilos de alambre espigado, oscila entre 1 m y 3 m. Cercos establecidos con estacas grandes generalmente usan distancias de 1-2 m entre estacas, mientras que cercos con árboles establecidos por plántulas de vivero o seudoestacas utilizan distancias de 3 m. Existen varias

publicaciones sobre preparación, tamaño y cuidados de estacas grandes de ***G. sepium*** (Baggio, 1982), aunque muy pocas sobre las de otras especies. Por otro lado, las plántulas y seudoestacas de las otras especies reciben el mismo tratamiento dado a otros tipos de plantación. Es necesario brindar protección adicional cuando se establecen en potreros para ganadería. La Figura 11 muestra la disposición de cercos vivos y cultivos.

## Costos y beneficios

El establecimiento de cercos vivos generalmente se hace al final de la época seca y/o comienzos de la época de lluvias (meses de abril - mayo). Las labores de limpieza y mantenimiento se realizan en los meses de junio - julio.

Otárola, Martínez y Ordóñez (1985), reportan los costos y rendimientos de un kilómetro de cerca viva de ***G. sepium***, rodeando potreros ganaderos en la región de El Progreso, en el noroccidente de Honduras, manejado para la producción de nuevas estacas y forraje (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Costos de establecimiento y rendimiento de una cerca viva.

| | Cantidad/km | Costo ($) |
|---|---|---|
| Establecimiento (distancia entre postes 1,6 m) | | |
| Templadores | 60 | 120,00 |
| Estacas* | 600 | 180,00 |
| Alambre de púas | 4000 m | 660,00 |
| Grapas | | 16,50 |
| Mano de obra (aprox. 50 jornales) | | 250,00 |
| Total establecimiento | | 1226,50 |
| Mantenimiento | | |
| Mano de obre (podas y limpiezas) | | |
| 1er. año (30 jornales) | | 150,00 |
| 2do. año (30 jornales) | | 150,00 |
| 3er. año (30 jornales) | | 175,00 |
| Replante (11 jornales) | 1er. año | 56,00 |
| Total mantenimiento | | 531,00 |
| Aprovechamiento (cada 2 años) | | |
| Preparación de estacas (40 jornales) | | 200,00 |
| Preparación de leña (24 jornales) | | 120,00 |
| Total preparación productos | | 320,00 |

Rendimiento

| EDAD | | PRODUCCION* | | |
|---|---|---|---|---|
| Cerca (años) | Rebrotes** (meses) | Estacas (número) | Leña (tm/km) | Follaje (tm/km) |
| 1 | 11 | - | 7,2 | 2,7 |
| 2 | 9 | - | 6,4 | 2,8 |
| 3 | 14 | - | 22,8 | 10,3 |
| 8 | 19 | 1582 | 26,8 | 13,5 |
| 3 | 15 | 1000 | 35,2 | 12,9 |

* Peso verde, en base a un aprovechamiento

** Edad desde la última poda

Beliard (1984) encontró una producción total de follaje (peso seco) de 2,08 kg/árbol para tres cortes sucesivos con intervalos de tres meses y 1,65 kg/árbol en cortes cada nueve meses.

## Cortinas rompevientos

Las cortinas rompevientos o simplemente rompevientos son líneas de árboles y/o arbustos, u otros tipos de vegetación plantadas de manera tal que disminuyen la velocidad del viento, reduciendo la erosión eólica, la transpiración excesiva de los cultivos, la evaporación, y el daño mecánico del viento sobre los cultivos, mejorando la productividad de animales pastoreados en zonas con incidencia de vientos. Usualmente constan de una a cinco hileras de árboles, lo que les diferencia de plantaciones de varias líneas de árboles, que cumplen funciones similares, además de la producción de madera y leña.

En América Central se utilizan ampliamente en las zonas algodoneras de León y Chinandega en Nicaragua, para el control de erosión eólica. En las zonas altas del Valle Central de Costa Rica se usan para controlar vientos que disminuyen la productividad del ganado lechero; en otras zonas, como en Guanacaste, Costa Rica, para la protección de cultivos.

## Objetivos, especies, distribución

Además de ser usadas para controlar la velocidad del viento, estas barreras proveen leña, madera y postes de pequeñas dimensiones cuando se ralean o renovan. Otra función que pueden desempeñar es la de delimitación, funcionando como cercos.

La selección de las especies depende de las condiciones del suelo del sitio por proteger y de algunas características propias de la especie, como resistencia natural a los vientos y permanencia del follaje durante la estación seca. En general deben usarse especies que los agricultores conozcan y respeten por su valor y utilidad, además de permanecer con follaje durante la época de incidencia de los vientos.

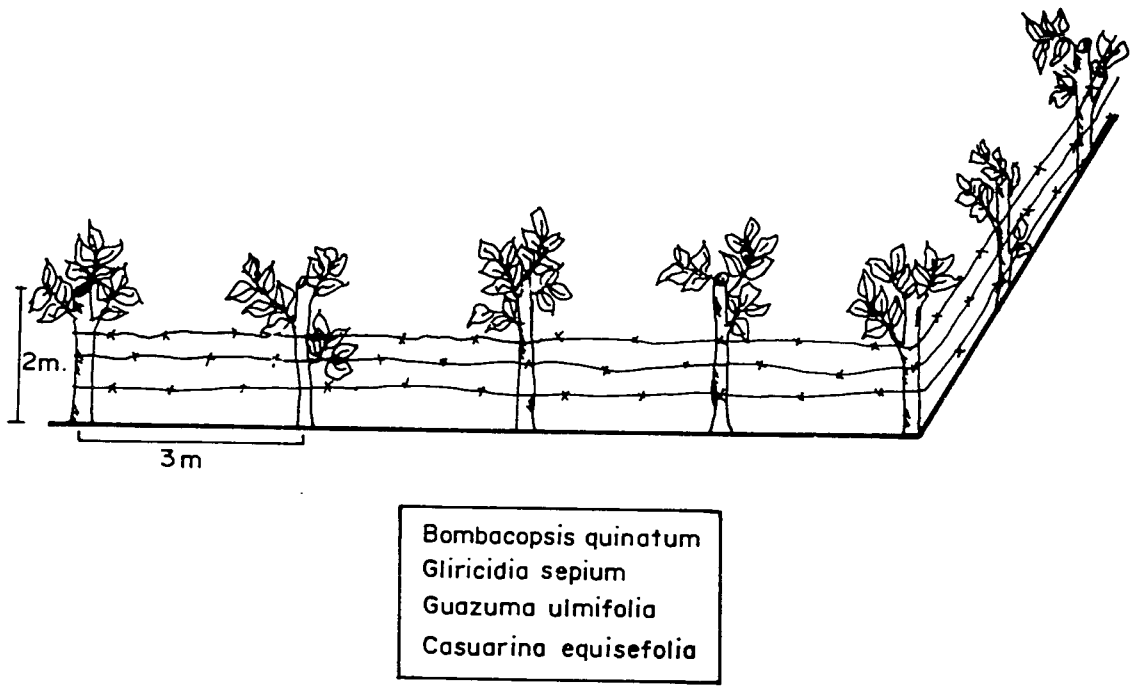



Figura 11. Un sistema de cercas vivas común en América Central

Una cortina debe constar por lo menos de dos filas alternas de árboles dispuestos de tal manera que en el frente de oposición al viento, no coincidan (Figura 12a). Lo normal es construir cortinas de tres estratos (niveles de copas) o filas de árboles (Figura 12b) o de cinco filas de árboles con tres estratos (Figura 12c). En cualesquiera de los casos la posición de los árboles en las filas sucesivas no deben coincidir, para evitar la formación de túneles de viento que concentran y aumentan la velocidad y daño de los vientos. Por esta misma razón se debe emplear un patrón de plantación al tresbolillo y evitar las fallas o tumba de árboles que alteren drásticamente el patrón original.

Las cortinas deben ser permeables (Figura 13a) para evitar el efecto de turbulencia tanto en el lado de barlovento (frente del viento) como en el de sotavento producido por cortinas densas o impermeables (Figura 13b). Los pasos de caminos, canales de agua, o pasos de ganado a través de la cortina deben ser oblicuos a la dirección de la misma (Figura 13c).

En cuanto a la disposición de la cortina, ésta debe ser construída en forma perpendicular, a la dirección de los vientos predominantes, para asegurar un buen control de los mismos. Consideraciones sobre el apropiado aprovechamiento de la radiación solar pueden hacer necesario variar esta disposición. La experiencia asiática y africana indica que debe disponerse en ángulos de entre 45° y 90° con relación al viento.

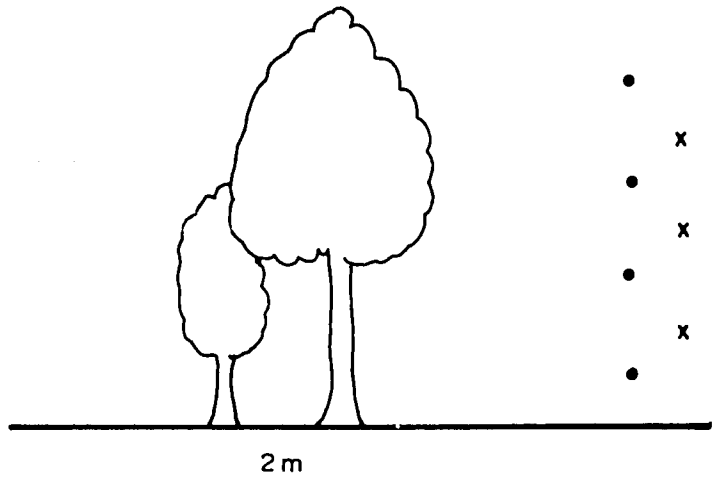
Los árboles en las cortinas tienen un arreglo especial: las filas exteriores o auxiliares deben ser de especies de porte bajo; las filas intermedias de especies de porte mediano (con capacidad de rebrote y que produzcan madera, leña u otros subproductos) y la(s) filas centrales de especies de porte alto y crecimiento rápido (Figura 14a). La disposición anterior permitirá protejer una distancia de entre 10 y 20 veces la altura del estrato más alto, lo cual da idea de la distancia a la que debe disponerse la siguiente cortina (Figura 14b).

