

Serie Materiales de Enseñanza No. 39

BIBLIOTECA CONMEMORATIVA
ORTON • IICA/CATIE -

Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal
Módulo No. 1

PLANTACIÓN DE ÁRBOLES EN LÍNEA

Segunda edición

Ernesto Méndez, M.Sc.

John Beer, Ph.D.

Jorge Faustino, Ph.D.

Augusto Otárola M.Sc.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE
Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ

Turrialba, Costa Rica

2000



CONTENIDO

Agradecimientos.....	v
Prefacio	vii
Guía del Módulo Plantación de Árboles en Línea	ix
Objetivos del Módulo Plantación de Árboles en Línea	xi
Mapa conceptual temático.....	xii

Sección 1: Conceptos básicos (V. E. Méndez) 1

Tema 1: Introducción a las plantaciones de árboles en línea	3
Generalidades	3
Literatura existente	4
Acetatos	7
Tema 2: Interacciones ecológicas entre componentes.....	11
Efectos microclimáticos de los árboles	11
Competencia	12
Plagas y enfermedades	14
Acetatos	16

Sección 2: Aplicaciones de árboles en línea 21

Tema 3: Cortinas rompevientos (J. Faustino)	23
Importancia de las cortinas rompevientos	24
Diseño de cortinas rompevientos	25
Conceptos de diseño	25
Elementos importantes de diseño	25
Consideraciones prácticas	28
Establecimiento y manejo de cortinas rompevientos	30
Establecimiento	30
Mantenimiento de cortinas rompevientos.....	30
Estudio de caso:	
Cortinas rompevientos en Monteverde Costa Rica	31
Acetatos	40
Tema 4: Linderos maderables (J. Beer)	69
Generalidades	69
Ventajas y desventajas de los linderos maderables	70
Selección de especies arbóreas y sitios	72
Criterios para la selección de especies arbóreas.....	72
Criterios para la selección de sitios	74
Establecimiento y manejo de linderos	75
Consideraciones técnicas de establecimiento.....	75
Manejo de linderos maderables	76
Estudio de caso:	
Linderos maderables en el trópico húmedo.....	78
Acetatos	80
Tema 5: Cercas vivas (A. Otárola).....	101
Generalidades	101
Funciones y beneficios de las cercas vivas	101
Factores de éxito	102

Desventajas e inconvenientes de las cercas vivas.....	102
Selección de especies.....	103
Establecimiento	103
Manejo.....	104
Aprovechamiento	105
Costos y utilidades	105
Estudio de caso; Aprovechamiento de una cerca viva de <i>Gliricidia sepium</i> de seis años, en Diriamba, Nicaragua	106
Acetatos	108
Anexo 1	126
Referencias	131



AGRADECIMIENTOS

Muchas personas han contribuido a la elaboración de la serie de "Módulos de Enseñanza Agroforestal" en general, y a la segunda edición de este módulo en particular. Primero debemos agradecer a todos los colegas del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y del "Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales" (ACSAF) por su motivación y apoyo permanente en la elaboración de la segunda edición de este módulo. El Dr. Edgar Köpsell impulsó y el Lic. Gustavo Calvo facilitó la publicación del módulo en la presente forma. Todas las mejoras que se incluyen en la presente edición son el fruto de los comentarios y sugerencias de muchas personas, entre las que podemos destacar a los revisores técnicos de la primera edición y a los participantes del curso "Desarrollo y aplicaciones de sistemas agroforestales de 1998". Además agradecemos los aportes de diferentes participantes en los cursos de capacitación en el tema, realizados a lo largo de América Central en los últimos dos años y a las instituciones que promovieron y organizaron los eventos relacionados al tema que contribuyeron a la mejora del material presentado aquí. También agradecemos a muchas personas individuales e instituciones que por ser tan numerosas no nos es posible mencionarlas aquí. Finalmente agradecemos al Dr. Francisco Jiménez por la edición de este documento, a la Srta. Meivis Ortiz por su trabajo de apoyo y a la Sra. Rocío Jiménez por su labor dedicada y eficiente en la diagramación inicial y la posterior corrección realizada en esta segunda edición.

Turrialba, Costa Rica
Mayo 2000

Lic. Gustavo Calvo Domingo
Coordinador Segunda Edición



PREFACIO

El Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, gracias a la cooperación técnica Alemana, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, ha trabajado en investigación y enseñanza agroforestal, en América Central, por más de una década. En su fase actual, el Proyecto se enfoca hacia la disseminación y transferencia del conocimiento agroforestal generado durante estos años. Para cumplir con este objetivo, creó la Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestal, con la cual busca promover ampliamente la enseñanza agroforestal en América Latina.

La elaboración de estos Módulos Agroforestales surge de la gran demanda que existe en la región, de materiales de alta calidad para la capacitación y la enseñanza de la temática. Como respuesta a esta necesidad, el personal del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ asumió la responsabilidad de coordinar la producción de la Colección, en estrecha colaboración con el Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales (ACSAF) del CATIE. Los autores de los diferentes Módulos de la Colección son, principalmente, personal del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y profesores/investigadores de ACSAF. Además, se incluyen contribuciones de otros reconocidos expertos regionales en el área agroforestal.

El trabajo en equipo de las instituciones y personal mencionados dio fruto con la primera edición que fue compilada y ampliada. Esta segunda edición será probada en toda la región para determinar sus fortalezas y debilidades y así poder producir ediciones ajustadas a la realidad cambiante. Esperamos que los capacitadores, instructores, docentes, técnicos y estudiantes hagan uso de este material de enseñanza-aprendizaje y nos dejen saber su opinión. Instamos a todos los usuarios y beneficiarios a brindarnos sus comentarios positivos, así como sus críticas constructivas, sobre esta segunda edición. Con este proceso de retroalimentación esperamos incorporar las experiencias de los usuarios, para ajustar las ediciones futuras de acuerdo a sus necesidades.

Nos complace poner a la disposición de quienes trabajan en el manejo de los recursos naturales, esta segunda edición. Esperamos que su utilización redunde en una mayor conciencia y en una amplia disseminación de la importancia y utilidad de los sistemas agroforestales en el manejo sostenible de los recursos naturales del trópico americano.

Turrialba, Costa Rica, mayo del 2000

Dr. Reinhold Muschler
Profesor Investigador Asistente
Líder, Proyecto Agroforestal
CATIE/GTZ

Dr. John Beer
Jefe, Área de Cuencas y
Sistemas Agroforestales, CATIE



Guía del Módulo Plantación de Árboles en Línea

DESCRIPCIÓN GENERAL

El presente Módulo de Plantación de Árboles en Línea está organizado en forma temática. No se pretende hacer una revisión exhaustiva y profunda de cada tema, sino integrar y destacar las funciones reales y potenciales que estos sistemas de uso de la tierra tienen, que los convierten en opciones viables para buscar el propósito de agricultura sostenible y de manejo y conservación de los recursos naturales, bajo diferentes escenarios biofísicos y socioeconómicos.

Para responder a los diferentes enfoques e intereses de los usuarios, los materiales se presentan de tal manera que se puede enseñar cada tema como una unidad independiente. El contenido de cada tema se resume en los acetatos, los cuales forman la base para la presentación visual (transparencias) de la información. Esperamos que la concentración de la información en las transparencias (en la mayoría de los casos), en lugar de largas secciones de texto facilitarán un proceso eficiente de enseñanza-aprendizaje y un requerimiento menor de tiempo para la preparación del instructor.

Las transparencias o acetatos fueron numeradas dentro de su respectivo tema. El título del tema, indicado en el encabezado de cada acetato permite la identificación única de cada uno de ellos. Además, esto facilitará incluir o excluir acetatos en ediciones futuras, sin afectar su numeración en otros temas.

Es importante tener en cuenta que los módulos forman una base general para impartir enseñanza sobre sistemas agroforestales. Sin embargo, es conveniente complementar la información contenida en los módulos con ejemplos y estudios de caso de los diferentes países en los cuales se utilicen. Además, los instructores deben tomarse el tiempo necesario para revisar el contenido del módulo y definir si es necesario utilizar todo el material que contiene o solo una parte. Los temas contenidos en el módulo ofrecen información de una amplia naturaleza, pero no será necesario impartirlo completo en todos los casos. El instructor puede seleccionar el material adecuado para un grupo específico.

METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA SUGERIDAS

- Charlas participativas.
- Trabajo en grupos pequeños (3 a 5 personas).

- Discusiones de grupo.
- Giras de campo.
- Revisiones bibliográficas complementarias.
- Ilustración de casos con vídeos, películas, diapositivas, etc..

MATERIAL Y EQUIPO:

Proyector de transparencias,
diapositivas y vídeos.
Transparencias y diapositivas.
Películas, vídeos.
Pizarra.
Lecturas complementarias

TIEMPO APROXIMADO:

Charlas participativas en el aula: un día.
Gira: 1-2 días.
Trabajos en grupo y discusiones: un día.
Búsquedas bibliográficas: un día.



Objetivos de Enseñanza del Módulo

OBJETIVO GENERAL

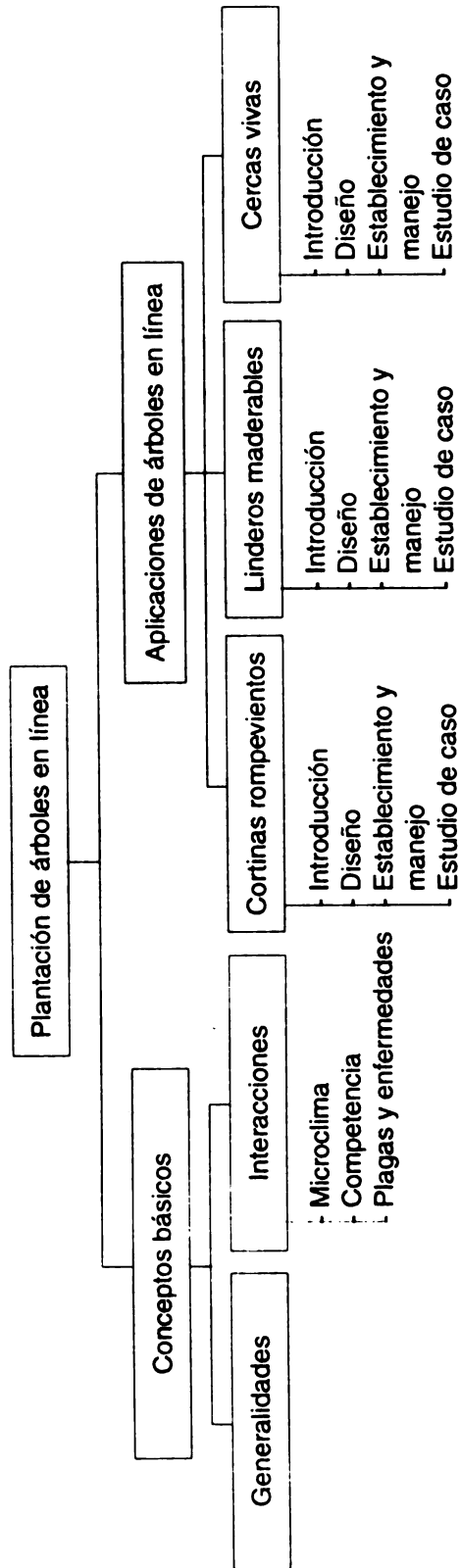
Conocer conceptos y aplicaciones de los sistemas agroforestales (SAF) de árboles en línea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Que los estudiantes puedan:

- Familiarizarse con la literatura relevante disponible y lograr un entendimiento de los componentes, estructura y funcionamiento de los SAF de árboles en línea en áreas de uso agropecuario.
- Entender las interacciones ecológicas que ocurren entre los diferentes componentes de los sistemas de árboles en línea en áreas de uso agropecuario.
- Conocer métodos y consideraciones de diseño, establecimiento y manejo de *Cortinas rompevientos*.
- Conocer métodos y consideraciones de diseño para el establecimiento y manejo de *Linderos Maderables*.
- Conocer métodos y consideraciones de diseño para el establecimiento y manejo de *Cercas vivas*.

Mapa conceptual temático





Sección 1

Conceptos Básicos

V. Ernesto Méndez

OBJETIVO GENERAL

Analizar los conceptos básicos y literatura existente sobre los sistemas agroforestales de árboles en línea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Al finalizar el estudio de la sección, los estudiantes serán capaces de:

- Analizar los tipos y características principales de las plantaciones de árboles en línea.
- Explicar las interacciones ecológicas más importantes entre los diferentes componentes de sistemas de árboles en línea, según lo reportado en la literatura científica.

MATERIAL Y EQUIPO:

Proyector de transparencias
Transparencias del módulo

Lecturas complementarias:

- Proyecto FAO-Holanda DFPA. 1995 Prácticas Agroforestales: metodologías y estudios de caso. Serie Validaciones Proyecto FAO-Holanda DFPA. Quito, Ecuador.

TIEMPO APROXIMADO:

Aula: Entre 2 y 3 horas de sesión de aula.
Trabajo en grupos: 1 hora.



Tema 1

Introducción a las plantaciones de árboles en línea

GENERALIDADES

La plantación de árboles “en línea” puede observarse en diversos sistemas forestales y agroforestales. Desde una perspectiva agroforestal, el concepto de árboles en línea se define, no solo con base en el esquema de plantación, sino también de acuerdo a la función de los árboles y a su interacción con los otros componentes del sistema. Los sistemas agroforestales (SAF) que se discuten en este Módulo se han seleccionado con base en estos criterios. La amplitud del término “plantación de árboles en línea” hace difícil desarrollar una definición concreta aplicable en todos los casos. Sin embargo, pueden identificarse características importantes que distinguen a los sistemas de árboles en línea de otros SAF. [Acetato 1.1]:

- Se componen de una o más hileras de árboles plantados en línea, contiguo a una parcela dedicada a cultivos agrícolas, pasturas, o ambos y con los cuales existe una interacción biológica.
- Cada línea y la pastura o cultivo asociado representan en si un SAF, aunque pueden también formar parte de un esquema agroforestal compuesto por varias líneas adentro o alrededor de una finca o parcela.
- Generalmente se establecen con objetivos principales de generación de productos arbóreos (madera, leña, frutas, etc.), protección de la parcela adyacente (del viento, polvo, etc.) y/o delimitación espacial de la parcela o finca.

Las características aquí presentadas se observan en varios SAF que contienen árboles bajo esquemas de plantación en línea. Los más conocidos y de mayor importancia pueden separarse en tres grupos con características similares: 1) barreras vivas y cultivos en callejones; 2) cercas vivas y setos; 3) cortinas rompeviento y linderos. Aparte de estos sistemas pueden encontrarse en la literatura otros términos y ejemplos agroforestales con características similares. Tal es el caso, de un sistema conocido como cultivos intercalados o “intercropping”, encontrado en la China, el cual utiliza líneas de árboles de *Paulownia elongata* intercalado con diferentes cultivos, y que es muy parecido al cultivo en callejones (Yin y He 1997). Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que la terminología aquí presentada no es exclusiva para identificar a los sistemas de árboles en línea.

- Luego de haber identificado los sistemas principales, es importante examinar las funciones del componente arbóreo en cada uno de ellos. Esto con el objetivo de identificar cuál es el enfoque más adecuado para analizarlos. Al examinar los sistemas de barreras vivas y cultivos en callejones resaltan las funciones de los árboles para el control de la erosión hídrica y/o para el aporte de nutrientes y materia orgánica al suelo (Young 1989). Para cumplir con estos objetivos los árboles generalmente se siembran a menor espaciamiento entre líneas que en los otros sistemas mencionados (Nair 1993). Por lo tanto, se considera más adecuado analizar estos sistemas con un enfoque que incluya los efectos

directos de los árboles sobre el suelo. Esto se hará en el Módulo de Agroforestería para Manejo y Conservación de Suelos, de esta misma Colección.

Este Módulo, por lo tanto, se concentra en tres sistemas de árboles en línea:

- **Cortinas rompevientos**, utilizadas principalmente para la protección de cultivos o pastos [Acetato 1.2].
- **Linderos** para la generación de productos arbóreos y/o delimitación [Acetato 1.3].
- **Cercas vivas** para delimitación de propiedades y producción de forraje y leña [Acetato 1.4].

La diferencia principal entre rompevientos y linderos es la orientación de la línea de árboles (Nair 1993), ya que la función protectora de las cortinas rompevientos requiere que los árboles se orienten en forma perpendicular a la dirección dominante del viento (Bhimaya 1976; Borgo 1981; Galloway 1987; DeWalle & Heisler 1988; Wright 1988). En los linderos esta no es una consideración importante, ya que la orientación se basa, generalmente, en los límites de las fincas o parcelas. Otra diferencia importante es que los linderos se componen de una línea de árboles de la misma especie, mientras que las cortinas rompeviento contienen, generalmente, varias líneas de diferentes especies. Además, en las cortinas es crucial que no haya brechas, mientras que en los linderos no es una consideración tan importante. Las cercas vivas y setos se utilizan para la delimitación y protección (principalmente contra ganado) de fincas o parcelas y la producción de forraje y leña. Su fuerte potencial como fuente de forraje para la alimentación pecuaria ha atraído la atención de investigadores en las áreas silvo-pastoril y ganadera. Por su función, las cercas vivas se establecen predominantemente con especies arbóreas no maderables. En las Secciones 2, 3 y 4 de este Módulo se presentan definiciones más completas para los tres sistemas.

LITERATURA EXISTENTE

En esta sección se presenta una lista selecta de literatura sobre sistemas de cortinas rompevientos, linderos y cercas vivas. Con ello se pretende orientar al lector sobre algunas aplicaciones e investigaciones sobre el tema, realizadas alrededor del mundo. Así, éstas pueden servir de base para la planificación de investigaciones y aplicaciones futuras. En el Tema 2 de esta sección se desarrolla una discusión de literatura más completa sobre la interacción entre los componentes de los sistemas de árboles en línea.

Ejemplos de cortinas rompevientos, linderos y cercas vivas, con fines de investigación, extensión y producción han sido documentados en muchas partes del mundo (Sauer 1979; Budowski 1987; Oboho y Nowboshi 1991; Nair 1993; Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995; Yin y He 1997). Estos documentos son especialmente importantes porque describen el comportamiento de diferentes especies de árboles y cultivos en distintas asociaciones, condiciones ecológicas y socioeconómicas.

La literatura sobre cortinas rompevientos es muy extensa y completa, ya que este sistema ha sido aplicado desde tiempos ancestrales en una gran variedad de zonas ecológicas (Bazin 1991). Además, su uso en países industrializados de zonas templadas, ha permitido la inversión de mayores recursos para la investigación y extensión (Nair 1993). Estos esfuerzos han generado un gran número de publicaciones relevantes, además de tres simposios internacionales sobre cortinas rompevientos y agroforestería. Aunque la mayoría de publicaciones proviene de trabajos hechos en zonas templadas o subtropicales, los conceptos sobre diseño y establecimiento se han adaptado con éxito a las zonas tropicales. En la última década, también se ha visto un incremento substancial en la publicación de trabajos sobre cortinas

rompevientos que han validado estos conceptos en zonas tropicales. Estas publicaciones son, principalmente, de carácter regional o local (Nicholas 1988).

Los documentos sobre linderos son relativamente escasos y más enfocados hacia las regiones tropicales (Nair 1993). En parte, esto se debe a que los linderos muchas veces se han considerado como variantes de las cortinas rompevientos, y no como SAF con funciones específicas y diferentes. Sin embargo, en los últimos años se han realizado investigaciones importantes enfocadas específicamente hacia las funciones productivas de los árboles en linderos, principalmente de especies maderables. En estos enfoques la diferencia entre cortinas y linderos se hace evidente, ya que la función principal de protección ambiental de la cortina no es prioritaria para este tipo de linderos, los cuales se establecen con fines de producción comercial de madera. Esta diferencia tiene fuertes implicaciones en cuanto a los crite-

rios de selección de especies y el tipo de manejo que se aplica a los linderos.

La literatura específica sobre cercas vivas es bastante limitada, aunque la mayoría de publicaciones generales sobre sistemas agroforestales incluyen de manera superficial esta temática. Los principales estudios sobre estos sistemas han sido realizados por el CATIE, en América Central. Las instituciones nacionales de los países de esta región también han contribuido mediante publicaciones divulgativas y de extensión. Es especialmente destacable la existencia de información sobre el establecimiento, manejo y utilización de cercas vivas de *Gliricidia sepium* (por ej. Baggio 1982, Beliard 1984, Picado y Salazar 1984, Hernández 1988, Archaga 1992).

El cuadro 1 presenta una lista de referencias claves sobre cortinas rompevientos, linderos y cercas vivas. No se pretende discutir cada una de las publicaciones, sino indicar al lector el tipo de información disponible sobre el tema.

Cuadro 1. Referencias sobre linderos, cortinas rompeviento y cercas vivas.

Sistema	Descripción	Fuente ¹
Cercas vivas	Caracterización y descripción sistemática de especies utilizadas como cercas vivas en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica.	Sauer 1979
Cortinas Rompevientos	Conceptos para diseño y establecimiento de cortinas rompevientos. Lista de especies para la sierra Ecuatoriana.	Galloway 1986
Cercas vivas	Se discute el manejo tradicional de cercas vivas en Costa Rica y Nicaragua, con énfasis en su potencial como reserva de forraje para la estación seca.	Beer 1987
Cercas vivas	Se describe la práctica de uso de cercas vivas en América Tropical, manejo, costos, adaptabilidad y disponibilidad en varios países zonas climáticas. Ventajas y desventajas con respecto a cercas muertas.	Budowski 1987
Cortinas Rompevientos	Edición especial de la revista con trabajos del 1er Simposio Internacional sobre Tecnología de Plantaciones para Protección, Estados Unidos. Artículos conceptuales y sobre diseño y establecimiento. Se concentra en la zona templada (inglés).	Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 22/23; 1988 ²
Cortinas	2° Simposio Internacional sobre Tecnología de Plantaciones para Protección, realizado en junio de 1990, China (no estuvo disponible).	Protective Plantation Technology 1990 ¹
Cortinas Rompevientos Linderos	3° Simposio Internacional sobre Cortinas rompevientos y Agroforestería, Canadá. Contiene artículos y comentarios sobre cortinas rompevientos con marcado enfoque agroforestal, incluye las zonas tropicales (inglés).	The 3rd International Windbreaks & Agroforestry Symposium Proceedings, 1991
Cortinas Rompevientos Linderos	4° Simposio Internacional sobre Cortinas Rompevientos y Agroforestería, Dinamarca. Contiene artículos y comentarios con enfoque agroforestal; incluye las zonas tropicales (inglés).	The 4th International Windbreaks & Agroforestry Symposium Proceedings, 1993
Linderos	Consideraciones para el establecimiento de linderos maderables (Informe Técnico).	Beer 1993 ²
Linderos	Resultados de ensayos con tres especies maderables (Informe Técnico).	Luján y Camacho 1994 ²
Linderos	Linderos maderables (documento para extensión).	González y Camacho 1995 ²
Cortinas Rompevientos Linderos	Conceptos agroforestales básicos y de manejo; estudios de caso sobre agroforestería y especies en los Andes Suramericanos.	Padilla 1995
Cortinas Rompevientos Linderos	Metodologías de validación ecológica, social y económica de técnicas agroforestales en los Andes Suramericanos. Estudios de caso de ambos sistemas.	Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995
Linderos maderables	Manejo y crecimiento de tres especies maderables en el trópico húmedo de Costa Rica (Informe Técnico).	Luján <i>et al.</i> 1996 ²
Linderos maderables	Crecimiento y producción en linderos de cinco especies maderables en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá (Artículo científico en inglés).	Kapp <i>et al.</i> 1997 ²
Linderos	Manejo y crecimiento de tres especies maderables en el trópico húmedo de Panamá (Informe Técnico).	Luján <i>et al.</i> 1997 ²
Cercas vivas	Describe las técnicas para establecimiento, manejo y utilización de cercas vivas, basado en experiencias en América Central.	Otárola y Sequeira 1997

¹ Cita completa en las referencias del Módulo.

² Consultar en la Biblioteca Orton del CATIE.

³ Publicación citada en otros documentos. No estuvo disponible para revisión.



Características principales

1. Una o más hileras de árboles en línea

- Contiguo a una parcela de cultivos, pastos o caminos.
- Existe una interacción biológica con cultivos o pastos adyacentes.

2. Cada línea de árboles asociados a cultivos/pastos representa en si un SAF

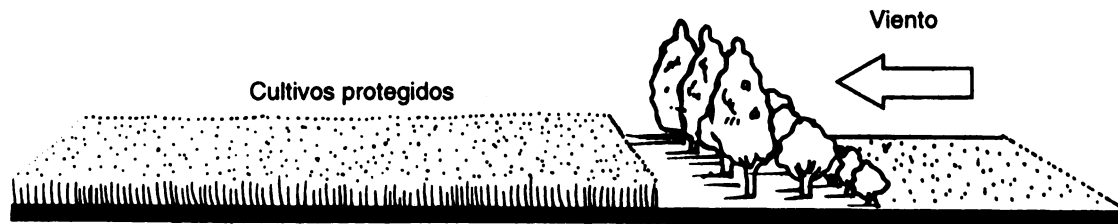
- Aunque pueden también formar parte de un esquema agroforestal compuesto por varias líneas adentro o alrededor de una finca o parcela.

3. Objetivos principales:

- Protección ambiental de cultivos, pasto, ganado y/o suelos.
- Producción de madera, forraje, leña y otros productos arbóreos.
- Delimitación de fincas o parcelas.



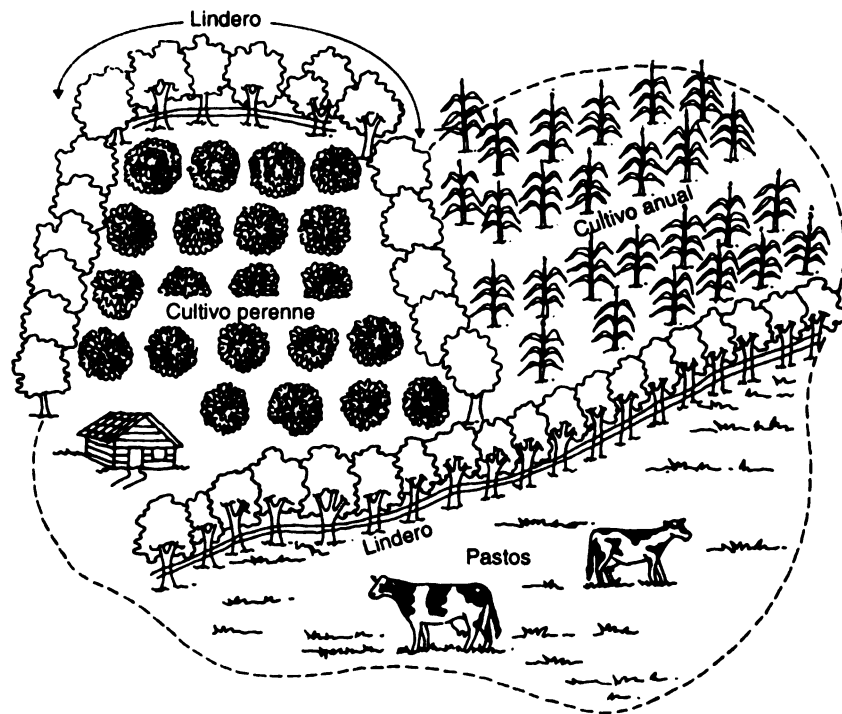
Cortinas rompevientos



Fuente: Modificado de Oboho E.G. y L.C. Nwoboshi (1991).



LINDEROS



Adaptado de: González, J.L. y Camacho, A. (1995)



CERCAS VIVAS





Tema 2

Interacciones ecológicas entre componentes

EFFECTOS MICROCLIMÁTICOS DE LOS ÁRBOLES

El microclima es la suma de una serie de factores (radiación, temperatura, lluvia, viento y humedad relativa) que interactúan para formar condiciones ambientales específicas en un sitio (McNaughton 1988). Los árboles en línea, por su tamaño y las condiciones que crean, tienen efectos sobre el microclima de parcelas adyacentes. Algunos de los más importantes se discuten a continuación.

Viento

El viento excesivo afecta la producción agropecuaria por causa de sus efectos sobre el suelo y los daños físicos a cultivos y animales (Young 1989) [Acetato 2.1]. Las cortinas rompevientos han sido diseñadas más bien para proteger a cultivos, pastos y/o animales de los efectos negativos del viento, que para lograr metas productivas. Los linderos y cercas vivas, aun con objetivos finales distintos a la protección, producen también un cierto resguardo del viento. En Estados Unidos y Nueva Zelanda se han reportado incrementos en rendimientos de diversos cultivos debido a la protección de cortinas rompevientos. Incrementos de 8% a 99% en rendimientos de diversos cereales (Kort 1988; Wright y Townsend 1995); 16% en tomates (Bagley y Gowen 1960, citado en Baldwin 1988); entre 10 y 37% en diferentes plantaciones de árboles frutales (Norton 1988).

El grado de reducción en la velocidad del viento que se logra con cortinas rompevientos depende de su diseño (incluyendo selección de especies) y orientación. Se han documentado reducciones notables en la velocidad del viento de hasta un 85% [Acetato 2.2]. Se debe resaltar el efecto protector de los linderos (46%), aunque no estén diseñados específicamente para este propósito. Las cortinas, linderos y cercas vivas, bien diseñadas, son una opción efectiva para proteger parcelas agropecuarias de los efectos negativos del viento.

Temperatura

La presencia de cortinas rompevientos, linderos o cercas vivas generalmente incrementa la temperatura en parcelas adyacentes. Se han documentado incrementos en la temperatura del aire de hasta 2 °C en los Andes Suramericanos (Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995). En Italia se reportan incrementos de 1 °C en la temperatura del aire y disminuciones de menos de 1 °C en la temperatura del suelo a 5 y 30 cm de profundidad (Casa *et al.* 1993). Las disminuciones en la temperatura del suelo se atribuyen a la mayor retención de humedad observada en parcelas protegidas con cortinas rompevientos. Oboho y Nwoboshi (1991) informan de temperaturas del aire más altas cerca de las cortinas durante las estaciones seca y lluviosa, temperaturas de suelo más altas en la estación seca, y más bajas en la estación lluviosa. En general, se espera que las temperaturas del aire en par-

celas protegidas por árboles en línea sean menos variables y las del suelo disminuyan por el efecto de sombra (McNaughton 1988; Norton 1988). Este efecto se acentúa más cerca de la línea y va disminuyendo al alejarse de los árboles (McNaughton 1988).

