

Universidad Nacional Agraria



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
SISTEMAS AGROFORESTALES
SISTEMAS AGROFORESTALES



Dra. Marcia Mendieta López
Ing. M.Sc. Lester Raúl Rocha Molina



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

SISTEMAS AGROFORESTALES

SISTEMAS AGROFORESTALES



Dra. Marcia Mendieta López
Ing. M.Sc. Lester Raúl Rocha Molina

Managua, Nicaragua
Abril, 2007

INDICE

	Página:
INTRODUCCION	3
CAPÍTULO I: DEFINICIÓN, PERSPECTIVAS Y POTENCIALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	4
1.1 Sistema Agropecuario	
1.2 Concepto de Agroforestería	
1.3 Historia de la Agroforestería	
1.3.1 Historia de la Agroforestería en América Central	
1.3.2 La Agroforestería en Nicaragua	
1.4 Importancia de la Agroforestería para la seguridad ecológica y nutricional	
1.5 La función de la Agroforestería	
1.6 Perspectivas para los agricultores	
1.7 Usuarios Múltiples	
1.8 La Agroforestería como un sistema de uso sostenible del suelo para ecosistemas frágiles del trópico húmedo.	
1.8.1 Fragilidad de los ecosistemas tropicales	
1.8.2 Estrategias para el mantenimiento de la productividad	
1.8.3 Flujo de nutrientes en los ecosistemas	
1.8.4 Algunas propuestas para minimizar la pérdida de nutrientes	
1.8.5 Algunas medidas para maximizar el ingreso de nutrientes	
1.9 Sistemas Agroforestales (SAF)	
1.10 Productividad del suelo y sostenibilidad en Sistemas Agroforestales	
1.10.1 Efectos negativos de los árboles en los suelos	
1.11 Árboles fijadores de nitrógeno en los sistemas agroforestales	
1.12 Contribución de la Agroforestería en el Manejo de Cuencas Hidrográficas	
1.13 Principales beneficios y costos en Agroforestería	
1.14 Posibles ventajas de los sistemas agroforestales y disponibilidad de información para evaluarlas.	
1.15 Posibles ventajas y desventajas biofísicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo (CATIE, 2001).	
1.16 Ventajas y limitantes socioeconómicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo (CATIE, 2001).	
CAPÍTULO II. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES...	30
2.1 Sistemas Agrosilviculturales (cultivos + especies leñosas)	
2.1.1 Agricultura migratoria con manejo del barbecho	
2.1.2 Cultivo en Plantaciones Forestales y Sistema Taungya	
2.1.3 Árboles para sombra de cultivos	
2.1.4 Árboles en parcelas de cultivos: cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en linderos, árboles dispersos.	
2.1.4.1 Cercas vivas	
2.1.4.2 Cortinas rompevientos	
2.1.4.3 Linderos maderables	
2.1.5 Leñosas como soportes vivos	

- 2.1.6 Huertos caseros
- 2.1.7 Cultivo en callejones
- 2.2 Sistemas silvopastoriles
 - 2.2.4.1 Árboles o arbustos dispersos en potreros
 - 2.2.4.2 Pastoreo en plantaciones forestales y frutales
 - 2.2.4.3 Bancos forrajeros o Bancos de proteína
 - 2.2.4.4 Pastura en callejones

2.3 Sistemas agroforestales especiales

CAPÍTULO III. PLANEAMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES 79

- 3.1 Pasos de una caracterización
- 3.2 Técnicas para recolectar los datos: el uso de fuentes de información
- 3.3 Técnicas para recolectar la información: conversaciones informales, observaciones, entrevistas y cuestionarios
 - 3.3.1 Muestreo
 - 3.3.2 La conversación informal
 - 3.3.3 La entrevista y el cuestionario
 - 3.3.4 Las observaciones de campo
- 3.4 Análisis de la información recopilada
 - 3.4.1 Cómo organizar y presentar la información recolectada
 - 3.4.2 Cómo analizar los datos para detectar problemas y necesidades prioritarias
 - 3.4.3 ¿Cómo se interpreta la información para determinar factores limitantes?
 - 3.4.4 ¿Cómo se definen los objetivos prioritarios de la intervención?
 - 3.4.5 ¿Cómo se determina el posible papel de los sistemas agroforestales?

CAPÍTULO IV. MANEJO Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES 90

- 4.1 ¿Cómo buscar el sistema agroforestal más adecuado?
 - 4.1.1 Criterios de aceptabilidad
 - 4.1.2 ¿Cómo seleccionar las especies?
 - 4.1.3 ¿Cómo diseñar el sistema agroforestal?
- 4.2 Manejo de los componentes
- 4.3 Manejo de suelos en sistemas agroforestales
- 4.4 Manejo de plagas en sistemas agroforestales
- 4.5 Manejo de sistemas agroforestales secuenciales
- 4.6 Manejo de sistemas agroforestales simultáneos
- 4.7 Huertos caseros mixtos
- 4.8 Sistemas agrosilvopastoriles
- 4.9 Manejo de cercas vivas
- 4.10 Manejo de cortinas rompevientos
- 4.11 Elaboración de un plan de manejo
- 4.12 Evaluación de sistemas agroforestales

LITERATURA CONSULTADA 104

INTRODUCCION

La presente obra está dirigida a los estudiantes de programas académicos (grado y posgrado), cuyos planes de estudio incluyen la asignatura de Sistemas Agroforestales o Agroforestería.

Este libro fue elaborado con base en información secundaria proveniente de expertos agroforestales y en la experiencia de los autores. Además de conceptos, se presentan resultados de investigaciones realizadas en diferentes países relacionadas con diversos aspectos de los Sistemas Agroforestales.

El libro ha sido desarrollado en cuatro capítulos: **I. Definición, Perspectivas y Potencialidad de los Sistemas Agroforestales**, **II. Clasificación de los Sistemas Agroforestales**, **III. Planeamiento de los Sistemas Agroforestales**, y **IV: Manejo y Evaluación de los Sistemas Agroforestales**. Finalmente se presenta información sobre 80 sitios Web que cubren todos los aspectos de la ciencia y de la práctica de la Agroforestería, seguida por 50 definiciones del término Agroforestería y un listado de las especies leñosas para el mejoramiento del suelo.

Al final de cada capítulo se presenta un listado de preguntas de comprobación para inducir a los estudiantes a reflexionar y poder aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones prácticas que requieran la solución de un problema relacionado con los Sistemas Agroforestales.

Agradecemos a nuestros estudiantes de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) por colaborar con intercambio de información (conocimientos y experiencias), material fotográfico y sugerencias para la elaboración de este libro. Un agradecimiento especial a los agricultores por haber compartido sus experiencias en el manejo de Sistemas Agroforestales, aprendizaje muy valioso para nosotros y para nuestros estudiantes.

Invitamos a nuestros colegas y a los estudiantes al uso de este material, porque es un recurso didáctico valioso para mejorar la eficiencia, efectividad y calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que nos permitirá adquirir conocimientos y desarrollar destrezas y habilidades para abordar con éxito los conflictos del sector agropecuario del país a través de la promoción, adopción y manejo adecuado de sistemas sostenibles de uso de la tierra, tales como los Agroforestales.

CAPÍTULO I. DEFINICIÓN, PERSPECTIVAS Y POTENCIALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

1.1 Sistema Agropecuario

Un sistema es un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo.

Es aquel sistema cuyos componentes incluyen poblaciones de plantas cultivadas y animales. Tiene características estructurales y funcionales. **Estructuralmente** es un **diseño físico de cultivos y animales en el espacio o a través del tiempo**; **físicamente** es una **unidad que procesa ingresos** tales como radiación solar, agua, nutrimentos, y produce egresos tales como alimentos, leña, fibras, etc.

Un **sistema agropecuario** es la entidad organizada con el propósito de usar recursos naturales para obtener productos y beneficios agrícolas, forestales o animales.

1.2 Concepto de Agroforestería

La **Agroforestería** implica una serie de técnicas que incluyen la combinación, simultánea o secuencial, de árboles y cultivos alimenticios, árboles y ganado (árboles en los pastizales o para forraje), o todos los tres elementos. La Agroforestería incluye un conjunto de prácticas que implican una combinación de prácticas agropecuarias que se realizan en el mismo lugar y al mismo tiempo (prácticas simultáneas), o aquellas desarrolladas en el mismo sitio pero en épocas diferentes (prácticas secuenciales). El “sitio” puede ser tan pequeño como un simple jardín o una parcela cultivada, o tan extenso como un área de pastizal.

Algunos identifican a la **Agroforestería**, como una práctica específica o como un conjunto de prácticas; por ejemplo, cultivos establecidos entre hileras de árboles para mejorar la fertilidad del suelo, o una variedad de especies establecidas en un huerto casero.

Sí la **Agroforestería** contribuye a solucionar las necesidades de la población rural, es importante considerarla, más que como un arreglo específico de plantas o una combinación particular de especies, como **una alternativa para el uso de la tierra**.

Así, según Somarriba (2001, Comunicación personal) Agroforestería es una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen cinco condiciones fundamentales:

- 1) cultivo múltiple
- 2) con al menos dos especies
- 3) al menos una especie leñosa perenne
- 4) las especies interactúan biológicamente
- 5) al menos dos especies manejadas

1.3 Historia de la Agroforestería

En todo el mundo, en un período o en otro de la historia, se ha practicado el cultivo de especies arbóreas y cultivos agrícolas en una combinación estrecha. Fue una costumbre general en Europa, al menos durante la Edad Media, eliminar los árboles de los bosques, cortándolos y quemándolos, para establecer cultivos alimenticios durante varios períodos en las áreas clareadas, y plantaban especies arbóreas antes, durante o después de haber sembrado los cultivos agrícolas.

Este “sistema de finca”, por supuesto, no es muy común en toda Europa. Pero fue ampliamente difundido en Finlandia durante el siglo pasado, y se comenzó a practicar en algunas áreas de Alemania a finales de los años 20.