La distancia de plantación entre filas y dentro de las mismas varía con las especies y la velocidad de los vientos: en Nicaragua se emplea una distancia de 2,5 x 2,5 m entre hileras y 2 m y 2,5 m entre árboles dentro de las filas centrales y 1 m entre árboles de las filas exteriores. La disposición general es al tresbolillo. En lugares donde el factor limitante es la tierra para cultivos, las cortinas deberán combinar la función protectora con la de delimitación (actuar como cercos) o localizarse a lo largo de caminos, cursos de agua o carreteras.

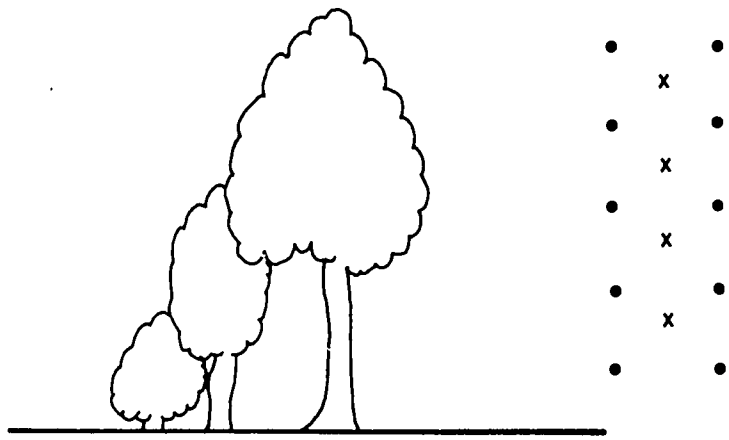
Entre las especies más utilizadas para rompevientos en las zonas bajas de América Central se tiene: ***E. camaldulensis*** y ***C. equisetifolia***, para el estrato superior, ***L. leucocephala***, ***Melia azedarach***, ***Azadirachata indica***, ***M. oleifera*** y ***Simarouba glauca*** para el estrato intermedio y ***Tecoma stans***, ***Acacia farnesiana***, ***Anacardium occidentalis*** u otras para el estrato inferior. En las zonas altas se emplea ***C. lusitanica***, ***C. cunninghamiana***, ***E. globulus*** y en algunos sitios ***A. acuminata*** en combinación con especies locales.

Los cuidados iniciales incluyen protección contra el fuego y el ganado y control de malezas.

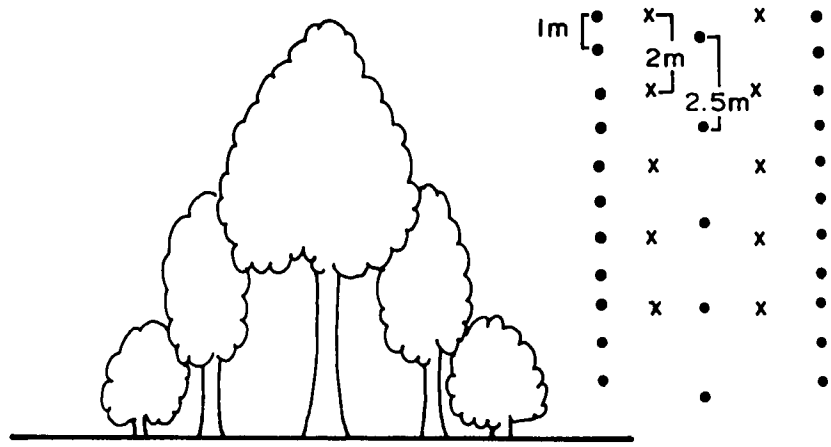
A continuación se presenta un estimado de los costos de establecimiento y mantenimiento durante el primer año, (cuadro 16) para una cortina de 5 filas (tres estratos) de una longitud de 100 m con distanciamiento de 2,5 m entre los árboles de la línea central, 2 m entre árboles de las líneas intermedias y 1 m entre árboles de las líneas externas, y 2,5 m x 2,5 m entre hileras.




a) 2 filas

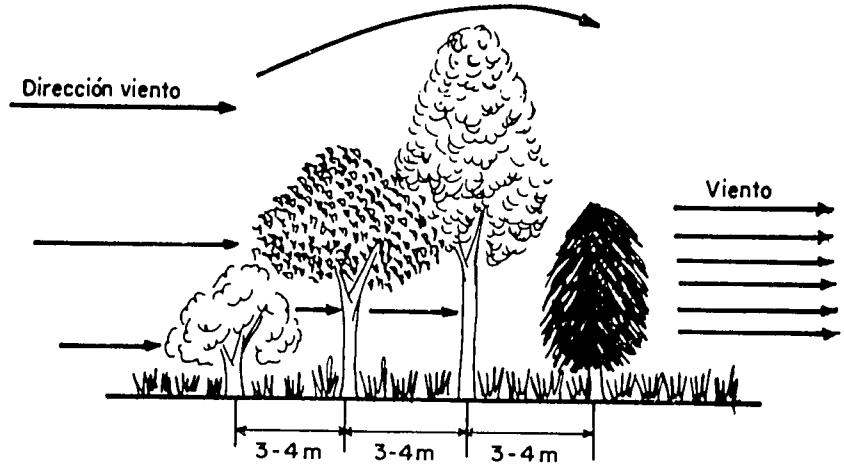


b) 3 filas

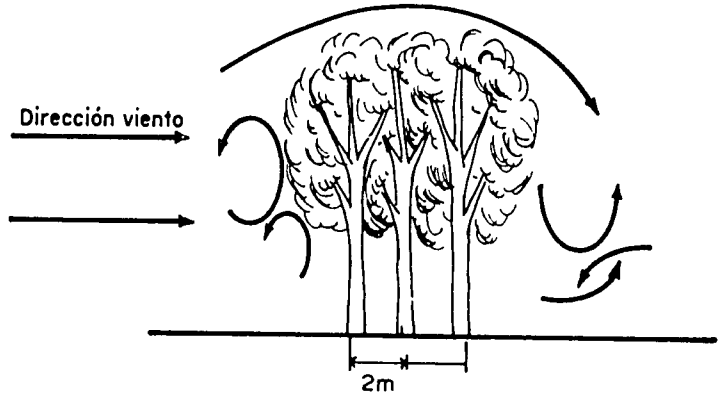



c) 5 filas

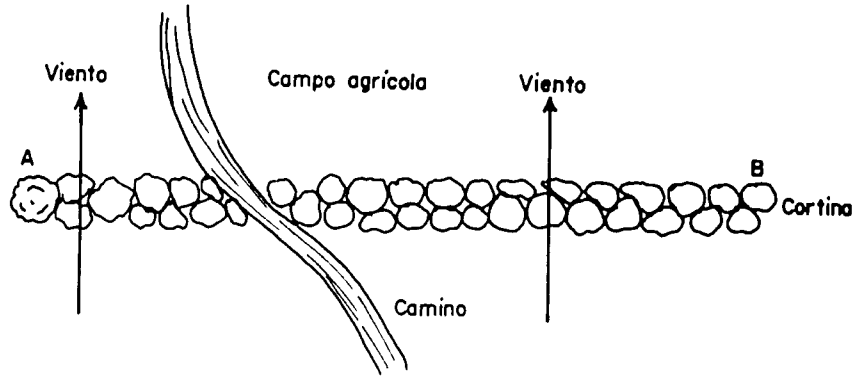
Figura 12. Diagrama de cortinas rompeviento con diferente número de filas y estratos de árboles




a) Permeabilidad de cortinas

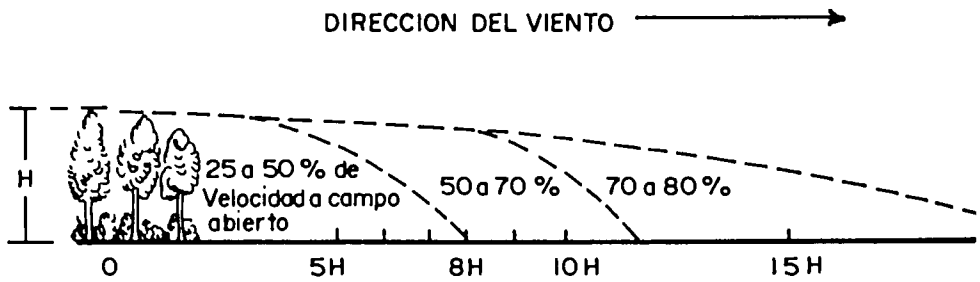



b) Turbulencia por impermeabilidad



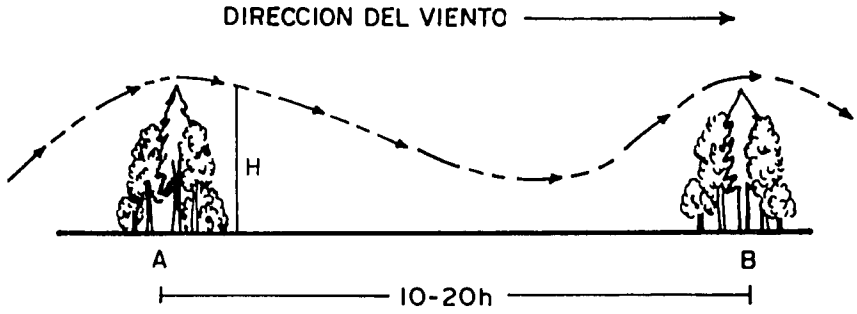

c) Disposición de un camino en una cortind

Figura 13. Efecto de permeabilidad e impermeabilidad de cortinas y disposición de caminos

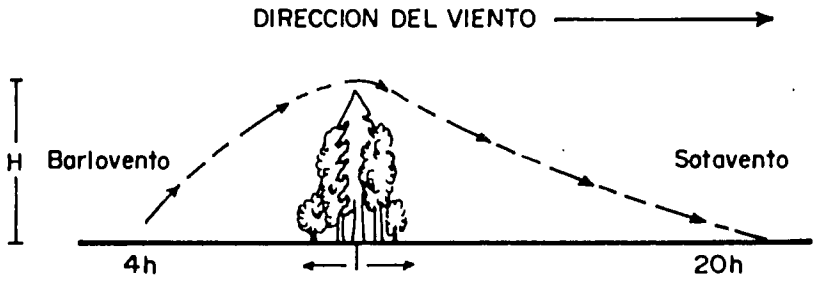



Intensidad de protección

Eucalyptus camaldulensis
Casuarina equisetifolia
Leucaena leucocephala
Melia azedarach
Azadiracha Indica
Cupressus lusitanica




Distancia entre cortinas




H = Altura del estrato superior

Figura 14. Efecto de protección de una cortina rompeviento

**Cuadro 16.** Costos de establecimiento de una cortina rompevientos.

| | | |
|---|---|---|
| Costo en vivero plántulas estrato superior | | $ 4,40 (2) |
| Costo plántulas estrato intermedio | | 11,00 (2) |
| Costo plántulas estrato inferior | | 22,00 (2) |
| Cercado* (100 m de cerco) | | 40,00 (1) |
| Transporte de vivero a sitio plantación | | 5,00 (2) |
| Demarcación, apertura y limpieza trochas | 2 jornales (2) | |
| Marqueo, ahoyado | 4 jornales (2) | |
| Plantación | 4 jornales (2) | |
| Replante | 0,5 jornal (3) | |
| Mantenimiento, limpieza (2 al año) | 6 jornales (3,4) | |

* Cuando la cortina demarca potreros con presencia de ganado

## Arboles en contorno

Esta forma de asocio tiene varios objetivos: protección contra vientos, delimitación de tierras de diferentes usos o delimitación de propiedades, además de la función productiva de los árboles. Las especies varían con las condiciones ecológicas del lugar. El ancho de la plantación con la disponibilidad de tierras.