Humedad relativa y evapotranspiración

Las cortinas rompevientos, y en menor escala, los linderos y cercas vivas tienden a incrementar la humedad relativa en parcelas adyacentes, lo cual resulta en una reducción en la tasa de evapotranspiración de cultivos o pastos (Norton 1988). Este efecto puede beneficiar a cultivos en zonas muy secas, o donde el viento reseca los tejidos de las plantas. En estos casos, una disminución en la evapotranspiración puede resultar en una mayor conservación de agua en la planta, lo cual ayuda a evitar estrés por falta de humedad. Se han reportado datos de incrementos en la humedad relativa del 5% en Italia (Casa *et al.* 1993) y 3% en Nigeria (Oboho y Nwoboshi 1991). Disminuciones en la evapotranspiración, de 1 a 4 mm, se reportan para seis estudios de caso con cortinas rompeviento de diferentes especies en los Andes Suramericanos; los datos fueron tomados en la temporada seca (Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995).

Efectos sobre animales

La influencia de cortinas, linderos cercas vivas sobre el microclima de áreas y parcelas adyacentes tiene un efecto positivo sobre el ganado y otros animales (Dronen 1988). El efecto principal es el de regular condiciones extremas que pueden crear tensión o estrés sobre los animales (Wright y Townsend 1994). Los animales se benefician de las disminuciones en temperatura y de la protección de vientos fuertes o fríos (Torres 1987; Johnson y Beck 1988). Para una mayor discusión sobre los beneficios de árboles en línea sobre animales ver el Módulo de Siste-

mas Silvopastoriles de esta misma Colección.

Resumen

Según la literatura revisada, los árboles en línea crean efectos microclimáticos que benefician la producción agropecuaria de parcelas adyacentes. Los beneficios reportados por varios autores son los siguientes:

- Disminución en la velocidad del viento.
- Incremento en la temperatura y la humedad relativa.
- Disminución de la evapotranspiración.
- Mejoramiento de condiciones adversas para los animales.

Habrán diferencias de acuerdo a las condiciones de sitio, especies utilizadas y diseño de las plantaciones. Por lo tanto, estos datos no deben ser tomados como una receta, sino como una guía que debe ser reforzada por conocimientos sólidos de especies y condiciones específicas de un sitio.

COMPETENCIA

Como es el caso en todos los SAF, la asociación de árboles con cultivos y/o pastos, crea un cierto grado de competencia por luz, agua y nutrientes entre los diferentes componentes. El éxito de los sistemas agroforestales resulta, en gran parte, del manejo adecuado de esta competencia. Los efectos de competencia de linderos, cortinas rompevientos y cercas vivas varían de acuerdo a la distancia entre árboles y cultivos asociados, las condiciones ecológicas y climáticas en donde se encuentran y las características de las especies de árboles, cultivos o pastos utilizados (Baldwin 1988; Kort 1988; Nair 1993).

Efectos negativos entre árboles y cultivos o pastos asociados

Varios trabajos en India y Pakistán han docu-

mentado el efecto de árboles en línea sobre rendimientos de cultivos asociados. Se reportan efectos negativos significativos de linderos de cuatro especies arbóreas (*Eucalyptus camaldulensis*, *Albizia procera*, *Morus alba* y *Leucaena leucocephala*) sobre el rendimiento de trigo (*Triticum vulgare*), en surcos de trigo ubicados a 2 m, o menos, del lindero; y disminuciones menores a distancias de hasta 8 m del lindero (Akbar *et al.* 1990). Khybri *et al.* (1992), informan de altas reducciones en el rendimiento de trigo y arroz (*Oryza sativa*) a distancias de 1 m, y reducciones menores hasta 5 m de distancia de linderos de *Eucalyptus hybrid*, *Grewia optiva* y *Morus alba*. Otros estudios reportan disminución en los rendimientos de varios cultivos asociados (*Triticum vulgare*, *Sorghum vulgare*, *Zea mays* y *Cajanus cajan*) con linderos de *Acacia nilotica* y *Eucalyptus tereticornis* en surcos de cultivos ubicados hasta 12 m de distancia del lindero (Sharma 1992; Kohli y Singh 1991) **[Acetato 2.3]**.

Los efectos competitivos de las cortinas rompevientos se han relacionado con su altura. Se reportan efectos negativos sobre el rendimiento de varios tipos de cereales asociados a cortinas de diferentes especies, desde 0.5 h a 2 h de distancia de la cortina rompevientos; donde h equivale a la altura máxima de la cortina (Stoekler 1962; Read 1964; Lyles *et al.* 1984 citados en Kort 1988; Brenner *et al.* 1993) **[Acetato 2.3]**.

Estudios sobre la competencia entre árboles en línea y el rendimiento de pastos son escasos. Sin embargo, es de esperar que los efectos sean parecidos a los observados en cereales. El mayor limitante creado por los árboles en cuanto a la pastura es la sombra, especialmente cuando se asocian con especies demandantes de luz solar, como son la mayoría de las gramíneas forrajeras (Shelton *et al.* 1987). Burke y Kellas (1991) reportan disminución significativa en la producción de pasturas asociadas con cortinas rompe-

vientos de *Pinus radiata* hasta 1.5 m de distancia de la cortina.

Existen pocos estudios sobre los efectos competitivos de cultivos o pastos sobre el desarrollo de árboles en línea. Los árboles tienen una evidente ventaja sobre los cultivos cuando alcanzan una altura superior a éstos, lo cual se espera lograr en el primero o segundo año después de su siembra. El estudio de caso en el tema 4 de este Módulo presenta resultados favorables de desarrollo de árboles en linderos con varios cultivos asociados. No es de esperarse que la competencia de cultivos o pastos tenga un efecto muy fuerte sobre árboles en cortinas o linderos que se manejan adecuadamente. Sin embargo, debe tomarse en consideración cuando se seleccionan especies y se diseñan plantaciones.

Los estudios mencionados no han profundizado en cuanto a los factores específicos que causan los efectos negativos reportados (por ejemplo, si es por competencia de nutrientes, agua, luz, una combinación de todos, o inclusive, si hay otros factores involucrados, como la alelopatía). Sin embargo, la sombra de los árboles, es con seguridad, uno de los factores que más afectan el desarrollo de los cultivos (Sharma 1992; Kapp *et al.* 1997). Hasta que exista mejor información sobre las interacciones árbol-cultivo/pasto, la información sobre distanciamientos que resultan en competencia excesiva, puede servir como guía para el diseño y establecimiento de estos SAF. Asimismo, deben tomarse en cuenta las consideraciones presentadas a continuación **[Acetato 2.4]**.

Influencia de especies y sitios sobre el grado de competencia

El tipo de especies arbóreas y de cultivos o pastos afecta el nivel de competencia que se encuentra en un SAF. Por ejemplo, cultivos tolerantes a la sombra, como café (*Coffea*

spp) o cacao (*Theobroma cacao*) pueden hasta beneficiarse por la sombra de linderos o cortinas, mientras que cultivos con altos requerimientos de luz, como maíz (*Zea mays*) o caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), son afectados negativamente. De igual manera, existen especies de pastos como *Panicum maximum* (Andrade 1999) o leguminosas forrajeras que tienen mayor tolerancia a la sombra (Shelton *et al.* 1987). Aunque no es una consideración muy frecuente, también deben tomarse en cuenta posibles efectos negativos de ciertos cultivos o pastos sobre los árboles asociados; especialmente cuando los árboles están recién sembrados.

Es conocido que algunas especies arbóreas tienen sistemas radiculares más agresivos y/o requerimientos altos de agua o nutrientes. Estos son factores importantes a considerar, junto con las condiciones del sitio, cuando se hace una selección de especies. Por ejemplo, se reporta fuerte competencia por agua y nutrientes en árboles en línea con varias especies de eucalypto (*Eucalyptus spp*) en los Andes Suramericanos (Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995) y en India (Patil 1991). Ambas son zonas en donde el estrés hídrico, causado por sequías estacionales, es un factor que afecta la producción. Asimismo, y aunque existen argumentos controversiales sobre el tema, algunos estudios atribuyen a algunas especies de eucalypto efectos alelopáticos negativos sobre cultivos asociados (Kohli y Singh 1991). Por otra parte, la naturaleza de algunas especies arbóreas las hace menos competitivas. Dos características importantes que resultan en menos sombra son la forma de copa (delgada y/o poco densa) y la autopoda. El laurel (*Cordia alliodora*) y el *Eucalyptus deglupta* son dos especies con uno u otro de estos atributos (Lujan *et al.* 1996).

Existen prácticas validadas para manejar la competencia de árboles, tales como las podas de ramas y raleos. La poda de raíces del árbol es también una opción para suprimir la

competencia, aunque esta práctica resulta más complicada, ya que demanda excesiva mano de obra y un cierto grado de conocimiento (Nair 1993; Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995). En secciones posteriores se discuten más a fondo prácticas de manejo de los árboles para reducir su competencia con cultivos o pastos adyacentes.

Las condiciones de sitio son un factor importante sobre el grado de competencia que puede incidir en un sistema de árboles en línea. Deben tenerse en cuenta características de suelo, cantidad y distribución de lluvia, temperaturas, ocurrencia y velocidad del viento. En la medida que la demarcación de las parcelas agrícolas lo permita, debe tenerse en cuenta la orientación de la línea de árboles con respecto a los cultivos. Si esta se orienta de este a oeste, siguiendo la dirección del sol, se puede reducir la sombra sobre parcelas adyacentes (Galloway 1986). Las especies seleccionadas deben estar adaptadas a las condiciones climáticas, y ser seleccionadas de acuerdo a sus requerimientos en relación a las condiciones de sitio. Por ejemplo, la competencia por agua y posibles efectos alelopáticos son menos probables en zonas sin una estación seca marcada. En los temas 3, 4 y 5 se hacen recomendaciones prácticas para la selección de especies y sitios.

PLAGAS Y ENFERMEDADES

La presencia de árboles en línea tiende a incrementar la biodiversidad del agroecosistema, incluyendo plagas de cultivos, árboles y pastos y sus enemigos naturales (Altieri y Lortorneau 1982). Los linderos, cortinas rompevientos y cercas vivas son hospedantes de muchos tipos de insectos herbívoros y depredadores. Además, los árboles proveen refugio a un gran número de otros animales, especialmente a pájaros y roedores (Johnson y Beck 1988).

Los árboles en línea también afectan la ocurrencia de plagas y enfermedades a través de la modificación del microclima. Por ejemplo, la dispersión de insectos y enfermedades se ve afectada por la incidencia y velocidad del viento. Pasek (1988) reporta que la presencia de cortinas rompevientos tiende a contrarrestar los ataques de plagas de insectos sobre cultivos adyacentes. El autor informa que los insectos tienden a permanecer más cerca de las cortinas y a concentrarse en áreas específicas, lo cual facilita el control selectivo de las plagas. Se da también un efecto negativo, ya que al disminuir el viento, se facilita el movimiento de insectos dañinos voladores. Esto aplica también a la incidencia de muchas enfermedades, que se desarrollan mejor en las condiciones protegidas y húmedas que existen alrededor de los árboles (Kort 1988; Peterson 1988). Sin embargo, la reducción del viento también tiende a disminuir la propagación de muchas enfermedades que se diseminan por el viento (Pasek 1988; Peterson 1988).

Es difícil concluir si la incidencia de plagas y enfermedades sobre cultivos o pastos asociados es afectada por la presencia de los árboles (Johnson y Beck 1988). Los resultados de varios estudios no parecen indicar que los árboles resulten en un incremento de la severidad del daño de plagas o enfermedades

sobre los componentes asociados (Dix y Leatherman 1988; Pasek 1988). La ocurrencia de infestaciones críticas depende de las especies involucradas y del equilibrio que se logre entre las plagas de cultivos o árboles y sus respectivos depredadores (Altieri y Letourneau 1982). De igual manera, las condiciones microclimáticas de los árboles requieren de un manejo específico para evitar ataques de enfermedades (Peterson 1988). Dix y Leatherman (1988) señalan una serie de pasos para obtener un Manejo Integrado de Plagas (MIP) adecuado a sistemas de árboles en línea. Este difiere de programas MIP de enfoque más agrícola porque también se toman en cuenta las plagas de los árboles. Sin embargo, las prácticas recomendadas son similares a las utilizadas comúnmente en muchos sistemas agrícolas: prácticas culturales, aplicación selectiva de plaguicidas, uso de variedades resistentes, empleo de feromonas de atracción, cultivos trampa y protección y fomento de parásitos e insectos depredadores [Acetato 2.5]. Las consecuencias de introducir árboles en línea, sobre la incidencia de plagas y enfermedades, podrían ser tanto positivas como negativas. El resultado dependerá de los siguientes factores: 1) la naturaleza o condiciones del sitio; 2) el tipo y especie/s de cultivo, pasto o árboles utilizados; y 3) de las plagas y enfermedades críticas para el sitio, cultivos o árboles.



Ejemplos de efectos de viento excesivo sobre componentes de parcelas agropecuarias

Efecto	Componente	Daño	Consecuencias
Se acentúan las temperaturas mínimas	Cultivos y pastos	Estrés y resecamiento por temperaturas bajas en zonas templadas o de altura.	Disminución de rendimientos y calidad de la cosecha.
	Animales	Estrés por temperaturas bajas en zonas templadas o de altura.	Afecta la salud del animal y puede afectar rendimiento de carne, leche o lana.
Aumento de la evapo-transpiración	Cultivos y pastos	Resecamiento y posible estrés hídrico de las plantas.	Disminución de rendimiento y calidad de cosechas.
	Suelos	Disminuye disponibilidad de agua en el suelo.	Disminución de rendimiento y calidad de cultivos o pastos.
Transporte de sólidos	Cultivos y pastos	Daños a hojas, flores, tallos y frutos.	Disminución de rendimiento y calidad.
	Animales	Daños físicos.	Afecta salud y producción animal.
Velocidad y fuerza excesiva	Cultivos y pastos	Daños de hojas, flores, tallos y frutos.	Pérdida de plantas y disminución en rendimiento.
	Suelo	Erosión eólica.	Pérdida del suelo y su fertilidad.

Fuentes: Grace 1988; Dronen 1988; Lyles 1988; Nicholas 1988.



Referencias sobre la reducción de la velocidad del viento debido a la presencia de cortinas o linderos

Sistema y Ubicación	Especies arbóreas	Reducción en la velocidad del viento (%)	Fuente
Cortinas rompevientos mixtas, Andes de Ecuador.	<i>Polylepis incana</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>Cupressus macrocarpa</i> y <i>Gynoxis sp</i>	85	Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995
Cortinas rompevientos mixtas, Andes de Ecuador.	<i>Cupressus macrocarpa</i> y <i>Alnus jorullensis</i> .	81	
Cortinas rompevientos, Andes de Ecuador.	<i>Cupressus macrocarpa</i>	63	
Cortinas rompevientos mixtas, Andes de Perú.	<i>Cupressus macrocarpa</i> y <i>Pinus radiata</i>	47	
Cortinas rompevientos, Andes de Perú.	<i>Buddleja coriaceae</i>	58	
Linderos, Andes de Perú.	<i>Eucalyptus spp</i>	46	
Cortinas rompevientos mixtas, Nigeria.	<i>Acacia nilotica</i> y <i>Azadirachta indica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 15-36% a 5h de la cortina • promedio de 26% \geq 10h 	Oboho y Nwoboshi 1991
Cortinas rompevientos, Italia.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	50-70%	Casa et al. 1993



Resultados de investigación

Competencia entre árboles y cultivos/pastos (varias especies)

- Disminución significativa en rendimientos de cultivos/pastos a distancias de 1-2 m del árbol.
- Disminución menor en rendimientos de cultivos/pastos a distancias desde 0.5h a 2h de la línea de árboles.



Resultados de investigación

Competencia

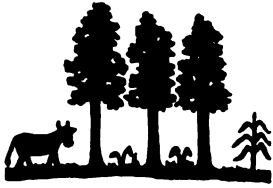
- La sombra es el efecto negativo principal del árbol contra el cultivo.
- Existe competencia por agua y nutrientes por lo que debe buscarse compatibilidad entre especies arbóreas y cultivos/pastos para diferentes condiciones de sitio.
- Con un manejo apropiado se puede disminuir la competencia.



Resultados según la literatura

Plagas y enfermedades

- Los árboles proveen refugio y condiciones que aumentan la biodiversidad (insectos, pájaros, roedores).
- Entre estos hay plagas y sus enemigos naturales.
- Las condiciones específicas de cada sitio determinan el grado de incidencia de ataque de plagas por la presencia de los árboles.
- En general, los árboles en línea crean condiciones microclimáticas más favorables para muchos hongos y bacterias fitopatógenas.
- Se recomienda uso de (MIP) para mantener un equilibrio entre plagas y enemigos naturales.



Sección 2

Aplicaciones de árboles en línea

OBJETIVO GENERAL

Presentar conceptos y aplicaciones sobre el uso y manejo de las Cortinas rompevientos, árboles en linderos y cercas vivas en sistemas agroforestales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Al finalizar el estudio de la sección los estudiantes serán capaces de:

- Definir y entender la función, importancia, ventajas y desventajas, diseño, establecimiento y manejo de las cortinas rompevientos en agroecosistemas.
- Conceptualizar, analizar la función, ventajas y desventajas, diseño, manejo y establecimiento de linderos maderables.
- Analizar y explicar la función, diseño, manejo y aprovechamiento de las cercas vivas como sistemas agroforestales.
- Visualizar la aplicación de los conceptos y metodologías aprendidas, a través de un estudio de caso sobre investigación y establecimiento de cortinas rompevientos, linderos maderables y cercas vivas.

MATERIAL Y EQUIPO:

Proyector de transparencias
Transparencias del módulo

Lecturas complementarias:

- Galloway, Glen. 1986. Guía para la repoblación forestal en la Sierra Ecuatoriana. Proyecto DINA-F/AID. Ecuador
- Otárola, S; Sequeira, A. 1997. Cercas vivas. Managua, Nicaragua. INTA: Guía tecnológica No. 12.

- Beer, J. 1993. Consideraciones básicas para el establecimiento de especies maderables en linderos. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie técnica. Informe técnico No. 234. Turrialba, Costa Rica.
- Somarriba, E.; Montoya, R.; Calvo, G. 1999. Linderos de *Tectona grandis* L.F. en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá. Revista Forestal Centroamericana 28: 15-21.

TIEMPO APROXIMADO:

Trabajos en grupos: 1 hora

Aula: entre 4 y 5 horas de sesión de aula.



Tema 3

Cortinas rompevientos (J. Faustino)

GENERALIDADES

La función de las cortinas rompevientos era, únicamente, el control de la erosión del suelo causada por el viento (eólica). Sin embargo, el potencial de los múltiples beneficios que provee esta alternativa la ha integrado al concepto de los sistemas agroforestales. En este sentido adquiere un propósito más amplio e integral, generando opciones que sustentan su importancia en los sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal.

Existen muchas referencias sobre las ventajas de las cortinas rompevientos. Sin embargo, la adopción de las mismas no se ha materializado en muchos lugares. Por lo tanto, es importante conocer a fondo el marco conceptual para lograr una buena aplicación de esta práctica en sitios apropiados. Los usuarios potenciales deben conocer las desventajas y beneficios de establecer las cortinas rompevientos. Además, deben familiarizarse con las técnicas de manejo para poder controlar efectivamente los aspectos negativos que puedan darse. También deben considerarse los requerimientos y posibilidades de diseño para diferentes condiciones biofísicas y socioeconómicas.

Definición

Las cortinas rompevientos son hileras de árboles, arbustos, o ambos de diferentes alturas y dispuestas en sentido opuesto a la dirección principal del viento [Acetato 3.1].

Se establecen con los siguientes objetivos [Acetatos 3.2 y 3.3]:

- Reducir la velocidad del viento en la zona cercana al suelo.
- Evitar pérdida de la fertilidad del suelo por causa de erosión eólica.
- Reducir la acción mecánica del viento sobre los cultivos y animales.
- Desviar las corrientes de aire.
- Contribuir a regular condiciones de microclima a nivel de finca.
- Controlar el transporte de sólidos por efecto del viento (contaminación).

Asimismo, la cortina debe considerarse como parte de un sistema y con elementos de interacción e interrelación entre los aspectos productivos agrícolas, pecuarios y forestales.

Existen otras denominaciones para el concepto de cortinas rompevientos, las que en su mayoría, dependiendo del lugar donde se aplique, se relacionan con la función específica que cumplen. Así por ejemplo, "tapaviento" generalmente se emplea cuando se quiere señalar la regulación de temperaturas que disminuyen por causa del viento y no necesariamente por su velocidad; "barrera rompevientos" se utiliza cuando se quiere controlar el efecto de la velocidad, en cuyo caso son más pequeñas y muy similares a las barreras vivas utilizadas en conservación de suelos. Otra consideración sobre la denominación tiene que ver con el vocabulario técnico del país o la región donde se encuentren.

IMPORTANCIA DE LAS CORTINAS ROMPEVIENTOS

Importancia Ecológica [Acetato 3.4]

Son muchos los aspectos que influyen al establecerse cortinas rompevientos, ya que constituyen una alternativa para la introducción de árboles en las fincas y están asociados con propósitos de protección y producción. Efectos importantes causados por las líneas de árboles son:

- Regulación del microclima a nivel de la parcela.
- Conservación de los recursos naturales mediante el control de la erosión del suelo (pérdida de fertilidad) y exceso de evapotranspiración.
- Disminución de la contaminación del ambiente y sus efectos sobre las personas, plantas, viviendas y animales mediante el control sobre las corrientes de aire que transportan sedimentos.

Debe considerarse también el valor ambiental de las cortinas rompevientos como hábitat de otras especies, plantas, aves e insectos, y el aporte de las hojas y raíces de los árboles para aumentar la fertilidad y protección del suelo, con un efecto mejorador de algunos cultivos asociados a la cortina.

Importancia Económica [Acetato 3.5]

Existen efectos económicos directos e indirectos que se producen por la presencia de las cortinas rompevientos. Los más importantes son:

- Mejoramiento o mantenimiento de la productividad al evitar pérdida de suelo superficial, proteger los cultivos y controlar daños en la floración, caída de frutos, estabilidad, evapotranspiración, control de las heladas y mejoramiento del microclima para el componente agrícola y/o pecuario (*beneficio principal*).
- Generación de diferentes productos para

la venta y el consumo. Por ejemplo: frutos, postes, productos medicinales, goma, follaje, leña y eventualmente madera, dependiendo de las especies arbóreas o arbustivas presentes y de su manejo.

- En áreas de habitación rural y urbanas, las cortinas protegen de la contaminación en forma de partículas de materia y suelo transportadas por el viento, evitando parcialmente daño y deterioro físico de edificaciones e infraestructura (carreteras, canales, etc.).

Cabe señalar que aunque estos beneficios son generalmente reconocidos, no se han valorado o cuantificado económicamente, con excepción de la cuantificación de productos. Además, muchos de los efectos positivos logrados no benefician directamente al finquero, sino a la sociedad en general (por ej. control de sólidos y ruido). Esto podría ser la causa de la poca adopción que se observa en algunos lugares, y destaca la necesidad de evaluar programas de incentivo. Este tipo de análisis y valoración es importante para definir los beneficios reales de las cortinas rompevientos.

Función Agroforestal [Acetato 3.6]

Con relación a los sistemas agroforestales, las cortinas rompevientos pueden desarrollar funciones agrícolas y forestales:

- *Funciones agrícolas*: protección a cultivos y animales influyendo en el mejoramiento de la producción.
- *Funciones forestales*: producción de madera, leña y/o frutos.

Sin embargo, el concepto de sistema conlleva a señalar directamente la interacción entre el cultivo, los animales y los árboles, ya que si esto no se produce, no podría afirmarse que es un sistema. Por lo tanto, las cortinas deben diseñarse ajustadas a estas consideraciones, con especial atención a lograr interacciones positivas entre los componentes.

Las funciones agroforestales que corresponden a las cortinas son múltiples y todas ellas inciden en la producción y conservación del suelo, agua, planta, ambiente e infraestructura. El aumento de la productividad se puede lograr al mejorar el microclima, al proteger la producción de flores y frutos de los cultivos y al evitar los daños por volcamiento de las plantas. En el riego puede influir notablemente en la uniformidad de aplicación del agua en aspersión y reduciendo la evapotranspiración, lo que incrementa la eficiencia

del riego por goteo. En Nicaragua las cortinas de *Casuarina equisetifolia* inciden de manera importante en la producción de cultivos hortícolas que utilizan riego por goteo. Los agricultores de Tierra Blanca en Cartago, Costa Rica, tienen un buen rendimiento de sus cultivos de papa, cebolla y otras hortalizas, controlando heladas por medio de cortinas. En Puriscal y Monteverde, Costa Rica, el crecimiento de los pastos y buen desarrollo del ganado se ve influenciado por las cortinas establecidas por los productores.

Diseño de Cortinas Rompevientos

CONCEPTOS DE DISEÑO

En el desarrollo de este tema se trata de dimensionar y definir los componentes de las cortinas y sus funciones de protección (cultivos, animales, suelos, viviendas). Se consideran los siguientes conceptos básicos de diseño [Acetatos 3.7 y 3.8]:

- Conocer cual es el cultivo, animales o elementos a proteger.
- Considerar las características climáticas, edáficas y topográficas del sitio.
- El diseño de la cortina debe ajustarse a los objetivos por los cuales se establece (por ej.: la regulación del microclima en beneficio de plantas o animales; evitar la erosión del suelo; controlar los efectos mecánicos del viento sobre los cultivos).
- Definir las especies arbóreas o arbustivas que se utilizarán.
- Calcular dimensiones y espaciamientos dentro de las cortinas y entre las cortinas y cultivos/pastos de parcelas adyacentes.
- Definir la disposición entre hileras (por ej. triángulos o "tres-bolillo") y la orientación de la cortina con respecto al viento.
- Definir la alternancia de especies para cada hilera de la cortina.
- Considerar los aspectos socioeconómicos que influyen sobre el establecimiento y manejo de cortinas rompevientos.

Las cortinas rompevientos deben establecerse con especies bien adaptadas a la zona y de preferencia que conserven la mayor parte del follaje durante todo el año, o al menos durante la época de mayor viento. Los espaciamientos que se seleccionen deben ser el resultado de la estructura deseada y de los requerimientos de cada especie para crecer adecuadamente.

ELEMENTOS IMPORTANTES DE DISEÑO [Acetato 3.9]

Geométricamente la cortina y el espacio entre cortinas, implica definir: la altura de los árboles; el área a proteger; el ancho de la cortina; su permeabilidad, orientación y forma. Es muy importante definir la o las especies que conformarán las cortinas.

Altura y Distancia Efectiva Protegida

Generalmente, un indicador de diseño efectivo es que la cortina pueda lograr, por lo menos, una reducción del 20% de la velocidad del viento. De esta manera, la zona protegida se extiende sobre una distancia de siete veces la altura de la cortina del lado del viento y a 15 o 20 veces del lado sotavento. La altura de la cortina está dada por la espe-

cie seleccionada como estrato superior y la calidad del sitio.

Permeabilidad

Una cortina debe ser permeable o porosa; es decir, que debe dejar pasar cierto porcentaje del flujo de viento. De ser impermeable o compacta, la cortina constituiría un obstáculo absoluto para el viento, el cual produciría turbulencias fuertes después de pasar sobre la cortina provocando daños graves en los cultivos a proteger. Galloway (1986) reporta que el grado óptimo de permeabilidad es aproximadamente de 3% y enfatiza la necesidad de evitar aberturas o discontinuidades grandes, las cuales neutralizan el efecto protector de la cortina. Como punto de referencia, el mismo autor estima un 20% de permeabilidad en cortinas que no contienen huecos o aberturas muy obvias.

Otro aspecto importante a considerar es la uniformidad de la densidad del follaje de la cortina. Para lograr una protección adecuada debe tratar de lograrse una densidad casi uniforme desde el extremo superior hasta la base de la cortina.

Ancho

Un rompevientos debe ser continuo, de no ser así, el viento se desplazaría por los espacios vacíos, alcanzando velocidades mayores que en ausencia de cortina. Si la cortina es de una sola hilera el riesgo de que se formen vacíos es mayor que en una cortina compuesta de varias hileras [Acetato 3.10]. Se recomienda cortinas compuestas, cuyo ancho varía de 4 a 15 metros. En áreas dedicadas a la agricultura se debe buscar el logro de una máxima eficiencia con el menor sacrificio de tierra agrícola. En casos de fincas muy pequeñas, donde hay escasez de tierra, pueden utilizarse cortinas angostas (a veces de solo una hilera) que también proveen protección para la parcela agropecuaria (Galloway 1986).

Forma de la cortina

Existen varias formas de cortinas rompevientos, que se visualizan mejor como perfiles verticales. Entre ellas se distinguen la triangular-rectangular, la triangular-isósceles y la rectangular [Acetato 3.11]. Cuando sea económicamente factible, se recomienda los sistemas multiestratos porque permiten una mayor deflexión del viento y así se obtiene una mejor protección. Por ejemplo, la cortina con tres estratos de tipo triangular rectangular es la que se ha promovido en la región de Guanacaste en la zona de riego del Arenal-Tempisque, de Costa Rica, ubicando siempre el estrato inferior en la dirección que proviene el viento (barlovento). Si no es posible establecer sistemas multiestratos, se buscará una especie con buen desarrollo foliar desde los primeros metros a partir del suelo y se establecerá en varias hileras. La práctica muy difundida de sembrar hileras sencillas de gramíneas altas como cortina protege el cultivo, siempre y cuando la distancia entre cortinas se calcule en función de la altura promedio de estas. En este caso se recomienda, enfáticamente, cortinas con al menos tres hileras de gramíneas. Sin embargo, debido a la conformación de la cortina no se puede esperar una eficiencia tan grande como la alcanzada con las cortinas multiestratos.