En América Tropical, muchas sociedades tienen condiciones forestales simuladas en sus fincas para obtener los efectos benéficos de la estructura del bosque. Por ejemplo, los agricultores en América Central reproducen la estructura y la diversidad de especies en los bosques tropicales mediante el establecimiento de una gran variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento. En parcelas de no más de un décimo de hectárea, en promedio, se establecen de diferentes maneras, dos docenas de especies de plantas en cada una, correspondiendo a la configuración estratificada de los bosques tropicales: cocotero o papaya establecidos junto con un estrato más bajo de bananos o cítricos, más un estrato arbustivo de café o cacao, cultivo anuales altos o bajos, tales como maíz, y finalmente una extensión de tierra cubierta de plantas tales como el ayote.

En Asia, en las Filipinas, practicaban un sofisticado tipo de agricultura migratoria. En las áreas forestales taladas para uso agrícola, ellos dejaban, deliberadamente, ciertos árboles, los cuales, al final de la estación de crecimiento del arroz, podían “proporcionar un dosel parcial de follaje nuevo” para prevenir una exposición al sol excesiva, al mismo tiempo para conservar la humedad, la cual es más importante que la luz del sol para la maduración del grano. Además los árboles fueron una parte indispensable de los sistemas de fincas y fueron plantados o conservados en los bosques originales para proporcionar alimentos, medicina, madera para construcción y cosméticos, además de sus servicios protectivos.

La situación fue un poco diferente en África. En el sur de Nigeria, la batata, el maíz y frijoles, tradicionalmente crecían bajo una cobertura de árboles dispersos (Forde, 1937). En Zambia, además de los cultivos básicos, habían numerosos cultivos secundarios que crecían asociados con especies arbóreas (Anon, 1938). También en otros lugares de Nigeria se practicaba un sistema de cultivo intensivo en donde se mezclaban plantas herbáceas, arbustos y árboles, esto permitía un aprovechamiento máximo del espacio de tierra. También esta práctica era útil para combatir la erosión y mantener la fertilidad del suelo.

Lo más importante es que este sistema, actualmente conocido como Agroforestería, persigue la producción de alimentos. Los árboles son un componente integral de los sistemas de finca. Ellos son establecidos en las áreas de cultivo como un soporte para la agricultura. **El objetivo final de estos sistemas no es la producción forestal, sino la producción de alimentos.**

Sin embargo a finales del siglo diecinueve, el establecimiento de plantaciones forestales ha sido la práctica principal mientras que la Agroforestería ha sido utilizada como un sistema de manejo del suelo.

Actualmente, la Agroforestería está siendo utilizada como un sistema de uso de la tierra, particularmente para pequeños agricultores. Hoy día el potencial de la Agroforestería para la conservación de los suelos es generalmente aceptado.

Indudablemente, la Agroforestería es reconocida como un sistema productivo, tanto de madera como de alimentos, al mismo tiempo que conserva y rehabilita los ecosistemas.

1.3.1 Historia de la Agroforestería en América Central

En América Central no se han llevado a cabo investigaciones sistemáticas en Agroforestería. Sin embargo, varias técnicas de mezclas de árboles con cultivos alimenticios fueron bien conocidas por los indios precolombinos, particularmente la práctica de agricultura migratoria, los huertos caseros, la mezcla de árboles y cultivos a lo largo de zanjas. Combinaciones tales como pinos fuertemente podados asociados con cultivos alimenticios, y árboles de sombra en campos de cacao (*Theobroma cacao*), también han sido reportadas. Pero muchas de estas combinaciones todavía no están bien documentadas.

Los primeros documentos sobre Agroforestería en América Central posiblemente fueron los de Cook (1901) quien reconoció varios efectos benéficos de los árboles de sombra, particularmente leguminosos, en plantaciones de cafeto (por ejemplo, las propiedades de fijación de nitrógeno atmosférico y el aporte de materia orgánica). Holdridge (1951) describió una década de la práctica antigua de *Alnus acuminata* (Jaúl) en pastizales en las tierras altas de Costa Rica. Este tipo de sistemas de uso de la tierra, fue también descrito por Budowski (1957), quien reportó el éxito de *Cupressus lusitanica* (Ciprés) como rompeviento, en las tierras altas de regiones lecheras, también *Cordia alliodora* (Laurel) en pastizales en tierras bajas húmedas, ambos en Costa Rica.

Otros autores que realizaron estudios en sistemas agroforestales fueron Pérez (1954), manejo del laurel en pastos y Budowski (1959), inclusión de *Cordia alliodora* (Laurel) como especie de sombra para café.

Para el sistema **Taungya**, Budowski (1956) preparó una revisión de literatura para América Tropical, la cual incluye trabajos preliminares en las Honduras Británicas, hoy Belice. González de Moya (1955) y Aguirre (1963) reportaron resultados promisorios en el manejo de bosques secundarios derivados de una plantación de café abandonada. Las cercas vivas en Costa Rica fueron, probablemente, inicialmente descritas por Lozano (1962), un estudiante del CATIE, y las ideas formales de investigación en este tema fueron sugeridas más tarde por Budowski y Sauer (1979).

En América Central, como en otras partes del mundo, la Agroforestería es una práctica muy antigua, pero en la literatura es conocida con ese nombre desde mediados de los años setenta.

El equivalente en español del término “agro-silvo-pastoral systems” aparece primero en 1976 en el CATIE como parte de uno de los tres programas dentro del Departamento de Recursos Naturales Renovables. A inicios de 1977, el Centro Internacional de Desarrollo e Investigación (IDRC) y el CATIE, y otros programas consideraron la creación del ICRAFT; además sugirieron una serie de líneas de investigación, tales como asociaciones de árboles con cultivos alimenticios, taungya, postes para cercas vivas, árboles de sombra en café y cacao, árboles maderables fijadores de nitrógeno en

pasturas, uso de árboles para forraje de ganado vacuno, así como fajas de árboles alternando con cultivos o con pasturas.

1.3.2 La Agroforestería en Nicaragua

En Nicaragua, al igual que en América Central, los sistemas agroforestales han existido desde tiempos precolombinos. Estos surgen de la combinación del uso de los recursos naturales, la práctica de la agricultura y el manejo de animales menores tales como aves y pequeños mamíferos. Gran parte de estos sistemas de equilibrio natural han dejado de existir, modificándose y reflejando otra forma de vida.

Gran parte de los sistemas agroforestales en el país se utilizan de forma tradicional y se han desarrollado de acuerdo a los recursos que posee el agricultor. Algunos de éstos son el cultivo de café y cacao bajo sombra, cortinas rompeviento, cercas vivas y árboles en potreros, practicándose éstos por lo general sin ningún manejo. En Nicaragua la investigación en Agroforestería se inició en los años 80 con la instalación de cortinas rompeviento en los Departamentos de León y Managua, y con el establecimiento de ensayos silvopastoriles en los Departamentos de Matagalpa y Jinotega. Nicaragua se encuentra en la fase investigativa de evaluación de componentes agroforestales, reconocimiento y caracterización de sistemas agroforestales.

A continuación se presentan algunos aspectos de importancia resultados de la **investigación** en Sistemas Agroforestales en Nicaragua.

- En el pacífico de Nicaragua en zonas de vida de bosque seco tropical y bosque húmedo tropical, es donde se han realizado el mayor número de investigaciones en sistemas agroforestales.
- Los sistemas agroforestales que ha sido más investigados son: Taungya, silvopastoriles, cultivo en callejones, y café y cacao con sombra. El que menos se ha investigado es el de cercas vivas, a pesar de ser uno de los más transferidos en el pacífico del país.
- Las especies arbóreas más investigadas en sistemas agroforestales son madero negro (*Gliricidia sepium*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), mango (*Mangifera indica*), aguacate (*Persea americana*), caoba (*Swietenia humilis*), guaba (*Inga spp.*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y guarumo (*Cecropia peltata*).
- Los sistemas agroforestales más transferidos son cultivo en callejones, cercas vivas y barreras vivas.
- Las especies más transferidas en sistemas agroforestales son *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y variedades de eucalipto (*Eucalyptus spp.*).
- Las variables biofísicas son las más frecuentemente evaluadas, sobresaliendo crecimiento (diámetro y altura de los árboles), rendimiento de los cultivos y sobrevivencia de las especies.
- Los sistemas agroforestales donde es más común encontrar especies arbóreas son café y cacao con sombra, cercas vivas y huertos caseros.
- El financiamiento es una de las limitantes de mayor peso en el desarrollo de las investigaciones en sistemas agroforestales.
- La baja adopción de técnicas agroforestales está limitada por la falta de difusión y transferencia de los resultados de investigación.

Inventario de proyectos agroforestales desarrollados en Nicaragua

Nombre del Programa o Proyecto	Institución-Organismo Responsable	Inicia	Termina	Ubicación geográfica
Reserva de Biosfera Bosawás	MARENA	1991	2000	Norte del País y la Región Autónoma Atlántico Norte.
Reactivación de la Economía Comunal Campesina de la Cruz de Río Grande	FADCANIC	1999	2000	La Cruz de Río Grande, Bluefields
Aplicación de Sistemas Productivos para el Mejoramiento de Fincas en la Cuenca del Lago de Managua	FUNCOD	1997	2001	Cuenca norte y sur del Lago de Managua
Estabilización de la Seguridad Alimentaria con Sistemas Agrícolas Rentables	CENADE	1998	2000	Moriito, Río San Juan
Proyecto de Rehabilitación Ambiental y Productiva de la Cuenca Norte del Río Estelí Sub - cuenca Tular - Sirena, Estelí	MOPAFMA	1999	2000	Cuenca norte del Río Estelí, Sub - cuenca Tular - Sirena, Estela
Agroforestal y Parque Nacional Memorial Volcán Casitas	FORESTAN	1999	2001	Posoltega, León y Chinandega
Apoyo de la Caficultura para Pequeños Productores de Café afectados por el Mitch en Dipilto	UCAFE R.L	2000	2001	Dipilto, Nueva Segovia
Recuperación Socio - Ambiental de la cuenca Río Estelí, Sub - cuenca Río Pueblo Nuevo	Polos de Desarrollo La Asunción	2000	2001	Pueblo Nuevo, Estela
Café - Ecoforestal en la Cuenca del Río Dipilto, Nueva Segovia	Polos de Desarrollo La Asunción	2000	2001	Dipilto, Nueva Segovia
Recuperación y Manejo de los Recursos Naturales del Río Jicaró, Nueva Segovia	APRODESA	2000	2002	Jicaró, Nueva Segovia
Manejo y Recuperación de los Recursos Naturales de Nueve Comunidades del Municipio de Pueblo Nuevo, Estelí	APRODESA	2000	2002	Pueblo Nuevo, Estela
Recuperación y Manejo de los Recursos Naturales en la Cuenca del Río Jicaró, Nueva Segovia	APRODESA	2000	2000	Jicaró, Nueva Segovia
Manejo y Recuperación de los Recursos Naturales: Suelo, Agua y Bosque en Cinco Comunidades de Pueblo Nuevo, Estelí	APRODESA	1998	2002	Pueblo Nuevo, Estela
Apoyo a Pequeños Productores de la Cuenca del Río Dipilto y Cuenca de Río Jicaró en Nueva Segovia	UNAG	1998	2000	Dipilto, San Fernando y Jicaró, Nueva Segovia
Agroforestal El Chorro	SELVA	1999	2001	Península de Cosigüina, Comunidades El Chorro, Los Laureles, El Jicarito, Chinandega
Programa de Reconversión y Diversificación Productivo Marañón	ADAL	Indefinido	Indefinido	Malpaisillo, La Ceiba y Chacaraseca, León
Inversiones en Fincas Privadas I	CECOFOR	1998	2000	Jalapa, Nueva Segovia
Inversiones en Fincas Privadas II	CECOFOR	2000	2001	Jalapa, Nueva Segovia