En esta forma de producción se podrá combinar especies para producir madera de valor (teca, pochote, cipres u otras) con especies de crecimiento rápido para producción de postes y leña como eucaliptos, leucaena, aripín u otras y especies de protección contra acción de los vientos como casuarinas (Figura 15).

La distancia de plantación varía desde 2 x 2 m hasta 3 x 3 m u otras, según el terreno disponible. Los costos de establecimiento dependen del ancho de la barrera y son similares a los costos de plantaciones densas con densidades similares.

## Barreras vivas

Aunque esta es una práctica muy usada en conservación de suelos y comúnmente conocida como barreras en contorno, se puede asimilar a las prácticas de uso de árboles y arbustos, en combinación con otras prácticas de conservación, como terrazas, terrazas individuales. También se puede utilizar para recuperación o estabilización de suelos en terrenos con pendientes fuertes y suelos deleznables o para protección de cauces y fuentes de agua en las fincas demostrativas

Una variante del sistema consiste en la formación de terrazas, a cuya orilla se plantan árboles de crecimiento rápido, dentro de hileras de especies de reconocida capacidad de control de erosión superficial, como por ejemplo especies de pastos forrajeros (king grass o elefante, napier u otros), o el

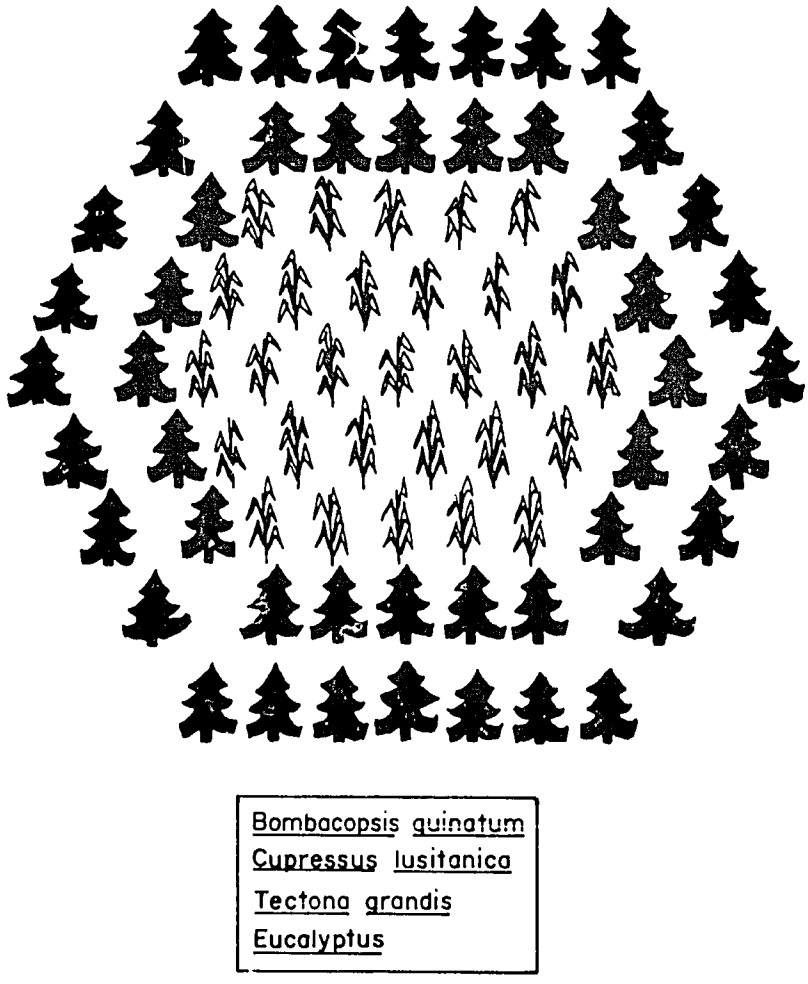



Figura 15. Arboles en contorno

llamado zacate limón (***Cimbopogon citratus***) o citronela (***Cimbopogon nardus***). La Figura 16 muestra la disposición de las barreras en la pendiente.

Otro tipo de barrera consiste en la plantación alternada de líneas de árboles siguiendo las curvas de nivel y líneas de pastos que retienen los suelos. En este caso el ancho de la barrera y la distancia entre las líneas depende de la pendiente. Weber y Stoney (1986) propusieron una tabla para determinar el ancho de la barrera y la distancia entre las mismas, en zonas áridas de Africa, a partir de la cual se adaptó la siguiente (Cuadro 17):

**Cuadro 17.** Tabla para calcular el ancho de barrera viva y la distancia entre ellas

| | Regímenes de lluvia en la zona | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0-600 mm pma | | 600-1000 mm pma | | más 1000 mm pma | |
| Pendiente (%) | Ancho (m) | Dist. (m) | Ancho (m) | Dist. (m) | Ancho (m) | Dist. (m) |
| 0 | 2 | 50 | 2,4 | 45 | 3,0 | 40 |
| 5 | 4 | 47 | 2,3 | 42 | 6,0 | 38 |
| 10 | 5 | 43 | 6,0 | 39 | 7,5 | 34 |
| 20 | 8 | 38 | 9,6 | 34 | 12,0 | 30 |
| 30 | 10 | 33 | 12,0 | 30 | 15,0 | 26 |
| 40 | 13 | 28 | 15,6 | 25 | 19,5 | 22 |
| 50 | 17 | 24 | 20,4 | 22 | 25,5 | 19 |
| 60 | 20 | 20 | 24,0 | 18 | 30,0 | 16 |

De acuerdo con la tabla anterior, el aumento de la pendiente y la precipitación hacen necesario aumentar el ancho de las barreras y disminuir la distancia entre las mismas. En la práctica es más fácil disminuir la distancia entre las barreras, por debajo de los valores de la tabla y disminuir el ancho de las mismas.

El uso de barreras vivas puede chocar con el interés del agricultor por mantener la mayor extensión de terreno para la agricultura, sin importarle el lavado del suelo, haciendo necesaria una labor fuerte de convencimiento.

Las especies con mayor aceptación pueden ser frutales (como tamarindos, manzanos, mangos, marañón u otros). Entre los árboles forestales se puede mencionar ***L. leucocephala***, ***G. sepium***, ***C. equisetifolia*** o ***C. cunninghamiana***, o especies nativas de porte mediano.

No existe información sobre costos de establecimiento, por lo que será necesario tener especial cuidado en el registro de los mismos cuando se establezca esta práctica en las fincas. Sin embargo, dados los costos de plántulas, plantación y mantenimiento estimados para otros sistemas dentro de este trabajo, éstos pueden calcularse fácilmente.

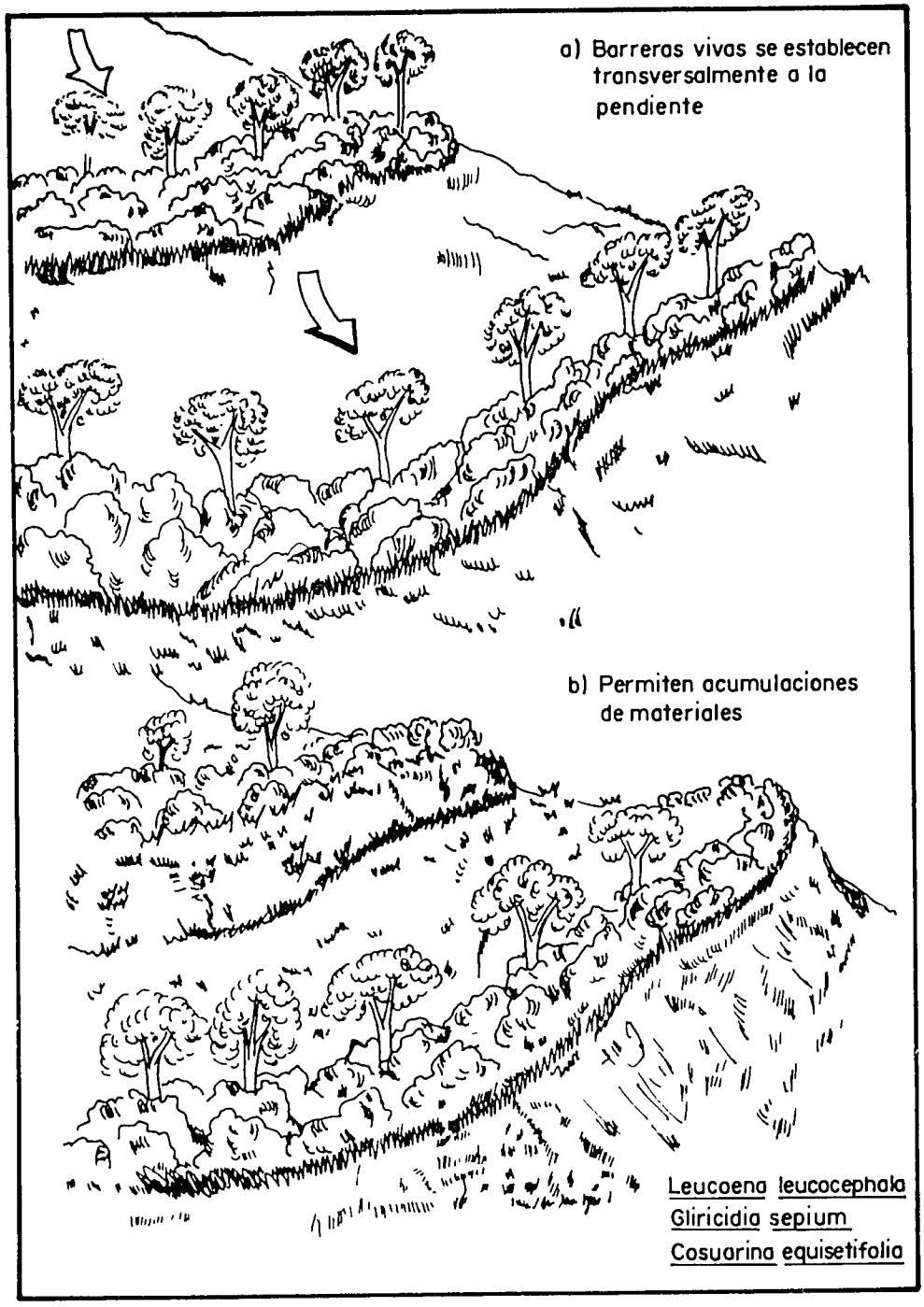



Figura 16. Barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola

Adaptado de: Reynel, C. y Morales, C.F., 1987. Agroforestería tradicional en los Andes Peruanos