Orientación de las barreras y red de rompevientos

Lo ideal es que se establezcan las cortinas en forma perpendicular a la dirección principal del viento. En caso de que los vientos fuertes se presenten en una sola dirección o en direcciones opuestas, las cortinas pueden ser establecidas en franjas paralelas. Pero si los vientos provienen de varias direcciones será necesario establecer una red cuadrangular, con las cortinas principales en dirección perpendicular al viento de mayor intensidad y las cortinas secundarias en forma perpendi-

cular a las cortinas principales. Las cortinas secundarias podrán ser de menor dimensión y con un espaciamiento mayor entre ellas.

Especies Utilizadas

La selección de especies para cortinas rompevientos varía de acuerdo a las condiciones climáticas y de suelo, el propósito de utilización, el manejo que pueda dársele y los beneficios complementarios esperados. Generalmente se requieren cortinas rompevientos en las áreas donde prevalecen condiciones de aridez, en las cuales el efecto de la velocidad del viento causa erosión y daños en los cultivos. En las zonas semiáridas se trata de controlar el efecto de la velocidad del viento mientras que en las zonas templadas, el efecto de viento frío o desecante. Otro aspecto importante a considerar en las especies seleccionadas es su rápido desarrollo y la altura máxima que alcanzan en su madurez.

Los árboles que alcanzan alturas de hasta 25 m deberán preferirse para plantar las hileras principales de la cortina. Algunas de estas especies son los eucaliptos (Por ej. *Eucalyptus camaldulensis*), las casuarinas (Por ej. *Casuarina equisetifolia*, *C. cunninghamiana*), los mangos de tipo criollo (*Mangifera indica*), y los Pinos (*Pinus caribaea*, *P. oocarpa*). En los cafetales de El Salvador, tradicionalmente se utilizan el copalchí (*Croton reflexifolius*), el ciprés (*Cupressus betamil*) y la vara negra (*Cordia cana*) en las cortinas rompevientos (Galloway y Beer 1997).

Para los estratos medios han de utilizarse árboles que alcanzan alturas máximas de 10 a 15 metros, tales como la casia (*Cassia siamea*), el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), el capulín (*Muntingia calabura*), el neem (*Azadirachta indica*), la manzana rosa (*Eugenia malaccensis*), la uruca (*Trichilia glabra*), la manzana de agua (*Eugenia jambos*), acetiuno (*Simarouba glauca*), entre otros.

Para los estratos bajos se utilizan arbustos que apenas sobrepasan los 5 metros como la amapola (*Hibiscus sepium*), el mirto (*Murraya paniculata*), el itabo (*Yucca elephantipes*), el trueno (*Ligustrum sepium*) y también algunas gramíneas de porte alto como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), la caña de azúcar (*Sacharum sp.*) y la caña india (*Dracaena fragans*).

Algunas sugerencias sobre los requerimientos de las especies están relacionadas con la resistencia al viento (de preferencia el follaje debe ser permanente), la velocidad de crecimiento y la permeabilidad. El sistema radicular debe ser tal que la competencia con el cultivo sea limitada, aunque se sabe muy poco sobre esta característica de las especies comunmente utilizadas. Un sistema radicular profundo tiene la doble ventaja de un buen anclaje y de menor competencia con el cultivo asociado. Finalmente, deben tomarse en consideración los productos secundarios que puedan obtenerse, tales como la producción de madera, leña, frutos, postes y forraje.

Cálculo de las Distancias

La distancia óptima entre las cortinas está determinada por: [Acetato 3.12]

- La velocidad máxima de los vientos.
- El grado de resistencia del suelo y del cultivo.
- La altura de las especies seleccionada para la cortina.

Debe considerarse que en laderas húmedas, la pendiente del terreno no tiene mucha influencia. La especie y la densidad juegan un rol importante en relación a la permeabilidad (la cantidad de viento que atraviesa la cortina). La efectividad de la cortina depende del número de hileras, de utilizar varias especies y tamaños para las hileras y de lograr una semi-permeabilidad. El distanciamiento entre cortinas está en relación con la

altura, la densidad, la orientación y la longitud. La altura y la densidad tienen efectos en la velocidad del viento antes y después de las cortinas. La densidad del follaje debe ser uniforme en todas las alturas y para ello se siembran árboles y arbustos de diferentes alturas y densidad de follaje. El efecto en la disminución del viento se expresa en porcentaje. La velocidad del viento aumenta a ambos extremos de la cortina, implicando que conforme tenga una mayor longitud este problema se irá reduciendo.

Con base en los criterios puede utilizarse la relación de Woodruff y Zingg (Paulet 1973) para calcular las distancias a utilizarse entre las cortinas (ejemplo 1): **[Acetato 3.13]**

$$D = 17 H \times (V_{mi} / V_{ac}) \times \text{Cos } \emptyset$$

donde:

D = Distancia entre cortinas.

H = Altura de la cortina.

V_{mi} = Velocidad mínima del viento, a 17m de altura, capaz de provocar movimiento de partículas en el suelo (erosión).

V_{ac} = Velocidad actual del viento a 17 m de altura.

\emptyset = Angulo de desviación del viento prevaleciente, medida desde la perpendicular de la cortina.

NOTA: - V_{mi} es generalmente igual a 35 km/hora.

- La ecuación es válida para velocidades de viento menores de 65 km/hora.

Ejemplo 1.

Uso de la fórmula para el cálculo de distancias **[Acetato 3.14]**

- V_{mi} = 35 km/hora
- V_{ac} = 55 km/hora
- H = 20 m
- \emptyset = 30

Solución:

$$D = 17 H \times (V_{mi} / V_{ac}) \times \text{Cos } \emptyset$$

$$D = 17 (20 \text{ m}) \times (35 \text{ km/hora} / 55 \text{ km/hora}) \times \text{Cos } (30) = 340 \text{ m} \times 0.636 \times 0.866$$

$$D = 187.26 \text{ m}$$

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Los criterios teóricos y pautas establecidas en el diseño no siempre serán tan fáciles de lograr debido a las limitantes de orden social, cultural y económico. El agricultor no admite desprenderse de una porción de terreno o no acepta las recomendaciones de espaciamiento, prefiriendo muchas veces, mayores distancias entre cortinas. En otros casos, el tamaño de la parcela es muy pequeño y el tamaño de la cortina tendrá que ser reducido (hasta a una sola hilera), o tendrá que establecerse fuera de la finca. En otros casos, las cortinas no se pueden establecer al lado de obras de riego (canales revestidos) ya que las raíces de los árboles destruyen la sección del canal. Por lo tanto, la ubicación y el diseño del sistema de riego tiene que armonizar con el diseño de las cortinas. En ocasiones los agricultores desean que las líneas de árboles se ubiquen en un determinado lindero, pero éste no coincide con la dirección opuesta al viento. Estas y otras situaciones deben analizarse cuidadosamente para adaptarse lo mejor posible al deseo de los agricultores, salvaguardando un mínimo de efectividad.

En todo caso, la decisión del agricultor es primordial. Las recomendaciones tienen que ser muy convincentes en cuanto a su efectividad, beneficios y el grado de esfuerzo requerido. El técnico debe orientar la práctica con criterios sencillos, demostrando todas las ventajas en el menor tiempo posible. Deben tenerse alternativas prácticas para lograr un convencimiento de la utilidad de las cortinas. Por ejemplo, se pueden simular resultados con asociaciones de culti-

vos intercalados con especies de menor tamaño que se asemejen a una cortina. Sin lugar a dudas, la demostración será muy importante en áreas donde ya están implementadas, convenciendo por medio de las explicaciones de otros agricultores. También se puede mostrar los efectos negativos por no utilizar cortinas rompevientos.

Los agricultores del Valle Central de Costa Rica protegen al cultivo de café de la acción del viento por dos razones: mantener la floración y regular la temperatura. Para eso utilizan formas de barrera casi impermeables, a distancias cortas por el tamaño de las parcelas, siendo común la existencia de barreras de ciprés (*Cupressus lusitanica*), *Casuarina equisetifolia*, "king grass" (híbrido de *Pennisetum spp*) y caña de azúcar, la mayoría en una sola hilera. No siguen ningún diseño especial y su práctica es tradicional en el lugar.

En Tierra Blanca de Cartago, Costa Rica, se emplean cortinas para controlar las heladas causadas por los vientos fríos que suben y bajan del volcán Irazú. En Guanacaste, se emplean cortinas en el área de riego de Arenal-Tempisque, principalmente para controlar la erosión eólica y daños a los cultivos, en cuyo caso la disposición de las cortinas no es compatible con la disposición de los

canales principales de riego (revestidos). La dimensión de estas cortinas es grande pues se hacen de dos y hasta de tres hileras.

La problemática que se encuentra al tratar de asegurar la eficacia de las cortinas rompevientos en zonas de laderas, se puede explicar mediante el esquema del **Acetato 3.15**.

El ángulo de descenso del viento detrás de un rompevientos es independiente de la pendiente del sitio. En consecuencia, la mejor posición para un rompevientos es un poco antes o arriba de una cumbre ya que protege una zona más grande. Los rompevientos deben espaciarse de manera que las zonas protegidas queden sobrepuestas.

Las laderas de montaña están en general expuestas a alternancias de vientos ascendentes y descendentes debido a las diferencias de temperatura entre ladera abajo y ladera arriba. La mejor disposición para una cortina rompevientos en estas condiciones es a contorno. Las cordilleras dispuestas de manera opuesta a los vientos dominantes enfrentan a menudo el fenómeno siguiente (por ejemplo, la Cordillera Central de Costa Rica): lluvias orográficas sobre la falda expuesta al viento húmedo y descenso de aire seco en la otra falda, donde puede ser muy útil el establecimiento de rompevientos.

Establecimiento y Manejo de Cortinas Rompevientos

ESTABLECIMIENTO [Acetato 3.16]

Es la fase más crítica de la plantación. Se requiere lograr un alto porcentaje de supervivencia al trasplante, un crecimiento inicial rápido y un buen desarrollo de forma de la planta. En los primeros meses y años habrá que proteger los árboles de los animales y de las personas; en regiones áridas posiblemente se tendrá que regar durante los meses más secos.

Preparación del terreno

La preparación del suelo debe realizarse como para cualquier cultivo. La tierra debe limpiarse de malezas competitivas, y de ser posible, puede complementarse con un surcado del terreno y riego en la época seca. Así preparado el terreno será más fácil la elaboración de los hoyos.

Plantación

En términos generales, el espaciamiento dependerá de los hábitos de crecimiento de las especies utilizadas, la calidad del sitio, el tiempo de mantenimiento y de otros beneficios que se desee obtener (leña, frutas, madera, postes, otros). Con base en estos criterios puede anticiparse el manejo adecuado. El [Acetato 3.17] presenta un ejemplo de la densidad de plantación utilizada para una cortina multiestratos, en Guanacaste, Costa Rica.

Algunas consideraciones para la siembra de los árboles son:

- *Asegurarse que las especies sean aptas para el sitio.*
- *La línea debe ser perpendicular al viento predominante. Hay más abrigo si el viento entra perpendicular a la línea de árboles.*
- *La densidad del follaje debe ser la misma*

desde abajo hasta arriba. Por ejemplo, una hilera de árboles sin cobertura por abajo no tiene efecto como rompevientos.

- *La distancia entre líneas de cortinas rompevientos debe ser de 15 a 20 veces la altura de la línea. A esta distancia entre líneas hay un efecto protector; si se plantan a menor o mayor espaciamiento se desperdicia terreno y se pierde el efecto de protección.*

MANTENIMIENTO DE CORTINAS ROMPEVIENTOS [Acetato 3.18]

El costo y la intensidad de mano de obra requerida para el mantenimiento de las cortinas pueden competir con otras actividades de la finca, pero es necesario considerar que la inversión realizada debe ser protegida para que rinda el fruto esperado. A continuación se presentan las acciones de mantenimiento requeridas.

Fertilización

El tratamiento del árbol o arbusto es similar a cualquier cultivo y podría requerir fertilización para tener un período de crecimiento rápido en la etapa inicial. La fertilización debe hacerse con base en las características del sitio.

Resiembra

En el período de establecimiento algunos árboles se mueren por lo que se requiere una reposición inmediata. De no ser así, los espacios vacíos linealmente implicarán zonas de turbulencia y baja efectividad de la cortina. Las resiembras deben hacerse uno o dos meses después de la siembra (especialmente en zonas con estación seca marcada), ya que es difícil que se desarrollen en años posteriores debido a la fuerte competencia de los

árboles vecinos. Por lo tanto, debe tratar de lograrse un 100% de posiciones sembradas durante el primer año.

Poda y manejo

Esta actividad está asociada con el aprovechamiento y es tan benéfica para la planta misma como para derivar productos (forraje, leña, postes). Se procura la forma y densidad del follaje (porosidad). Sirve también para eliminar las partes secas, mejorar la calidad de madera (para aserrío), estimular el rebrote, controlar deformaciones y efectos de sombra indebidos. La época en que deben realizarse las podas, debe considerar las condiciones climáticas del sitio (época seca) y los períodos de desarrollo de los árboles.

Manejo de plagas

La sanidad de la cortina es muy importante para evitar la propagación de enfermedades y plagas, y para mantener una buena confor-

mación de la cortina. La cortina puede ser un hospedante de insectos y animales, por lo que es conveniente incluirlas en el manejo de plagas de la finca.

Aprovechamiento

Esta actividad es muy importante para el agricultor, por lo tanto debe tenerse claridad del cuando y como aprovechar los productos de la cortina sin causar alteraciones en su efectividad. En cuanto a frutos, dependen de la época de maduración, para el follaje (ramoneo) dependerá de la época de menor viento o heladas, de la necesidad de mejorar la permeabilidad y de la escasez de otro tipo de alimento pecuario. La leña se produce durante la época de podas. Para la goma, postes y madera se requerirá un mayor tiempo de espera. Además deben considerarse las épocas de mayor demanda de los productos, ya sea para la venta o el consumo. Finalmente, los aspectos de aprovechamiento deben ser contemplados como parte del manejo, para así asegurar la buena calidad de los productos.

Estudio de caso

Cortinas rompevientos en Monteverde, Costa Rica

Ing. Olman Varela, Consultor Agroforestal

Dr. Celia Harvey, ACSAF, CATIE

INTRODUCCIÓN

La vertiente pacífica de Monteverde ha sido deforestada y convertida a la producción agrícola, resultando en la pérdida de biodiversidad, la fragmentación del paisaje, y la degradación de los recursos naturales. Actualmente el paisaje consiste en un mosaico de potreros, campos agrícolas (café, caña y hortalizas), pequeños fragmentos de bosque y áreas residenciales. En las partes altas, la actividad principal es la producción de le-

che, mientras en las zonas baja la ganadería de doble propósito (leche y carne) predomina. Se estima que aproximadamente 60% de la tierra ha sido convertido a potreros, 15 % existe en cafetales, cañales o hortalizas, y el último 25% existe en fragmentos de bosque en áreas de alta pendiente o a lo largo de los ríos (Harvey y Haber, 1999).

La zona de Monteverde enfrenta diversos problemas productivos y ambientales [Acetato 3.19]. Uno de los mayores proble-

mas de producción en la zona de Monteverde son los daños causados al ganado, los pastos y a los cultivos por los fuerte vientos alisios del este que llegan a la zona en la época seca (diciembre a marzo), con velocidades de 20- 40 km/ hora. Estos vientos resultan en altas tasas de erosión, causan estrés físico a los animales (reduciendo su producción de leche o ganancia de peso), y también secan y disminúan la producción de pasto. A la vez, causan daño a la producción de frutos y verduras.

Otro problema en la zona es la alta deforestación del paisaje. A causa de la tala de bosques, muchas nacientes y terrenos de altas pendientes carecen de una protección adecuada y hay una falta de hábitat disponible para animales y plantas. Los bosques nativos originales de Monteverde contienen una alta diversidad de animales y plantas (con > 100 especies de mamíferos, > 400 especies de aves, > 120 especies de reptiles y anfibios; > 500 especies de mariposas y > 3000 especies de plantas), de los cuales muchos son endémicos a la zona. Debido a la deforestación y fragmentación del bosque, se estima que las poblaciones de muchos animales y plantas podrían haberse reducido por falta de hábitats y recursos adecuados.

Para enfrentar estos problemas de producción y de conservación simultáneamente, la Asociación Conservacionista de Monteverde inició en 1988 un proyecto de reforestación en la zona, que se enfocaba en establecer cortinas rompevientos en las fincas ganaderas. Las cortinas rompevientos tenían dos objetivos principales: 1) de proteger los potreros, animales y cultivos de la acción destructiva del viento, y proteger los nacientes, río y terrenos con altas pendientes, aumentando así el rendimiento productivo por unidad de área y favoreciendo un desarrollo agrícola más intensivo y sostenible (interés de los productores); y 2) de establecer fajas de arboles que podrían servir como hábitat y

recursos para animales silvestres y facilitar su movimiento a través del paisaje agrícola y rehabilitar áreas degradadas (interés conservacionista). Asimismo, se esperaba que las cortinas rompevientos podrían servir como fuentes futuros de leña, postes, y madera, y así reducir la presión de las poblaciones locales sobre los parches de bosques remanentes y el área protegida de la zona. También se esperaba fomentar la agroforestería como una alternativa económica y social, y fomentar una cultura de reforestación en la zona.

El proyecto empezó en 1989 con 40 productores de la zona y a lo largo de 6 años logro involucrar a 260 productores (90% de los productores de la zona), y establecer más que 1000 cortinas rompevientos individuales, que extienden un total 186 km. El proyecto logró cumplir sus objetivos de mejorar la producción de las fincas y a la vez ayudar a la conservación de biodiversidad en el paisaje, y es un buen ejemplo de como los sistemas agroforestales puede servir tantos fines productivos como conservacionistas.

OBJETIVOS DEL PROYECTO **[Acetato 3.20]**

Objetivo general: Fomentar las actividades agroforestales con especies nativas y exóticas en las fincas para mejorar la relación entre los agricultores y los recursos naturales, contribuyendo a la recuperación, manejo, y rehabilitación del ambiente y al mejoramiento de la calidad de vida de sus familias

Objetivos específicos

- Mejorar la producción agropecuaria con la protección del ganado, potreros y cultivos agrícolas contra los fuertes vientos alisios de la época seca y el establecimiento de fuentes de madera, postes y leña
- Reforestar el paisaje agrícola con especies nativas para proveer hábitats y recursos pa-

- ra animales y plantas, y así ayudar a conservar biodiversidad dentro del paisaje
- Formentar una cultura de reforestación y agroforestería entre los productores

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE TRABAJO [Acetato 3.21]

Comunidades: El proyecto trabajó en un total de 13 comunidades en la vertiente pacífica de Monteverde, desde las comunidades en la parte alta (Monteverde, Santa Elena, La Cruz, Cañitas, y los Llanos ubicados de 1300 m arriba) hasta las comunidades en la parte baja (de 900 m abajo; La Lindora, Guacimal, Fernández de Guacimal, San Antonio, y San Luis). El rango de elevaciones va de 300 msnm (Fernández de Guacimal) hasta 1450 msnm en Monteverde.

Clima: Dentro de la zona de trabajo, hay una fuerte gradiente de temperaturas y precipitación desde la zona alta hasta la zona baja. La zona alta de Monteverde (de 1300- 1450 m) tiene una precipitación anual de 2500 mm por año, una temperatura promedio de 18.8 °C, y una época seca de 5 meses (diciembre-abril). Las lluvias se reducen fuertemente de diciembre a abril; marzo es el más seco y octubre el más lluvioso. En contraste, en las zonas bajas, las temperaturas son mayores y la época seca es más prolongada y severa.

Vientos: Los vientos alisios del este son muy fuertes con velocidades promedio, en época seca (especialmente de enero- marzo), de 20 a 40 km/h. Los vientos provocan estrés físico a las vacas y aumenta la sequía de los pastos, disminuyendo la producción de leche de 15-20 % (Griffith *et al.*, 2000). También dañan las hortalizas y cultivos, y resultan en altas tasas de erosión.

Suelos y pendientes: Los suelos son franco-arenosos con una alta porosidad. En zonas de relieve montañoso se encuentran clasifi-

cados como andepts y humods. Algunas fincas poseen suelos ricos en materia orgánica (25-35%). La mayoría de las fincas tienen potreros con fuertes pendientes. Solamente 21% del terreno es plano; los demás tienen pendientes de 16-26% (CATIE, 1983).

Actividades en las fincas: La principal actividad en las fincas altas es la producción de leche. En segundo lugar, se encuentran las plantaciones de café y en menor proporción, la siembra de algunas hortalizas (repollo, lechuga, tomate, papa, vainica, maíz, chayote, rábano, y zanahoria). Una finca lechera típica de la zona alta consiste de un promedio de 18 ha, de los cuales 14 ha están en potreros (CATIE, 1993). Las vacas lecheras son (en orden de importancia) de tipo Holstein, Jersey, Brown Swiss y Guernsey, y son alimentados por pasto Estrella (*Cynoden nlemfuensis*) en una forma rotativa. Un hato típico de la región consiste en 16 vacas, y la densidad de animales generalmente es de 1.8 vacas/ha (Griffith *et al.*, 2000)

En las comunidades de la bajura (< 900 m elevación), la principal actividad es ganado de engorde, de raza Cebú. Estas fincas ganaderas son típicamente mucho más grandes que las fincas lecheras, con un rango de 20 a 150 ha (promedio de 40 ha), y tienen un manejo menos intensivo.

Tenencia de la finca: El 50% de las fincas están debidamente inscritas a nombre de sus propietarios; el 40% no están inscritas y el resto están arrendadas. El estado legal de la tenencia de las fincas influyó en la posibilidad de establecer proyectos, debido a que solamente fincas inscritas podrían recibir los incentivos del gobierno para la reforestación.

DESARROLLO Y MANEJO DEL PROYECTO [Acetato 3.22]

El trabajo se dividió en dos etapas principa-

les En el primer etapa, se realizó investigación sobre especies nativas y se establecieron los viveros; se promovió las cortinas rompevientos; y se buscó fondos para financiar la reforestación. En la segunda fase, se empezó las actividades del campo.

Investigación: El principal objetivo de la investigación fue generar información sobre especies nativas (principalmente de altura) para identificar especies que se podrían incorporar en las cortinas rompevientos. Aunque había experiencias previas con la siembra de cortinas rompevientos de *Cupressus lusitanica* (ciprés) en Costa Rica (Montagnini, 1986), no existía información sobre especies nativas que podrían diversificar las cortinas rompevientos.

La investigación consistió en una recopilación de la información científica ya publicada, la identificación de los usos de diferentes especies (por medio de entrevistas con productores), estudios de germinación y crecimiento, y estudios de fenología (particularmente, la identificación de la época de producción de semillas). En total, se investigaron más de 60 especies nativas, identificando unas 10 promisorias para el uso en rompevientos, en base de su rápido crecimiento, habilidad de soportar vientos fuertes, y su utilidad para madera, leña o postes.

A la vez, se establecieron 2 viveros para la reproducción de material vegetativo para el campo.

Transferencia: La idea de las cortinas rompevientos se promocionó principalmente a través de las cortinas ya establecidas en las fincas y a través de días de campo. Aunque existían unas pocas cortinas rompevientos en la zona (principalmente de ciprés), la mayoría de los productores tenían poca experiencia con la reforestación y tenían sus dudas sobre la rentabilidad de establecer las cortinas y fue necesario convencerles de

participar en el proyecto. Para promover la reforestación, se formó un comité de productores y se elaboraron materiales divulgativos. Una de las principales fortalezas de este proyecto fue que desde el inicio se procuró establecer un buen contacto y comunicación con los productores, canalizar sus inquietudes, y incorporar sus sugerencias en el diseño y ubicación de las cortinas rompevientos, y en la selección de las especies.

El éxito de estas actividades de transferencia se pudo monitorear con el incremento anual de productores interesados en los proyectos: de 40 productores iniciales en 1988, se llegó a consolidar un grupo de 260 beneficiarios en trece comunidades diferentes (representando > 90% de todos los productores de las comunidades involucrados).

Financiamiento

El proyecto fue financiando primero con fondos de la Comunidad Europea, y posteriormente con fondos del programa Fondo de Desarrollo Forestal del gobierno de Costa Rica, que dió incentivos para la reforestación. (incluir mas detalles? Mejor pregunta Olman). Antes del proyecto de reforestación del ACM, el gobierno no financiaba proyectos pequeños de reforestación ni apoyaba el uso de especies nativas. Uno de los mayores logros del proyecto de reforestación fue de convencer al gobierno de incluir sistemas agroforestales de pequeña escala (como las cortinas) en su programa de incentivos.

Segunda fase: fase de campo

En la segunda fase, se empezó a sembrar las cortinas en las fincas. En cada finca, se realizó un diagnóstico con el productor para determinar la disponibilidad de áreas para las cortinas rompevientos y para discutir las posibles especies que se utilizarían. Luego se procedió a levantar la medición de las áreas para el establecimiento de las cortinas rompevientos.

Las cortinas fueron sembrados en la época lluviosa, y hubo un programa de extensión para facilitar la resiembra, dar asistencia técnica y dar seguimiento a las plantaciones. Los extensionistas también aseguraban que los productores mantenían sus cortinas cercadas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS CORTINAS ROMPEVIENTOS [Acetato 3.23]

Ubicación de las cortinas rompevientos: En la mayoría de las fincas, se establecieron las cortinas rompevientos en las zonas expuestas al viento, orientados de noroeste a sudeste para maximizar la protección contra los vientos alisios. En fincas con mucha influencia de los vientos alisios, se establecieron cortinas en los 4 lados de cada potrero para brindar mayor protección. El número de cortinas rompevientos, su ubicación y la distancia entre cortinas también dependía del área disponible en la finca y su ubicación con respecto a los vientos. En muchos casos, las cortinas rompevientos conectaban a parches de bosque, formando así corredores naturales y aumentando la conectividad del paisaje.

Distanciamiento de siembra: En la mayoría de las cortinas, se establecieron los árboles a un distanciamiento de 1.5 X 1.5 m (entre árbol y entre filas). En algunos casos donde se sembraron especies maderables, se sembraron los árboles a 2 X 2 m.

Especies utilizadas: De las especies identificadas para uso en cortinas rompevientos, 3 eran exóticas (*Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lusitanica*, y *Croton niveus*), y 8 eran nativas. Las especies nativas incluyeron: *Montanoa guatemalensis* (tubú), *Zanthoxylum limoncillo* (limoncillo), *Viburnum costaricanum* (paraviento), *Eugenia fragrans* (albajaquillo), *Symplocos limoncillo* (campana), *Cedrela tonduzii* (cedro dulce), *Eugenia acapulcensis* (murta),

Nectandra sp. (quizarrá blanco), *Bombacopsis quinatum* (pochote), *Bursera simaruba* (indio desnudo), y *Billia colombiana* (cucaracho).

En la mayoría de las fincas, los productores sembraron principalmente las especies exóticas (casuarina, ciprés y croton), porque sabían que estas especies funcionaban bien como cortinas rompevientos y que tenían un crecimiento rápido. La única especie nativa con alta aceptación y uso fue tubu, una especie que es útil para la producción de postes. La incorporación de las otras especies nativas era limitada debido al poco interés de los productores en sembrarlas, había dificultades en producir suficientes plantas para la reforestación, y por su lento crecimiento en el campo.

Estructura y composición de las cortinas: Se sembraron de uno a ocho filas de árboles en cada cortina rompeviento (con un promedio de 3 filas) dependiendo del área disponible en la finca. Las especies de las primeras hileras (lado barlovento) fueron de rápido crecimiento (por ej. casuarina y tubú); las hileras centrales fueron de especies de crecimiento más lento (limoncillo, murta), y en la última hilera fueron principalmente especies maderables (aguacatillos, cucaracho, cedro) de crecimiento lento. En algunas fincas se instalaron hileras únicamente con especies de crecimiento rápido, de acuerdo a las necesidades e interés del productor.

La estrategia de mezclar especies de rápido crecimiento con especies maderables de lento crecimiento era: 1) de asegurar que la cortina se desarrollaba rápidamente para dar protección inmediata a los potreros y los animales; y 2) de agregar valor a la cortina por medio de las especies maderables. La incorporación de especies nativas que producen frutos para aves (como aguacatillos, limoncillo) también aumenta el valor de las cortinas rompevientos como hábitat y recursos para la vida silvestre.

Área de las cortinas rompevientos: En cada finca, se establecieron cortinas rompevientos de diferentes tamaños y anchos, dependiendo de la topografía del sitio, el nivel de protección requerido de los vientos, y el interés del productor en sembrar cortinas rompevientos. En un estudio de > 50 cortinas rompevientos en la zona de Monteverde, la longitud de las cortinas rompeviento variaba entre 40 a 118 m, con un promedio de 70 m (Harvey, 1999). El ancho promedio de las cortinas era de 5 m (Harvey 1999).

Manejo, establecimiento y mantenimiento.

Las cortinas rompevientos fueron establecidos en los meses de Mayo a Julio, al principio de la época lluviosa. Durante el establecimiento de las cortinas rompevientos, se realizaron labores de limpieza, chapea, fertilización y rodajea. Para proteger las cortinas contra el ganado, se cercó en su totalidad la cortina rompeviento con alambre de púas (tres hilos en las parcelas con ganado lechero y cuatro hilos en parcelas con ganado de engorde). En algunos casos se utilizó alambre eléctrico, lo cual redujo los costos en un 30%. La presencia de la cerca era muy importante para evitar daño del ganado y para evitar la formación de brechas en las cortinas.

Durante los dos años posteriores a la siembra, se realizaron resiembras y tres chapeas/año para reducir la competencia y asegurar el establecimiento y crecimiento de los árboles sembrados. Además se hizo mantenimiento de las cercas de protección.