Fuente: Modificado de FAO (2004).

Sistemas Agroforestales practicados en las cuatro zonas climáticas de Nicaragua.

Sistemas	Zona con clima de sabana tropical	Zona con clima de sabana tropical de altura	Zona de clima monzónico tropical	Zona con clima de selva tropical
Cercas vivas	<i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Bursera simarouba</i> <i>Cassia grandis</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Cordia dentata</i> <i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Bursera simarouba</i> <i>Clusia rosea</i> <i>Cupresus</i> spp. <i>Erythrina berteroa</i> <i>Erythrina fusca</i>		<i>Cassia simea</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Pithecellobium saman</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Tectona grandis</i>
Huertos caseros	<i>Albizia guachapele</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Andira inermis</i> <i>Annona</i> spp. <i>Bixa orellana</i> <i>Brosimum terrabanum</i> <i>Bursera simarouba</i> <i>Byrsonima crassifolia</i> <i>Capsicum</i> spp. <i>Carica papaya</i>		<i>Bixa orellana</i> <i>Capsicum</i> spp. <i>Carica papaya</i> <i>Citrus</i> spp. <i>Cocos nucifera</i> <i>Mangifera indica</i> <i>Musa</i> spp. <i>Persea americana</i> <i>Spondias</i> spp. <i>Sechium edule</i>	<i>Anacardium occidentale</i> <i>Ananas comosus</i> <i>Artocarpus communis</i> <i>Averrhoa bilimbi</i> <i>Bactris gasipaes</i> <i>Bixa orellana</i> <i>Colocarpum mammosa</i> <i>Capsicum</i> spp. <i>Carica papaya</i>
Café con sombra	<i>Albizia guachapele</i> <i>Cajanus cajan</i> <i>Cecropia peltata</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Ceiba pentandra</i> <i>Citrus</i> spp	<i>Cedrela odorata</i> <i>Ceiba aesculifolia</i> <i>Citrus</i> spp. <i>Cordia alliodora</i> , <i>Gliricidia sepium</i>		
Cacao con sombra			<i>Artocarpus communi</i> <i>Bactris gasipae</i> <i>Calophyllum brasiliense</i> <i>Carapa nicaragüensis</i> <i>Citrus</i> spp.	
Árboles frutales asociados con cultivos	<i>Carica papaya</i> <i>Citrus</i> spp. <i>Mangifera indica</i> <i>Musa</i> spp. <i>Persea americana</i>			
Sistema agrosilvo-pastoriles (árboles en potreros o árboles con pastos)	<i>Cajanus cajan</i> <i>Crescentia alata</i> <i>Diphysa robinoides</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Erythrina glauca</i>	<i>Albizia caribaea</i> <i>Albizia lebbek</i> <i>Caesalpinia vesicaria</i> <i>Cordia alliodora</i>	<i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Ceiba pentandra</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Bombacopsis quinatum</i> <i>Carapa nicaragüensis</i> <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Cordia alliodora</i>
Cortinas rompevientos	<i>Cassia siamea</i> <i>Cupressus lusitanica</i> <i>Eucalyptus camaldulensis</i> <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Melia azedarach</i>			

Fuente: Modificado de FAO (2004).

1.4 Importancia de la Agroforestería para la seguridad ecológica y nutricional

Desde inicios de la civilización, el sostenimiento de la seguridad alimentaria ha sido la meta principal. La Organización Mundial para la Alimentación (FAO) define seguridad alimentaria como: “el acceso físico y económico al alimento por toda la gente y en todo tiempo”. Algunos autores consideran necesario ampliar este concepto para cubrir todos los aspectos del balance nutricional, como por ejemplo, el saneamiento de las aguas potables, de manera que todos los seres humanos tengan la oportunidad de expresar completamente su potencial genético innato para su desarrollo físico y mental. También se ha señalado que el alimento perdurable y la seguridad alimentaria pueden ser establecidos únicamente sobre la base de la seguridad ecológica.

Gracias a las nuevas tecnologías con énfasis en el mejoramiento genético de los cultivos que respondan al riego y a un manejo adecuado del recurso suelo, muchos países en desarrollo (tropicales y subtropicales) de Asia y América Latina tienen un buen progreso en la producción de alimentos desde los años sesenta. Muchos países tradicionalmente con déficit alimentario o importadores de alimento han llegado a ser autosuficientes e incluso han tenido excedentes. Lo que ha sido más significativo es que el aumento de la producción de alimentos es producto del aumento en la tasa de productividad de las áreas cultivadas. Para la mayoría de los países en desarrollo, particularmente para aquellos del sur y del sureste de Asia en donde la población es abundante y las tierras pobres, esto ha significado un avance importante. Actualmente las reservas mundiales de granos han aumentado en más de 450 millones de toneladas.

A pesar de tal situación global satisfactoria, los científicos y los planificadores están preocupados. Para ellos, aún no se ha podido nivelar la producción de alimentos con el incontrolable crecimiento poblacional, tal como se observa en el cuadro siguiente en donde se presenta información sobre población y disponibilidad de recursos naturales a nivel mundial en 1990 y proyectado para el año 2010.

Recursos	Año: 1990 (millones)	Año: 2010 (millones)	Cambio total (%)	Cambio per cápita (%)
Población	5290	7030	+33	-
Pesca (ton)	85	102	+20	-10
Tierras bajo riego (ha)	237	277	+17	-12
Tierras agrícolas (ha)	1444	1516	+5	-21
Pasturas (ha)	3402	3540	+4	-22
Bosques (ha)	3413	3165	-7	-30

Fuente: CATIE (2001).

Aunque la mayoría de los países del mundo están en el proceso de transición demográfica, el progreso hacia la etapa final de esta transición está peligrosamente retrasado en África, en la India, en América Latina, en el este y sureste de Asia, produciéndose un aumento sustancial de la población. El 90% de este crecimiento podría ocurrir en los países en desarrollo, tal como se observa en el cuadro siguiente, en donde se presenta datos de población en 1998 y proyecciones al 2005 en diferentes regiones del mundo y promedio anual de cambio poblacional para el período 1995-2000 y 2005-2010. Este tremendo aumento podría requerir, al menos, de una producción agrícola mayor.

Región	Población (millones)		Promedio anual de cambio poblacional (%)	
	1998	2005	1995-2000	2005-2010
Mundo	5930	8039	1.4	1.2
África	778	1454	2.6	2.5
Europa	729	701	0.0	-0.1
América del Norte	304	369	0.8	0.8
América Central*	131	189	1.9	1.5
América del Sur	332	452	1.5	1.3
Asia	3589	4785	1.4	1.2
Oceanía	29	41	1.3	1.3
Países en desarrollo	4748	6819	1.7	1.4
Países desarrollados	1182	1220	0.3	0.2

* Incluye a México y el Caribe. **Fuente:** CATIE (2001).

Entonces, ¿Cuál podría ser la estrategia apropiada para aumentar la producción de alimentos?. Actualmente se sabe con certeza que parte del aumento en la producción de alimentos proviene principalmente del aumento de la tasa de productividad de los suelos actualmente cultivados, más que de los demás recursos de la tierra en las fincas. De hecho, una gran porción de las áreas marginales actualmente cultivadas podrían tener que excluirse de la agricultura por razones ecológicas y económicas. Las tierras agrícolas son un recurso en disminución. Debido a que ciertas tierras están siendo excluidas totalmente de la producción, y se desvían sus usos para caminos, caseríos, e industria, la atención debe centrarse en la conservación de los suelos.

La capacidad de soporte de la tierra en muchos países en desarrollo ya está sobrepasada. De acuerdo a un estudio de FAO, 54 de los 117 países en desarrollo no tienen suficiente recurso tierra para cubrir las necesidades de alimenticias de su población desde 1975. Estos países críticos cubren un área de 2.2 billones de hectáreas, en 1975 tenían 278 millones de personas por encima de la capacidad de soporte poblacional de la tierra. En el año 2000, con estos mismos niveles de ingreso, el número de países críticos podría incrementarse a 64, y la población en exceso con respecto a la capacidad de soporte potencial de la tierra, podría ser mayor de 500 millones. Aún bajando el ingreso usado a un nivel intermedio, lo cual no sería fácil considerando la deuda externa de la mayoría de los países en desarrollo, 36 países podrían estar en una situación crítica con 141 millones de personas por encima de la capacidad de soporte de la tierra.