## 3. Rodales compactos

Esta práctica se refiere a la formación y manejo de plantaciones puras. Para ello será necesario fijar en forma clara, desde el inicio, el objetivo de la plantación y la extensión de la misma. Se pueden distinguir por lo menos cuatro tipos, según el objetivo de producción, aunque desde el punto de vista práctico de sistema de plantación se puedan agrupar en tres: rodales compactos para producción de leña o madera (incluído postes), bancos de forraje y huertos caseros.

### Bosquetes energéticos y de producción

Este tipo de rodales es quizá el más conocido por los técnicos forestales y ampliamente difundido a escala pequeña. Puede referirse a rodales puros o mixtos.

### Objetivos, especies y distribución

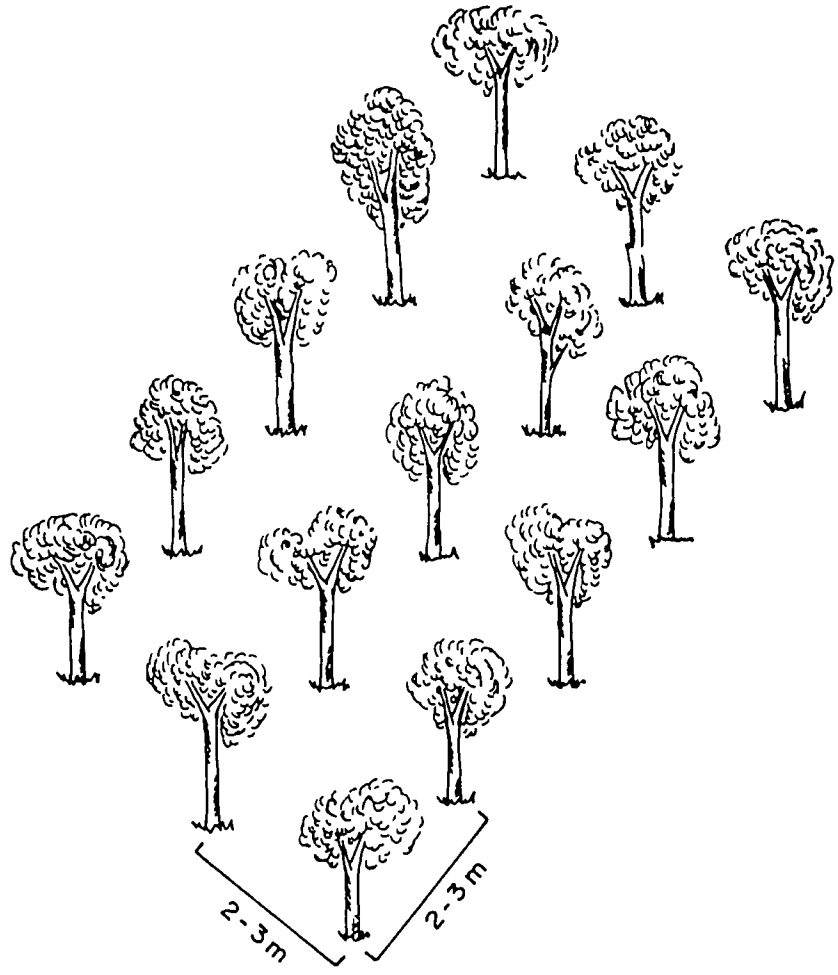
En general se puede tener tres objetivos, que se pueden tomar en forma individual o complementaria: producción de leña, producción de postes y leña o producción de madera, postes y leña, con otros beneficios adicionales como producción de miel u otros subproductos. Además este tipo de bosquetes permitirán utilizar las áreas poco productivas de las fincas.

Dependiendo del objetivo planteado se elige la especie. Para producción de leña, según las condiciones ecológicas, se puede utilizar: ***A. mangium***, ***C. velutina***, ***C. equisetifolia*** o ***C. cunninghamiana***, ***E. camaldulensis***, ***L. leucocephala*** u otras especies locales que han mostrado una tasa de crecimiento y rendimiento excepcional.

Para producción de postes y leña, ***E. camaldulensis***, ***E. deglupta***, ***E. saligna***, ***P. caribaea***, ***T. grandis*** y en las zonas altas alguna especie como ***E. globulus*** o ***A. acuminata***, han mostrado buen comportamiento.

Para producir madera, postes y leña se podrá plantar solas o asociadas ***B. quinatum***, ***C. lusitanica***, ***G. arborea***, ***P. caribaea***, ***T. grandis***, ***E. saligna*** u otras especies de crecimiento rápido y alto valor local, dentro del grupo de especies seleccionadas para América Central.

En general, plantaciones para producir leña y postes pueden establecerse con espaciamientos cerrados desde 1 m x 1 m, 2 m x 2 m ó 2,5 m x 2,5 m, mientras que plantaciones para produción de madera tendrán espaciamientos mas amplios 2,5 m x 2,5 m a 3 m x 3 m o más (Figura 17). El tipo de planta (planta en bolsa, seudoestaca o a raíz desnuda) depende de la especie.




| 2 x 2 | 2,5 x 2,5 | 3 x 3 |
|---|---|---|
| Acacia mangium | Eucalyptus camaldulensis | Bombacopsis quinatum |
| Caesalpinia volutina | Eucalyptus saligna | Cupressus lusitanica |
| Casuarina equisetifolia | Pinus caribaea | Eucalyptus saligna |
| Eucalyptus camaldulensis | Tectona grandis | Gmelina arborea |
| | | Pinus caribaea |
| | | Tectona grandis |

Figura 17. Bosquetes energéticos densos

Costos

A continuación se presentan las estimaciones de costos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de plantaciones establecidas a 2 X 2 m y 3 X 3 m y dos tipos de planta (Cuadro 18).

**Cuadro 18.** Estimación de costos de establecimiento de una hectárea de plantación para leña.

1. Plantaciones densas (2 x 2 m) con planta en bolsa:

| | | |
|---|---|---|
| Costo plántulas en vivero (2500 + 250) | ($0,10 c/u) | $275,00 (2) |
| Limpieza terreno | 8 jornales (1) | |
| Ahoyado | 20 jornales (2) | |
| Plantación | 20 jornales (2) | |
| Replante | 2 jornales (3) | |
| Limpieza 1er. año | 8 jornales (4) | |
| Control de plagas y enfermedades | 2 jornales (3,4) | |
| Limpieza 2do. año | 4 jornales (3) | |
| Raleo año 5 (depende especie y objetivo) | 10-16 jornales (1) | |
| Aprovechamiento año 8 - 10 | 30-40 jornales (4) | |

2. Plantación abierta (3 x 3 m) planta en bolsa

| | | |
|---|---|---|
| Costo plántulas en vivero (1110 + 110) | ($0,10 c/u) | $ 122,00 (2) |
| Limpieza terreno | 8 jornales (1) | |
| Ahoyado | 9 jornales (2) | |
| Plantación | 9 jornales (2) | |
| Replante | 1 jornal (3) | |
| Limpieza 1er. año | 10 jornales (4) | |
| Control de plagas y enfermedades | 2 jornales (3,4) | |
| Limpieza 2do. año | 6 jornales (3) | |
| Raleo año 5-7 | 10 jornales (1) | |
| Aprovechamiento año 10-15 | 30 jornales (4) | |

3. Plantación abierta con seudoestacas

| | | |
|---|---|---|
| Costo seudoestacas en vivero (1110 + 110) | ($0,15 c/u) | $183,00 (2) |
| Limpieza terreno | 8 jornales (1) | |
| Ahoyado | 9 jornales (2) | |
| Plantación | 5 jornales (2) | |
| Replante | 1 jornal (3) | |
| Limpieza 1er. año | 10 jornales (3) | |
| Control de plagas y enfermedades | 2 jornales (3,4) | |
| Limpieza 2do. año | 6 jornales (3) | |
| Raleo año 4-5 | 10 jornales (1) | |
| Raleo año 15 | 10 jornales (1) | |
| Aprovechamiento año 20-30 | 30 jornales (4) | |

El rendimiento esperado, en condiciones de suelos fértiles para producción forestal. En las especies productoras de trozas para aserrío y postes de conducción se consideró un 60 por ciento como porcentaje de utilización total (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Estimación del rendimiento de una hectárea de plantación.

| Especie | Turno (años) | Altura (m) | Diámetro (cm) | Trozas 35 <d> | Trozas 20 | Volumen m³/ha cond. | Postes horc. | Postes ten. | Postes cer. | Tutor | Leña | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Densidad de plantación 2500 árboles/ha | | | | | | | | | | | | |
| Sin raleos intermedios | | | | | | | | | | | | |
| *C.velutina* | 7 | 8 | 12 | | | | 48,3 | | | 1,1 | 60,6 | 110 |
| *L.leucocephala* | 7 | 12 | 12 | | | | | | 72,2 | 1,1 | 86,7 | 160 |
| Con un raleo intermedio* | | | | | | | | | | | | |
| *A. mangium* | 10 | 15 | 16 | | | | | 77,2 | 12,7 | | 90,1 | 180 |
| *C.equisetifolia* | 15 | 15 | 25 | | | | 119,2 | 106,0 | | | 142,8 | 368 |
| *C.cunninghamiana* | 15 | 20 | 20 | | | | 71,1 | | 30,5 | | 192,9 | 294 |
| *E.camaldulensis* | 10 | 18 | 20 | | | | | 130,9 | 40,5 | | 111,6 | 283 |
| *E.saligna* | 15 | 25 | 30 | | | 245,2 | 86,8 | 88,4 | 14,6 | | 285,0 | 720 |
| *P.caribaea* | 15 | 22 | 25 | | | 158,4 | | 76,6 | | | 309,0 | 544 |
| Con dos raleos intermedios** | | | | | | | | | | | | |
| *A.acuminata* | 20 | 25 | 40 | 102,0 | 221,6 | | 38,2 | | 30,5 | | 144,7 | 537 |
| *C.lusitanica* | 25 | 20 | 50 | 270,5 | 138,0 | | 88,2 | | | | 330,3 | 827 |
| b) Densidad inicial 1600 árboles/ha | | | | | | | | | | | | |
| *B.quinatum* | 30 | 20 | 50 | 204,3 | 85,5 | | 24,9 | | 6,9 | | 265,4 | 587 |
| *G.arborea** | 12 | 18 | 30 | | 70,7 | | 28,8 | | 18,3 | | 89,2 | 207 |
| *T.grandis* | 30 | 20 | 30 | | 73,5 | | | 51,3 | 7,6 | | 98,6 | 231 |

* Aplicación de un raleo del 50 por ciento de la población inicial, al año 5 de plantado. Los productos del raleo no están considerados en estas cifras, pero puede estimarse una producción del 20 por ciento de la cosecha final.