LOGROS DEL PROYECTO

1. Impacto general [Acetato 3.24]

En seis años, se financiaron 320 proyectos de reforestación con participación de 260 beneficiarios. El proyecto logró establecer más de 1000 cortinas rompevientos, que re-

presentan un total de 186 km de cortinas rompevientos y 537 ha reforestados.

La alta participación de los productores y el gran número de cortinas rompevientos establecidos se debió en parte a la buena comunicación entre los productores y la organización, la flexibilidad de la forma de siembra y los especies utilizados, y en parte a los beneficios tangibles que brindaron las cortinas.

Estas cortinas brindaron importantes beneficios productivos, además de servir para fines conservacionistas.

2. Crecimiento y establecimiento de las cortinas rompevientos

En general, las especies establecidos en las cortinas han tenido un buen crecimiento y alta sobrevivencia (> 90 % en la mayoría de las especies), aunque existen pocos datos exactos sobre su comportamiento. A los 5-6 años de edad, los árboles de rápido crecimiento (ciprés, casuarina, colpachi) tenían alturas de 8-15 m. Tubu, la única especie nativa utilizada en muchas cortinas, también tuvo un crecimiento rápido, creciendo 108 cm/año (Harvey, 1999). En cambio, el crecimiento de las especies nativas maderables, ha sido muy lento. Por ejemplo, las iras, nectandras y aguacatillos en promedio han crecido un promedio de solamente 0.8 cm/mes (Harvey 1999)

3. Impacto sobre la producción agropecuaria

El establecimiento de las cortinas rompevientos ha ayudado a mejorar las condiciones de los productores, protegiendo el ganado y potreros del viento (teniendo un efecto positivo en la producción de leche), por proveer postes, leña y madera, y por reducir la erosión de suelos.

Aunque existe poca información sistemática sobre el efecto de las cortinas en la pro-

ducción de leche, productores confirman que el establecimiento de las cortinas ha ayudado a mantener los niveles de producción de leche durante la época de verano, ha disminuido la erosión de los potreros y ha reducido el estrés físico en las vacas causados por los vientos alisios. Debido a estos cambios, los productores han podido mejorar su producción de leche durante la época de verano y algunos han podido aumentar el número de vacas en su finca.

El único estudio sobre el efecto de las cortinas sobre la producción de leche fue un estudio realizado por la finca demostrativa de Productores Monteverde. En este estudio, se mostró que el establecimiento de las cortinas ayudó a aumentar la producción de leche en la finca [Acetato 3.25]; sin embargo es importante destacar que el establecimiento de las cortinas también resulta en un cambio en el manejo de las vacas (hace obligatorio el uso del sistema rotativo) y este cambio por sí mismo puede también cambiar la producción de leche.

Las cortinas rompevientos también han logrado servir como importantes fuentes de postes, madera y leña, y por lo tanto, han disminuido un poco la presión en los bosques remanentes de la zona. A los 6-7 años de edad, las podas de especies de rápido crecimiento (especialmente el tubú) en las cortinas han sido aprovechadas para leña o para postes, aunque no existen datos fijos sobre la producción. El tubú se presta bien para la producción de postes para cerca, ya que esta especie produce múltiples troncos y se pueden sacar varios tallos sin reducir la efectividad de la cortina. Algunos productores también han aprovechado sus árboles de ciprés (para madera) después de 8 años de edad, aunque no existen datos precisos sobre este uso. De las especies nativas maderables sembrados, aún no se han aprovechado porque todavía no tienen el tamaño adecuado.

Impacto sobre la rehabilitación de áreas degradadas y la conservación de biodiversidad

Además de brindar beneficios productivos, las cortinas también ayudan a conservar la biodiversidad en el paisaje agrícola. A pesar de que las cortinas son principalmente de especies exóticas y son hábitats muy angostos, proporcionan hábitats para animales y plantas nativas. Por su forma lineal y su cercanía a los bosques, también pueden funcionar como corredores biológicos que facilitan el movimiento de algunos animales (no todos) en el paisaje agrícola.

Estudios detallados sobre la regeneración de plantas nativas en las cortinas rompevientos muestran que las cortinas son importantes centros de regeneración. Las microcondiciones bajo la sombra de las cortinas rompevientos son más húmedas y con menos radiación solar que las condiciones en los potreros, lo que favorece el crecimiento de especies de plantas nativas. Las cortinas también atraen muchas aves frugívoras que depositan semillas de plantas del bosque. En estudios de la regeneración natural dentro de las cortinas rompevientos se encontraron 214 especies de plantas nativas regenerándose en las cortinas, incluyendo 90 especies de árboles nativos, muchos de las cuales son especies maderables valiosas (Harvey 1999). Si los productores permiten que estos árboles crezcan dentro de la cortina rompevientos, en el futuro tendrán una fuente importante de madera y leña. También, estos árboles nativos proporcionarán hábitats y alimento para otros animales.

Las cortinas rompevientos también proveen hábitat y recursos para muchos animales, como aves, ardillas, monos, perezosos y otros. Un estudio sobre la diversidad de aves en las cortinas de ciprés y tubu encontró un total 52 especies de aves, incluyendo especies amenazadas y especies migratorias

(Nielsen y DeRosier, 2000). Muchos de estas aves son insectívoros que se alimentan de los insectos dentro de las cortinas rompevientos; pero también se encontraron aves frugívoras y aves neotrópicas. Hay evidencia que algunas especies de aves utilizan las cortinas como corredores para cruzar el paisaje o como áreas para buscar insectos o néctar. Por lo tanto, cortinas rompevientos que están conectados a fragmentos de bosque tienen más valor para la conservación que cortinas que están aisladas en el paisaje.

LIMITANTES DEL PROYECTO [Acetato 3.26]

Como cualquier proyecto, el proyecto de reforestación con cortinas rompevientos también tuvo algunos limitantes que disminuyeron su efectividad.

1. Poca adopción de especies nativas

A pesar de la información generada sobre especies nativas, la mayoría de los productores plantaron especies exóticas (colpachi, ciprés y casuarina). La única especie nativa con alta aceptación y uso fue tubu, una especie que es muy útil para sacar postes para cercas. La mayoría de las cortinas establecidos consisten de una o dos filas de casuarina o ciprés, y una fila de colpachi o tubu.

Actualmente existe mucha información sobre las especies nativas, pero no existe experiencia práctica de su manejo en cortinas rompevientos.

2. Falta de seguimiento

El proyecto fue terminado en 1995 abruptamente por la falta de fondos del gobierno. Muchos productores quedaron con interés en aumentar el número de cortinas en sus fincas, agregar más filas o utilizar especies nativas, pero no hubo fondos para continuar

actividades de reforestación. Como consecuencia, el fomento y desarrollo de la actividad de reforestación se estancó.

3. Falta de personas capacitadas en viveros comunales

El proyecto estableció 2 viveros para proveer las plantas para las cortinas rompevientos. Cuando se terminó el proyecto, los viveros cerraron y no había fuentes de material vegetativa. Como consecuencia, aunque los productores tenían interés de seguir sembrando no tenían como conseguir material nuevo.

4. Pérdida de cercas

En los últimos años, muchos productores han descuidado las cercas de las cortinas rompevientos y la entrada de ganado ha resultado en la degradación de las cortinas (creación de brechas, daño a los árboles y a la regeneración natural).

RECOMENDACIONES

En base de las experiencias del proyecto, se puede hacer las siguientes recomendaciones:

Planificación y ejecución del proyecto [Acetato 3.27]

- Planificar el proyecto con participación de productores y seleccionar especies en base de sus preferencias y recomendaciones
- Diseñar y ejecutar fondos rotativos para el autofinanciamiento de los proyectos, para que cuando el proyecto termine siempre haya un fuente de dinero para futuras acciones
- Sistematizar las experiencias alrededor de todas las actividades del proyecto.
- Promover estructuras organizativas a nivel de los productores para formar una cultura de reforestación
- Contar con un programa de investigación de especies nativas

Recomendaciones técnicas [Acetato 3.28]

- Utilizar especies de crecimiento rápido para motivación de los productores y logro a corto plazo de los objetivos planteados.
- Combinar especies de crecimiento rápido y especies maderables, para obtener rápidamente la protección contra el viento y para tener un fuente de ingreso a largo plazo
- Incorporar especies que proveen frutos a animales y aumentan el valor de las cortinas para la vida silvestre
- Mantener el cercado en las cortinas rompevientos para evitar daños del ganado y contribuir a la regeneración de especies nativas
- Cuando sea posible, conectar las cortinas rompevientos a parches de bosque para que puedan servir como corredores biológicos



DEFINICIÓN

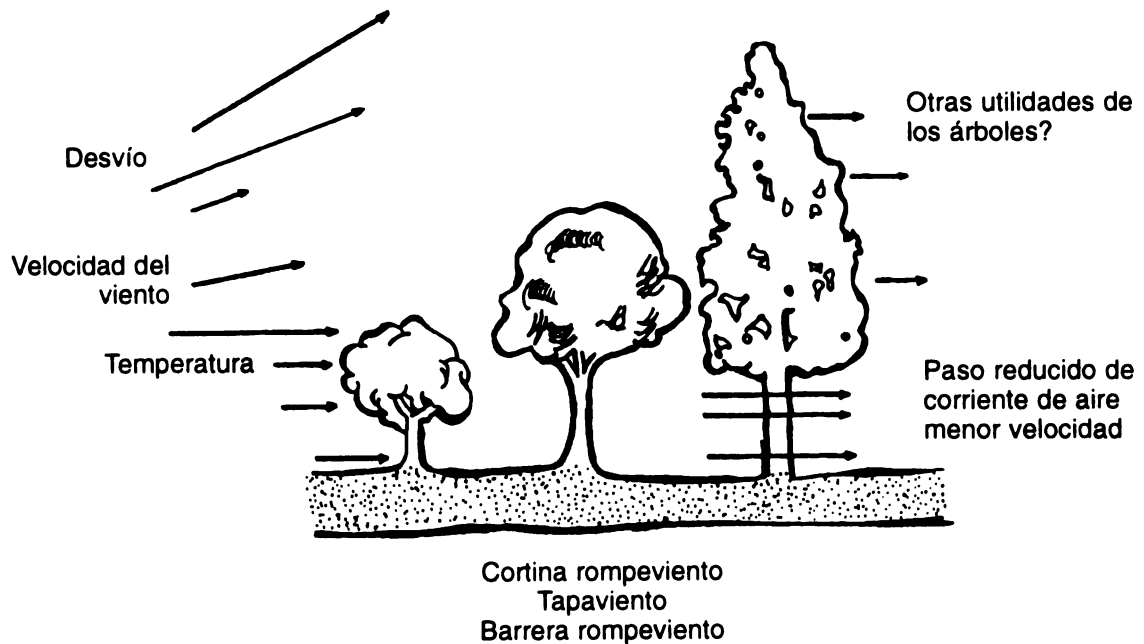
Hileras de árboles y/o arbustos de diferentes alturas, y dispuestas en sentido opuesto a la dirección principal del viento.

OBJETIVOS

- Reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios.
- Controlar la erosión eólica, para prevenir la pérdida de fertilidad del suelo.
- Reducir la acción mecánica del viento sobre los cultivos y animales.
- Desviar las corrientes de aire.
- Regular condiciones de microclima.
- Controlar el transporte de sólidos por efecto del viento (contaminación).



CONCEPTO





IMPORTANCIA ECOLÓGICA

- Regulación del microclima de la parcela que favorece a los cultivos o animales.
- Conservación de los recursos naturales mediante el control de la erosión del suelo y exceso de evapotranspiración.
- Disminución de la contaminación ambiental mediante el control sobre sedimentos transportados en el aire.
- Valor ambiental (no cuantificado): proveer hábitat para especies animales.

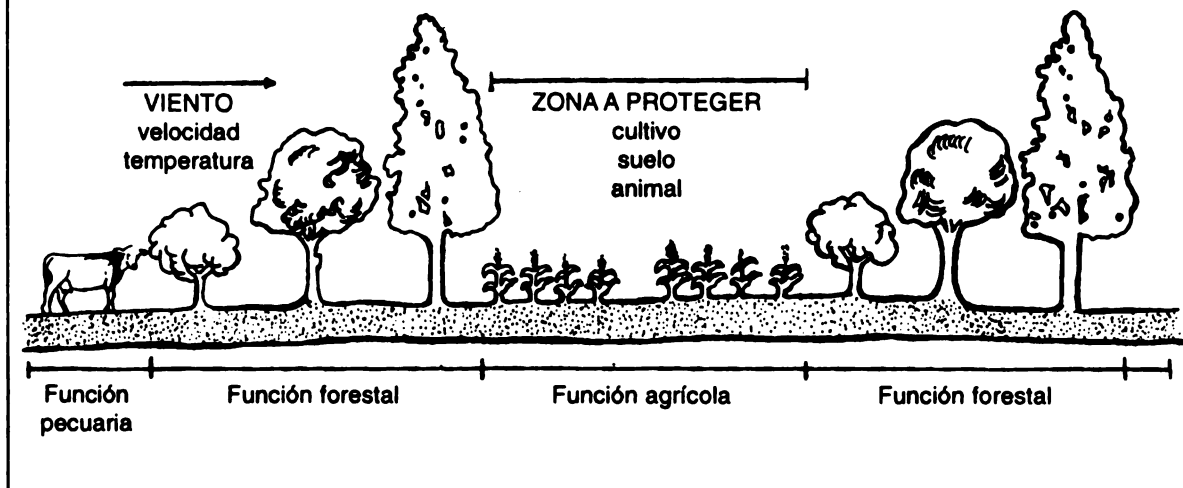


IMPORTANCIA ECONÓMICA

- Mejoramiento o mantenimiento de la productividad al proteger cultivos o animales de daños por viento o clima.
- Generación de productos adicionales para la venta y el consumo (postes, leña, frutos, follaje, goma, madera).
- Protección contra el deterioro de edificaciones e infraestructura (partículas de materia y suelo transportadas por el viento).
- Salud humana: reduce la incidencia de enfermedades bronquiales.



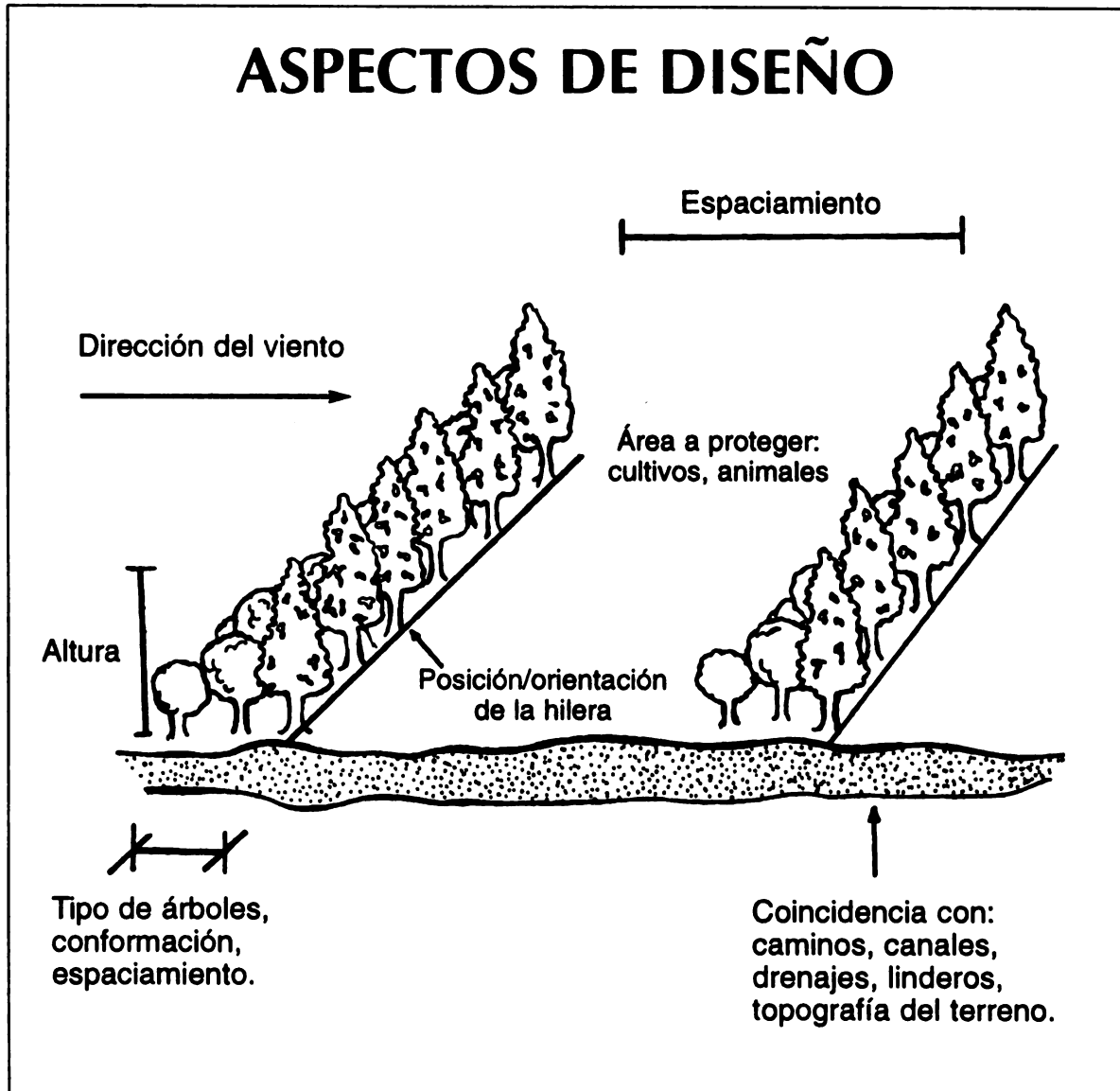
FUNCIÓN AGROFORESTAL





CONCEPTOS DE DISEÑO

- El diseño debe ajustarse a los objetivos.
- Depende del cultivo, animal o elemento a proteger.
- Características climáticas, edáficas y topográficas.
- Definir las especies arbóreas o arbustivas.
- Calcular dimensiones y espaciamentos dentro de cortinas y entre cortinas y cultivos/pastos asociados.
- Definir la disposición entre hileras y la orientación con respecto al viento.
- Definir la densidad y alternancia de especies.
- Considerar aspectos socioeconómicos, trabajando estrechamente con los agricultores.

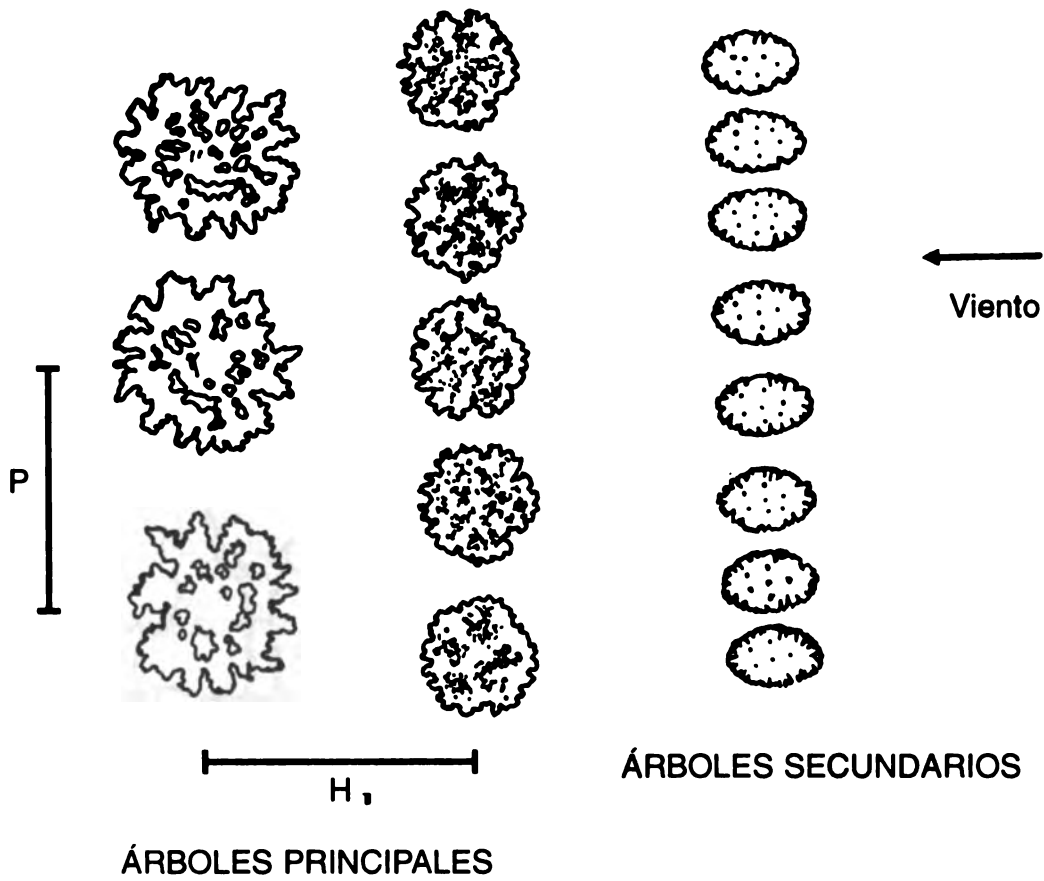




Elementos importantes de diseño

- Altura y distancia efectiva protegida.
- Permeabilidad.
- Ancho.
- Forma de la cortina.
- Orientación con respecto al viento.
- Especies a utilizar (estrato superior, medio y bajo).
- Cálculo de distancia a proteger.

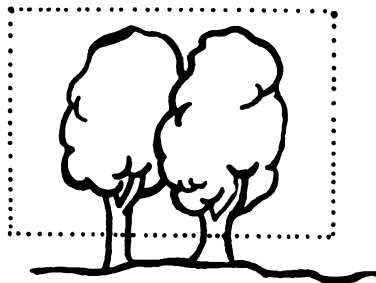
Espaciamiento de componentes



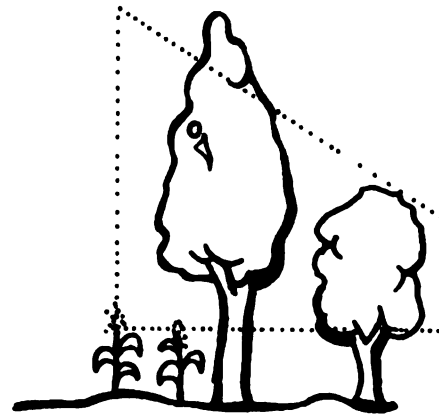
H: Espaciamiento entre hileras
P: Espaciamiento entre árboles



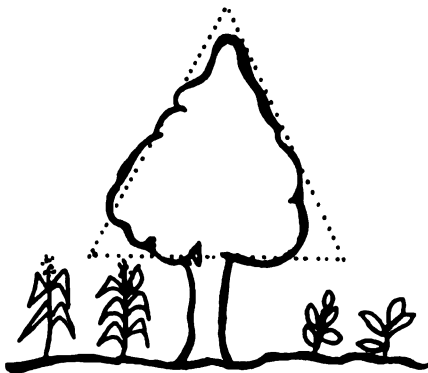
ESTRUCTURA



Cuadrangular



Triangular - rectangular



Triangular - isósceles



DISTANCIA ENTRE CORTINAS

**La distancia óptima entre cortinas
está determinada por:**

- La velocidad máxima del viento en el sitio.
- El grado de resistencia del suelo y el cultivo.
- La altura de las especies de la cortina.
- Uso predominante del área agropecuaria (por ej. las características de las especies utilizadas).



Cálculo de la distancia entre cortinas

Fórmula para calcular distancias:

$$D = 17 H \times (V_{mi} / V_{ac}) \times \text{Cos } \emptyset$$

donde:

D = Distancia entre cortinas.

H = Altura de la cortina.

V_{mi} = Velocidad mínima del viento, a 17m de altura, capaz de provocar movimiento de partículas en el suelo

V_{ac} = Velocidad actual del viento a 17 m de altura.

∅ = Angulo de desviación del viento prevaleciente, medido desde la perpendicular de la cortina (véase 3.14).

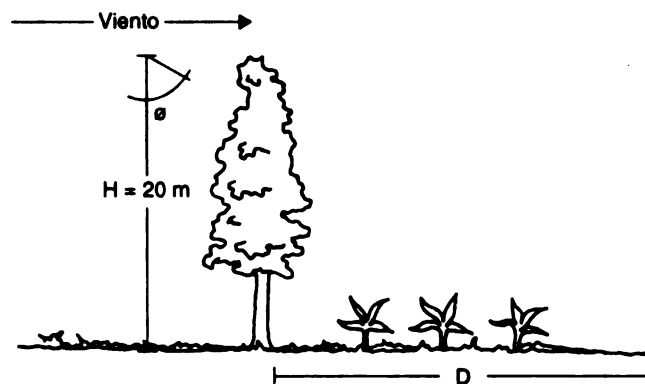
NOTA: **V_{mi}** es generalmente igual a 35 km/hora. La ecuación anterior es válida para velocidades menores de 65 km/hora.



Ejercicio para calcular la distancia entre cortinas

Utilizando la fórmula de Woodruff y Zinggs calcule la distancia entre cortinas en un sitio con las siguientes condiciones:

- $V_{mi} = 35$ km/hora
- $V_{ac} = 55$ km/hora
- $H = 20$ m
- $\theta = 30$



Solución:

$$D = 17 H \times (V_{mi} / V_{ac}) \times \text{Cos}$$

$$D = 17 (20 \text{ m}) \times (35 \text{ km/hora} / 55 \text{ km/hora}) \times \text{Cos} (30)$$

$$= 340 \text{ m} \times 0.636 \times 0.866$$

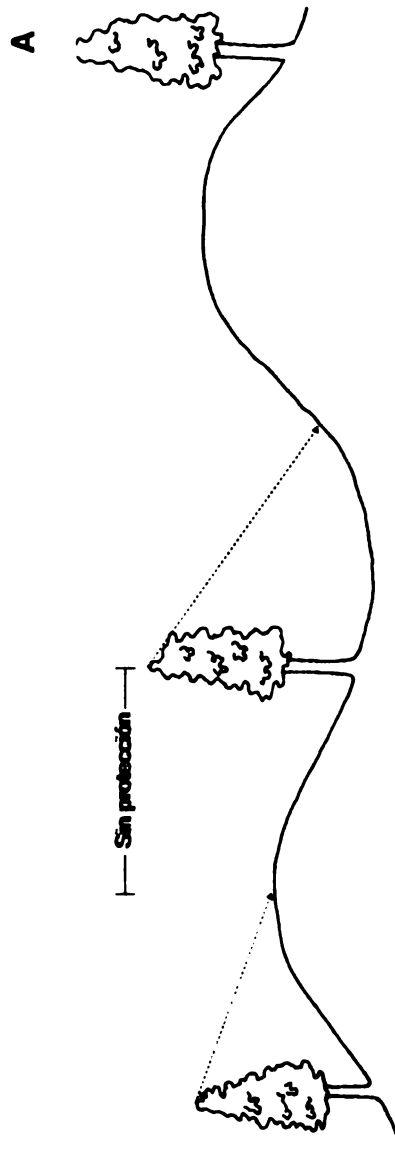
$$D = 187.26 \text{ m}$$



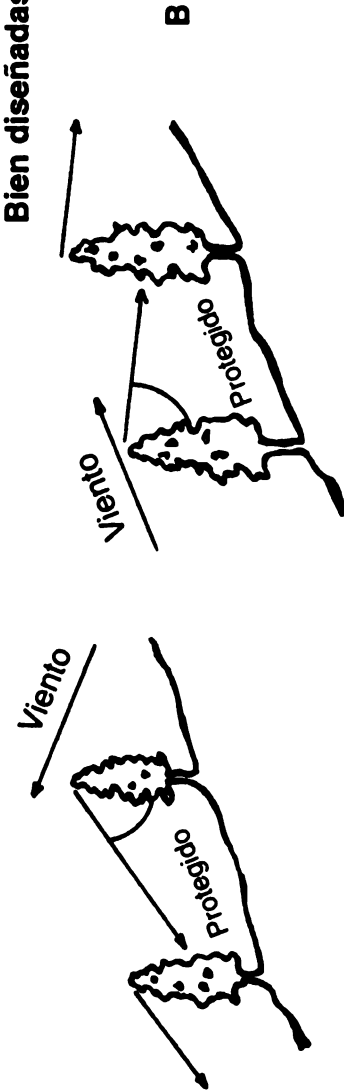
Cortinas rompevientos en zonas de ladera

— Viento dominante —> — Sin protección —

Mal diseñadas



Bien diseñadas



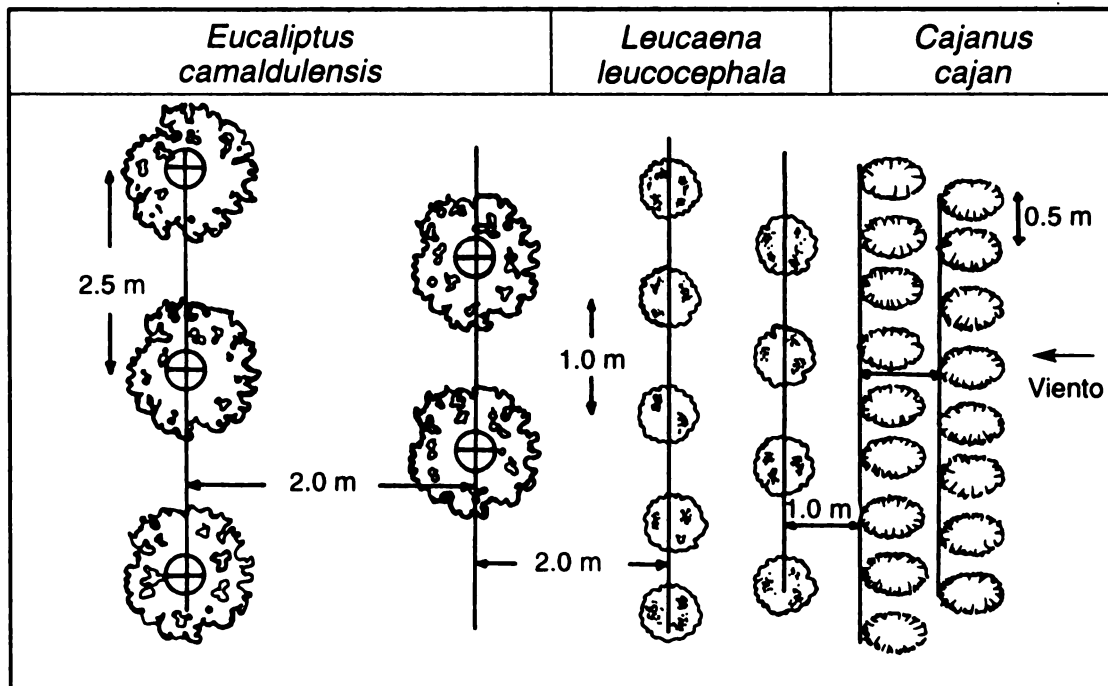


ESTABLECIMIENTO

- Preparación del terreno.
- Plantación de los árboles.
 - Especies aptas para el sitio.
 - Líneas de árboles perpendicular al viento.
 - Igual densidad de follaje en todos los estratos.
 - Distancia entre líneas de cortinas entre 15-20 veces la altura.