La tecnología moderna de producción agrícola ha promovido la esperanza de que el hambre podría ser eliminada, y la capacidad de soporte de la tierra aumentada a través de un mejor uso de los volúmenes cúbicos del suelo, agua y aire. Sin embargo, la sostenibilidad ecológica y la viabilidad económica de tecnologías nuevas están en litigio cada vez más. El renacimiento de las poblaciones humanas y animales, siempre con su aumento de necesidades de alimentos y forraje, ejerce una gran presión sobre la estabilización de los elementos de los agroecosistemas. Como las tierras productivas llegan a ser insuficientes, los agricultores de tierras marginales, están impulsando el uso de tierras agrícolas frágiles y áreas de bosque inadecuadas para la agricultura moderna. Si persiste la tendencia actual del crecimiento poblacional, los bosques y las pasturas podrían llegar a ser reducidas.

Las prácticas inadecuadas de uso de la tierra en suelos marginales provocan muchos problemas, principalmente de erosión. La principal causa de la erosión de los suelos es la deforestación.

La sobreexplotación para la extracción de leña y el sobrepastoreo en zonas semiáridas y áridas, combinada con el uso de patrones que no consideran la sostenibilidad de los recursos, acentuado por la avidez comercial o por el uso tecnologías inapropiadas, han acelerado la desertificación. Tales actividades afectan directamente a la agricultura.

La deforestación extensiva da como resultado un aumento en la formación de cauces en los ríos, lo cual reduce su capacidad de mantenimiento de agua, y consecuentemente, su potencial de irrigación. Por ejemplo, en la India se ha proyectado que debido a la sedimentación, se puede perder diariamente un potencial de irrigación para, al menos, 60.000 hectáreas.

También la agricultura migratoria, práctica muy utilizada en las tierras altas tropicales, ha contribuido con la deforestación. A inicios de este siglo, la agricultura migratoria tenía ciclos de 30-40 años y no ciclos de aproximadamente 3-5 años debido a la presión que ejerce el incremento de la población.

Un efecto importante es la reducción de la disponibilidad de leña, la principal fuente de energía en las áreas rurales de los países en desarrollo. Si la brecha entre la deforestación y la reforestación persiste como en la actualidad, la escasez de leña podría llegar a ser un problema más serio que la disponibilidad de alimento.

La corta extensiva de la cobertura arbórea podría contribuir a aumentar los niveles de bióxido de carbono en la atmósfera. Lo anterior más el aumento de la temperatura global, podría afectar directamente la producción agrícola.

Es obvio que el mantenimiento de la cobertura arbórea es de primordial importancia para la sostenibilidad económica y ecológica de los sistemas de producción de alimentos. **La Agroforestería** implica el cultivo integrado de árboles perennes, cultivos, y animales que proporcionan una alternativa para nuestra difícil situación.

Los sistemas agroforestales típicos permiten interacciones simbióticas ecológicas y económicas, entre los componentes maderables y no maderables para aumentar, sostener y diversificar la producción total de la tierra. Los sistemas que incorporan árboles y arbustos perennes tienen la ventaja de producir leña, frutos, forraje, y otros productos además del cultivo anual. Además, disminuyen los riesgos de producción ante variaciones estacionales del ambiente, y en términos generales, mantienen y mejoran el suelo.

1.5 La función de la Agroforestería

La Agroforestería es frecuentemente señalada como una solución a los problemas de degradación de la tierra y del agua, y como una respuesta a la escasez de alimento, leña, ingreso, forraje animal y materiales de construcción. La amplitud y la variedad de sistemas y prácticas agroforestales implica que la Agroforestería puede ofrecer soluciones parciales para muchos problemas productivos y de uso de la tierra en las zonas rurales.

Es conocida la potencialidad de los árboles fijadores de nitrógeno para mejorar la fertilidad de las tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la resistencia de ciertos árboles a la sequía (muy importante en las zonas áridas); la función de las cortinas rompevientos en la protección de las

tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la contribución de los árboles forrajeros ricos en proteína para la producción ganadera, y el potencial comercial de algunos tipos de árboles cultivados. Además, las prácticas agroforestales son apropiadas para una amplia variedad de sitios, tales como tierras con pendiente o tierras planas.

Así, la Agroforestería tiene las siguientes funciones ambientales:

◆ *Reducción de la erosión del suelo y mantenimiento de la fertilidad*

- ✓ *Función del Árbol para el control de la erosión: barreras vivas en terrenos con pendiente pronunciada; protección del suelo por capa de hojarasca (reducción del impacto erosivo de las gotas de lluvia, efecto de la copa y del fuste en la reducción de la velocidad de caída de las gotas de lluvia).*
- ✓ *Función del Árbol para el mantenimiento de la fertilidad: fijación biológica de nitrógeno, reciclaje de nutrientes desde las capas más profundas, formación de materia orgánica para el suelo. Barbechos mejorados, SAF con especies fijadoras*

◆ *Mantenimiento de la cantidad y calidad del agua*

- ✓ *Aunque el potencial de los SAF para ayudar a asegurar el aprovisionamiento de agua (cantidad y calidad) es la función de servicio menos estudiada, si se conoce que los árboles ejercen su influencia sobre el ciclo del agua a través de la transpiración y retención del agua en el suelo, la reducción del escurrimiento y el aumento de la filtración.*

◆ *Retención de carbono y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero*

- ✓ *Los SAF altamente productivos pueden tener una importante función en la retención de carbono en los suelos y en la biomasa de madera (en superficie y subterránea)*

◆ *Mantenimiento y ordenación de la diversidad biológica en el paisaje agrícola*

- ✓ *Los SAF pueden desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados suministrando hábitat y recursos para las especies de animales y plantas, manteniendo la conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen), creando las condiciones de vida del paisaje menos difíciles para los habitantes del bosque, reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios, disminuyendo potencialmente los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes y aportando zonas de amortiguamiento a las zonas protegidas.*

El grado en el cual los Sistemas Agroforestales (SAF) pueden servir a los esfuerzos de conservación depende de una variedad de factores, incluyendo el diseño y origen de los SAF (particularmente su diversidad florística y estructural), su permanencia en el paisaje, su ubicación relativa al hábitat natural restante y el grado de conexión dentro del hábitat, así como también su

ordenación, uso de herbicidas y pesticidas, aprovechamiento de los productos madereros y no madereros e incorporación de ganado, cabras, etc.

Cuanto más diverso es el SAF, más baja es su intensidad de ordenación y más cercano se encuentra al hábitat intacto y mayor su habilidad para conservar las especies nativas de plantas y animales. Ciertos SAF que imitan estrechamente los ecosistemas naturales (por ejemplo, jardines de hogares, así como también SAF de café y cacao rústicos) provee una variedad de nichos y recursos que toleran una alta diversidad de plantas y animales, aunque usualmente menos que la de un bosque intacto. Sin embargo, aun los SAF con bajas densidades de árboles y baja diversidad de especies pueden ayudar a mantener la conexión biótica.

Igualmente importante es la actitud de la población local hacia la conservación de la diversidad biológica y los beneficios (productos, servicios) o pérdidas resultantes (daños al cultivo o depredaciones, pérdida de animales) que a su vez causan que los pobladores favorezcan o desalienten las plantas y animales nativos. Cuando la intensidad de caza es alta, es improbable que las poblaciones de las especies de animales de caza dentro del SAF sean viables sin tomar en cuenta si existe un hábitat apropiado disponible.

Actualmente existe suficiente evidencia de que los SAF ofrecen más esperanza para la conservación de las especies de plantas y animales que los cultivos de monocultivos que normalmente reemplazan.

De acuerdo a CATIE (2001), las **funciones** de la Agroforestería pueden resumirse de la siguiente manera:



Manejo y conservación del suelo

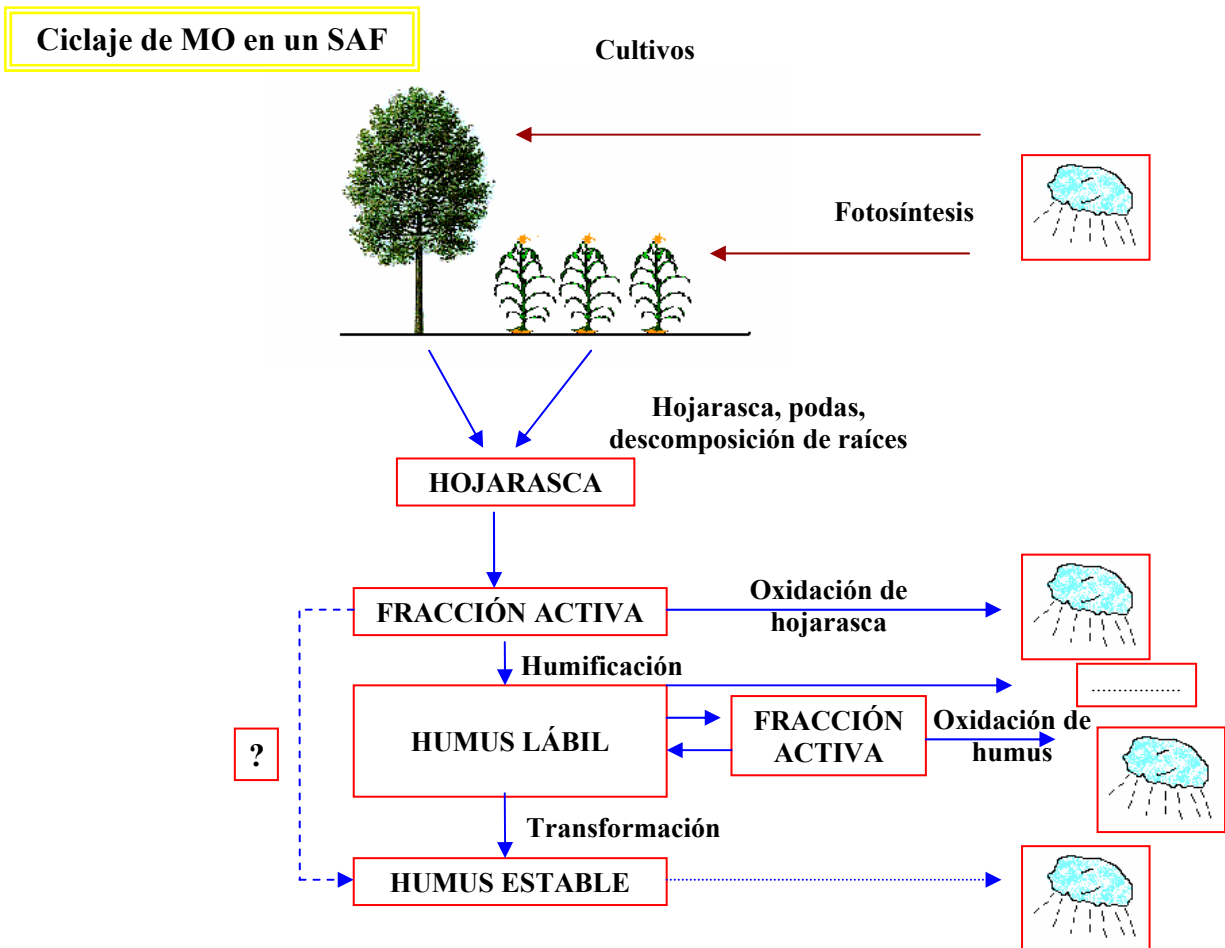
- ✳ Incremento de la materia orgánica a través de la caída de hojarasca, descomposición de raíces y biomasa de poda de árboles y residuos de cosecha.
- ✳ Sombreo afecta la descomposición y mineralización de la materia orgánica.
- ✳ Transformación de formas inorgánicas de fósforo poco disponibles a formas disponibles para las plantas.
- ✳ Redistribución de los cationes potasio, magnesio y calcio en el perfil del suelo.
- ✳ Mejoramiento de la agregación/porosidad del suelo (incluye canales de raíces).
- ✳ Reducción de la erosión del suelo y de la pérdida de nutrientes.
- ✳ Laboratorio natural para la investigación y la enseñanza del manejo y conservación de suelos.