** Dos raleos, cada uno del 50 por ciento de la población presente al inicio del mismo. Se estima una producción del 20 por ciento de la cosecha final en cada uno.

El Cuadro A.7 anexo presenta una estimación de los productos por árbol.

## Bancos de forraje

Son rodales plantados a densidades altas (5000 a 40000 o más árboles/ha). Las especies deben ser de reconocido valor forrajero, con alta producción de biomasa, proteina cruda total y proteina cruda comestible, además de otros subproductos utilizables en la finca. Es conveniente que las

especies utilizadas sean fijadoras de nitrógeno y/o permitan el cultivo intercalada de otros forrajes como pastos de corte.

Hay dos formas principales de aprovechamiento de estos rodales: corta para entregar fuera de la plantación a los animales, y pastoreo directo. La definición del sistema de aprovechamiento y la fertilidad natural de los suelos, así como la posibilidad de fertilización, definen la distancia de plantación y las especies.

En América Central existe experiencia en la producción de bancos de forraje con ***L. leucocephala*** y ***G. sepium***, pero no debe descartase la utilización de ***C. calothyrsus***, ***E. poeppigiana***, ***Brosimun alicastrum*** o ***G. ulmifolia***. Aunque las dos últimas especies mencionadas no son leguminosas, se ha reconocido ampliamente la capacidad forrajera de las mismas. Existen otras especies con altos contenidos de proteina digerible en los frutos, como ***Acacia farnesiana***, ***Prosopis*** spp, ***Enterolobium cyclocarpum*** y otras conocidas localmente (por ejemplo ***Cordia dentata***) que podrían utilizarse para los mismos fines.

Los sitios para el establecimiento de este tipo de rodales deben estar cerca a los lugares de alimentación, con suelos planos, de textura liviana, con fertilidad natural alta y preparados intensivamente para permitir el buen desarrollo del sistema radicular. Generalmente es necesaria la aplicación de fertilizantes para suplir las salidas de nutrimentos debidas a la cosecha del forraje.

En cuanto al distanciamiento de plantación y la forma de establecimiento, depende del tipo de aprovechamiento planeado y la especie. ***G. sepium*** y ***G. ulmifolia*** pueden plantarse en densidades de 10 000 a 20 000 plantas/ha, con plantas criadas en vivero, o por siembra directa en el caso de ***G. sepium***. Con ***L. leucocephala***, además de las anteriores alternativas, puede utilizarse densidades de hasta 100 000 a 200 000 plantas/ha, establecidas por siembra directa de semilla pregerminada. Existe la posibilidad de sembrar a chorro corrido, en filas distanciadas 20 a 50 o 100 cm. Además, se puede sembrar directamente, a chorro corrido, en filas distanciadas 1 m entre sí y asociada con pasto de corte, plantado entre los surcos, para cosechar simultáneamente (Figura 18). En todos los casos, se dejará crecer libremente las especies durante un período de seis a doce meses o más, para permitir la formación de un sistema radicular fuerte, y luego realizar el aprovechamiento por cortes periódicos cada tres meses.

En caso de pastoreo directo será necesario dejar afianzar el sistema radicular durante un período de por lo menos un año, para luego permitir la entrada del ganado, el cual debe ser rotado periódicamente dejando descansar y recuperar las plantaciones. En este caso la densidad de plantación varía entre 2500 a 5000 árboles/ha.

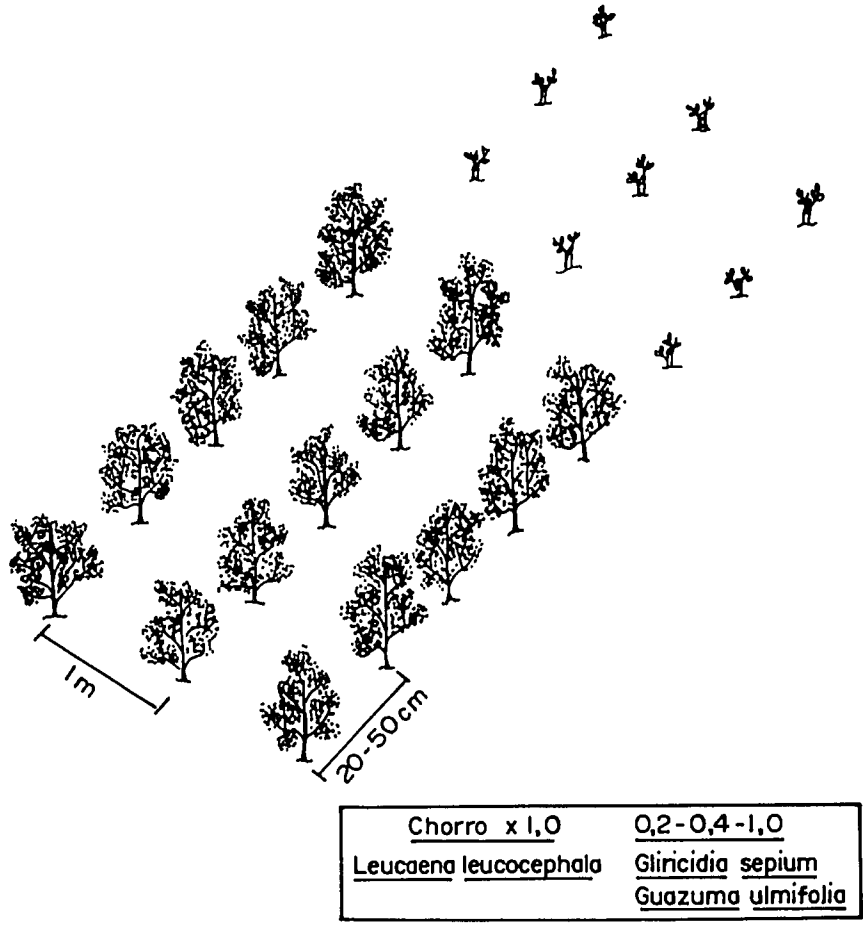



Figura 18. Bancos de forraje

## Costos

A continuación se presenta una estimación de los costos involucrados en el establecimiento de una hectárea, por siembra directa, de ***L. leucocephala*** con una población aproximada de 40 000 plantas/ha: (Cuadro 20).

**Cuadro 20** Estimación de costos de establecimiento de una hectárea de plantación por siembra directa.

| | |
|---|---|
| Semilla | 3 kg/ha (1) |
| Limpieza de terreno | 4 jornales (1) |
| Alquiler de tractor | 6 horas (1) |
| Arado y rastrillado | 1 jornal (1) |
| Siembra directa | 10 jornal (2) |
| Limpieza 3 durante 1er. año | 12 jornales (3,4) |
| Corte de nivelación | 20 jornales (4) |
| Aprovechamiento 4/año | 20 jornales c/u (1,2,3,4) |
| Fertilización 100 kg $P_2O_5$/ha/año (2) | costo variable |
| Cercado (costo por kilómetro*) | $1226,50 |

* Para mayor detalle ver costos para establecimiento de cercos vivos en este mismo documento.

### Rendimiento

Solano, Rodríguez y Elvira (1982), encontraron, durante el primer año de producción, para una plantación de 36 000 plantas/ha de ***L. leucocephala***, cosechada a diferentes alturas, cada 2 meses a partir del segundo mes del establecimiento, la siguiente producción de leña y forraje (Cuadro 21):

**Cuadro 21.** Producción promedio (tm/ha/año) de materia verde total (MVT), materia seca total (MST) y proteína cruda total (PCT) de ***Leucaena leucocephala*** en La Nueva Concepción, Guatemala, 1982.

| Altura de corte (cm) | MVS | MST | PCT |
|---|---|---|---|
| 0 | 33,7 | 13,4 | 4,0 |
| 25 | 50,5 | 20,0 | 4,4 |
| 50 | 62,6 | 22,2 | 5,3 |
| 75 | 57,4 | 19,3 | 5,2 |
| 100 | 54,3 | 19,4 | 5,6 |

Producción promedio (tm/ha/año) de forraje comestible, leña y número de rebrotes por planta de *L. leucocephala* en Guatemala.

| Altura de corte (cm) | MVC* | MSC | PCC | RPP | LV |
|---|---|---|---|---|---|
| 0** | 30,3 | 12,0 | 3,6 | 14 | 4,1 |
| 25 | 41,4 | 16,4 | 4,9 | 14 | 9,1 |
| 50 | 50,7 | 17,9 | 5,4 | 20 | 11,9 |
| 75 | 46,5 | 16,5 | 4,7 | 13 | 9,8 |
| 100 | 44,0 | 15,7 | 4,7 | 12 | 7,1 |

* MVC Materia verde comestible
MSC Materia seca comestible
PCC Proteína cruda comestible
RPP Rebrotes por planta
LV Leña verde
** La sobrevivencia al cabo de un año fue inferior a 10%

## Huertos caseros

Conocidos en diferentes lugares de los trópicos como huertos domiciliares, huertos caseros mixtos o huerto mixto familiar, constituye una de las prácticas agroforestales más antiguas, ya que desde siempre, posiblemente, los agricultores han sentido la necesidad de tener cerca de su hogar un lugar donde obtener diversos productos (leña, frutos, postes y otros), depositar los desechos orgánicos de la casa (los que a la vez sirven de abono al huerto), refugio de animales domésticos, sombra para la casa y producción de plantas medicinales.