ESQUEMA DE PLANTACIÓN



Acciones requeridas para el mantenimiento

- Fertilización.
- Resiembra.
- Poda y manejo.
- Manejo de plagas.
- Aprovechamiento.



Problemas y retos de la zona de Monteverde

1. Baja producción agropecuaria en época seca debido a fuertes vientos alisios

- estrés físico del ganado
- baja productividad de los pastos
- disminución de la producción de leche
- daño físico a cultivos y hortalizas
- altas tasas de erosión

2. Alta deforestación del paisaje

- poca protección de nacientes, ríos y pendientes
- poca hábitat para animales y plantas (biodiversidad)

OBJETIVO GENERAL

Fomentar las actividades agroforestales con especies nativas y exóticas en las fincas para mejorar la relación entre los agricultores y los recursos naturales, contribuyendo a la recuperación, manejo, y rehabilitación del ambiente y al mejoramiento de la calidad de vida de sus familias.

Objetivos específicos

- Mejorar la producción agropecuario con la protección del ganado, potreros y cultivos agrícolas contra los fuertes vientos alisos de la época seca y el establecimiento de fuentes de madera, postes y leña.
- Reforestar el paisaje agrícola con especies nativas para proveer hábitats y recursos para animales y plantas, y así ayudar a conservar biodiversidad dentro del paisaje.
- Fomentar una cultura de reforestación y agroforestería entre los productores.



Características del área de trabajo

- 13 comunidades en la vertiente del Pacífico de Monteverde, Costa Rica (provincias de Guanacaste y Puntarenas).
- Altitud: 300 -1450 msnm.
- Principales actividades productivas:
 - Parte alta (> 900 m): ganadería de leche, café, ecoturismo
 - Parte baja (< 900 m): ganadería de engorde o ganadería de doble propósito
- Condiciones climáticas:
 - Parte alta: temperatura media anual: 18.8 C, precipitación: 2500 m , 5 meses época seca
 - Parte baja: temperaturas mayores y una época seca mas prolongada
- Vientos del este con velocidades de 20-40 km/hora, con constancia del 80% del tiempo.

Desarrollo y manejo del proyecto

Primera etapa

- Investigación sobre especies nativas y establecimiento de viveros.
- Promoción de las cortinas a través de cortinas rompevientos demostrativas y días de campo.
- Formación de comites de reforestación.
- Elaboración de materiales divulgativos.
- Búsqueda de fondos para reforestación.

Segunda etapa

- Diagnóstico de cada finca (medición del área a sembrar, selección de especies).
- Siembra en fincas.
- Seguimiento (visitas de extensionistas).



Características técnicas de las cortinas rompevientos

- 1- 8 hileras de árboles/cortina (promedio= 3)
- ancho promedio de 5 m, longitud varia dependiendo de las condiciones de la finca
- distanciamiento entre arboles y filas: 1.5 X 1.5 m (maderables a 2 X 2 m)
- orientacion perpendicular a los vientos alisos

Especies sembradas en las cortinas rompevientos

(nombres en negrita indican especies mas sembrados)

	Especies	Crecimiento	usos
Hilera 1 (lado barlovento)	Casuarina equisetifolia, Montanoa guatemalensis, Cupressus lusitanica, Croton niveus	rápido	Postes, leña
Hilera 2	<i>Symplocus limoncillo</i> <i>Eugenia fragrans</i> Y otros	moderado	Madera, frutales
Hilera 3 (lado sotavento)	<i>Cedrela tonduzii,</i> <i>Nectandra sp.</i> <i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Billia colombiana</i> Y otros	lento	maderables

IMPACTO DEL PROYECTO

Logros del proyecto:

- más de 1000 cortinas rompevientos establecidos en 6 años, 260 fincas en 13 comunidades.
- creación de una cultura de reforestación y comités forestales.
- generación de información sobre especies nativas.

Impacto agrícola y socioeconómico

- disminución de erosión del suelo.
- protección del ganado, pastos y cultivos contra el viento.
- aumento en la producción de leche.
- generación de un fuente de leña, postes y madera.

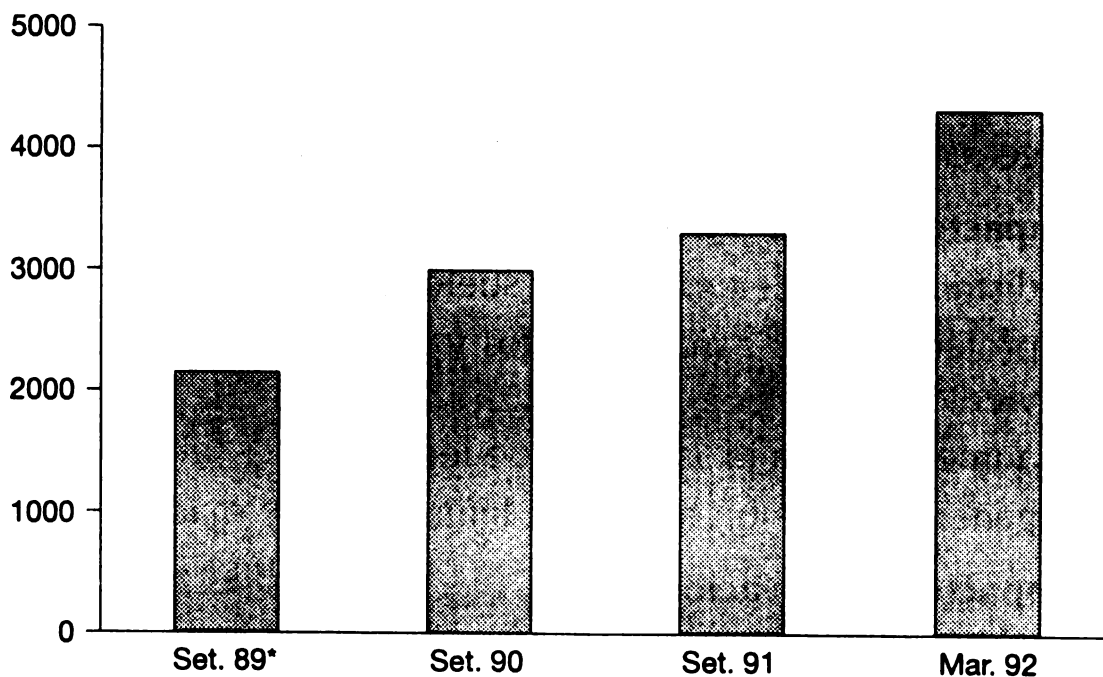
Impacto conservacionista

- provisión de hábitats para la regeneración de árboles nativos (>214 especies nativas han colonizado las cortinas, incluyendo 90 especies de arboles).
- provisión de hábitats para > 50 especies de aves, incluyendo especies migratorias.
- funcionan como corredores biológicos.
- reforestación de un paisaje deforestado.



Producción de leche-efecto rompevientos Finca demostrativa, Monteverde

kg/leche/mes



Area: 5.5 ha.
Animales: 22.6 UA/ha

* Las cortinas fueron establecidas en setiembre de 1989.

LIMITACIONES DEL PROYECTO

- Poca adopción de especies nativas.
- Falta de seguimiento del programa.
- Falta de viveros comunales.
- Perdida de cercas y degradación de muchas cortinas rompevientos por la entrada de ganado.

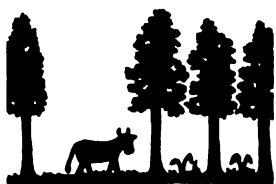


RECOMENDACIONES

- Planificar el proyecto con participación de productores y seleccionar especies en base de sus preferencias y recomendaciones.
- Diseñar y ejecutar fondos rotativos para el autofinanciamiento de los proyectos, para que cuando el proyecto termine siempre haya una fuente de dinero para futuras acciones.
- Sistematizar las experiencias alrededor de todas las actividades del proyecto.
- Promover estructuras organizativas a nivel de los productores para formar una cultura de reforestación.
- Contar con un programa de investigación de especies nativas.

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

- Utilizar especies de crecimiento rápido para motivación de los productores y logros a corto plazo de los objetivos planteados.
- Combinar especies de crecimiento rápido y especies maderables, para obtener rápidamente la protección contra el viento y para tener un fuente de ingreso a largo plazo.
- Incorporar especies que proveen frutos a animales y aumenten el valor de las cortinas para la vida silvestre.
- Mantener el cercado en las cortinas rompevientos para evitar daños del ganado y contribuir a la regeneración de especies nativas.
- Cuando sea posible, conectar las cortinas rompevientos a parches de bosque para que puedan servir como corredores biológicos.



Tema 4

Linderos maderables (J. Beer)

GENERALIDADES

En un sentido estricto, los linderos pueden definirse como los límites espaciales de una propiedad. Ellos definen el dominio espacial del inmueble y por tanto enmarcan las posibilidades de realización de actividades que su propietario puede organizar y desarrollar con cierta independencia, en consideración de su libre albedrío. En el caso de las propiedades dedicadas a la realización de actividades forestales, agrícolas o ganaderas, la delimitación de los linderos reviste especial importancia, según se les considere social o productivamente.

Desde el punto de vista social, los linderos establecen las relaciones entre el propietario del inmueble y sus vecinos, lo cual exige límites claramente definidos para que las relaciones entre diferentes propietarios sean armónicas, de acuerdo con los preceptos de respeto mutuo y delimitación de actividades. Desde el punto de vista productivo, los linderos y su forma de demarcación pueden influir en las actividades realizadas por los diferentes propietarios colindantes y se debe prevenir posibles conflictos de intereses.

En un sentido más amplio, los linderos pueden considerar las divisiones a establecerse dentro de un mismo predio para separar diferentes actividades productivas como puede ser el caso de separaciones de pastizales para la producción ganadera, o para distinguirlas de las actividades agrícolas propiamente dichas. Para efectos de esta presentación entenderemos los linderos en su sentido amplio.

Los linderos se pueden demarcar de diferentes formas para responder plenamente a las actividades que el propietario o finquero realice. De esta manera, los linderos se demarcan simplemente por mojones, carriles desnudos de vegetación, cercos con alambre de púas sostenidos por postes de madera, concreto o arbustos y árboles. Cuando el propósito principal de sembrar árboles y arbustos es de sostener el alambre se les denomina cercas vivas (véase tema 5).

Un caso especial de demarcación de los linderos de una finca es el que emplea la siembra de árboles maderables o frutales en una hilera que coincide con los límites de la propiedad o sus divisiones internas, para lograr utilidades marginales a la actividad productiva principal.

Arboles maderables, son aquellos que producen bienes tangibles como madera y/o postes con un valor real en el mercado. Es a este tipo de demarcación de linderos al que hará referencia esta sección. A continuación se presenta una definición puntual de linderos maderables [Acetato 4.1].

Los linderos maderables son siembras de árboles en línea en los límites de parcelas agropecuarias o fincas, plantados con el objetivo principal de producir madera o postes.

Cabe entonces preguntarse si este tipo de siembra de árboles maderables en hileras sobre los linderos de una finca constituye un verdadero sistema agroforestal. La respuesta

a esta interrogante no puede ser categórica, pues dependerá de la influencia de los árboles sobre las actividades agrícolas o pecuarias de la finca.

Si este tipo de lindero se establece en áreas de pastizales dedicados a la producción ganadera posiblemente no pueda considerarse como un sistema silvopastoril en todo el sentido de la palabra. Su influencia sobre toda la pradera dependerá del tamaño de los apartos y distancia entre los linderos. Podría ser de escasa importancia y para los animales podría significar únicamente la disponibilidad de más sombra para atenuar el calor y aumentar su confort, con lo que indirectamente podría mejorarse la producción hasta un 20%. Tampoco sería una verdadera cortina rompeviento. Pero si por el contrario, el lindero coincide con los límites de plantaciones de cultivos (por ej. cacao o plátano), los árboles del lindero podrían tener una decidida influencia por beneficios como la sombra y por otro lado generar competencia con el cultivo constituyéndose en un verdadero sistema agroforestal.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LINDEROS MADERABLES

La siembra de árboles maderables (o frutales) en linderos, a diferencia de las plantaciones forestales puras, representa una alternativa que debe ser valorada por el productor en términos económicos y/o de las ventajas o desventajas relativas que eventualmente puedan derivarse para el componente de producción principal de la finca. Esta decisión conlleva necesariamente la inversión de recursos, tanto financieros como de mano de obra, manejo, administración e insumos, por lo que se impone un análisis cuidadoso para tomar la decisión de plantar árboles en los linderos.

Para facilitar este análisis se presentan a continuación los principales factores que deben considerarse.

Ventajas [Acetato 4.2]

1. El establecimiento de este tipo de linderos permite una delimitación clara e inequívoca de la propiedad o finca, lo que produce un efecto de reafirmación de su dominio, evitando posibles conflictos legales con sus vecinos, invasiones de precaristas, etc.
2. Es una forma de producir madera o frutos comercializables en áreas no utilizadas o marginales, con relativamente poca competencia con los cultivos.
3. Reduce el crecimiento de vegetación en los linderos e incrementa el beneficio de la inversión que se realiza para mantener las rondas, aprovechándose mejor las chapias que se realizan con ese fin.
4. Incrementa el valor de la propiedad, además de que contribuye a un mejoramiento estético del paisaje.
5. Los raleos y podas pueden producir leña y postes para la construcción de otras cercas necesarias para la finca.
6. Las tasas de crecimiento de los árboles sembrados en este sistema han demostrado ser mejores que las de plantaciones en bloque. Aunque estas últimas pueden producir más madera por unidad de área sembrada, la plantación en linderos reduce el tiempo de cosecha porque cada árbol tiene menos competencia.
7. En casos de disponibilidad restringida de tierra para dedicarla a la producción forestal, este sistema permite a los pequeños productores incorporarse en los proyectos de reforestación.
8. La baja densidad de la población de árboles, y su distribución lineal entre áreas agropecuarias, son factores que pueden contribuir a disminuir la propagación de plagas y enfermedades forestales, comparado con las que podrían darse en las plantaciones en bloques.
9. Debido a que en este sistema no se presenta la competencia lateral es posible atrasar los raleos, lo que ofrece más flexibilidad al propietario en contraste con las

plantaciones en bloque donde la productividad puede ser reducida de manera permanente si no se implementan los raleos en el momento oportuno.

Desventajas [Acetato 4.3]

1. Los costos de protección por árbol, al menos durante los primeros dos años mientras alcanzan un desarrollo significativo, suelen ser más elevados que los de las plantaciones puras. Este aspecto es particularmente crítico en linderos que se establecen en áreas de pastoreo, por el posible daño que causen por los animales, ya sea por pisoteo, por rascarse o por ingestión del follaje tierno. También puede ser crítico en las áreas con frente a caminos públicos por el daño o hurto que pueden ocasionar las personas.
2. La influencia de los árboles establecidos en los linderos se extiende a las dos áreas que se pretende delimitar, por lo que eventualmente se pueden presentar conflictos de intereses entre vecinos (reclamos por la sombra o sobre los productos maderables comerciales). Por lo tanto, antes de iniciar el establecimiento, es recomendable lograr un consenso entre los dueños de las propiedades que pudieran ser afectadas. Una manera práctica de reducir este problema es tomar la decisión de plantar los árboles a la distancia del límite que la ley establece. Así se descarta, al menos, la posibilidad de reclamos por el vecino sobre los productos maderables, aunque siempre podrían existir problemas de competencia. Esta distancia puede variar de 1 a 2.5 m, según el país y su legislación.
3. Si los árboles coinciden con el límite de la propiedad y sirven de soporte del alambre que divide los predios, debe considerarse que esta práctica afectará negativamente la calidad de la madera por efecto del uso de los clavos o grapas para la fijación del alambre. En efecto, debe considerarse que por esta causa pueden perderse entre 1.0 y 1.5 m de la troza basal, que es la más valiosa. Nuevamente, la recomendación anterior de sembrar los árboles a distancia prudencial del límite de la propiedad evita que se clave el alambre en ellos.
4. Si se plantan especies frutales en el lindero y se utilizan a su vez como soporte del alambre de la cerca, hay una tendencia natural a utilizar el alambre para escalar el árbol y cosechar las frutas. En cuyo caso el costo de reparaciones de cercas se incrementará por el daño que esto ocasiona.
5. En el caso de la siembra de este tipo de linderos en campos de cultivos inevitablemente se establecerán relaciones de competencia entre el árbol y el cultivo. La intensidad de la competencia dependerá básicamente del tipo de cultivo y su manejo, el tipo de suelo, la especie forestal y su estado de desarrollo y manejo. Por ejemplo, pueden usarse podas y raleos del lindero para disminuir competencia, y orientar a los árboles de este a oeste, siguiendo la dirección del sol, para disminuir la sombra para los cultivos (Galloway 1986). Aunque existe poca información al respecto, puede decirse que el área de influencia de los árboles sobre el cultivo se extenderá en el espacio aéreo, principalmente en el área de proyección de la sombra (competencia por luz) y bajo la tierra a la extensión de sus raíces (competencia por agua, nutrientes y posibles relaciones alelopáticas). En el caso de cultivos perennes como cacao, plátano o café, el cultivo puede actuar negativamente sobre el crecimiento y desarrollo del árbol juvenil, mientras este se mantenga bajo el dosel del cultivo.
6. El valor comercial de los productos maderables de los linderos puede verse disminuido por la forma más cónica y ramificada que pueden desarrollar los árboles al existir una menor competencia late-

ral que la que se presenta en plantaciones en bloque. Existe, en otras palabras, una mayor libertad de crecimiento que puede ser detrimental para el valor comercial del fuste de una especie maderable. Eso tiene que ser considerado en la selección de la especie que se plantará, proceso en el que obviamente intervienen además las condiciones del suelo, climáticas y geográficas del sitio (altura, latitud).

7. Los costos iniciales de mantenimiento de los árboles en linderos son más altos que en plantaciones debido a que en los linderos el crecimiento de las malezas es mayor que en las plantaciones puras en donde los doseles cierran rápidamente. En consecuencia, las rondas de los árboles sembrados en los linderos deben ser

limpiadas durante más tiempo, al menos hasta que los árboles alcancen un estado de desarrollo que minimice su desventaja competitiva con las malezas.

8. Los árboles sembrados en linderos de áreas de pastoreo pueden ser afectados por el pisoteo de los animales ya que en ellos existe la tendencia a caminar cerca de los árboles (Por ej. como protección contra el calor aprovechando la sombra), con una concentración del pisoteo que aumenta la compactación del suelo en el área de desarrollo de las raíces del árbol. También los animales tienen la tendencia a buscar los árboles para rascarse lo que puede producir daños físicos al árbol. En el caso de que las hojas del árbol sean comestibles, el daño será mayor.

Selección de especies arbóreas y sitios

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MADERABLES

La decisión de plantar árboles en los linderos de la finca necesariamente involucra la interrogante de cuáles especies plantar si lo que se pretende es realizar una inversión que produzca ingresos en el mediano plazo. Por esta razón consideramos importante incluir algunos criterios para la selección de las especies que puedan asegurar el éxito de la inversión. Entre ellos destacan [Acetato 4.4]:

Valor comercial de la especie

Es importante enfatizar este criterio pues el finquero requiere que la siembra de árboles maderables en sus linderos produzca, en el mediano plazo, ingresos que justifiquen el esfuerzo e inversión. En árboles maderables, deberá buscarse que produzcan al menos maderas de mediana calidad, aunque el óp-

timo sería introducir árboles de madera de alta calidad. Ello dependerá de la consideración de otros factores, incluyendo tasas de crecimiento que analizaremos posteriormente. Las opciones de comercialización y la demanda de los productos será un factor muy influyente en la decisión de la especie.

Crecimiento apical rápido

El retorno a la inversión realizada en cualquier negocio, además de ser satisfactoria, debe concretarse en el menor tiempo posible. Así pueden evitarse los problemas que ocasiona, en la disponibilidad del flujo de caja la inversión no retornable en el corto plazo. Esta es una realidad inherente a la producción agrícola, pecuaria y forestal, por lo que el crecimiento rápido de la especie puede contribuir a aliviar este problema. Esto porque produce más rápidamente el producto esperado y también porque la especie alcanza más rápidamente un desarrollo que disminuye los costos de manteni-

miento del lindero. Algunas especies permiten la extracción de un producto secundario durante su crecimiento, como es el caso de la producción de postes, producto de los raleos, o de leña como producto de las podas y raleos.

Autopoda en condiciones de campo abierto

Los árboles en linderos tienden a tener peor forma del fuste que los de plantaciones en bloque, dada la ausencia de competencia lateral por la luz. Eso resulta en una mayor ramificación y persistencia de las ramas, lo cual implica mayores costos de aprovechamiento y aserrío y una menor calidad debido a los nudos grandes que quedan en la madera. Algunas especies maderables, como *Cordia alliodora*, son conocidas por su hábito de "auto-poda" de ramas en la parte inferior del fuste, aún cuando están en campo abierto y hay disponibilidad de luz para todas las ramas. En otras palabras, las ramas inferiores de estas especies se secan y caen rápidamente, por lo que es preferible seleccionarlas para las plantaciones en linderos, ya que permiten la reducción de costos y el incremento del valor del producto.

Resultados previos alentadores

La consideración de experiencias previas y preferencias en la zona, realizadas por otros finqueros o proyectos, ya sea en plantaciones puras de bloques o en forma de linderos, contribuye a la selección de especies con altas posibilidades de éxito. De estas experiencias deberá considerarse los tiempos de desarrollo de la especie, los diámetros de los fustes desarrollados en el tiempo, las formas de crecimiento, la comercialización de los productos y subproductos, el manejo y las inversiones necesarias. La decisión de sembrar especies exóticas o nativas debe ser de los finqueros y no de los técnicos.

Disponibilidad de semilla certificada

Las probabilidades de éxito de la inversión se pueden aumentar si existen fuentes para la obtención de semillas o arbolitos certificados. Donde sea disponible, se debe utilizar material genético de alta calidad que produzca plantas fuertes, sanas y principalmente con una conformación ideal concordante con los objetivos de la producción que se pretende. El uso de material genético de calidades o procedencias dudosas debe evitarse pues se corre un alto riesgo de malograr la inversión. La selección de plantas sanas y vigorosas en el vivero es igualmente un factor de gran importancia.

Susceptibilidad a plagas y enfermedades

Debe evitarse utilizar especies que reconocidamente son susceptibles a plagas y enfermedades en la zona, o bien con problemas ampliamente identificados como en el caso de las especies de caoba (*Swietenia macrophylla*) o el cedro amargo (*Cedrella odorata*) de gran susceptibilidad al ataque del barrenador del tallo (*Hypsipylla grandella*).

Copa delgada y abierta

Para minimizar la competencia por luz con cultivos aledaños al lindero se recomienda emplear especies con copa abierta o delgada, como *Cordia alliodora* o *Eucalyptus deglupta* (abierta). También este tipo de copas tiene otra ventaja en el momento del aprovechamiento ya que es menos costoso y con menos riesgos de provocar daños a los cultivos; dado que la mayoría de los daños son causados por la copa y no por la caída del fuste.

Poca exigencia en el manejo

El uso de especies agresivas, como por ejemplo los eucaliptos (*Eucalyptus deglupta*) o rústicas, como el roble (*Tabebuia rosea*), con

potencial significativo para sobrevivir y crecer rápidamente con un manejo no muy exigente, debe ser priorizado, pues permitirán disminuir riesgos y costos de mantenimiento.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS

Es claro que un análisis de las ventajas y desventajas para tomar la decisión de la siembra de árboles comerciales en linderos debe llevar a la conclusión de que es muy variable la aptitud de los sitios de la finca para su establecimiento. Es por ello que algunas consideraciones generales del sitio deben tomarse en cuenta para asegurar el éxito de la inversión [Acetato 4.5].

Costos de establecimiento y de protección

La protección y cuidado de los árboles jóvenes es uno de los rubros de costos más importantes en el manejo de los linderos. Establecer árboles alrededor de una plantación agrícola es más fácil que hacerlo entre dos pastizales que son pastoreados por el ganado (por el daño físico alto que los animales podrían provocar en los árboles). Si es posible se deben evitar los sitios o áreas de pastoreo para el establecimiento de árboles en los linderos. A menos que se cuente con la disponibilidad de inversión en algunos métodos de protección de los árboles, hasta que alcancen un estado de desarrollo (mayor a los 5 m de altura) que les permita sobrevivir a la acción del ganado.

Competencia con cultivos

Se deben seleccionar sitios donde la competencia con los cultivos sea mínima. Las consecuencias de la competencia por luz son menores en el caso de la asociación con cultivos adaptados a la sombra, como el cacao o el café, que en cultivos heliófitos como el maíz.

Condiciones del suelo

Hay especies arbóreas que se adaptan con buen resultado a sitios muy húmedos y en suelos de potreros muy compactados, por lo que las especies deben ser seleccionadas para cada sitio en la finca. A lo largo de un linderos pueden presentarse diferentes circunstancias en los suelos, ya sea por mal drenaje o compactación. Por ejemplo, es reconocido que el laurel (*Cordia alliodora*) es altamente susceptible a suelos compactados y con mal drenaje.

Fertilidad del suelo

Existe una tendencia de los gobiernos y grandes empresas a establecer preferencialmente las plantaciones forestales en suelos no aptos para la agricultura; es decir, en suelos de baja fertilidad, aceptando un turno de mediano o largo plazo para la obtención de productos. Sin embargo, los finqueros, dadas sus limitaciones de flujo de caja, requieren de un turno más corto, por lo que es recomendable iniciar con linderos en buenos suelos donde hay mayor probabilidad de conseguir resultados satisfactorios en menor tiempo. Además, cuando hay un crecimiento inicial rápido del árbol, la necesidad de chapear se reduce, lo cual ha sido un factor crítico en el éxito de muchos programas de reforestación en fincas privadas. Posteriormente, cuando se tiene experiencia se puede intentar producir madera en sitios más difíciles. Desafortunadamente, la tendencia actual es reforestar primero las peores partes de las fincas, donde los beneficios ecológicos pueden ser altos (por ej. mitigación de erosión, protección de ríos), pero las posibilidades de éxito son menores y los costos iniciales más altos.

Factibilidad del aprovechamiento

El sitio de la plantación debe facilitar el aprovechamiento. Sitios cerca de un río o

dentro de un guindo, abismo o barranco profundo pueden no ser deseables para una siembra de maderables comerciales debido al riesgo de problemas legales (generalmente la ley no permite las talas en las márgenes de ríos y riachuelos), o los elevados costos de sacar trozas de madera en condiciones accidentadas del terreno. Posiblemente, en estas áreas podría recomendarse la siembra de frutales en vez de árboles maderables ya que el producto de la inversión no implica la remoción del árbol.

Sombra lateral

La influencia de sombra lateral, como la producida por un charral o plantación abandonada, es en muchos casos beneficiosa para la forma del fuste de un maderable ya que incrementa su valor comercial. Sin embargo, si esta influencia se manifiesta por un solo lado, el efecto puede ser detrimental, dada la tendencia del árbol a crecer inclinado en dirección contraria a la sombra. Si la sombra del charral es excesiva, la tendencia del árbol es a desarrollar rápidamente su tallo, dando como resultado un tallo alto y delgado, susceptible a sufrir daños de volca-

miento o quiebra por vientos cuando se elimina la sombra lateral. En estos casos deberá considerarse la posibilidad del manejo de la sombra de los charrales, aunque pueda significar un costo adicional.

Recursos del finquero

El programa o los proyectos para la siembra de árboles maderables en linderos debe prever los recursos necesarios para el mantenimiento de la plantación. La mayoría de los fracasos de reforestaciones ocurre porque el control de malezas durante los primeros dos años o no se hace, o se hace cuando conviene al productor y no cuando el árbol lo necesita. Es por ello que se recomienda que si no hay suficientes recursos para cuidar muchos árboles, es preferible sembrar menos, cuidando que los recursos disponibles sean suficientes para su mantenimiento. Una selección adecuada de las especies puede influir en una menor exigencia del mantenimiento, pero siempre pueden ocurrir, como en cualquier cultivo, eventos imprevisibles como la aparición de ataques de plagas. El monitoreo regular por parte del productor es esencial para el éxito del programa.

Establecimiento y manejo de linderos

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE ESTABLECIMIENTO

Antes de establecer los árboles en linderos, el productor debe recibir la asistencia técnica adecuada. Esta debe incluir un conocimiento práctico de la forma en que deba manejar las especies que selecciona, así como para establecer un cronograma de actividades que le permita maximizar los esfuerzos e inversión. La experiencia de muchos proyectos de reforestación demuestra que la atención del finquero en el momento de la siembra, es gene-

ralmente buena. Los problemas principales han sido relacionados con el mantenimiento posterior de los árboles. Por lo tanto, es importante enfatizar la necesidad de dar a los árboles un manejo sencillo pero adecuado.