Manejo y Conservación de la Vegetación

- ✳ Reducción de presión sobre los bosques mediante fuentes alternativas para madera, leña, alimentos, etc.
- ✳ Condiciones favorables (microclima, suelo, cobertura, etc.) para otras especies vegetales.
- ✳ Hábitat y alimento para animales diseminadores y polinizadores (aves, insectos, etc.).
- ✳ La sombra en SAF reduce el crecimiento de malezas agresivas que pueden competir con el cultivo.
- ✳ Fuente de diversidad genética, fundamental para la producción agrícola futura.

- ☀ Combate la desertificación y así se promueve la conservación de los recursos vegetales.
- ☀ Intercepción y redistribución de la lluvia puede evitar el arrastre de semillas y favorecer la regeneración natural de las especies.
- ☀ Mantenimiento del C en los ecosistemas terrestres por prevención de mayor deforestación y por la acumulación de biomasa en tierras deforestadas con SAF.
- ☀ Paisajes más naturales, armoniosos y agradables que inspiran la arborización y la conservación de la cobertura vegetal.



De servicio ecológico y protección

- ☀ Conservación del agua, el suelo y su fertilidad.
- ☀ Mejoramiento del microclima para plantas, animales y el hombre (modificación de la incidencia de la radiación solar, la temperatura, la humedad del aire y del suelo, y el viento).
- ☀ Protección de cultivos, animales y humanos (rompevientos, fajas protectoras, estabilización de taludes, etc.).
- ☀ Control de malezas a través de sombreamiento y cobertura.
- ☀ Servicios ambientales y ecológicos: regulación térmica e hidrológica, fijación de carbono y nitrógeno, provisión de oxígeno, limpieza de atmósferas contaminadas, conservación

de la biodiversidad (especies nativas, aves migratorias, hábitat, etc.), paisajismo, recreación, ecoturismo.

El **potencial** de la Agroforestería en el manejo y conservación de los recursos naturales, se base en lo siguiente (CATIE, 2001):

- Es una opción productiva y conservacionista que se puede ajustar a diferentes escenarios biofísicos, socioeconómicos y ambientales.
- Constituye una práctica conocida desde hace muchos años por los agricultores de diferentes zonas del mundo.
- Permite la protección y estabilización de los ecosistemas y agroecosistemas.
- Permite producir bienes económicos (alimento, combustible, madera, forraje, abonos orgánicos, etc.) que pueden reducir la presión sobre los recursos naturales.
- Permite mejorar los sistemas tradicionales o diseñar nuevos sistemas que pueden contribuir al manejo y conservación de los recursos naturales.
- Hay un interés creciente de muchos países y de organismos y donantes de promover la Agroforestería y la siembra de árboles en las áreas rurales.

1.6 Perspectivas para los agricultores

Las prácticas agroforestales sirven para muchos propósitos y suministran muchos productos a una amplia variedad de usuarios de la tierra. La Agroforestería es una ciencia práctica pero compleja. Puede ser aplicada en parcelas pequeñas, en espacios amplios de tierra o en sistemas completos de uso de la tierra. Algunos de los propósitos y los productos relacionados con la Agroforestería son los siguientes:

● Ingreso de dinero en efectivo por:

- Ⓢ Empleo (entrada de dinero: sueldo).
- Ⓢ Venta de producto (entrada de dinero).
- Ⓢ Sustitución de artículos adquiridos por productos propios (menos gasto de dinero).
- Ⓢ Intercambio de productos (trueque) (menos gasto de dinero).

● Suplemento alimenticio

- Ⓢ Aumento de la cantidad de alimento.
- Ⓢ Suplemento de alimento durante todo el año.
- Ⓢ Alimentación de mejor calidad.

● Suplemento de energía

- Ⓢ Aumento del suplemento de leña.
- Ⓢ Leña de mejor calidad.
- Ⓢ Fuentes de leña más convenientes.

Estructuras de refugio

- Ⓢ Material de construcción.
- Ⓢ Sombra.
- Ⓢ Protección contra el viento.
- Ⓢ Protección para animales.
- Ⓢ Definición de límites.

Ahorros e inversión

- Ⓢ Formas nuevas de ahorro e inversión (árboles cultivables, productos arbóreos, huertos, negocios agrícolas, mejoramiento de los pastizales).
- Ⓢ Mejores ganancias o seguridad de existencia de ahorros e inversiones.

Medicina

- Ⓢ Preventiva (para mantener la salud).
- Ⓢ Curativa (para el tratamiento de enfermedades o perjuicios).
- Ⓢ Medicina veterinaria.

Materia prima para embarcaciones y cabañas

- Ⓢ Aumento del suministro de materiales y aseguramiento futuro.
- Ⓢ Nuevos tipos de materiales.

Recursos para satisfacer los compromisos sociales

- Ⓢ Nuevas fuentes para el soporte de compromisos sociales y mejoramiento de las existentes.

Conservación del suelo, agua y recursos vegetales

- **Agua**
 - ✓ Aumento de cantidad de agua para el crecimiento vegetal, uso doméstico y ganado
 - ✓ Mejoramiento de la disponibilidad estacional de agua.
 - ✓ Mejoramiento de la cantidad y calidad del agua distribuida en las represas.
- **Suelos**
 - ✓ Protección contra la erosión y la pérdida de nutrimentos.
 - ✓ Restauración de suelos degradados.
 - ✓ Mejoramiento de la fertilidad y humedad del suelo.
- **Vegetación**
 - ✓ Mantenimiento o aumento de la diversidad de especies y hábitat.
 - ✓ Obtención de subproductos de la poda de los árboles, como leña, forraje.
 - ✓ Aumento del rendimiento de productos útiles.
 - ✓ Mejoramiento de las condiciones para la regeneración natural de muchas especies deseables.

1.7 Usuarios Múltiples

La identificación de grupos que podrían ser incluidos como beneficiarios participantes o víctimas de los cambios en el uso y manejo de la tierra a menudo es pasada por alto. La mayoría de proyectos agrícolas de desarrollo han sido dirigidos a un "grupo objetivo" de agricultores propietarios y administradores, mientras que los proyectos forestales tienden a considerar toda la comunidad como un participante único.

Cualquier programa agroforestal que es para servir a la mayoría de la gente, debe considerar un amplio rango de usuarios de la tierra, que en su mayoría no son ni propietarios, ni administradores.

El término "**usuario de la tierra**" se refiere a cualquier persona que hace uso de un lugar en particular y de sus recursos, incluyendo suelo, agua, vegetación y vida silvestre. En cualquier localidad, la mayoría de los usuarios de la tierra pueden ser clasificados por el tipo de actividad a que se dedica, por sus períodos de acceso a la tierra y los recursos, y por la manera en que ellos se agrupan con respecto al uso que hacen de la tierra.

Los trabajadores agroforestales necesitan considerar y atender a distintos grupos como clientes. Dependiendo del sitio y del sistema de uso de la tierra, estos grupos pueden incluir trabajadores agrícolas asalariados, trabajadores familiares no asalariados, administradores, procesadores, comerciantes y consumidores, tanto como "agricultores", responsables de familias agrícolas y pequeños agricultores.


Los usuarios de la tierra pueden ser clasificados de diferentes formas, como:

- **Usuarios de la tierra de acuerdo a la actividad**
 - Usuarios de la tierra directos: agricultores, cazadores, etc. (terratenientes, granjeros, y horticultores), trabajadores agrícolas (incluyendo la mano de obra familiar).
 - Usuarios de la tierra indirectos: procesadores, mercaderes, consumidores.

- **Usuarios de la tierra de acuerdo a acceso y a la propiedad**
 - Propietarios
 - Arrendatario (pagando un alquiler fijo)
 - Usuarios con autorización o por intercambio o convenio (continuo, regular u ocasional)
 - Ocupantes y usuarios ilegales (cazadores ilegales, precaristas)

- **Usuarios de la tierra de acuerdo al tamaño y tipo de grupo**
 - Individuales, diferenciados por sexo, edad, estado civil
 - Familias, diferenciadas por tamaño, edad, salud, grupo étnico, dirigidos por hombres o por mujeres.
 - Comunidades y grupos comunitarios: villas, asentamientos pequeños, clanes, grupos religiosos.
 - Compañías, cooperativas o asociaciones: empresas comerciales grandes, negocios pequeños, cooperativas de producción, cooperativas de mercadeo, asociación de agricultores, grupos religiosos, grupos étnicos.