Gliessman (1981), citado por OTS-CATIE, describe las características de los huertos caseros mixtos:

- son sistemas con pocas necesidades de ingresos, pero altamente productores de egresos para consumo, apropiadas para propietarios con limitaciones económicas

- necesidades de mano de obra escalonada durante el año, no concentrada en épocas definidas, con alta dependencia de la mano de obra familiar

- debido a la alta diversidad de especies, presencia de varios estratos con gran capacidad de captura de la radiación solar, mecanismos de control biológico, ciclos cerrados de nutrimentos, uso eficiente del espacio y alto grado de estabilidad, son ecosistemas agrícolas parecidos a los ecosistemas naturales

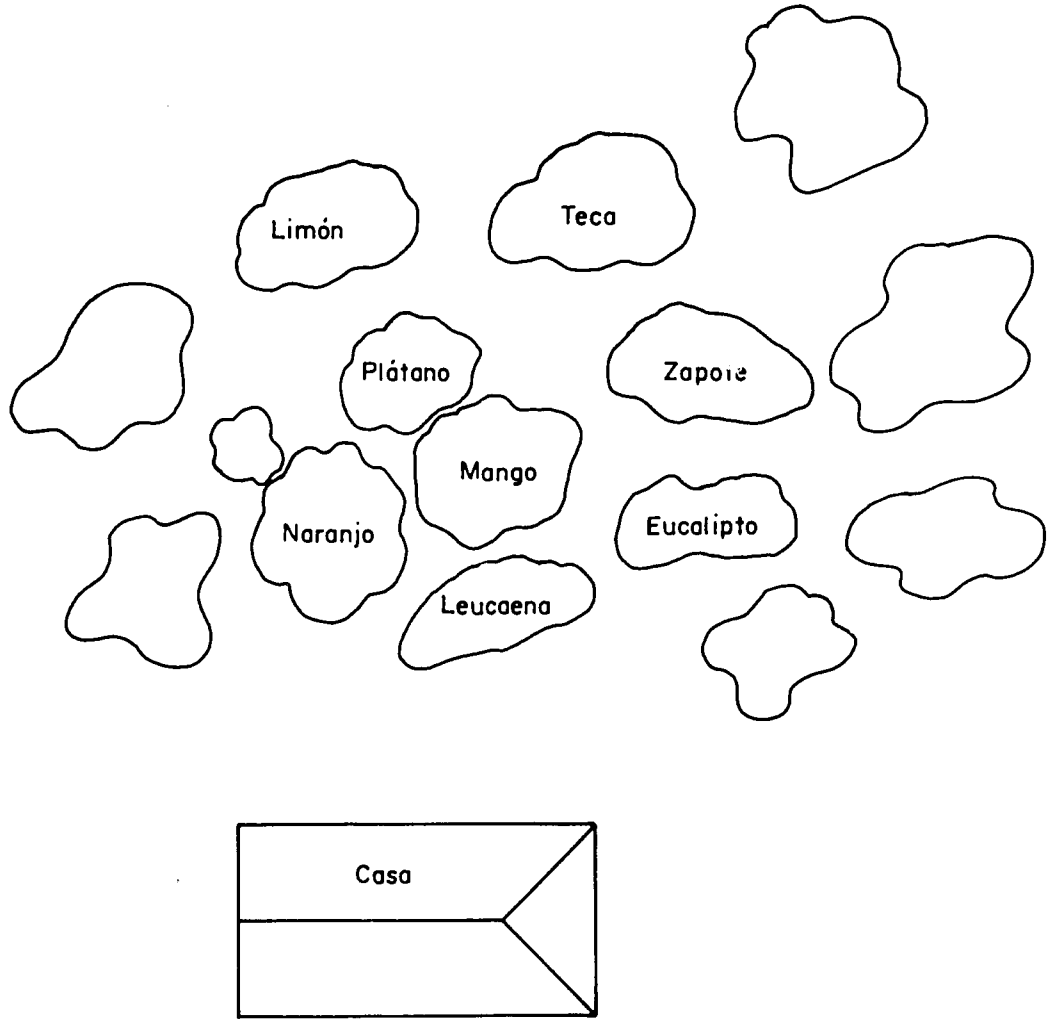



Figura 19. Ejemplo de árboles maderables en huertos familiares en zonas bajas

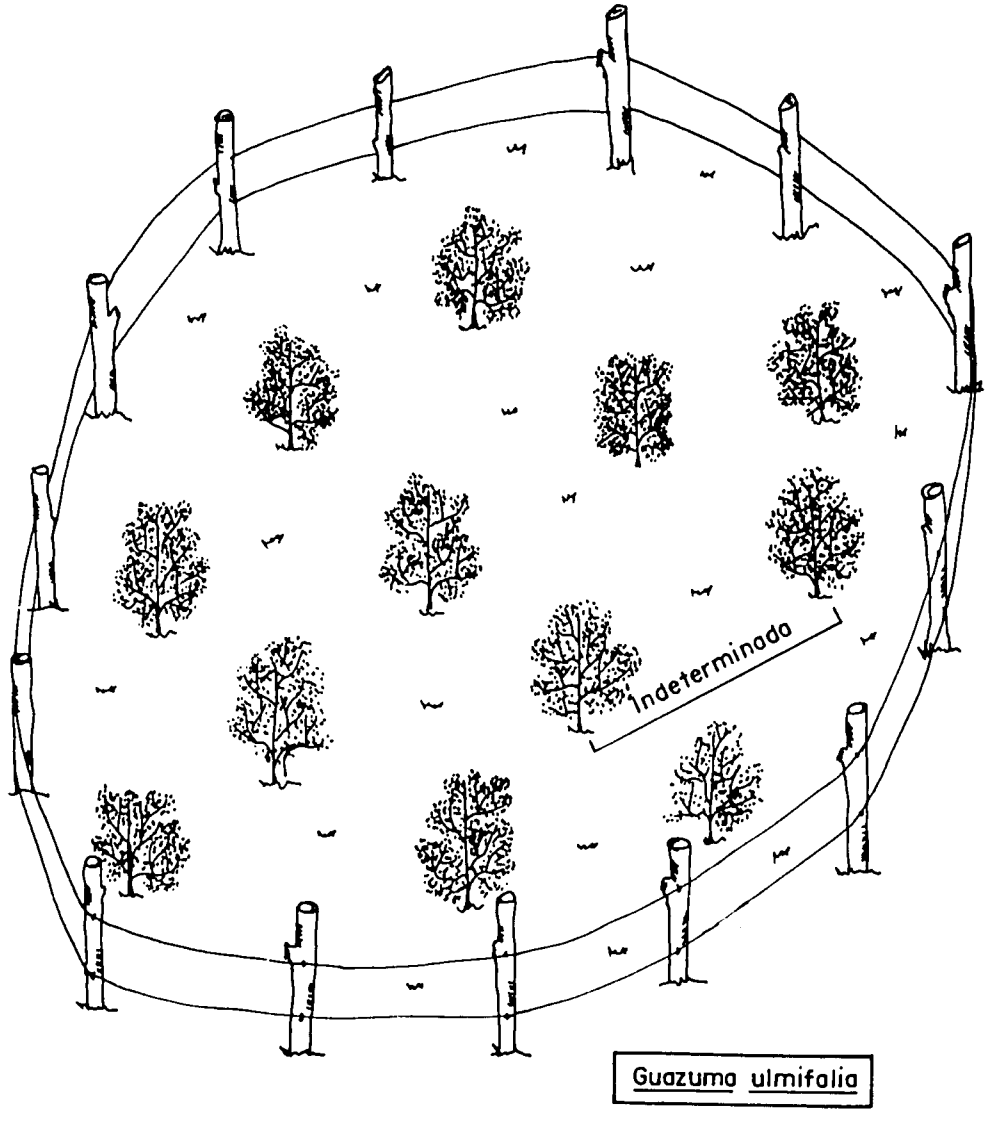



Figura 20. Arboles dispersos en potreros (sin escala)

debido a una producción diversificada de productos, son resistentes a las fluctuaciones e inseguridad del mercado.

A pesar de tratarse de sistemas que utilizan intensivamente la tierra, con producciones altas por unidad de superficie, son sistemas con gran estabilidad (sostenibilidad).

En aquellos lugares donde no exista esta práctica se puede combinar árboles frutales con especies fijadoras de nitrógeno (***L. leucocephala***), productoras de postes, (eucaliptos) y maderas de valor (teca, ciprés, pochote) y especies productoras de miel, alimento u otros bienes. La Figura 19 muestra una distribución idealizada de un huerto familiar sencillo.

En aquellos lugares donde ya exista esta práctica, se puede buscar la introducción de árboles de las especies prioritarias dentro de los huertos, para producción de leña, madera o postes.

## 4. Arboles en potreros

Aunque en las zonas tropicales los potreros para la cría y levante de ganado se han establecido a costa de la tala rasa del bosque natural, la práctica ganadera exige la presencia de árboles dentro de los potreros para brindar sombra y refugio al ganado, obteniendo adicionalmente leña y en algunos casos forraje.

La práctica más generalizada es dejar árboles de gran tamaño, aislados, de copa amplia y que no pierdan el follaje durante la estación de sequía, como por ejemplo de ***Cordia alliodora***, ***Enterolobium cyclocarpum***, ***Pithecellobium saman*** y ***G. ulmifolia*** (Figura 20).

En aquellos terrenos donde no haya árboles, existe la posibilidad de plantar y protegerlos del pastoreo con cercos de alambre espigado, durante los primeros dos o tres años, para asegurar el establecimiento. Entre las especies que podrían utilizarse, además de especies locales de interés, se puede mencionar a ***G. sepium*** o ***G. ulmifolia***. No hay datos sobre costos y rendimientos.

Se ha estimado que árboles individuales de ***G. ulmifolia*** podados totalmente cada 3-4 años producen entre 80 y 96 kg de leña seca por árbol.