A continuación se mencionan algunas consideraciones técnicas relevantes que deben considerarse al establecer árboles maderables en linderos. Estas responden a prácticas silviculturales normales que no deben perderse de vista si se quiere asegurar el éxito de la plantación [Acetato 4.6].

Preparación del terreno

La mayoría de especies maderables que se utilizan para establecer linderos son plantas heliófitas que necesitan un ambiente a plena luz. Por ello es necesario limpiar el terreno y dejarlo libre de malezas, principalmente de gramíneas y bejucos o lianas enredadoras, que son los que más afectan los árboles en las primeras etapas del desarrollo. En las siembras en charrales es necesario chapear alrededor de 3 m a cada lado de la línea de plantación para dejar entrar suficiente luz (reducción de la sombra lateral excesiva). En siembras en potreros es necesario dar una protección temporal a los árboles, o evitar la entrada del ganado, hasta que los árboles alcancen 5 m (dependiendo de la especie).

Marcación y ahoyado

La marcación del terreno por medio de estacas, de acuerdo al espaciamiento deseado, facilita la distribución de los árboles al plantarlos y permite ubicarlos al momento de las primeras chapeas y para efectos de inspecciones posteriores. Por lo general los hoyos deben hacerse de 25 x 25 x 25 cm, aunque cuando se utilizan pseudoestacas (Árboles podados dejando solamente 5-10 cm de tallo y 10-20 cm de raíz pivotante) pueden ser menores. También debe considerarse la posibilidad de hacer más grandes los hoyos cuando se plantan los árboles en terrenos menos fértiles o más compactados, lo cual tiene por objeto favorecer el desarrollo radicular inicial del árbol. Se debe limpiar (suelo desnudo) un círculo de 1 m de diámetro alrededor de cada posición de siembra.

Espaciamiento

El espaciamiento de la plantación en linderos depende fundamentalmente de los objetivos de la misma. Si se desea producir leña, los espaciamientos dentro de la línea pueden ser menores de 2.5 m; pero si se desea

producir madera de aserrío, estos obviamente serán mayores, 3.0 m al menos y deberá complementarse con raleos de la plantación. Sin embargo, algunas especies requieren espaciamientos diferentes, según las características particulares.

Siembra

La época de siembra de los árboles debe ser al inicio de las lluvias en sitios con estaciones climáticas definidas, pues al final de esa época los árboles deben haber desarrollado lo más posible su sistema radicular, evitando así el tener que regarlos durante la época seca. En zonas más lluviosas también se debe evitar la siembra en épocas muy cercanas a los meses de menor precipitación para prevenir problemas de pérdidas por marchitamiento. Al momento de la siembra los arbolitos no deben ser demasiado grandes, las raíces principales no deben quedar dobladas en el hueco y al rellenar el hoyo no deben dejarse bolsas de aire; para ello es necesario compactar o apisonar la tierra. La fertilización al momento de la siembra por lo general no es necesaria, e inclusive en muchos casos, las especies arbóreas no responden a esa aplicación, o si lo hacen es de manera poco significativa. En todo caso, dependiendo de la especie y sitio, debe buscarse la recomendación técnica adecuada.

MANEJO DE LINDEROS MADERABLES

A continuación se presentan actividades de manejo necesarias para lograr un buen desarrollo de linderos maderables. Además se presentan recomendaciones técnicas para cada actividad [Acetato 4.7].

Rodajas o Rondas

Estas consisten en dejar un círculo alrededor del arbolito totalmente libre de malezas (en

tierra), de aproximadamente 1 m de diámetro. Este se recomienda al menos durante el primer año, desde el momento de la siembra, y limpiarlo nuevamente con las primeras chapeas.

Chapeas

El objetivo de las chapeas es favorecer el crecimiento inicial del árbol, evitando que este sea ahogado por las malezas, pues por lo general el crecimiento inicial de los árboles es lento y en sus primeros estadíos es susceptible a la competencia, pudiendo incluso causarse la muerte del árbol. La frecuencia de las chapeas dependerá entonces del clima, la agresividad de las malezas de la zona y el sitio donde se ha plantado el lindero. Los linderos de cultivos o potreros manejados, requerirán de chapeas menos frecuentes. Generalmente, las deshieras se hacen en forma manual; solamente en casos excepcionales (por ej. gramíneas muy agresivas) se justifica usar herbicidas químicos.

Deshijas

Algunas especies que pueden sembrarse por pseudoestacas como la teca (*Tectona grandis*) o laurel (*Cordia alliodora*) producen más de un brote los cuales deben dejarse hasta que alcancen alturas de 0.5 a 1 m de altura. En ese momento se deben eliminar, dejando solamente un brote seleccionado con criterios de tamaño, vigor, forma recta y salud.

Podas

Las podas cumplen un papel importante en el mejoramiento de la calidad de la madera que producirá el árbol. Si se dejan las ramas bajas morirán por falta de luz y producirán nudos muertos que podrían ser puntos de ingreso de enfermedades (hongos de la pudrición) y termitas cuando esten adultos. Los árboles en linderos tienden a ramificar más

que en las plantaciones en bloque debido a la menor competencia lateral. No se debe podar más del 30% de la copa en un momento dado. En algunas especies las podas no se justifican (por ej. *Cordia alliodora*) y en otras una poda prematura podría provocar mala forma (por ej. *Tabebuia rosea*). Por lo tanto, se recomienda buscar las recomendaciones de un técnico forestal antes de iniciar podas fuertes.

Raleos

Cada especie arbórea necesita un espacio mínimo óptimo para su crecimiento, el cual aumenta conforme a su desarrollo. Cuando este espacio no es el adecuado, la consecuencia es un desarrollo vertical predominante, con copas estrechas y los diámetros de fuste delgados. Esto los descalifica para el aserrío. Al raleo oportunamente la plantación, se estimula el crecimiento de las copas de los árboles remanentes con el consecuente engrosamiento de los fustes. La razón de una siembra inicial densa es la consideración de que no todos los árboles sobrevivirán y llegarán al estadio de adultos. Además, algunos se desarrollan con formas no aptas para aserrar. Por lo tanto, se debe sembrar más árboles de los necesarios para la densidad final y poder mantener y seleccionar suficientes árboles comerciales para aprovechar todo el sitio disponible. Debe tenerse en cuenta que después del primer año las resiembras no funcionan debido a la competencia de los árboles ya establecidos. La labor de raleo adecua el espacio al crecimiento del árbol y eventualmente puede producir algún ingreso marginal al aprovecharse los árboles raleados como postes o leña. Dada la dificultad de convencer a los finqueros de ralear árboles, es aconsejable iniciar los raleos lo más temprano posible (cuando "duele menos"). Además, con ello se reducen los problemas potenciales de daños a cultivos adyacentes, sin la compensación de un producto comercial.

Costos de establecimiento y mantenimiento

Von Platen y Trejos (1994) determinaron los costos de establecimiento y mantenimiento de linderos, en situaciones favorables y desfavorables, en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá [Acetato 4.8].

Concluyen estos autores que las cercas son tan caras que no se puede recomendar linderos maderables donde la protección con nuevas cercas de alambre de púas sea necesario. Es decir, que hay que utilizar especies como teca, la cual no es dañada por el ganado, o establecer linderos en sitios donde no hay riesgo de daño por el ganado.

Estudio de caso*: Linderos maderables en el trópico húmedo

INTRODUCCIÓN [Acetatos 4.9 y 4.10]

Características del Área de Trabajo

Una experiencia reciente del CATIE en la siembra de árboles en linderos fue realizada en el trópico húmedo bajo de Costa Rica (Talamanca) y Panamá (Changuinola), a través del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. A continuación se presentan las características del área de trabajo del Proyecto:

- Altitud: 0-300 msnm.
- Precipitación media anual: 2500 mm. distribuidos de manera uniforme
- Temperatura media anual: 24-27 °C
- Suelos: Inceptisoles, Entisoles y Cambisoles; aluviales con limitante de P, y a veces con problemas de drenaje
- Actividades agropecuarias principales: cacao, plátano, banano, maíz, coco, tubérculos y ganado.

Desarrollo y Manejo del Estudio [Acetatos 4.11 al 4.14].

En este proyecto se realizó, entre otras actividades, investigación sobre linderos maderables. Características del trabajo:

- Se establecieron y manejaron 14 ensayos (se perdieron dos en el primer año), en cada uno de los cuales se plantaron tres es-

pecies arbóreas maderables, con tres repeticiones por ensayo.

- Especies utilizadas:

Eucalipto (*Eucalyptus deglupta*)

Acacia (*Acacia mangium*)

Laurel (*Cordia alliodora*)

Teca (*Tectona grandis*)

Terminalia (*Terminalia ivorensis*)

Roble (*Tabebuia rosea*)

Durante seis años se les dio seguimiento y se midieron las variables: sobrevivencia, diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP), altura y diámetro de la copa; además, se identificaron plagas y enfermedades que atacaron a estas especies.

Actividades para el manejo de los linderos:

- Protección contra el ganado.
- Mantenimiento de una faja limpia de entre 6 y 10 m (chapeas manuales y en casos excepcionales, con herbicidas) a lo largo del lindero.
- Resiembras hasta los seis meses.
- Control de zompopos (hormiga), principalmente del género *Atta* spp.
- Raleos hasta de un 50% a partir de los 2.5 años.
- Podas en casos necesarios entre los 5 y 8 m durante los dos primeros años.

*Adaptado de: Kapp, G.B., J. Beer y R. Luján (1997).

RESULTADOS

Conclusiones y recomendaciones [Acetato 4.15 al 4.24].

Las **conclusiones** más importantes de esta experiencia son:

1. *E. deglupta* fue la especie con mayor DAP, altura y volumen de madera producido a los seis años de edad (29 cm, 26 m, 175 m³/km), seguido por *T. ivorensis* (29 cm, 22 m, 133 m³/km).
2. La mejor sobrevivencia de árboles (% a la edad de 5 años) se obtuvo con *E. deglupta* y *T. grandis* (90%). La peor fue con la nativa *C. alliodora* (56%), valores intermedios para *A. mangium* (70%) y *T. ivorensis* (80%). Sin embargo, observaciones posteriores mostraron que la mortalidad de *T. ivorensis* aumentó rápidamente a partir de los cinco años.
3. Las copas más anchas a los cinco años de edad se obtuvieron con *T. ivorensis* y *E. deglupta* (10-11 m), comparado con la de las

demás especies que promediaron alrededor de 7 m. *E. deglupta* y *C. alliodora*, por tener una copa abierta, fueron las especies que proporcionaron menos sombra.

Con base en esta experiencia se pueden brindar las siguientes **recomendaciones** para la siembra de estas especies maderables en linderos para estas zonas del trópico húmedo bajo:

1. Plantar *A. mangium* en los suelos más pobres.
2. Para los suelos fértiles con buen drenaje, sembrar *C. alliodora*, *E. deglupta* y *T. grandis*.
3. En potreros sembrar *T. grandis* o *A. mangium*.
4. Para linderos donde se requiera menos sombra, sembrar *C. alliodora* o *E. deglupta*.
5. Para los suelos con mal drenaje, sembrar *T. rosea* (resultado de un estudio paralelo).
6. No se recomienda sembrar *T. ivorensis* en la zona, debido a su alta mortalidad a partir del quinto año.



EJEMPLOS Y DEFINICIÓN

- **Límites especiales fuera de la propiedad**
 - División espacial dentro de la finca.
 - Separación de diferentes componentes agrícolas, forestales y pecuarios.
 - Diferentes tipos de división (árboles, arbustos, espacios vacíos, etc.).

Los **linderos maderables** son árboles plantados en línea en los límites de parcelas agrícolas o fincas principalmente para producir madera o postes.



VENTAJAS

- Delimitación clara de la finca.
- Producción de madera o frutos en áreas sub-utilizadas.
- Reduce malezas y chapeas.
- Mayor valor y mejoramiento estético de la finca.
- Producción de postes (podas y raleos).
- Mejor crecimiento de árboles.
- Apto para pequeños agricultores.
- Menos plagas y enfermedades.
- Flexibilidad en manejo de podas y raleas.



DESVENTAJAS

- Costos iniciales de protección y mantenimiento.
- Conflictos sobre propiedad del árbol.
- Cerca de alambre: daña la madera.
- Cosecha de frutales daña la cerca.
- Competencia con cultivos y/o pasto.
- Reducción del valor comercial, por mala forma y ramificación.
- Costos iniciales de control de malezas, más altos que en otros sistemas de producción de madera.
- En pastos, pisoteo afecta raíces de los árboles y compacta el suelo.



Criterios para seleccionar especies

- Valor comercial.
- Crecimiento apical rápido.
- Autopoda en campo abierto.
- Resultados previos alentadores.
- Semilla disponible (preferiblemente certificada).
- Susceptibilidad a plagas y enfermedades.
- Copa delgada y/o abierta.
- Manejo poco exigente.



Criterios para seleccionar sitios

- Costos de establecimiento y protección.
- Competencia con cultivos o pastos.
- Condiciones de suelo.
- Fertilidad del suelo.
- Factibilidad del aprovechamiento.
- Sombra lateral.
- Aptitud y recursos del finquero.



ESTABLECIMIENTO

1. Preparación del terreno:

- Limpia.
- Eliminación de sombra lateral excesiva.

2. Marcación y ahoyado:

- Uso de estacas para marcar.
- Hoyos de 25 x 25 x 25 cm.
- Ronda de suelo desnudo de 1 m de diámetro por árbol.

3. Espaciamiento (depende de objetivos):

- Leña ≤ 2.5 m.
- Madera ≥ 3 m, con raleos.

4. Siembra:

- Inicio de las lluvias en zonas secas.
- En zonas lluviosas evitar época más seca.
- Ser cuidadoso con arbolitos (por ej. no doblar raíces).



MANEJO

1. **Rodajas o rondas** (mantener limpio un círculo de 1 m en el primer año).
2. **Chapeas manuales.**
3. **Deshijas.**
 - En especies sembradas por seudoestaca cuando alcanzan 0.5 a 1 m de altura.
4. **Podas** (solo en casos necesarios hasta 5-8 m de altura).
5. **Raleos** (lo más temprano posible o cuando las copas se entrecruzan).



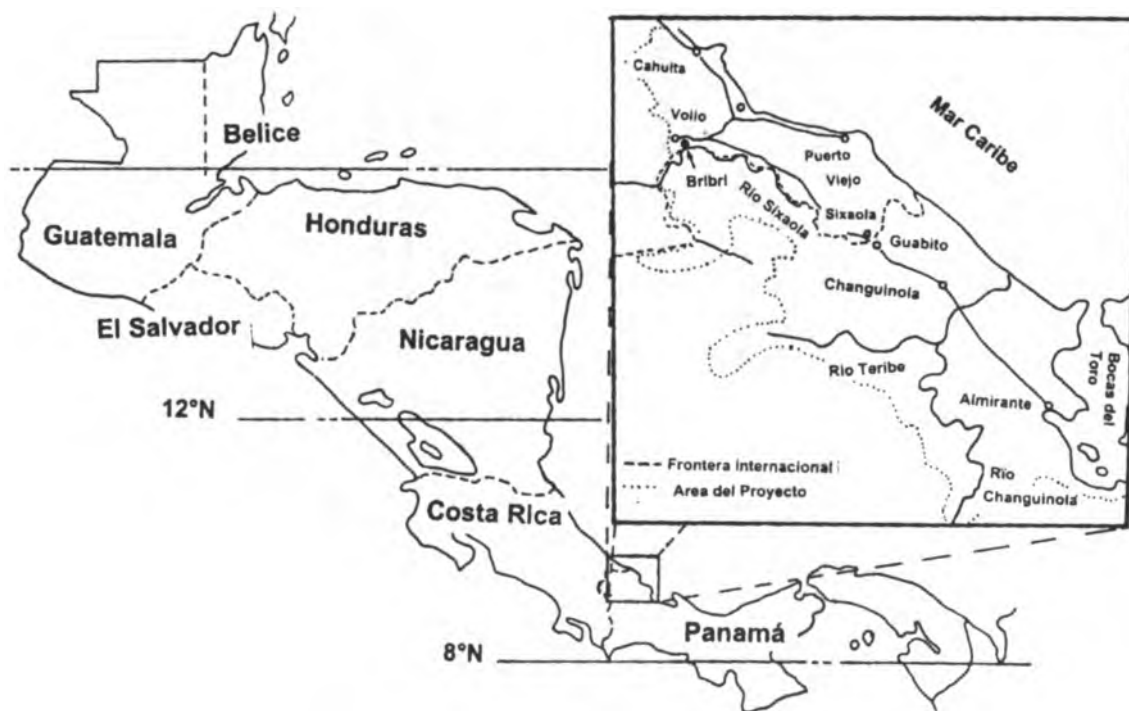
Cuadro 1. Costos de establecimiento y manejo de un lindero de 100 m (40 árboles) en situaciones favorables y desfavorables en el trópico húmedo bajo de Costa Rica y Panamá. No incluye costos de cercas (Montos en US\$)							
Situación*	Establecimiento	(US\$) Mantenimiento (años)					Total (US\$)
		1	2	3	4	5	
Favorable	8.35	2.96	3.08	3.15	0.73	0.14	18.41
Desfavorable	22.38	18.35	11.99	19.46	5.75	6.03	83.96
* Costo promedio del 25% de los sitios menos caros (favorable) y más caros (desfavorable) de un total de 17 sitios experimentales							



Estudio de caso

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

Trópico húmedo bajo de Costa Rica y Panamá





Estudio de caso

Características del área de trabajo

- **Altitud:** 0-300 msnm.
- **Precipitación media anual:** 2500 mm, distribuidos de manera uniforme.
- **Temperatura media anual:** 24-27 °C.
- **Suelos:** Inceptisoles, Entisoles y Cambisoles; Aluviales con limitante de P, y a veces mal drenados.
- **Actividades agropecuarias principales:** cacao, plátano, banano, maíz, coco, tubérculos y ganado.



Estudio de caso

ESPECIES EVALUADAS

- *Eucalyptus deglupta.*
- *Cordia alliodora.*
- *Terminalia ivorensis.*
- *Acacia mangium.*
- *Tectona grandis.*
- *Tabebuia rosea* (en parcelas no replicadas).



Estudio de caso

ENSAYOS

- **No. de ensayos:** 14, establecidos entre 1987-1989.
- **Tres especies por finca.**
- **Tres repeticiones por especie.**
- **Datos analizados para 5-6 años.**
 - DAP.
 - Altura.
 - Forma.
 - Manejo.
 - Plagas y enfermedades.



Estudio de caso

ENSAYOS

- **Parcelas de aproximadamente 60m de largo.**
 - Cada ensayo ocupa 500-600 m lineales.
- **Árboles útiles por parcela:** 18, dos o más árboles como bordes en cada extremo.
- **Líneas aisladas de maderables.**



Estudio de caso

MANEJO DE ENSAYOS

- Protección contra el ganado.
- Faja limpia de 6-10 m, chapeas y herbicidas para malezas.
- Resiembras hasta 6 meses.
- Sin fertilización.
- Raleos a partir de 2.5 años, hasta 50%.
- Podas hasta de 5-8 m durante los años 1 y 2.



Estudio de caso

MORTALIDAD

Edad (años)	1	2	3	4	5
	Mortalidad (%)				
<i>Acacia mangium</i>	7	13	19	24	30
<i>Cordia alliodora</i>	9	24	37	41	44
<i>Eucalyptus deglupta</i>	4	6	10	11	12
<i>Tectona grandis</i>	2	3	6	8	10
<i>Terminalia ivorensis</i>	9	9	15	18	20



Estudio de caso

PLAGAS Y ENFERMEDADES

(Ejemplos de las dos especies más problemáticas)

- *Terminalia ivorensis*:
 - Pudrición de raíz (*Rosellinia* y *Phytophthora spp*).
 - Barrenador de tallo (*Cossula spp*).
 - Zompopas (*Atta sp*).
- *Acacia mangium*:
 - Cancro de tallo (*Nectria*).
 - Abeja "congo" (*Trigona sp*).
 - Comejen (*Coptotermes sp*).
 - Pudrición de raíz (*Rosellinia sp*).



Estudio de caso

Dimensiones de maderables en linderos de Costa Rica y Panamá

	DAP (cm)	Altura total (m)	Diámetro de copa (m)	Volumen m ³ /km
<i>C. alliodora</i>	19.5	14.1	6.2	46
<i>E. deglupta</i>	24.0	21.8	10.2	85
<i>T. grandis</i>	19.7	16.4	7.3	64
<i>T. ivorensis</i>	22.9	18.1	10.1	104
<i>A. mangium</i>	18.8	16.8	6.7	67



Estudio de caso

CONCLUSIONES

1. Especie con mayor DAP, altura y volumen de madera producido a los seis años de edad (29 cm, 26 m, 175 m³/km) *Eucalyptus deglupta*; seguido por *Terminalia ivorensis* (29 cm, 22 m, 133 m³/km).
2. Supervivencia de árboles (% a la edad de cinco años) la mejor *Eucalyptus deglupta* y *Tectona grandis* (90%). La peor *Cordia alliodora* (56%); sin embargo, después de los cinco años, la mortalidad de *Terminalia ivorensis* aumentó rápidamente.
3. Las copas más anchas a los cinco años se obtuvieron con *Terminalia ivorensis* y *Eucalyptus deglupta* (10-11 m), comparado con la de las demás especies que promediaron alrededor de 7 m. *Eucalyptus deglupta* dio menos sombra que *Terminalia ivorensis*.



Estudio de caso

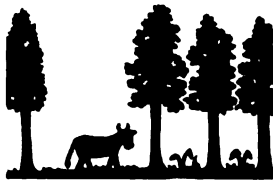
RECOMENDACIONES

1. Plantar *Acacia mangium* en los suelos más pobres.
2. En suelos fértiles con buen drenaje *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta* y *Tectona grandis*.
3. Para potreros *Tectona grandis* o *Acacia mangium*.
4. Para tener menos sombra *Cordia alliodora* o *Eucalyptus deglupta*.
5. Para suelos con mal drenaje *Tabebuia rosea*.
6. No se recomienda la siembra de *Terminalia ivorensis* para las zonas del trópico húmedo bajo debido a su alta mortalidad a partir del quinto año.

Estudio de caso

INVESTIGACIÓN FUTURA

1. Efectos de linderos sobre cultivos/pastos contiguos.
2. Desarrollar silvicultura de linderos.
3. Calidad de la madera producida en sistemas agroforestales.
4. Pruebas de otras especies (Proyectos Nacionales).
5. Aspectos socioeconómicos.



TEMA 5

Cercas vivas A. Otárola

GENERALIDADES

Las cercas vivas son plantaciones en línea de especies leñosas que interactúan con los cultivos o la ganadería y cuya función principal es la delimitación de las propiedades y la protección de los cultivos contra los daños de los animales y los vientos fuertes [Acetato 5.1]. Hoy en día, la cerca viva se considera una práctica agroforestal muy utilizada y de gran impacto. Su establecimiento y manejo requiere cuidados especiales y una participación activa de los productores (Otárola y Sequeira 1997).

En sentido estricto, la cerca viva está conformada por una sola hilera de árboles y/o arbustos que delimitan una propiedad; pero también puede localizarse en diversas partes de la finca. Tal es el caso de la división de potreros en las fincas ganaderas, o parcelas en áreas de cultivos. Además de funciones protectoras, las cercas vivas pueden tener otras funciones productivas y ambientales como se detallará luego.

Una característica de la cerca viva es que la hilera de árboles y/o arbustos puede tener diferente número de especies. En este sentido, puede tratarse de un monocultivo (una sola especie) o un policultivo (varias especies, pero una de ellas es la principal).

FUNCIONES Y BENEFICIOS DE LAS CERCAS VIVAS

Los beneficios atribuidos a las cercas vivas

se presentan en el contexto socioeconómico y ambiental. En el contexto socioeconómico [Acetato 5.2] son una fuente de biomasa para uso diverso: leña, forraje, estacas, postes, frutos (semillas), flores (alimento para animal y el hombre), corteza (bioinsecticida); son un recurso accesible a la economía campesina y compatible con la cultura tradicional; las líneas de árboles y arbustos son una forma barata de definir propiedades y caminos internos en las fincas; constituyen una forma de diversificar la producción en poco tiempo; favorece la estabilización de la familia en el área rural, fundamentalmente por los beneficios económicos que le depara; las cercas vivas ayudan a la agricultura, como en el caso del follaje que se usa como abono verde y también a la ganadería proporcionando sombra y forraje para los animales. En el contexto del ambiente [Acetato 5.3] las cercas vivas ayudan a controlar parcialmente los vientos fuertes y las altas temperaturas (sombra para animales); son refugio para la fauna silvestre; contribuyen a la infiltración del agua y a la conservación del suelo. La conservación del suelo se consigue orientando las cercas en curvas a nivel y complementando con otras especies para hacer la función de barrera viva. Además ayudan a mejorar la fertilidad natural del suelo mediante el aporte de materia orgánica y la fijación de nitrógeno. Las cercas vivas rompen la monotonía de las tierras sin árboles, favorecen la belleza escénica, ayudan a conservar un microclima favorable al hombre, y los animales, favorecen la biodiversidad, fijan carbono y reducen la presión sobre el bosque (Otárola y Sequeira 1997).

FACTORES DE ÉXITO

El empleo extensivo de la cerca viva está inspirado en la experiencia desarrollada por los productores, quienes recurren al empleo de la vegetación leñosa para proteger su vivienda y su predio de las condiciones climáticas adversas y de los daños causados por los animales (Otárola y Sequeira 1997).

La base de esta práctica tradicional está sustentada en una serie de criterios que hay que tener en cuenta para obtener resultados satisfactorios [Acetato 5.4]:

- Todo indica que no hay limitaciones edáficas ni climáticas para el empleo de cercas vivas. Siempre habrá una especie vegetal adecuada, para un sitio determinado.
- Por años, el productor ha practicado el proceso de selección de especies. Ellos han resuelto problemas de antagonismo entre especies vegetales, superando algunos tabúes en torno a la posibilidad de asociar árboles con cultivos agrícolas y/o pastos.
- El conocimiento sobre las especies se enfatiza en la adaptación al medio ambiente, fácil propagación, crecimiento rápido, resistencia al fuego, alta capacidad de rebrote, uso múltiple de su biomasa, hábito de crecimiento (forma), entre otros.
- Una condición previa al establecimiento de una cerca viva es la existencia de un cerco establecido con madera muerta y alambre (muy utilizado por los ganaderos y parceleros). Este cerco preliminar cumple un rol importante en la protección de la cerca viva mientras se establece y consolida.

- Para la economía campesina, el uso de material vegetativo es la mejor alternativa para fomentar el cultivo de árboles y arbustos en linderos y compartimentos de la finca.
- Las cercas vivas tienen un gran potencial productivo. En plazos cortos puede obtenerse productos y beneficios múltiples.

DESVENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS CERCAS VIVAS

A pesar de todas las bondades y beneficios que presentan las cercas vivas, estas también tienen una serie de desventajas e inconvenientes (Geilfus 1994; Otárola y Torres 1994):

1. Podría competir comparado con una cerca de postes muertos con los cultivos agrícolas y pastos adyacentes por agua, luz y nutrientes. El grado de esta competencia depende del manejo que se le de.
2. Pueden presentar en algunos casos efectos tóxicos (madero negro) en contra de otras especies animales y vegetales.
3. Puede ser hospedero de plagas, malezas y enfermedades de cultivos, animales y el hombre.
4. Su establecimiento es a veces lento y difícil y se requiere de una tecnología más o menos conocida.
5. A menudo hay que protegerlas de los animales en la época de establecimiento, lo que aumentó su costo económico.
6. A menudo es difícil encontrar el suficiente material de siembra.
7. Es costosa la eliminación de una cerca viva bien establecida.
8. Cuando se incluye frutales en la cerca la gente daña el alambre cuando lo utiliza para alcanzar las frutas.
9. En áreas con suelos poco profundos o con una capa freática alta los postes vivos pueden caer debido a vientos fuertes (Por ej. madero negro).
10. El alambre puede ser dañado por el crecimiento del poste vivo.

11. Caminos rurales de tierra están más húmedos en la sombra de las cercas y con mayores problemas de embarreamiento

SELECCIÓN DE ESPECIES

La selección de la especie (o especies) es una tarea normalmente difícil, pero que se torna fácil cuando el productor participa en la decisión que mejor se ajusta a sus intereses y necesidades. Algunos criterios de selección [Acetato 5.5] son:

- Objetivo de la cerca y el espacio disponible para cumplir su función.
- Calidad de sitio (suelo y clima).
- El porte de la especie (arbóreo o arbustivo).
- Que sea una especie poco competitiva.
- Disponibilidad de material de reproducción.
- Fácil propagación y crecimiento rápido.
- Follaje algo abundante y perenne.
- Alta capacidad de rebrote.
- Valor económico apreciable.
- Posibilidad de uso múltiple.
- Sin capacidad de convertirse en una maleza.

Algunas de las especies más utilizadas para cercas vivas se incluyen en el **acetato 5.6**. Su propósito adicional al servir de cerca viva puede ser forraje como en el caso de madero negro, leucaena y poró; leña como el caso de casia amarilla, frutales como jocoto y marañón, maderables, ornamentales, etc.

ESTABLECIMIENTO

La preparación del sitio y la plantación misma involucra una serie de operaciones sencillas [Acetato 5.7]:

- Limpieza de malas hierbas en una franja, cuyo ancho oscila entre 1 y 2 m.
- Instalar un cerco temporal con madera muerta y alambre de púas (o cualquier otro material) que cumpla la función de protec-

ción, mientras la cerca viva se consolida (2 a 3 años).

- Apertura de hoyos de acuerdo al espaciamiento para la especie seleccionada. Las dimensiones del hoyo serán según el material de reproducción: estacas, planta en bolsa y semillas.