- **Unidades administrativas gubernamentales**

 *Nacionales, departamentales, municipales o locales.* En un lugar dado, los usuarios de la tierra y los administradores tienen una variedad compleja de derechos sobre la tierra, los árboles y el agua. En particular, los derechos de acceso a los árboles, a menudo son pasados por alto en los programas de reforma de tenencia de la tierra, existiendo conflictos que son resueltos localmente, algunas veces a través de leyes. Por lo anterior, los derechos individuales o comunales sobre los árboles o sobre los productos arbóreos son, a menudo, menos claros que los derechos sobre la tierra. Las reglas de uso y acceso podrían ser entendidas y acordadas sobre la base del desarrollo de sistemas agroforestales.

1.8 La Agroforestería como un sistema de uso sostenible del suelo para ecosistemas frágiles del trópico húmedo.

Como una zona ecológica, los trópicos húmedos tienen un inmenso potencial para una productividad biológica alta. La precipitación, en un rango de 1800 a 4600 mm por año, excedentes de evapotranspiración y suficiente humedad en el suelo para la nutrición de los vegetales.

Una cantidad sustancial de radiación solar es recibida para estimular la fotosíntesis. No hay extremos en la variación estacional de la temperatura que puedan causar dormancia periódica en las plantas y ingresos considerables de nutrientes son proporcionados por la lluvia y por la llovizna. La gran diversidad de especies y el crecimiento exuberante o frondoso de los bosques lluviosos tropicales son indicativos de su potencial productivo.

Sin embargo, paradójicamente, la mayoría de los países que están en depresión socioeconómica y toda la población sufre de escasez de alimento y desnutrición, están localizados en los potencialmente productivos trópicos húmedos. La productividad agrícola, aparentemente, ha disminuido debido al uso de la tierra, inapropiado o excesivo, además, los rendimientos no han podido equipararse con el crecimiento poblacional progresivo.

1.8.1 Fragilidad de los ecosistemas tropicales

Se conoce que los ecosistemas del trópico húmedo son frágiles, por ejemplo, tienen tendencia a la degradación del medio ambiente y a la pérdida de la capacidad productiva cuando son perturbados por las actividades humanas.

Irónicamente, la susceptibilidad propia de las áreas tropicales de tierras altas al deterioro ambiental, es provocada por los mismos factores que favorecen el crecimiento vegetal y la productividad. Por ejemplo, las altas temperaturas y la humedad, las cuales aceleran la descomposición del material parental y la descomposición de la materia orgánica, también aumenta la pérdida de nutrientes de la capa superficial a través de escorrentía. La alta precipitación también puede arrastrar muchos nutrientes solubles, lo que empobrece el sitio rápidamente. La radiación solar intensa también puede provocar una humedad excesiva y un estrés de temperatura entre las plantas, lo que posiblemente hace algunos sitios inapropiados para la plantación.

1.8.2. Estrategias para el mantenimiento de la productividad

Con condiciones de humedad y temperatura generalmente favorables, los nutrientes se convierten en el factor limitante más importante en los proyectos de producción agrícola de los trópicos húmedos. La habilidad de los técnicos para mantener los nutrientes del suelo a niveles razonablemente altos con un mínimo o ningún costo, es la clave para el mantenimiento de la productividad.

1.8.3 Flujo de nutrientes en los ecosistemas

El contenido de nutrientes en un ecosistema nunca es estático. La entrada de nutrientes, así como la salida, ocurre continuamente. En un bosque no perturbado de los trópicos húmedos, la cantidad de ingresos es casi igual a la magnitud de las pérdidas.

El ingreso de nutrientes naturales se presenta en tres formas: nutrientes almacenados en las partículas de polvo en la atmósfera que se combina con el agua de lluvia; el nitrógeno atmosférico fijado en los nódulos de las raíces, es llevado a la superficie del suelo a través de los residuos de plantas (hojarasca) capaces de realizar la fijación biológica de nitrógeno (Por ejemplo, las leguminosas), y los nutrientes arrastrados por la escorrentía desde las áreas adyacentes más elevadas.

Algunas transferencias dentro del ecosistema posiblemente hacen a algunos nutrientes más o menos disponibles para ciertas plantas. Por ejemplo, los nutrientes del subsuelo no pueden ser utilizados por plantas de raíces fibrosas (superficiales), y únicamente pueden tener acceso a ellos cuando son absorbidos por árboles de raíces pivotantes (profundas) y translocadas a la superficie del suelo a través de la caída de la hojarasca. Algunos nutrientes son tomados por especies perennes y almacenados en la biomasa y únicamente son reciclados cuando los árboles mueren y se descomponen, o cuando los árboles son cortados y quemados en el sitio, como un método de cultivo de tala y quema (Agricultura migratoria).

Los nutrientes se pueden perder en un sistema no perturbado en forma de erosión, escorrentía, y a través de la exportación de nutrientes (Por ejemplo, hojas, flores y frutos cosechados por los humanos o consumidos por los animales en un sitio y reciclado como desecho en cualquier otro lugar). Aparentemente, en un sitio no perturbado, el ingreso natural de nutrimentos (y los transferidos del subsuelo) son más grandes que las pérdidas naturales. La mayor evidencia empírica de esto es el hecho que un bosque con barbecho prolongado puede recuperar el contenido de nutrientes de un suelo agotado y llevarlo al nivel original.

Cuando un ecosistema forestal natural es transformado en agroecosistema, la tasa de pérdida de nutrimentos aumenta considerablemente y usualmente excede, en una cantidad considerable, los ingresos naturales. Los nutrimentos removidos se encuentran en forma de:

1. Árboles cortados y exportación de la biomasa.
2. Erosión y escorrentía acelerada causada por la exposición a la fuerza erosiva de la lluvia y del viento, perdiéndose de la superficie del suelo a través de las prácticas de cultivo.
3. Exportación excesiva de nutrientes a través de la cosecha frecuente de los cultivos anuales.

A menos que se tomen rápidamente medidas para estrechar la brecha entre las enormes pérdidas de nutrientes y los ingresos naturales mínimos, el agroecosistema puede llegar a ser agotado severamente.

1.8.4 Algunas propuestas para minimizar la pérdida de nutrientes

Las vías posibles para reducir la erosión y la pérdida de nutrientes en los sitios de tierras altas frágiles pueden ser medidas mecánicas o vegetativas. El terraceo, acequias de ladera y terrazas de banco son ejemplos excelentes de medidas mecánicas o técnicas de ingeniería utilizadas para disminuir la escorrentía y reducir la erosión.

Aunque se ha comprobado su eficacia, estas medidas parecen no ser atractivas para la mayoría de los agricultores, ya que existe una expansión sustancial de la población en tierras altas que no está acompañada con el correspondiente establecimiento de terrazas o bancos de tierra en contorno. Esta actitud indiferente hacia estas propuestas surge probablemente por la falta del capital necesario para construir estas obras de ingeniería o medidas de conservación del suelo.

Las propuestas vegetativas para la conservación del suelo son principalmente de dos tipos. El primero incluye el establecimiento de árboles de raíces profundas a lo largo de las líneas de contorno, formando fajas en contorno para anclar y estabilizar la pendiente y actuar como **barreras vivas** contra la erosión, una ventaja de esta medida es que necesita menos capital y menos mano de obra para establecimiento, operatividad y mantenimiento; también la barrera viva, además de proteger al suelo contra la erosión, de ella se pueden obtener productos como leña, forraje y abono verde.

La segunda propuesta, puede ser combinada con la primera, consiste en el reciclaje de la biomasa después de la cosecha para disminuir la exportación de nutrientes del sitio. Por ejemplo, las hojas y los tallos de los cultivos agrícolas, y las ramas y copas de los árboles puede ser esparcidas en el campo como **mulch**, para conservar la humedad, y proporcionar una cobertura protectora contra la erosión (por salpicadura o superficial) del suelo, y para reciclarlo como abono verde.

1.8.5 Algunas medidas para maximizar el ingreso de nutrientes

Una vía efectiva para aumentar los ingresos naturales es a través de la introducción de árboles fijadores de nitrógeno, tales como las leguminosas y otras como *Casuarina* sp. y *Alnus* sp. Con la asistencia de agentes microbiales como *Rhizobia* y *Frankia*, estos árboles pueden suministrar nitrógeno casi sin costo y en forma constante.

La aplicación de fertilizantes químicos o inorgánicos en tierras degradadas es una de las vías más rápidas para recuperar o mantener la productividad, sin embargo esta alternativa es de difícil uso en las fincas de tierras altas marginales. Primero, existe la necesidad no únicamente de recuperar la productividad de los suelos, sino también de disminuir las pérdidas por erosión.

Los fertilizantes químicos pueden adicionar los nutrientes pero no contribuyen a la formación del suelo, tal como lo hace la vegetación, acumulando materia orgánica en un rango de 5 a 17 toneladas anuales por hectárea. Segundo, los agricultores de bajos ingresos no pueden cubrir el alto costo de los fertilizantes químicos, lo que los hace prohibitivos para ellos.

Mientras los agricultores de tierras altas marginales tengan un ingreso pequeño o ningún ingreso efectivo, este tipo de alternativas no pueden ser consideradas. Por estas razones, las alternativas se basan en el uso de árboles fijadores de nitrógeno.

La Agroforestería, como un sistema de producción, puede ser una alternativa potencial (aporte de nitrógeno de los árboles, aporte de nitrógeno de los árboles para mejorar la productividad de los cultivos, protección y recuperación del suelo, abono verde, diversificación de la producción, alternativas de bajo costo, etc.) para mantener la sostenibilidad en áreas manejadas de los trópicos húmedos.

1.9 Sistemas Agroforestales (SAF)

Un Sistema Agroforestal es un sistema agropecuario cuyos **componentes** son **árboles, cultivos o animales**.