### Arboles en grupos

Una modificación del sistema anterior, y puesto en práctica en algunas regiones de Costa Rica, es la plantación de grupos de árboles (9 a 25), con espaciamientos amplios y diseminados en diferentes lugares de los potreros. Estos grupos también deben ser protegidos durante los primeros 2-3 años con cercos de alambre espigado alrededor del grupo (Figura 21).

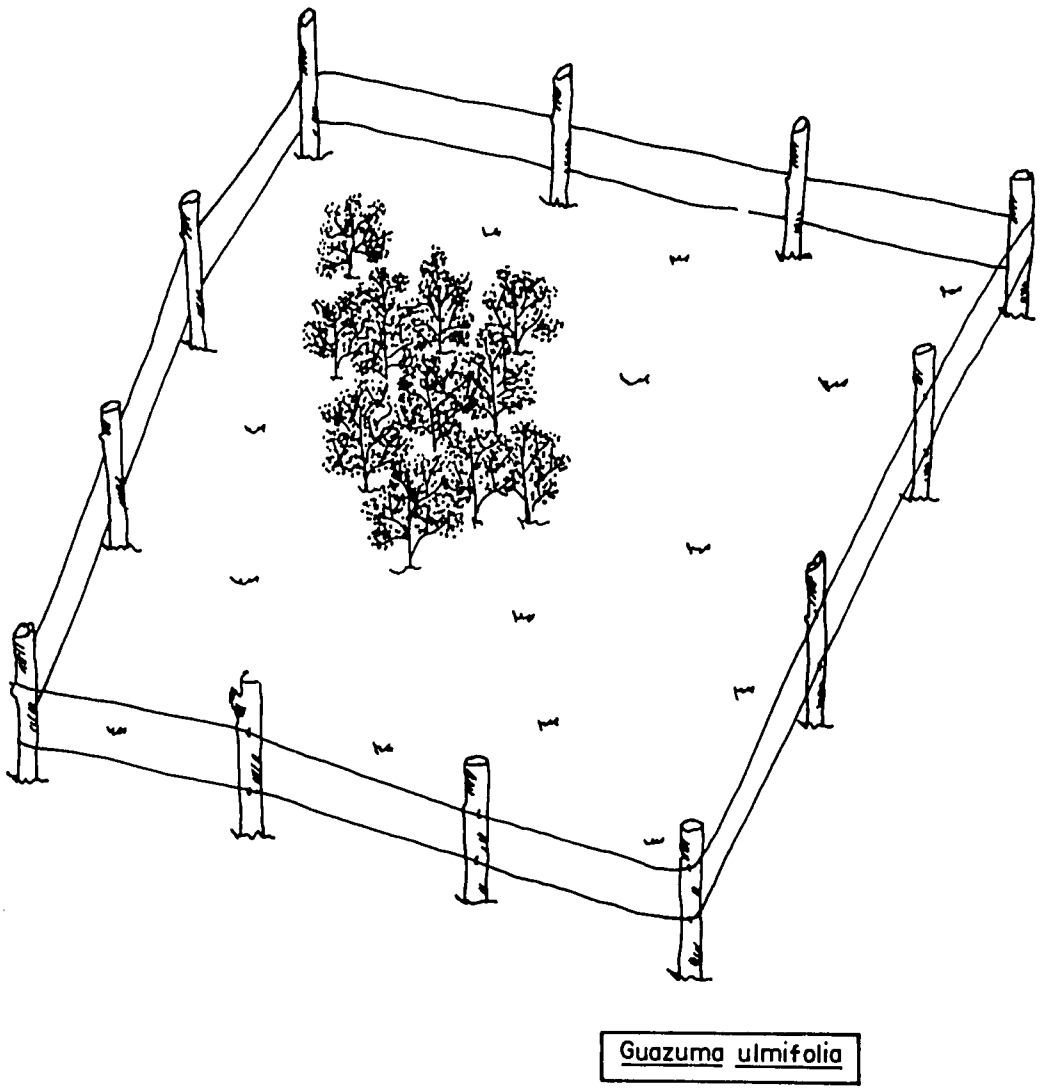



Figura 21. Arboles en grupos en potreros

La especie más conocida y utilizada en Guanacaste, Costa Rica, es ***G. ulmifolia*** que presenta crecimiento rápido, es buena productora de sombra y de frutos comestibles para el ganado, rebrota y acepta podas fuertes de copa (cada 3-4 años) que producen cantidades considerables de leña.

Los costos de establecimiento de cada grupo (de 25 árboles plantados a 2,0 m x 2,0 m) se pueden estimar como en el Cuadro 22.

**Cuadro 22.** Costo de establecimiento de grupos de árboles.

| | | |
|---|---|---|
| Costo plántula en vivero | $ 0,10 c/u | $ 2,50 (2) |
| Limpieza, ahoyado y plantación | 1 jornal (2) | |
| Postes 16/grupo | $ 0,30 c/u (1) | |
| Alambre espigado | 150 metros | $ 10,00 (1) |
| Construcción cercado | 1 jornal (1) | |
| Limpieza y mantenimiento anual (2 años) | 1 jornal/año (2,4) | |

# CONCLUSIONES

Aunque existen muchas más posibilidades de uso de los árboles en las fincas de productores pequeños y medianos, se considera que la utilización de una o combinación de varias de las opciones presentadas en este documento permitirán con cierto grado de seguridad cubrir las necesidades de establecimiento de especies de árboles de uso múltiple en las mismas*.

Es necesario realizar un inventario, a nivel regional de las prácticas y especies utilizadas, para refinar los sistemas descritos y realizar una investigación económica profunda para determinar los costos y rendimientos y la relación beneficio/costo que produce la incorporación de los árboles a los sistemas de finca de los agricultores.

---

* Para mayor información sobre otras posibilidades de combinación de árboles en finca, en Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Panamá, dirigirse a las instituciones y oficinas listadas en el Cuadro A.8 del Anexo.

# BIBLIOGRAFIA


BAGGIO, A. J. 1982. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal, cercos vivos en ***G. sepium*** (Jacq) Steud en Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 91 p.

BARON R., J.E. 1987. Métodos de establecimiento de ***Gliricidia sepium*** (Jacq.) Walp. y su efecto sobre las producción de maíz (***Zea mays*** L) y frijol (***Phaseolus vulgaris*** L.) sembrados en callejones entre los árboles (Alley cropping). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 126 p.

BELIARD, C.A. 1984. Producción de biomasa de ***Gliricidia sepium*** (Jacq) Steud. en cercas vivas bajo tres frecuencias de corte (tres, seis y nueve meses). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 97 p.

BUDELMAN, A. 1987. ***Gliricidia sepium*** (Jacq.) Walp. in the southern Ivory Coast: production, composition and decomposition of the leaf biomass. In ***Gliricidia sepium*** (Jacq.) Walp.: Management and improvement. Workshop held in Turrialba, Costa Rica. June 21-27, 1987. Proceedings. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01. p. 74-81

GUILLEN H., J.L.; HUEZO, N.R. 1987. Evaluación de leucaena (***Leucaena leucocephala***) como sustituto protéico de la harina de semilla de algodón en alimentación de bovinos lecheros. Tesis Ing. Agr. El Salvador, Universidad Evangélica de El Salvador. 51 p.

GUTIERREZ, A. 1985. Crecimiento y rendimiento de ***Leucaena leucocephala*** en Loma Larga, Panamá. Silvoenergía (Costa Rica) No.5. 4 p.

MARTINEZ H., H.A. 1987. Las plantaciones forestales con especies de árboles de uso múltiple. In Curso sobre silvicultura de plantaciones de especies de AUM. Siguatepeque, Honduras, Junio 8-20, 1987. 32 p.

MARTINEZ H., H.A. 1988. Especies de árboles de uso múltiple en las fincas demostrativas del Proyecto Madeleña en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p.

ORGANIZACION PARA ESTUDIOS TROPICALES, CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Sistemas agroforestales; principios y aplicaciones en los trópicos. San José (Costa Rica), OTS. p. 99-128.

OTAROLA, A.; MARTINEZ H., H.A.; ORDOÑEZ, R. 1985. Manejo y producción de cercas vivas de ***Gliricidia sepium*** en el noroeste de Honduras. Tegucigalpa (Honduras), COHDEFOR - CATIE. 24 p.

PECK, R.B. 1984. Traditional forestation strategies of local farmers in the tropics. In K.F. Wiersum (ed). Strategies and designs for afforestation, reforestation and tree planting. Proceedings of an International Symposium, Wageningen (Netherlands) 16-23 Sept. 1983. Pudoc. Wageningen (Netherlands). p. 205-216.

SALAZAR, R. 1986. ***Leucaena diversifolia*** y ***Leucaena leucocephala*** en Costa Rica. Silvoenergía (Costa Rica) No.18. 4 p.

SOLANO A., R.A.; RODRIGUEZ, A.; ELVIRA, P. 1982. Efecto de la altura de corte sobre la producción de forraje, leña y sobrevivencia de ***Leucaena leucocephala*** var. Guatemala. In Reunión Anual del PCCMCA (XXVIII), San José (Costa Rica), 1982. s.n.t. 10 p.

WEBER, F.R.; STONEY, C. 1986. Reforestation in arid lands. Arlington, Va. (USA). VITA. 335 p.

# ANEXOS

Previous Page Blank

Cuadro A.1. Límites climáticos aproximados de las zonas de vida en América Central

| Biotempera-tura media anual* | Precipitación media anual (mm)** 250-500 (°C) | 500-1000 | 1000-2000 | 2000-4000 | 4000-8000 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 - 17 | | bs-MB bosque seco Montano Bajo | bh-MB bosque húmedo Montano Bajo | bmh-MB bosque muy húmedo Montano Bajo | bp-MB bosque pluvial Montano Bajo |
| 18 - 24 | me-P(S) monte espinoso Premontano (Subtropical) | bs-P(S) bosque seco Premontano (Subtropical) | bh-P(S) bosque húmedo Premontano (Subtropical) | bmh-P(S) bosque muy húmedo Premontano (Subtropical) | bp-P(S) bosque pluvial Premontano (Subtropical) |
| mayor 24 | me-T monte espinoso Tropical | bms-T bosque muy seco Tropical | bs-T bosque seco Tropical | bh-T bosque húmedo Tropical | bmh-T bosque muy húmedo Tropical |

* Biotemperatura media anual es el promedio anual de las temperaturas entre 0°C y 30°C. El límite exacto de temperaturas entre las fajas Premontano y Montano Bajo aun no se ha determinado.