- Plantación: supone el uso del calendario agroforestal, si existe. En caso contrario es preciso ajustarse al conocimiento y experiencia local que es abundante y ha dado buenos resultados. En síntesis [Acetato 5.8]:

a) Que la obtención del material vegetativo, por ej. *Gliricidia sepium* (madero negro) se haga tres días después de la luna nueva (creciente). Se recomienda hacerlo terminando la estación seca, período en el cual el árbol está estresado. De esta manera los cortes de ramas no provocan el fenómeno del "lloro" (pérdida de savia). Si el material vegetativo con las características silviculturales deseables no abunda en cercas, es preciso recurrir a los árboles que están cumpliendo otra función, como por ejemplo sombra en cafetales y cuyo corte requiere la habilidad y destreza de personal forjado en estas tareas.

b) La correcta manipulación de las estacas favorece el prendimiento. Se recomienda el transporte en un colchón de hojas u otro material para evitar lesiones en la corteza. Por otro lado, si se necesita almacenarlas, es conveniente colocarlas verticalmente y mejor aún, a la sombra de un árbol (entre otras razones así se evita la quema de la corteza por el sol).

c) La época oportuna para realizar la plantación, coincide con la proximidad de la estación lluviosa; a finales de abril para el madero negro, preferiblemente en la fase lunar cuarto creciente o menguante.

d) El espaciamiento de la plantación es variable, pero existe la tendencia a acortar

los espaciamiento dentro de un ámbito de 1 a 2 m.

- e) Una práctica que ha dado resultados favorables es el corte de refinamiento que se hace a la estaca: corte en bisel para la parte apical y corte recto en la parte donde habrá emisión de raíces.
- f) La plantación consiste en introducir la estaca en el hoyo correspondiente, luego se cubre con tierra orgánica, practicándose una ligera compactación con ayuda de un apisonador. Se recomienda tener mucho cuidado y no provocar lesiones en la corteza.
- g) Finalmente, asegurar la estaca al alambrado utilizando un mecate; esto ayuda a mantener la verticalidad necesaria, hasta su enraizamiento definitivo.

MANEJO [Acetato 5.9 y 5.10]

Resiembra o replante

Si la mortalidad supera el 10%, es deseable programar la resiembra o replante. A diferencia de las plantaciones forestales puras debido a la iluminación lateral se puede combinar resemebrando en forma indefinida.

Es conveniente un mes después de la resiembra, evaluar el prendimiento o sobrevivencia; si no se dispone de estacas, se debe obtener para la siguiente siembra (Otárola y Torres 1994).

Control de malezas

La erradicación de malezas es un aspecto importante si en verdad se quiere evitar interferencias en el crecimiento de la especie principal. Los bejucos son la principal causa de la mortalidad de las plantas.

Protección contra animales y el hombre

La existencia de la cerca primaria es una ventaja. Sin embargo, conviene la vigilancia continua para evitar el ramoneo del ganado y los daños que provocan transeúntes que portan machetes u otras herramientas y que frecuentemente dañan las plantas.

Protección contra el fuego

Las rondas cortafuego y la eliminación de residuos orgánicos de fácil combustión son prácticas recomendables. Estas prácticas se hacen al inicio de la estación seca.

Podas

Podas de formación: está orientada a fortalecer el árbol para que la cerca cumpla la función de protección para la que fue establecida.

Podas de producción: está dirigida a obtener productos (estacas, leña, forraje) en forma sostenida.

La poda puede ser selectiva o poda total. La selectiva parece gozar de la preferencia de los productores ya que se ajusta mejor a la necesidad de una producción sostenible, puesto que la persistencia del follaje asegura una función fotosintética sin interrupciones prolongadas.

Rebrotos

Dependiendo de la especie, hay diversos criterios económicos y silviculturales que se deben observar para optimizar el rendimiento de la biomasa a través del manejo adecuado de los rebrotos.

En madero negro, existen experiencias que sugieren manejar las cercas ya consolidadas, dejando en tres y cinco rebrotos, para obte-

ner tres tipos de productos que en orden de importancia son: estacas, leña y forraje. La elección de los brotes se hace aproximadamente después de tres meses del último aprovechamiento.

Para detalles sobre establecimiento y manejo ver Anexo 1.

APROVECHAMIENTO [Acetato 5.11]

El atractivo económico de las cercas vivas es realmente importante en el caso del madero negro, aún a temprana edad de la cerca (después del primer y segundo año), cuando hay que deshijar y durante la poda de formación hay un aprovechamiento intermedio, obteniéndose productos de uso variado (forraje y leña).

Sin embargo, la producción sostenida generalmente comienza a los tres años de establecida la cerca; a partir de ese momento las podas y las deshijas tienen carácter selectivo y se define un turno de aprovechamiento sistemático de dos años para la obtención de estacas, durante el cual, alcanza las dimensiones necesarias (5-15 cm de diámetro basal). Otros productos de su biomasa son la leña y el forraje.

El cuarto año es un período de maduración de la biomasa y por lo tanto no se realizan podas y deshijas. La cerca tiene su primera cosecha importante a los cinco años, cuando obtienen los productos previstos en el plan de manejo: estacas, leña y forraje. A partir de aquí, el ciclo continúa.

El período de rotación de una cerca es difícil de estimar. Hay indicios de que una cerca viva de madero negro, bien manejada, perdura más de 50.

COSTOS Y UTILIDADES

Los productores establecen cercas vivas o muertas con el objetivo principal de proteger y delimitar sus terrenos. Sin embargo, se debe reconocer que las cercas vivas pueden satisfacer también necesidades económicas.

Las cercas tradicionales de poste muerto cumplen bien con el primer objetivo, pero representan una inversión que no se logra recuperar debido a que no genera productos de valor comercial.

Las cercas vivas, en cambio, podrían constituir una actividad importante en la economía campesina debido a que se ubican generalmente en áreas no productivas de la finca, aquellas que están ocupadas normalmente por los cercos muertos, o algunos caminos internos.

Es necesario reconocer y analizar opciones mejoradas, con un enfoque económico, que permitan cumplir los objetivos primarios y que también generen beneficios económicos, que ayuden a balancear el flujo de caja de los productores y a mejorar su nivel de vida.

Este es el caso de la opción que se analiza en este documento, en el cual se demuestra que las cercas vivas son una alternativa viable y rentable.

El [Acetato 5.12] muestra los costos y los ingresos de 1000 m de cerca viva de madero negro establecida a un metro entre plantas en áreas donde existe un cerco muerto viejo, que debe ser reforzado con postes intermedios. Esta actividad previa tiene un costo de C\$3556 por kilómetro (US\$ 445), que no se debe contabilizar en los casos en que los productores posean un cerco muerto en buenas condiciones. El establecimiento de un kilómetro de cerca viva en Nicaragua con 1000 árboles, tiene un costo de C\$ 1720 (US\$ 220) lo que equivale a C\$1.72 por árbol.

Es importante resaltar que en un kilómetro de cerca viva se tiene una cantidad de árboles casi equivalente a una hectárea de plantación en bloque a 3 x 3 m (1110 árboles). Además se deben considerar tres ventajas adicionales:

- a) En las cercas vivas la inversión por árbol es menor.
- b) Permiten utilizar espacios de la finca que son restringidos para usos productivos tradicionales (cultivos agrícolas).
- c) Para agricultores con terrenos de extensiones limitadas, esta alternativa es especialmente importante, porque tiene un efecto equivalente a ampliar el área productiva de su finca.

Los costos de mantenimiento en el año base (año 1) suman C\$213 que corresponden a 14 jornales, que generalmente son aportadas con trabajo familiar, por lo que no representa un gasto de dinero en efectivo.

En los años siguientes se observan costos de mantenimiento de C\$ 404 en el segundo año, que en adelante son descendentes, frente a ingresos ascendentes que van cubriendo la mayor parte de los costos hasta

recuperar totalmente la inversión en el sexto año [Acetato 5.13].

Esto quiere decir, que la inversión se paga con el primer aprovechamiento total al sexto año. En este año, los ingresos acumulados sobrepasan a los costos acumulados en un 67%.

Cabe observar que la mayor parte de los costos corresponden al uso de mano de obra, lo que no implica necesariamente desembolsos en efectivo, dado que este recurso puede ser aportado por los productores que disponen de mano de obra familiar.

El análisis financiero que se presenta permite concluir que esta alternativa es atractiva desde el punto de vista financiero, porque genera utilidades cercanas a los C\$1500 en valor actualizado neto (VAN= 1474), un beneficio total de C\$1.19 por cada córdoba invertido (B/C= 1.19), y una tasa interna de retorno 22 por ciento [Acetato 5.13].

El retorno de la inversión (TI=22.81%) muestra ventajas comparativas respecto a las tasas bancarias pasivas (6% anual) y otras alternativas de inversión agrícola, con tasa de retorno inferiores al 20%.

Estudio de caso:

Aprovechamiento de una cerca viva de Madero negro de seis años, en Diriamba, Nicaragua

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO [Acetato 5.14]

La finca se encuentra ubicada en la meseta de los pueblos del departamento de Carazo, municipio de Diriamba, en el kilómetro 40 de la carretera Diriamba- Managua.

Las características del sitio son las siguientes: 450 msnm, temperatura entre 22 y 24°C,

precipitación anual entre 1100 y 1500 mm, suelo franco y franco-limoso, topografía ligeramente ondulada con pendientes de 0 a 15%.

CRECIMIENTO DIAMÉTRICO

Diámetro medio de la estaca al momento de la plantación: 5.5 cm

Diámetro medio a la edad de 6 años: 11.3 cm

Incremento medio anual del diámetro de la estaca: 1.0 cm/año

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA

a. Leña

El rendimiento de leña húmeda de la primera poda de producción [Acetato 5.15] por árbol es de 21 kg. Tomando en cuenta una pérdida de humedad de 20%, que se expresa en pérdida de peso de la biomasa, se obtienen 17 kg de leña seca al aire por árbol lista para su comercialización. Con este dato base se puede calcular el rendimiento de leña para 100 m lineales de cerca que es del orden de 1700 kg.

b. Forraje

El rendimiento [Acetato 5.15] de forraje (peso húmedo) por árbol es 9 kg. Con esta base se estima 900 kg de forraje para 100 m lineales de cerca viva.

CÁLCULO DE INGRESOS

a) Leña:

El mercado de leña en Nicaragua se encuentra algo desarrollado; el consumo promedio de leña por persona y por año es de 871 kg, con un precio de venta de alrededor de US\$ 45 la tonelada (zona del Pacífico Seco de Nicaragua). Según esto, 100 m lineales de cerca viva pueden significar un ingreso al

productor de US\$ 76, por venta de leña al año, esto es US\$ 760 por km de cerca viva.

b) Forraje:

La crianza de ganado en forma extensiva y bajo las condiciones edafoclimáticas del Pacífico Seco de Nicaragua requiere de suplemento proteico. Las deficiencias nutricionales se acentúan más en la estación seca. Para hacer frente a esta crítica situación el campesino recurre a los alimentos concentrados elaborados a base de granos y harinas de origen animal y vegetal, que resuelven temporalmente la situación prevalente, pero a un elevado costo, que encarece notablemente la producción de proteínas animales.

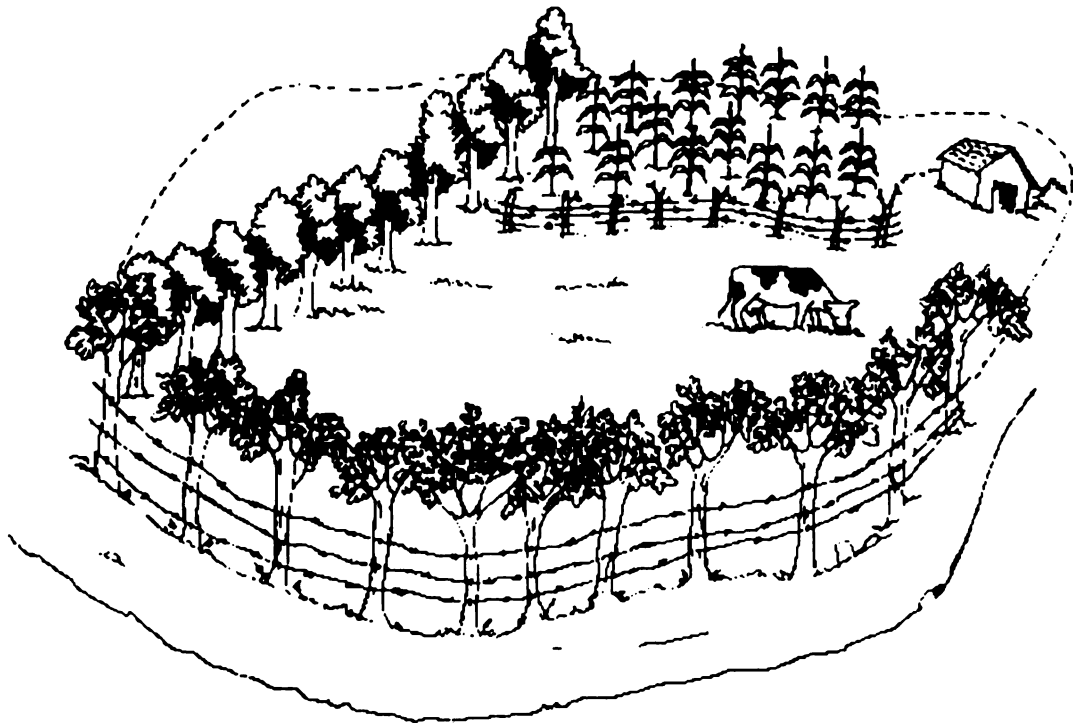
Una opción que compatibiliza con la economía del campesino es recurrir al forraje producido por especies arbóreas o arbustivas, caso del madero negro, que a base de un manejo adecuado de cercas vivas, puede suplir los déficits nutricionales combinando con otros insumos locales para obtener una dieta más o menos balanceada y que implica economía en la producción.

Según los aportes de proteína y energía digestible que presenta el madero negro y optando por la sustitución del alimento concentrado, se puede estimar el valor del forraje proveniente del madero negro. Cálculos sencillos reportan que 100 m lineales de cerca de madero producen forraje por un valor de US\$ 66.6 al año [Acetato 5.15].



¿QUÉ ES UNA CERCA VIVA?

Las cercas vivas son plantaciones en línea de especies leñosas que interactúan con los cultivos o la ganadería





Funciones y beneficios socioeconómicos

- Fuente de biomasa: leña, forraje, estacas, postes, frutos (semillas), flores (alimento humano y animal), corteza (bioinsecticida).
- Recurso accesible a la economía campesina.
- Compatible con la cultura tradicional.
- Define propiedades, evita conflictos de linderos.
- Diversifica la producción.
- Favorece a la estabilización de la familia en el área rural.



Funciones y beneficios ambientales

- Ayudan a controlar los vientos fuertes.
- Refugio para fauna silvestre.
- Ayudan en la conservación del suelo y el agua.
- Un predio arbolado es un ambiente más sano y acogedor (belleza escénica).
- Conserva un microclima favorable al hombre y los animales.
- Favorecen la biodiversidad.
- Fijan carbono.
- Reduce presión sobre los bosques.



FACTORES DE ÉXITO

- Con la selección adecuada de la especie, no hay limitaciones climáticas ni edáficas.
- Conocimiento tradicional en la selección de especies.
- Especies que se adapten al medio, de fácil propagación, de crecimiento rápido, resistentes al fuego, alta capacidad de rebrote, de uso múltiple.
- Condición previa es la existencia de un cerco con madera muerta y alambre (cerco tradicional).
- El uso de material vegetativo es una alternativa barata para fomentar el cultivo de árboles y arbustos en linderos de la finca.
- Tienen gran potencial productivo: leña, forraje, estacas, flores y frutos, etc.



Criterios para la selección de especies

- Objetivo de la cerca viva.
- Calidad de sitio (suelo y clima).
- Disponibilidad de material de reproducción (semillas, estacas, etc).
- Fácil propagación, crecimiento rápido.
- El porte de la especie (arbóreo o arbustivo).
- Leguminosa o especie vegetal que beneficie a cultivos vecinos.
- Follaje algo abundante y perenne.
- Alta capacidad de rebrote.
- Que sea una especie poco competitiva.
- Uso múltiple.
- Valor económico.
- Sin capacidad de convertirse en una maleza.



Desventajas e inconvenientes de las cercas vivas

- Competencia con cultivos y pastos por agua, luz y nutrientes.
- Efectos tóxicos (madero negro) en contra de otras especies animales o vegetales.
- Hospedero de malezas, plagas y enfermedades de cultivos, animales y el hombre.
- Establecimiento lento difícil y requiere de una tecnología más o menos conocida.
- A menudo se deben proteger de los animales en la época de establecimiento.
- A menudo es difícil encontrar el suficiente material de siembra.
- Es costosa la eliminación de una cerca viva bien establecida.
- Daños al alambre por personas cosechando frutas.
- Caídas con vientos fuertes.
- Daño al alambre cuando se incrusta en el poste vivo.
- Caminos rurales más húmedos y embarraleados al lado de cercas vivas.



Algunas especies utilizadas

(Énfasis en el trópico seco)

NOMBRE COMÚN

Casia amarilla
Elequeme, poró
Leucaena
Madero negro
Marango
Nim
Pochote
Tempate
Jiñocuabo
Tiguilote
Aromo
Chilamate
Espadillo
Cordoncillo
Roble de sabana
Jocote dulce
Jocote garrobo
Sardinillo
Limonaria
Marañón

NOMBRE CIENTÍFICO

Senna siamea
Erythrina sp.
Leucaena leucocephala
Gliricidia sepium
Moringa oleifera
Azadirachta indica
Bombacopsis quinata
Jatropha curcas
Bursera simarouba
Cordia dentada
Acacia farnesiana
Ficus sp.
Yucca elephantipes
Piper tuberculatum
Tabebuia rosea
Spondias mombin
Spondias purpurea
Tecoma stans
Murraya paniculata
Anacardium occidentale



Establecimiento, preparación del sitio

- Limpieza de malas hierbas en una franja de terreno (1 a 2 m de ancho).
- Instalar un cerco temporal, si es que no lo hay.
- Apertura de hoyos, según espaciamiento definido.
- Plantación.



Establecimiento de las cercas vivas

- **Material:**

- Obtener material vegetativo (finales de estación seca), tres días después de la luna nueva (creciente).
- Estacones de 5-15 cm de diámetro, y de 2.0 a 2.5 m de largo.
- Frecuentemente provienen de árboles adultos en cercas que no fueron podadas durante los últimos 12-24 meses.
- Cortar, preparar y transportar con mucho cuidado para evitar daños en la corteza.
- Transportar en un colchón de hojas.

- **Manejo:**

- Para promover acumulación de reservas en la base, almacenarlos en posición vertical, bajo sombra, por 1-2 semanas.
- Antes de plantar, corte en bisel la parte apical y corte recto en la parte donde habrá emisión de raíces.

- **Siembra:**

- Sembrar terminando la estación seca. Plantar en fase lunar cuarto creciente o menguante.
- Cubrir con tierra orgánica el hoyo donde se fija la estaca y compactar con ayuda de un apisonador.
- Asegurar la estaca al alambrado con un mecate, para mantener la verticalidad hasta el enraizamiento definitivo.
- Enterrar los estacones a una profundidad de 20 a 40 cm.
- En terrenos muy húmedos, pelar un anillo en la corteza, justo en la porción que quedará inmediatamente debajo del nivel de suelo.
- Sembrar las estacas a distancia de 1 - 2 m.
- De preferencia, colocar el alambre 3-6 meses después de la siembra.
- Diferir la primera poda de las cercas hasta por lo menos un año después de establecidas.



ASPECTOS TÉCNICOS DEL MANEJO

- Resiembra o replante: reponer estacas muertas para mantener uniformidad de espaciamiento.
- Control de malezas: erradicación total de malezas, sobre todo bejucos.
- Protección contra animales: evitar ramoneo del ganado, eliminando brotes bajos.
- Protección contra el hombre: vigilancia y educación.
- Protección contra el fuego: la franja de siembra debe estar libre de material de fácil combustión.
- Podas: de formación y producción.
- Rebrotos: inducir el manejo de rebrotos entre tres y cinco brotes por estacas, dependiendo del objetivo de la cerca.



Cronología del plan de manejo

(Ejemplo en zonas con época seca, Nicaragua)

- Se recomienda que en junio se practique el control de malezas, justo cuando tienen mayor vigor debido al inicio de la estación lluviosa.
- La presencia de la canícula en agosto es propicia para los deshijes y podas selectivas.
- En octubre (plena estación de lluvias), realizar otra limpieza de malezas.
- Se cierra el ciclo con la poda de formación o aprovechamiento en la estación seca (marzo-abril).



Manejo y provechamiento de cercas vivas

- Primer año:** Establecimiento de cerco muerto, preparación del terreno y plantación.
- Segundo año:** Fase de consolidación de la cerca, practicando una poda de formación rigurosa (100%); se obtiene leña y forraje.
- Tercer año:** Continúa fase de consolidación, se acentúa las podas y deshija; se obtiene más leña y forraje.
- Cuarto año:** La cerca está más consolidada; incluso puede soportar el alambre de púas. Se practica la poda y la deshija; se obtiene leña y forraje.
- Quinto año:** La cerca está consolidada; se practica la poda y la deshija en forma selectiva. Es recomendable dejar sólo 3 a 5 rebrotes por árbol para su maduración; se obtiene leña y forraje.
- Sexto año:** Primera cosecha: se obtiene estacas, leña y forraje.
- Repetir lo indicado para año cuarto y quinto durante la rotación de la cerca, estimada en más de 50 años.



Costos e ingresos (Córdobas) para 1000 m de cercas vivas de madero negro. Carazo, Nicaragua

Actividad	Mes	Jornales	Costos M.O.*	Costos Mat.	Ingresos
Año 1 (1993). Cerco muerto					
Ronda/limpia	Abril	8.30	124.50	0	
Ahoyado	Abril	10.70	160.50	0	
Posteado	Abril	12.50	187.50	1400 ⁽¹⁾	
Tendido/engrap.	Abril	9.90	148.50	1945 ⁽²⁾	
<i>Subtotal cerco muerto</i>		<i>41.40</i>	<i>621</i>	<i>2945</i>	
Cerca viva establecimiento					
Ahoyado	Abril	7.70	115.50	0	
Plantación	Abril	6.40	96	1000	
Amarre	Abril	5.20	78	120	
Transporte	Abril	0	0	310 ⁽³⁾	
<i>Subtotal</i>		<i>19.30</i>	<i>289.50</i>	<i>1430</i>	
Mantenimiento					
Contol de malezas	Jun/Oct	9.80	147	0	
Deshije	Agosto	3.60	54	0	23 ⁽⁴⁾
Hacer Productos	Agosto	0.8	12	0	
<i>Subtotal mant. Año 0</i>		<i>14.20</i>	<i>213</i>	<i>0</i>	<i>23</i>
Año 2 (1994)					
Control de malezas	Jun/Oct	8.30	124.5	0	
Poda de formación	Abr/Ago	11.30	169.50	0	
Leña					169 ⁽⁵⁾
Forraje					94 ⁽⁵⁾
Hacer productos	Abr/Ago	7.30	109.50	0	
<i>Subtotal año 1</i>		<i>26.90</i>	<i>403.50</i>	<i>0</i>	<i>263</i>

Pasa a la página siguiente



Viene de la página anterior

Año 3 (1995)					
Control de malezas	Jun/Oct	7.0	115.50	0	
Poda de formación	Abr/Ago	9.20	138	0	
Leña					185 ⁽⁶⁾
Forraje					103 ⁽⁶⁾
Hacer productos	Abr/Ago	7.80	117.50	0	
<i>Subtotal Año 2</i>		<i>24.70</i>	<i>370.50</i>	<i>0</i>	<i>288</i>
Año 4 (1995)					
Control de malezas	Jun/Oct	7.00	105.00	0	
Poda de formación	Abr/Ago	9.20	138.00	0	
Leña					204 ⁽⁷⁾
Forraje					113 ⁽⁷⁾
Hacer productos	Abr/Ago	8.40	126.00	0	
<i>Subtotal año 3</i>		<i>24.60</i>	<i>369.00</i>	<i>0</i>	<i>317</i>
Año 5 (1996)					
Control de malezas	Jun/Oct	5.50	82.50	0	
Poda de producción	Abril	8.4	126.00	0	
Forraje					25 ⁽⁸⁾
Hacer productos	Abril	4.60	69.00	0	
<i>Subtotal año 4</i>		<i>18.50</i>	<i>277.50</i>	<i>0</i>	<i>25</i>
Año 6 (1996)					
Control de malezas	Jun/Oct	5:00	75.00		
Poda de producción	Abril	8.40	126.00	126.0	
Estacas, 4000					4000 ⁽⁹⁾
Leña, 40 mt					6,000 ⁽⁹⁾
Forraje, 3410 kg					341 ⁽⁹⁾
Hacer productos	Abril	10.80	162.00	162.00	
<i>Subtotal año 5</i>		<i>24.20</i>	<i>363.00</i>	<i>363.00</i>	<i>10341.00</i>

* Costo mano de obra/jornal/hora = C\$ 1.875

⁽¹⁾ 200 postes intermedios a C\$ 7.00 c/u con distanciamiento de 5 m.⁽²⁾ 10 rollos de alambre de C\$ 194.50 c/u para 1,000 m.⁽³⁾ Transporte de postes muertos y estacas, distancia promedio de 36 km⁽⁴⁾ 0.71 kg de forraje por árbol.⁽⁵⁾ 1.1 kg de leña por árbol y 2.9 kg de forraje por árbol.⁽⁶⁾ 1.2 kg de leña por árbol y 3.2 kg de forraje por árbol.⁽⁷⁾ 1.3 kg de leña por árbol y 3.5 kg de forraje por árbol.⁽⁸⁾ 0.71 kg de forraje por árbol.⁽⁹⁾ Una estaca por árbol, 40 kg de leña por árbol y 10.6 kg de forraje por árbol.



Costos y valor de la producción de una cerca viva de Madero negro en Nicaragua

(Cifras en Córdobas). US\$ 1=7.80 córdobas.
Octubre 1995.

Año	Costo de producción	Valor de la producción	Costo acumulado	Valor acumulado	Balance valor/costo
1993 (1)	5498	23	5498	23	(-) 5475
1994 (2)	403	263	5902	286	(-) 5616
1995 (3)	370	288	6272	574	(-) 5698
1996 (4)	369	317	6641	891	(-) 5570
1997 (5)	277	25	6919	916	(-) 6003
1998 (6)	363	10341	6656	11155	(+) 4449

Análisis financiero de 1000 m de cerca viva

Valor Presente neto (VPN)	C\$1473.86
Valor Equivalente Anual	C\$ 471
Valor Esperado de la Tierra	C\$ 2618
Relación Beneficio/Costo	1.19
Tasa Interna de Retorno	22.81%



Estudio de caso cerca viva

Ubicación y características de sitio

- Ubicación: Departamento de Carazo, Municipio de Diriamba, Nicaragua.
- Altitud: 450 msnm.
- Temperatura media anual: 22-24 C.
- Precipitación media anual: 100-1500 mm.
- Suelos: franco y franco limoso, ligeramente ondulado con pendientes de a a 15%.