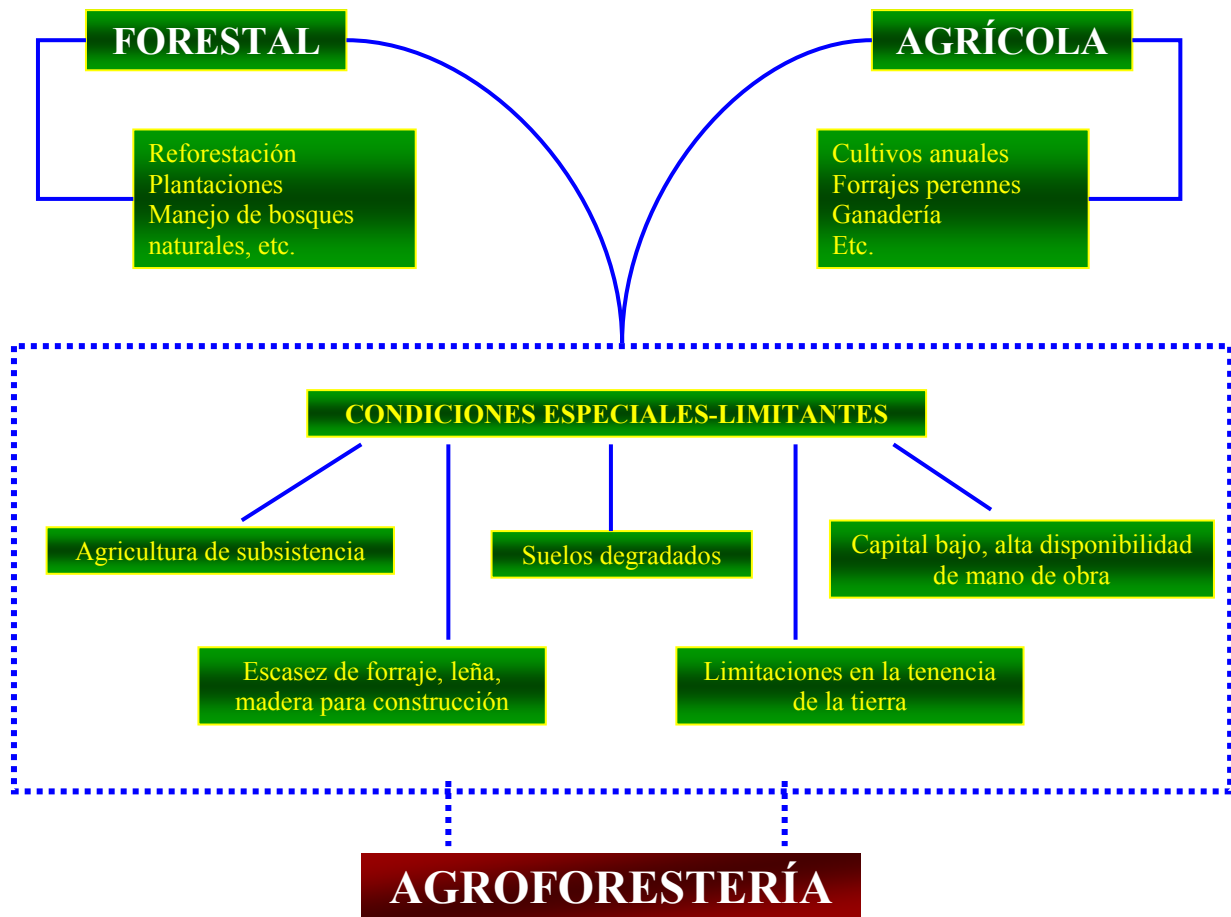
Un sistema agroforestal tiene los **atributos** de cualquier sistema: **límites, componentes, interacciones, ingresos y egresos, una relación jerárquica con el sistema de finca y una dinámica**.

El **límite** define los bordes físicos del sistema; los **componentes** son los elementos físicos, biológicos y socioeconómicos; los **ingresos** son la energía solar, mano de obra, productos agroquímicos, etc.; y los **egresos** como madera, productos animales, frutos, cultivos, leña, etc.; los ingresos y los egresos son la energía o materia que se intercambia entre diferentes sistemas; las **interacciones** son las relaciones, o la energía o materia que se intercambia entre los componentes de un sistema; la **jerarquía** indica la posición del sistema con respecto a otros sistemas y las relaciones entre ellos.

Un ejemplo de SAF es el cultivo de café bajo la sombra de árboles podados periódicamente. Los **componentes** son **el café y los árboles**, que se encuentran dentro del **límite del lindero** de la asociación. Los **ingresos o entradas** incluyen **agua, energía solar, fertilizantes y mano de obra**. Los **egresos o salidas** incluyen las **cosechas de café y la leña y madera** resultante de la poda de los árboles y de los cafetos. Son **interacciones** el **reciclaje de nutrientes de la hojarasca de los árboles al suelo, y la sombra de los árboles sobre el cafetal**, entre otras. La **dinámica** del sistema podría incluir **cambios en la densidad de los árboles, la periodicidad y densidad de la poda, en el tipo de cultivos asociados y en la fertilidad de los suelos**. Estos cambios influirán en las actividades futuras de manejo del sistema.

Según CATIE (2001), los atributos deseables de los SAF son:

- * **Productividad.** El sistema produce bienes, mercancías y servicios requeridos por los productores.
- * **Sostenibilidad.** El sistema mantiene o aumenta su productividad en el tiempo: producir conservando y conservar produciendo.
- * **Adoptabilidad.** El sistema es aceptado por el agricultor, aún con las limitaciones económicas y biofísicas impuestas por el medio.



1.10 Productividad del suelo y sostenibilidad en Sistemas Agroforestales

Con base en las investigaciones que indican la existencia de sistemas de uso de la tierra que están relacionados con la Agroforestería, Nair postuló las siguientes hipótesis acerca de los cambios esperados del suelo bajo sistemas agroforestales.

1. La inclusión de especies perennes maderables, deseables y compatibles, en tierras agrícolas, puede dar como resultados un marcado mejoramiento de la fertilidad del suelo. Para esto, hay algunos mecanismos posibles, los cuales incluyen:
 - + Un incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, a través de la adición de la hojarasca y de otras partes vegetales.
 - + Ciclaje de nutrientes más eficiente dentro del sistema, y consecuentemente, utilización más eficiente de nutrientes, presentes en el suelo o aplicados externamente.
 - + Fijación biológica de nitrógeno y disponibilidad de los nutrientes en forma soluble, por ejemplo, fosfatos, a través de la actividad de las micorrizas y solubilidad del fosfato a través de la acción bacteriana.
 - + Aumento del ciclaje de nutrientes en las plantas, con una disminución en la pérdida de nutrientes localizados debajo de la zona de absorción del suelo.

- ✚ Interacciones complementarias entre las especies componentes del sistema, dando como resultado una distribución más eficiente de los recursos de nutrientes entre los componentes.
 - ✚ Una mayor economía de nutrientes, debida a las diferentes zonas de absorción de los sistemas radiculares de las especies componentes.
 - ✚ Efecto moderador de la materia orgánica adicional del suelo, en las reacciones extremas del suelo y, consecuentemente, mejoramiento en los patrones liberación/disponibilidad de nutrientes.
2. El mejoramiento en los rangos de materia orgánica en el suelo puede dar como resultado un aumento en la actividad de microorganismos favorables en las zonas radiculares. Además de las relaciones nutricionales mencionadas anteriormente, tales microorganismos también pueden producir sustancias estimuladoras del crecimiento a través de las interacciones deseables y causar efectos comensalísticos (Comensalismo: interacciones entre los organismos en las que uno de ellos se beneficia y el otro, ni se beneficia, ni se perjudica), en el crecimiento de las especies vegetales.
 3. La inclusión de árboles en las tierras cultivadas puede, a largo plazo, dar resultados marcados en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo - en la permeabilidad -, capacidad de retención de agua, estabilidad agregada, y regímenes de temperatura del suelo. Aunque este mejoramiento puede ser lento, sus efectos posteriores hacen del suelo un mejor medio para el crecimiento de las plantas.
 4. La función de los árboles en el control de la conservación y erosión del suelo es una de las razones más ampliamente proclamada y exigida para incluir a los árboles en las tierras cultivadas que tienen tendencia al riesgo de la erosión. Los efectos benéficos de los árboles, no se limitan únicamente a la protección del área cultivada, sino también a estabilizar el ecosistema y reducir la tasa de sedimentación de los ecosistemas acuáticos, presas y reservorios.
 5. Las influencias de los árboles en las características hidrológicas pueden extenderse desde un micro-sitio en la finca hasta niveles regionales. Sin embargo los efectos del agua usada por el componente arbóreo en la disponibilidad de agua para los cultivos bajo diferentes condiciones climáticas, aún no está completamente comprendida, hay evidencia que las características hidrológicas de las áreas receptoras están influenciadas favorablemente por la presencia de los árboles.

1.10.1 Efectos negativos de los árboles en los suelos

1. Las especies arbóreas de rápido crecimiento pueden requerir una alta demanda de humedad del suelo, y sin un manejo adecuado, esto puede conducir a efectos adversos, especialmente en medio ambientes muy secos.
2. Las pérdidas de nutrientes por la cosecha del árbol entero pueden ser excesivas, especialmente en plantaciones forestales.
3. El agotamiento de nutrientes puede causar temporalmente menos disponibilidad de nutrientes para los cultivos adyacentes.

4. Un manejo inadecuado de los árboles, y con alguna vegetación, puede causar una erosión acelerada.
5. Hay muchos resultados adversos de los efectos químicos/biológicos en ciertas especies arbóreas, por ejemplo: acidificación, alelopatía, acumulación de exudados tóxicos, la provisión de hospederos alternativos de plagas y patógenos, etc.
6. El sombreado y los cambios en la calidad del espectro solar en el crecimiento de otras especies muy próximas (aún cuando no tienen efecto directo en el suelo, pueden tener una consideración significativa en la Agroforestería).

1.11 Árboles fijadores de nitrógeno en los sistemas agroforestales

Se conocen aproximadamente 650 especies arbóreas fijadoras de nitrógeno. La mayoría de éstas son leguminosas originarias de los trópicos y de los subtropicos. Al menos otras 9 familias de plantas tienen asociación con actinomicetos. La mayoría de las especies fijadoras de nitrógeno son arbustos o árboles pequeños de bosques secundarios; a menudo estas especies son componentes de sistemas agroforestales.

Los árboles más importantes en los sistemas agroforestales tienen los siguientes usos: forraje, abono verde, leña, pulpa, madera, sombra y cortinas rompevientos. Los árboles fijadores de nitrógeno tienen especial importancia en los sistemas agroforestales porque son una fuente de abono verde con alto contenido de nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo.