** La precipitación que caracteriza a una zona de vida varía en relación con la biotemperatura, por lo que las cifras deben tomarse solo como indicativas.

Fuente: Adaptado de: Holdridge, L.R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por H. Jiménez-Saa. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.



Previous Page Blank

Cuadro A.2. Especies de arboles de uso múltiple utilizadas en los países centroamericanos

| Categoría especie | Categoría sitio | Tipo plantación | ESPECIES |
|---|---|---|---|
| 1 | S | Pp | *Alnus acuminata, Bombacopsis quinatum, Cupressus lusitanica, Gmelina arborea, Pinus caribaea, P. oocarpa, Schizolobium parahybum, Tabebuia roseae, Tectona grandis, Terminalia ivorensis, Vochysia* sp. |
| | | Af | *A. acuminata, B. quinatum, Cedrela* spp., *Cordia alliodora, C. lusitanica, Swietenia* spp. |
| 2 | S | Pp | *Acacia mangium, Azadirachata indica, Caesalpinia velutina, Casuarina equisetifolia, C. cunninghamiana, Cassia siamea, Dalbergia sissoo, Eucalyptus camaldulensis, E. citriodora, E. deglupta, E. globulos, E. grandis, E. saligna, E. tereticornis, Leucaena leucocephala, Melia azedarach, Simarouba* spp., *Terminalia amazonia.* |
| | | Af | *Acacia auriculiformis, C. velutina, E. camaldulensis, E. citriodora, E. globulus, Grevillea robusta, L. leucocephala, Simarouba* spp., *T. oblonga* |
| | L | Pp | *A. auriculiformis, A. mangium, A. indica, C. velutina, C. siamea, E. camaldulensis, E. tereticornis.* |
| | | Af | *A. mangium, C. velutina, C. siamea, E. camaldulensis, Inga* sp., *M. azedarach* |
| | | N | *A. mangium, C. siamea, M. azedarach* |
| 3 | S | Af | *Calliandra calothyrsus, Inga* sp. |
| | L | Af | *C. calothyrsus, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia, Leucaena diversifolia, Muntingia calabura, Psidium guajaba, Trema micrantha* |
| | N | Af | *Byrsonima crassifolia, Xilopia americana, T. micrantha* |

S : Sin limitaciones del sitio
L : Limitaciones modificables económicamnete mediante enmiendas o laboreo
N Fuertes limitaciones no modificables económicamente
Pp : Plantación en bloques (pura)
Af : Asociaciones agroforestales

Cuadro A.3. Especies prioritarias seleccionadas por el Proyecto MADELEÑA para América Central, según categorías y uso de las especies y zonas de vida*, donde es posible su establecimiento

| Categoría | Especie | bs - T | bh - T | bmh - T | bs - P | bh - P | bmh - P | bh - MB | bmh - MB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 (Maderables) | *B. quinatum* | x | x | x | | | | | |
| | *C. lusitanica* | | | | | | | x | x |
| | *G. arborea* | x | x | x | | x | x | | |
| | *P. caribaea* | | x | | | x | | | |
| | *T. grandis* | x | x | x | | x | | | |
| 2 (Usos rurales) | *A. mangium* | x | x | | x | x | x | | |
| | *C. velutina* | x | x | | x | x | | | |
| | *C.equisetifolia* | x | x | | x | x | | | |
| | *E.camaldulensis* | x | x | | x | x | | | |
| | *E. saligna* | | x | | x | x | | x | x |
| | *L. leucocephala* | x | x | | | x | | | |
| | *M. scabrella* | | | | | | x | x | |
| 3 (Asociados a cultivos) | *G. sepium* | x | x | | x | x | | | |
| | *G. ulmifolia* | x | x | | x | x | | | |

Cuadro A.4. Dimensiones promedio de los productos de los AUM considerados

| Producto | Longitud (m) | Diámetro mínimo (cm) |
|---|---|---|
| Trozas | | |
| - Aserrío | 3 | 35 |
| - Pequeña | 3 | 20 |
| Postes | | |
| - Conducción | 8 | 20 |
| - Tendales | 6 | 10 |
| - Horcones | 3 | 20 |
| - Cerca | 2,3 | 10 |
| - Tutores | 1,5 | 3 |

Cuadro A.5. Piezas por árbol según categoría de producto para los sistemas de árboles con cultivos

| Especie | Trozas 35 <diám> (cm) | Trozas 20 | Postes Conducc. diám>20 | Postes Horcón diám>20 | Postes Tendal diám>10 | Postes Cerca diám>15 | Postes Tutores |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Arboles dispersos | | | | | | | |
| *B. quinatum* | 2 | 2 | | | | | |
| *C. lusitanica* | 2 | 2 | | | | | |
| *E. saligna* | | | 1 | 1 | 1 | | |
| *T. grandis* | 2 | 2 | | 1 | | | |
| b) Sombrío permanente | | | | | | | |
| *G. sepium* | 2 | | 2 | | | | |
| *L. leucocephala* | | 1 | 2 | | | | |
| *L. leucocephala* | 1 | | 3 | | | | |
| c) Cultivos secuenciales | | | | | | | |
| *G. sepium* | | 2 | | | | | |
| *L. leucocepaha* | | 3 | | | | | |

Cuadro A.6. Piezas por árbol según categoría de producto para el sistema de plantación en líneas

| Especie | Trozas 35 <diám> (cm) | 20 | Conducc. diám>20 | Postes Horcón diám>20 | Tendal diám>10 | Cerca diám>15 | Tutores |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *A. mangium* | | | | 1 | 1 | | |
| *A. acuminata* | 1 | 3 | | 1 | 1 | | |
| *C. equisetifolia* | | | 2 | 2 | | | |
| *C. cunninghamiana* | | | 3 | 2 | | | |
| *E. camaldulensis* | | | 1 | 1 | 2 | | |
| *G. arborea* | 1 | 1 | 1 | | | | |
| *T. grandis* | 2 | 2 | 2 | | | | |

Cuadro A.7. Piezas por árbol según categoría de producto para el sistema taungya

| Especie | Trozas 35 <diám> (cm) | 20 | Conducc. diám>20 | Postes Horcón diám>20 | Tendal diám>10 | Cerca diám>15 | Tutores |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *C.velutina* | | | | 1 | | | 1 |
| *G.sepium* | | | | | | | 1 |
| *L.leucocephala* | | | | | | 2 | 1 |
| *A.mangium* | | | | | 1 | 1 | |
| *C.equisetifolia* | | | | 1 | 1 | | |
| *C.cunninghamiana* | | 3 | | 1 | | 1 | |
| *E.saligna* | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| *P.caribaea* | | | 1 | 1 | | | |
| *A.acuminata* | 1 | 4 | | | | | |
| *C.lusitanica* | 2 | 2 | | 2 | | | |
| *B.quinatum* | 2 | 2 | | 1 | | 1 | |
| *G.arborea* | | 2 | | 1 | | 2 | |
| *T.grandis* | | 2 | | | 1 | 1 | |

Cuadro A.8 Instituciones nacionales que suministran información sobre Arboles de Uso Múltiple en América Central

| País | Institución/Dirección | Coordinador Nacional | Director Nacional |
|---|---|---|---|
| Costa Rica | Dirección General Forestal (DGF), Apartado 8-5810 1000, San José, Costa Rica | Carlos Navarro | Gilbert Canet |
| El Salvador | Centro Nacional de Recursos Naturales (CENREN), Apartado postal 2265, Soyapango, San Salvador, El Salvador | Hugo Zambrana | Humberto Franco |
| Guatemala | Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), 7 Avenida 6-40 Zona 13, Guatemala, Guatemala | Carlos Figueroa | Saúl Aguilar |
| Honduras | Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR), Colonia Santa Fé Comayagüela, Apartado 1378, Honduras | Rolando Ordóñez | Mario Vallejo |
| Nicaragua | Dirección de Recursos Naturales y del Ambiente (DIRENA), Km 12 1/2 Carretera Norte, Managua, Nicaragua | | Miguel Reyes |
| Panamá | Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE), Apartado 2016, Paraíso, Ancón, Panamá | Blás Morán | Carlos Va |

## PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA*

### JEFATURA

| | |
|---|---|
| Ronnie de Camino | Coordinador Regional |
| Hernán Rodríguez | Administración |
| Carlos Navarro | Asistente Técnico |

### SILVICULTURA

| | |
|---|---|
| Miguel A. Musálem | Silvicultor Principal |
| David Hughell | Modelación |
| Valentín Jiménez | Silvicultura |
| Héctor A. Martínez | Silvicultura |
| Rodolfo Salazar | Biometrista |
| Luis Ugalde | Manejo de Información |

### SOCIOECONOMIA

| | |
|---|---|
| Thomas McKenzie | Economista Principal |
| Dean Current | Socioeconomía/Manejo de Información |
| Héctor Chavarría | Extensionista Asistente |
| Manuel Gómez | Economía |
| Leyla González | Sociología |
| Stanley Heckadon | Sociología |
| Carlos Reiche | Economía |
| Carlos Rivas | Extensión |

### EDICION

| | |
|---|---|
| Emilio Hidalgo de Caviedes | Editor |
| Carlos Granados | Documentalista |

### PAISES

### GUATEMALA

| | |
|---|---|
| Carlos Figueroa | Coordinador - Silvicultura |
| Eberto de León | Economía |

### HONDURAS

| | |
|---|---|
| Rolando Ordoñez | Coordinador - Silvicultura |
| Juan F. Pastora | Economía |

### EL SALVADOR

| | |
|---|---|
| Hugo Zambrana | Coordinador - Silvicultura |
| Modesto Juárez | Economía |

### COSTA RICA

| | |
|---|---|
| Walter Picado | Coordinador - Silvicultura |
| Carlos Luis Díaz | Economía |

### PANAMA

| | |
|---|---|
| Blás Morán | Coordinador - Silvicultura |
| Rafael Tirado | Economía |

---

* 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, DIGEBOS de Guatemala con la coordinación regional del CATIE.

**Publicación del Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA)**
**CATIE/ROCAP 596-0117, editado por INFORAT**

**Coordinador de INFORAT:** Claudia Monge
**Editor:** Emilio Hidalgo de Caviedes
**Portada:** Xinia Vega
**Levantado Texto:** Carlos Solano

**Impreso en los talleres gráficos de EDITORAMA S.A.**
**Edición de 500 ejemplares**
**Se termino de imprimir en el mes de diciembre de 1989**