Producción de leña obtenida de primera poda de producción (6 años) de una cerca viva de madero negro en Nicaragua

Rendimiento 'de leña	Peso húmedo de forraje (kg)	Peso húmedo de leña (kg)	Peso seco al aire de leña (kg)
Por árbol	9	21	17
Para 100 m lineales de cerca viva	900	2100	1700
Para 1 km. lineal de cerca viva	9000	21000	17000

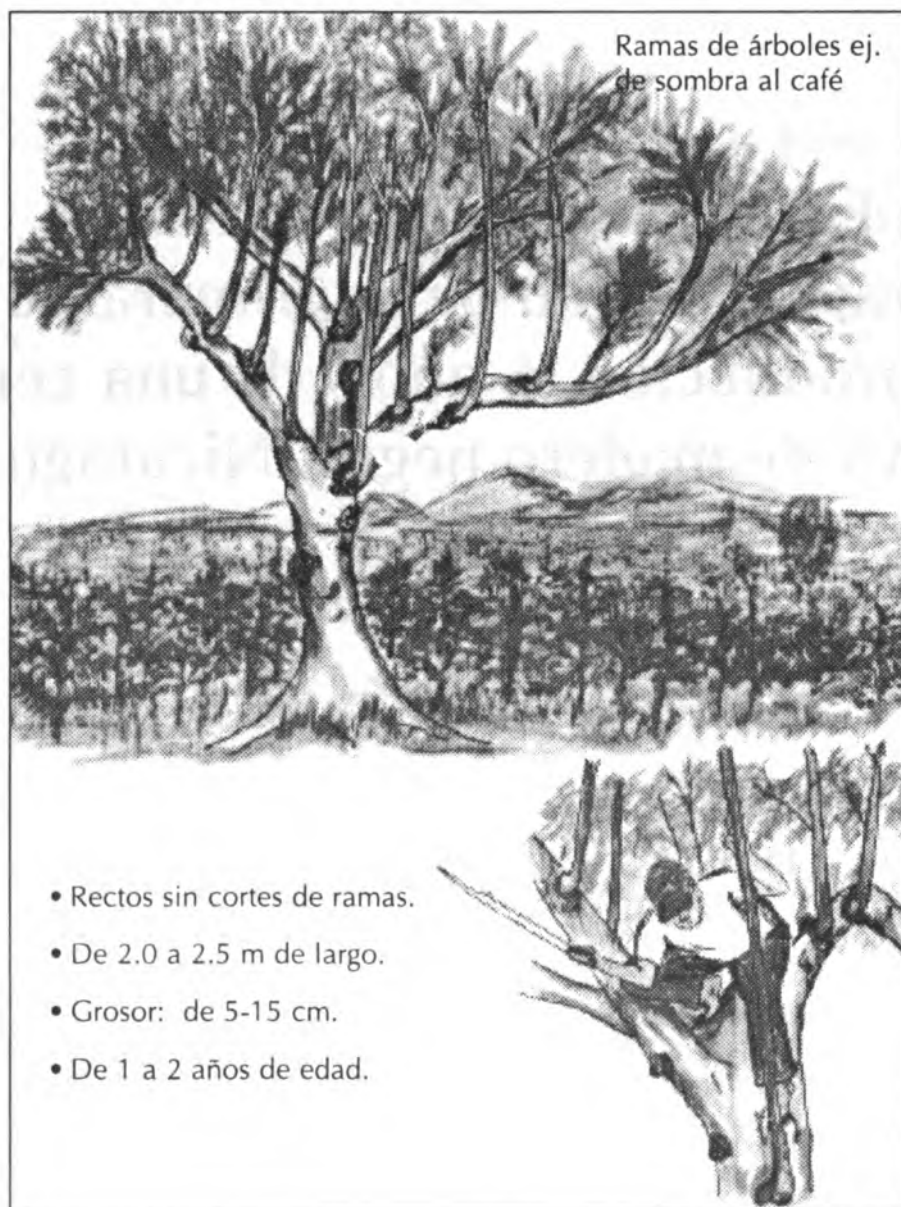
Estimación de ingresos para forraje obtenido de la primera poda de producción (6 años) de una cerca viva de madero negro, Nicaragua

Unidad de producción	Valor del forraje (US\$)
Por kg	0.074
Cada 100 m lineales de cerca viva	66.6
Cada 1 km lineal de cerca viva	666

Anexo 1

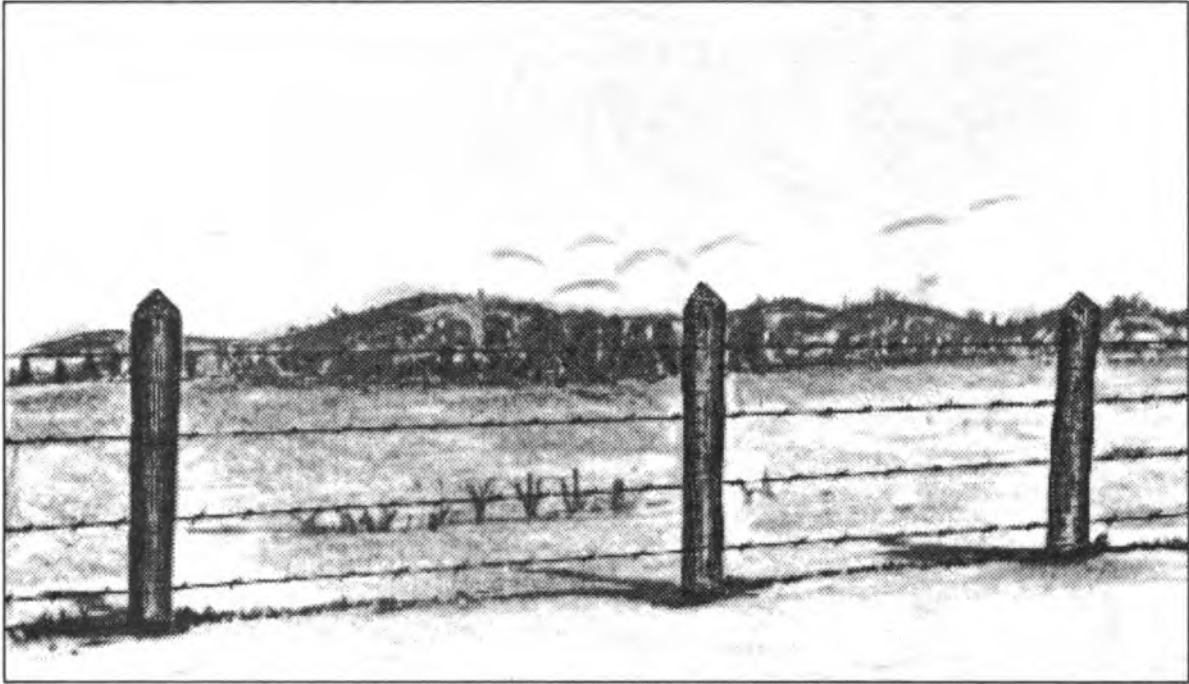
Establecimiento y manejo de la cerca viva

1. Selección de estacones para la siembra

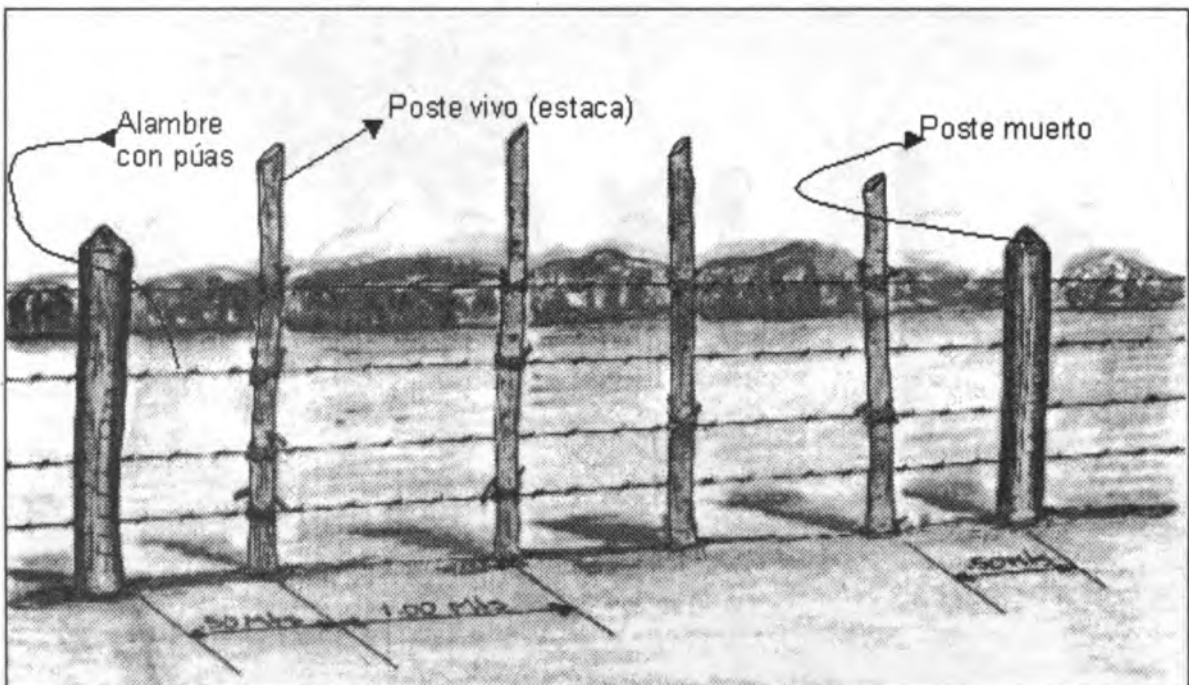


2. Establecimiento

a. Cerca tradicional.

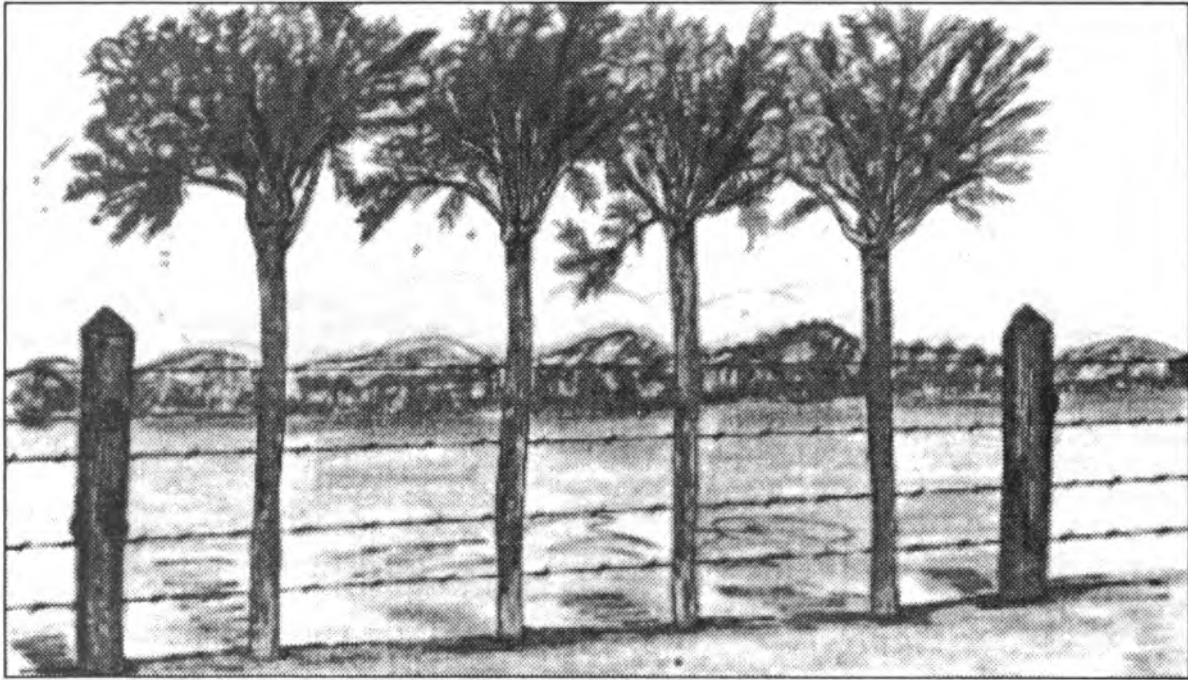


b. Incorporación de estacas para establecer la cerca viva.

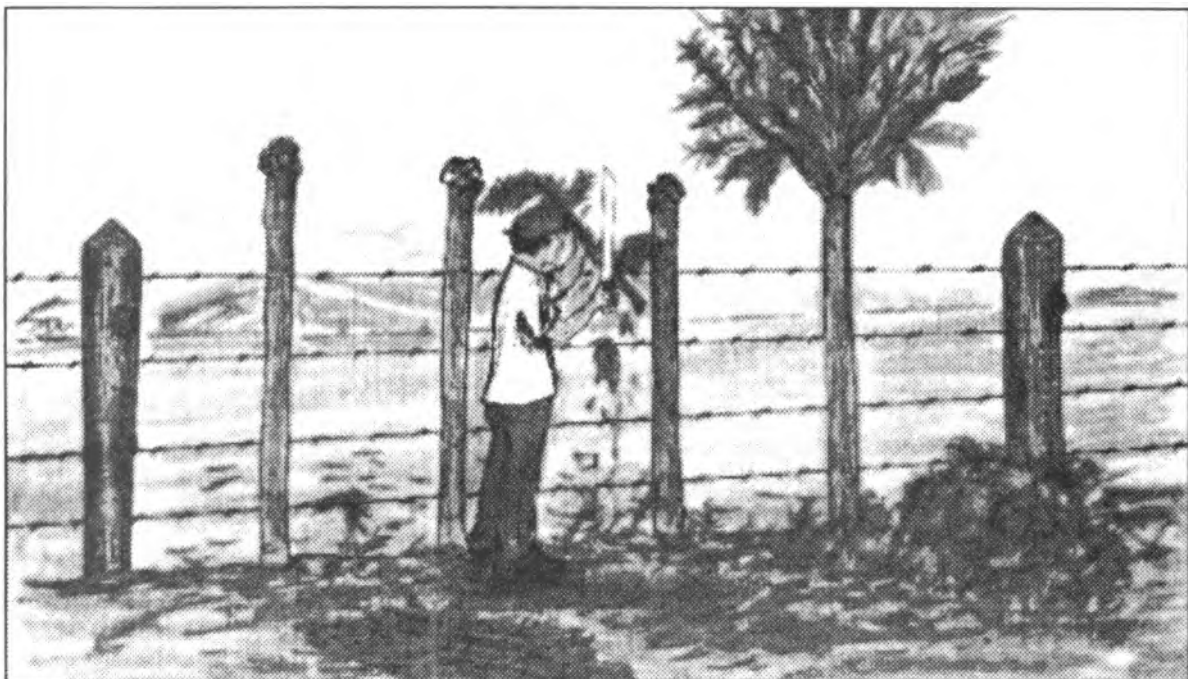


3. Podas de formación

a. Cerca viva de un año, donde se observa las estacas con los brotes.

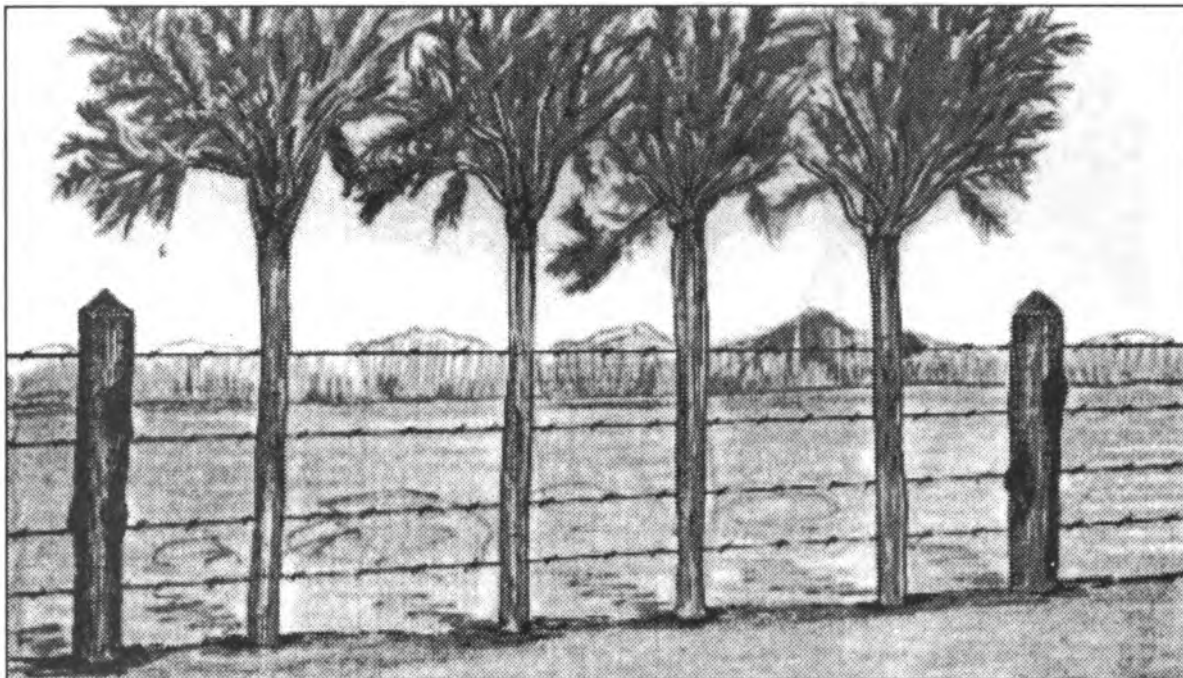


b. Poda rigurosa (100%), se obtiene leña y forraje.

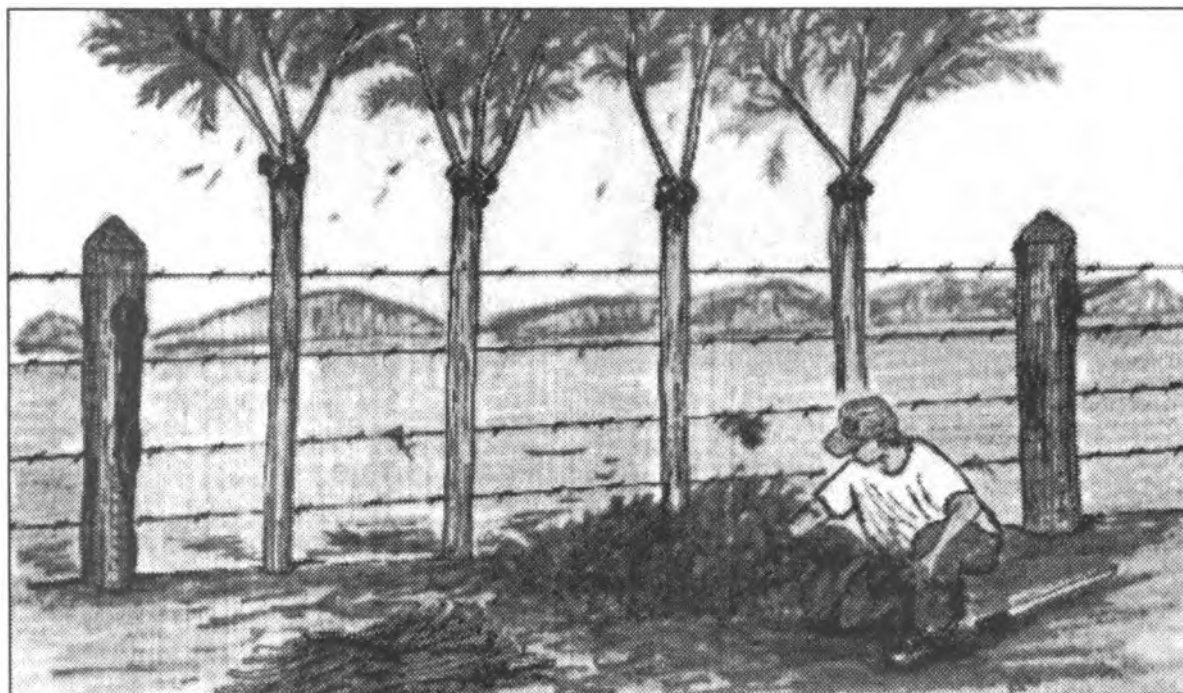


4. Podas selectivas

a. Aspecto general de una cerca viva de cinco años.



b. Aspecto general de la cerca, luego de practicada la poda selectiva: se dejó tres brotes por plantas. Producto obtenido: leña y forraje



5. Poda de producción



REFERENCIAS

- Akbar, G, M. Ahmad, S. R. y Babar, K.N. (1990) *Effects of trees on the yield of wheat crop*. Agroforestry Systems 11: 1-10.
- Altieri, M.A. y Letorneau, D.K. (1982) *Vegetation management and biological control in agroecosystems*. Crop Protection 1: 405-430.
- Andrade, H. J. (1999) *Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con Acacia mangium y Eucalyptus deglupta en el trópico húmedo*. Turrialba, Costa Rica, Tesis M.Sc., CATIE.
- Archaga, S. P. (1992) *Establecimiento y manejo de cercas vivas de Gliricidia sepium (madrecacao) en la zona sur de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras, COHDEFOR. 32 p.
- Baggio, A. J. (1982) *Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud, en Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica, Tesis M.Sc., CATIE-UCR. 91 p.
- Baldwin, C.S. (1988) *The influence of field windbreaks on vegetable and specialty crops*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 191-204.
- Baver, B.L. (1972) *Soil physics*. 4a. Ed. Wiley. New York, 498 p.
- Bazin, P (1991) *Overview of windbreaks and agroforestry concerns in Europe*. En Third international windbreaks and agroforestry symposium proceedings. Ridgetown, Canada. Pp 15-17.
- Beer, J. (1987) *Experiences with fence line fodder trees in Costa Rica and Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 117. p. 215-555.
- Beer, J. (1993) *Consideraciones básicas para el establecimiento de especies maderables en linderos*. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie Generación y Transferencia de tecnología No. 1.
- Beer, J., Lujan, R. y Vargas, A. (1997) *Establecimiento y manejo de linderos con árboles maderables*. En Vargas, A. (ed) Curso internacional de agroforestería tropical: resúmenes (en prensa). Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Beliard, C. A. (1984) *Producción de biomasa de Gliricidia sepium (Jacq) Steud en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda (3, 6 y 9 meses)*. Turrialba, Costa Rica, Tesis M.Sc., CATIE-UCR. 97 p.
- Bhimayana, C.P. (1976) *Shelterbelts-functions and uses*. En FAO Conservation Guide No. 3. Pp 17-28.
- Borgo, G. (1981) *Cortinas rompevientos*. Dirección de Recursos Naturales, Managua, Nicaragua. Ministerio de Agricultura. 24 p.
- Brenner, A.J., Van Den Beldt, R.J. y Jarvis, P.G. (1993) *Tree-crop interface competition in a semi-arid Sahelian windbreak*. En The Fourth International Symposium on Windbreaks and Agroforestry Proceedings (July 26-30, 1993). Hedeselskabet, Denmark. Pp. 15-23.
- Budowski, G. (1987) *Living fences in tropical America; a widespread agroforestry practice*. In: H. L. Gholz (ed.). Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Dordrecht, Holland, Martinus Nijhoff. p. 169-178.
- Burke, S.J. y Kellas, J.D. (1991) *Practical and productive integration of trees into agriculture in South-Eastern Australia*. Pp 82-83. En The third international windbreaks and agroforestry symposium proceedings (June 1991). Ridgetown, Ontario, Canada. Pp 82-83
- Casa, R., Scarascia-Mugnozza, G., Valentini, R. y Bimbi, R. (1993) *Effects of an Eucalyptus shelterbelt in Coastal Central Italy on the microclimate and energy budget of maize*. En The Fourth International Symposium on Windbreaks and Agroforestry Proceedings (July 26-30, 1993). Hedeselskabet, Denmark. Pp 53-57.
- CATIE, 1983. *Investigación aplicada en sistemas de producción de leche: informe técnico final del proyecto CATIE-BID, 1979-1993*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Chepil, W.S. (1945) *Dynamics of wind erosion: III. The transport capacity of the wind*. Soil Science 60: 475-480.
- DeWalle, D.R. y Heisler, G.M. (1988) *Use of windbreaks for home energy conservation*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 243-260.
- Dix, M.E. y Leatherman, D. (1988) *Insect management in windbreaks*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 513.
- Divney, T.K. (1988) *Estado del proyecto tapaviento hasta el final del año 1987*. San José, Costa Rica. SENARA. Informe de Avance.

- Dourojeanni, A. (1975) *Control de la erosión*. Apuntes de Clase. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina.
- Dronen, S.I. (1988) *Layout and design criteria for livestock windbreaks*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 231-240.
- FAO (1984) *Directrices para el control de la degradación de suelos*. Roma, Italia. FAO.
- Fassbender, H.W (1993) *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Faustino, M.J. (1986) *Conservación de suelos y aguas*: Apuntes de Clase. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Galloway, G. (1986) *Guía sobre la repoblación forestal en la sierra Ecuatoriana*. Proyecto DINAFAID. Ecuador. Pp 163-177.
- Galloway, G. (1987) *Criterios y estrategias para el manejo de plantaciones forestales en la sierra Ecuatoriana*. Proyecto DINAFAID. Ecuador.
- Galloway, G. y Beer, J. (1997) *Oportunidades para fomentar la silvicultura en cañetales en América Central*. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie Generación y Transferencia de Tecnología No. 23/STIT No. 285/CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ.
- Gonzalez, J. L. y Camacho, A. (1995) *Linderos maderables*. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza/CATIE No. 31. 28p.
- Grace, J. (1988) *Plant response to wind*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 71-88.
- Griffith, K. D. C. Peck, y J. Stuckey. 2000. Agriculture in Monteverde. In Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest. N. Nadkairni y N. T. Wheelwright (eds.), Oxford University Press, New York. pp. 389-417.
- Harvey, C.A. 1999. The colonization of agricultural windbreaks by forest trees in Costa Rica: implications for forest regeneration. Ph.D. thesis, Cornell University, Ithaca, New York.
- Harvey, C. A. and W. A. Haber. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. Agroforestry Systems.
- Hernández, M. J. (1988) *Efecto de las podas al final de la época lluviosa en cercas vivas de piñon cubano (Gliricidia sepium) sobre la producción y calidad nutritiva de la biomasa en época seca*. Turrialba, Costa Rica, Tesis M.Sc. CATIE. 106 p.
- Hudson, N.W. (1957) *The design of field experiments on soil erosion*. Journal of Agricultural Engineering Research 2 (1): 56-65.
- Hudson, N.W. (1982) *Conservación de suelos*. España, Reverté.
- Johnson, R.J. y Beck, M.M. (1988) *Influences of shelterbelts on wildlife management and biology*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 301-336.
- Kapp, G., Beer J. y Lujan, R. (1997) *Timber tree planting trials on farm boundaries in the Atlantic Lowlands of Costa Rica and Panama*. Agroforestry Systems 35:139-154.
- Khybri, M.L., Gupta, R.K., Ram S. y Tomar, H.P.S. (1992) *Crop yields of rice and wheat grown in rotation as intercrops with three tree species in the outer hills of Western Himalaya*. Agroforestry Systems 17: 193-204.
- Kirby, M. y Morgan, R. (1984) *La erosión del suelo*. México, Limusa. 375 p.
- Kuhli, R.K. y Singh, S. (1990) *Allelopathic impact of Eucalyptus shelterbelt on the summer season crops*. En The third international windbreaks and agroforestry symposium proceedings (June 1991). Ridgetown, Ontario, Canada. Pp 135-136.
- Kort, J. (1988) *Benefits of windbreaks to field and forage crops*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 165-190.
- Low, F. y Paulet, M. (1967) *Conservación de suelos*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 180 p.
- Lujan, L. (ed) (1990) *Memorias: Seminario Regional de Agroforestería*. Ecuador. 279 p.
- Lujan, R. y Camacho, A. (1994) *Manejo y crecimiento de linderos: resultados de ensayos del proyecto agroforestal CATIE/GTZ, de tres especies maderables en la zona de Talamanca, Costa Rica*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 224. 93 p.
- Lujan, R., Beer, J. y Kapp, G. (1996) *Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el valle de Sixaola, Talamanca, Costa Rica*. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico No. 241. 73 p.
- Lujan, R., Beer, J. y Kapp, G. (1997) *Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el distrito de Changuinola, Panamá*. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico No. 242. 41 p.

- Lyles, L. (1988) *Basic wind erosion processes*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 91-102.
- McNaughton, K.G. (1988) *Effects of windbreaks over turbulent transport and microclimate*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 17-39.
- Montagnini, F. 1986. *Sistemas Agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Nair, P.K.R (1993) *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, Países Bajos. Kluwer Academic Publishers. 499 p.
- Nicholas, I.D. (1988) *Plantings in tropical and subtropical areas*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 465-482.
- Nielson, K. y D. DeRosier. 2000. Windbreaks as corridors for birds. *In* Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest. N. Nadkairni y N. T. Wheelwright (eds.), Oxford University Press, New York p. 448-449.
- Norton, R. L. (1988) *Windbreaks: benefits to orchard and vineyard crops*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 205-214.
- Oboho, E.G. y Nwoboshi, L.C. (1991) *Windbreaks: how well do they work?* Agroforestry Today 3(1): 15-16.
- Otárola, A.; Sequeira, A. (1997) *Cercas vivas*. Managua, Nicaragua. INTA. Guía Tecnológica No. 12. 15p.
- Otárola, A.; Torres, M.J. 1994. Las cercas vivas de madero negro (*Gliricidia sepium*). CATIE. Serie técnica, Manual técnico No. 8. 60p.
- Padilla, S (1995) *Manejo agroforestal Andino*. Quito Ecuador, Proyecto FAO-Holanda DFPA. Quito Ecuador. 262 p.
- Pasek, J.E. (1988) *Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 539-554.
- Paulet, M. (1973) *Control de la erosión: Apuntes de clase*. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 65 p.
- Peterson, G.W. (1988) *Disease management in windbreaks*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 501-512.
- Picado, W.; Salazar, R. (1984) *Producción de biomasa y leña en cercas vivas de Gliricidia sepium (Jacq) Steud de dos años de edad en Costa Rica*. Silvoenergía (Costa Rica) 1:1-4.
- Proyecto FAO-Holanda DFPA (1995) *Prácticas agroforestales: metodologías y estudios de caso*. Serie Validaciones Proyecto FAO-Holanda DFPA. Quito, Ecuador. 182 p.
- Proyecto IDA-FAO-Holanda (s.f.) *La cortina rompeviento*. Proyecto IDA-FAO-Holanda, San José, Costa Rica. 16 p.
- Proyecto PRODAF/GTZ (s.f.) *Cortina tapaviento*. Proyecto PRODAF/GTZ, Costa Rica. 12 p.
- Sauer, J. D. (1979) *Living fences in Costa Rican agriculture*. Turrialba 29 (4): 225-261.
- Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas (1989) *Manual de conservación de suelos*. (Documento preliminar). San José, Costa Rica. 198 p.
- Sharma, K.K. (1992) *Wheat cultivation in association with Acacia nilotica (L.) Willd ex.Del. field bund plantation-a case study*. Agroforestry Systems 17: 43-51.
- Shelton, H.M., Humphreys L.R. y Batello, C. (1987) *Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospects*. Tropical Grasslands 21: 159-168.
- Somarriba, E. (1997) *Definición: ¿Qué es Agroforestería?*. En Vargas, A. (ed) Curso internacional de agroforestería tropical: resúmenes (en prensa). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Torres, E. (1984) *Manual de conservación de suelos agrícolas*. México, México. 175 p.
- Torres, F. (1987) *Role of woody perennials in animal agroforestry*. En Zulberti, E. (ed) Professional education in agroforestry. ICRAF. Nairobi, Kenya. Pp 266-316.
- Van Ijssel, W.J. (comp.) (1995) *Estudio comparativo de cuatro especies forestales: requerimientos ecológicos para plantaciones forestales en Guanacaste, Costa Rica*. Proyecto Forestal Chorotega IDA-FAO-Holanda. Liberia, Costa Rica. 92 p.
- Von Platen H; Trejos, S. (1994). *Costos de establecimiento y mantenimiento de linderos*. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico No. 219. 35 p.

- Wright, B. (1988) *Farmstead windbreaks*. Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23: 261-280.
- Wright, B.C. y Townsend, L. R. (1995) *Windbreak systems in the United States*. En *Agroforestry and sustainable systems: symposium proceedings* (August 7-10, 1994). USDA Forest Service. General Technical Report RMM-GTR-261. Washington, E. U. Pp 37-42
- Yin, R y He, Q. (1997) *The spatial and temporal effects of paulownia intercropping: the case of Northern China*. Agroforestry Systems 37:91-109.
- Young, A (1989) *Agroforestry for soil conservation*. Oxon, Reino Unido. CAB International. 276 p.