La fijación de nitrógeno caracteriza a la mayoría de las leguminosas (90% de las mimosáceas y fabáceas, y 34% de las cesalpináceas). Al menos el 90% de éstas tienen su centro de origen en los trópicos. Géneros seleccionados en otras 9 familias vegetales, también fijan nitrógeno: Betulaceae, Casuarinaceae, Coriariaceae, Cycadaceae, Elaeagnaceae, Myricaceae, Rhamnaceae, Rosaceae y Ulmaceae. Las leguminosas poseen nódulos infestados con *Rhizobium*, mientras que las otras 9 familias involucran actinomicetos del género *Frankia*.

Entre los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno que han sido usados en sistemas agroforestales se encuentran leucaena, madero negro, acacia, caliandra, guaba, casuarina, etc.

1.12 Contribución de la Agroforestería en el Manejo de Cuencas Hidrográficas

- Captación, almacenamiento y regulación de las corrientes o flujos de agua, reduciendo la incidencia y la magnitud de las inundaciones y los estiajes.
- Efecto esponja de la vegetación (cultivos y leñosas).
- Regulación del flujo hídrico superficial.
- Recarga y mantenimiento del manto freático y las aguas subterráneas.
- Mejoramiento de la calidad de las aguas.
- Estabilización del flujo hídrico base y control de torrentes.
- Contribución a la estabilidad, formación y fertilidad de los suelos.
- Control de erosión, deslizamientos y arrastre en masas.
- Protección de infraestructuras civiles.
- Mejoramiento de la estabilidad de la cuenca y mantenimiento de su potencial productivo.

- Reducción de los factores de tensión o desestabilizadores asociados a la agricultura migratoria, ganadería intensiva, incendios forestales, deforestación y la cacería indebida.
- Mantenimiento de la calidad de la atmósfera, evitando la alteración en la composición o proporción de sus gases (vertical y horizontalmente).
- Regulación de la temperatura ambiental, evitando los extremos de máximas y mínimas capaces de afectar el desarrollo normal de los organismos.
- Regulación de los vientos locales, lo que ayuda a mantener la estabilidad y la dinámica de los ecosistemas.
- Mantenimiento de la diversidad genética, esencial para el desarrollo de la agricultura, la industria y la medicina.

1.13 Principales beneficios y costos en Agroforestería

Beneficios y oportunidades

- Mantenimiento o incremento de la productividad del sitio a través del ciclaje de nutrientes y de la protección del suelo, con bajo capital y costos operativos.
- Aumento de la productividad de un área determinada a través del arreglo espacial de la asociación de árboles y otras especies.
- Diversificación de la producción en un área determinada, para: **a)** aumentar la autosuficiencia; **b)** reducir el riesgo ante factores biológicos y climáticos adversos, y ante fluctuaciones del mercado en cultivos específicos.
- Las necesidades de insumos se extienden más estacionalmente, reduciendo así el efecto severo de un punto de necesidad máxima.
- Proporciona alternativas productivas para una mejor utilización de la tierra y el capital.
- Crea un depósito de capital disponible para satisfacer los costos variables.

BENEFICIOS DE LA AGROFORESTERÍA



Costos y obligaciones

- Se reduce la salida del producto principal de los cultivos alimenticios cuando los árboles compiten por el uso de la tierra arable, y/o disminuyen el rendimiento de los cultivos por la sombra, competencia de las raíces o interacciones alelopáticas.
- Pueden presentarse incompatibilidad de los árboles con las prácticas agrícolas tales como: pastoreo libre, quemas, campos comunes, etc., lo cual dificulta la protección de los árboles.
- Los árboles pueden impedir el monocultivo y la mecanización, además: **a)** Aumentan los costos operativos en situaciones en donde los monocultivos son apropiados y/o, **b)** Inhiben el avance de las prácticas agrícolas.
- En donde las estaciones agrícolas están muy restringidas, por ejemplo, en condiciones áridas y semiáridas, las demandas en labores para el establecimiento del cultivo, pueden obstaculizar la plantación de los árboles.

- Los períodos productivos de los árboles, relativamente largos, retardan aún más el retorno que puede ser necesario para el sostenimiento de los agricultores pobres, e incrementa el riesgo de ellos asociado con la inseguridad de la tenencia.

1.14 Posibles ventajas de los sistemas agroforestales y disponibilidad de información para evaluarlas (Jiménez, Muschler y Köpsell, 2001).

Se plantea que los SAF pueden	Disponibilidad de información
1. Mejorar el aprovechamiento de recursos naturales (agua, luz, nutrimentos), y por ende, la productividad.	Probado para productos múltiples (madera, leña, fruto, forraje, etc.).
2. Aumentar la estabilidad de producción y reducir riesgos	Probado para cacao y café en América Central.
3. Moderar el microclima y proteger a cultivos y animales.	Probado.
4. Proveer hábitat para mantener biodiversidad (por ejemplo controladores biológicos y aves migratorias).	Probado para aves.
5. Reducir la diseminación y daño causado por plagas y enfermedades.	Probado en algunos casos, rechazado en otros; falta corroboración.
6. Mejorar la calidad de los productos	Probado en cultivo de café en ambientes no óptimos; controversial para la calidad de madera.
7. Reducir gastos para insumos (agroquímicos) y productos externos (por ejemplo, madera).	Probado para productos externos; evidencia parcial para reducir fertilizantes y herbicidas).
8. Reducir externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).	Evidencia para sistemas de producción orgánica o de bajos insumos.
9. Reducir la escorrentía superficial y erosión de suelo.	Probado en hileras en contorno y sistemas multiestratos, especialmente en pendientes fuertes
10. Mantener la materia orgánica (MO) y la fertilidad del suelo.	No probado para todos los SAF porque no hay umbrales fijos de MO relacionados a la fertilidad del suelo. Incrementos en MO han sido detectados temporalmente en suelos arenosos bajo cultivo en callejones.
11. Mantener o mejorar las propiedades físicas del suelo (más favorables que en los sistemas agrícolas).	Parcialmente probado para suelos con hileras en contorno.
12. Aumentar el ingreso de nitrógeno mediante árboles fijadores.	Probado para algunas especies, pero pocos datos sobre la absorción de nitrógeno fijado por los cultivos.
13. Capturar y reciclar nutrientes (por raíces de árboles) de las capas profundas del suelo que no son accesibles para los cultivos (principalmente en zonas secas).	Probado para captura de nitratos en subsuelos óxicos con carga positiva. Falta comprobarlo más ampliamente.
14. Llevar a un ciclaje de nutrientes más cerrado y eficiente con menos pérdida por lavado y lixiviación.	Probado parcialmente, pocos datos.
15. Reducir la acidez del suelo mediante las bases acumuladas en hojarasca y raíces de los árboles.	Probado para hojarasca alta en calcio y magnesio. Falta comprobarlo para SAF.
16. Ayudar a recuperar suelos degradados.	Probado en suelos alcalinos y salinos. Probado en suelos agotados de nitrógeno en Zambia con barbechos de <i>Sesbania</i> sp.
17. Mejorar la actividad biológica y mineralización de nitrógeno (a través de la sombra de los árboles).	Probado.
18. Aumentar la actividad microbial (fijadores de nitrógeno y micorrizas) por el asocio de raíces de árboles con las de los cultivos.	No ha sido probado. Altamente controversial.

1.15 Posibles ventajas y desventajas biofísicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo (CATIE, 2001).

Ventajas:

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de material orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados.
- Obtener productos adicionales: madera, frutos, leña, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad (aves migratorias y controladores biológicos).
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir las externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).

Desventajas:

- Pueden disminuir la producción de los cultivos (principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles).
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Intercepción de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo (importante en zonas secas).
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde los árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

1.16 Ventajas y limitantes socioeconómicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo (CATIE, 2001).

Ventajas:

- Los productores pueden reducir sus gastos al satisfacer necesidades de madera, leña y alimentos.
- Madera producida reduce la necesidad de extraerla del bosque.
- Constitución de un capital tangible y estable (caso de los árboles maderables).
- Mayor estabilidad de la producción y menores riesgos (clima, mercados, plagas, etc.).
- Mayor diversidad de alimentos, incluyendo productos arbóreos que pueden mejorar la dieta familiar.

- ☀ Reducción potencial de requerimientos y gastos en insumos (fertilizantes, herbicidas, etc.).
- ☀ Mejor distribución de las necesidades de mano de obra a través del año.
- ☀ Reforzamiento del derecho de la propiedad a través de siembra de árboles en linderos.
- ☀ Avance progresivo hacia prácticas conservacionistas de los recursos naturales.

Limitantes:

- ☀ Puede requerir más mano de obra. Se convierte en un factor negativo cuando la mano de obra es escasa y cara, y cuando la mecanización puede ser la mejor solución.
- ☀ Mayor complejidad puede dificultar labores de manejo.
- ☀ Resistencia a la plantación de árboles en zonas con poca disponibilidad de tierra o uso muy intensivo.
- ☀ Menor disponibilidad de crédito, asistencia técnica e incentivos gubernamentales.
- ☀ Menor conocimiento de potencialidades y manejo de los sistemas agroforestales.

PREGUNTAS DE COMPROBACIÓN

La intención de las preguntas es estimular el análisis y la discusión con el propósito de ampliar o profundizar ciertos temas que se abordan en el capítulo. En algunos casos las respuestas a las preguntas de discusión no se encuentran directamente en el texto, sino que hay que buscar más información para responderlas, también a veces no existe una única respuesta correcta, sino que hay varias respuestas posibles.

1. ¿Es útil el concepto de sistemas para el estudio y la aplicación de prácticas agroforestales? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de este esquema? ¿Hay alguna razón por la cual este concepto puede resultar más apropiado para sistemas agroforestales que para la ganadería o la silvicultura?
2. ¿Dé al menos dos definiciones de sistemas agroforestales. ¿Qué aspectos de la definición considera más importantes?
3. ¿Para qué sector económico puede ser más beneficioso el uso de técnicas agroforestales: pequeño, mediano o gran sistema de producción. Por qué?
4. ¿Cómo se podría mejorar los sistemas agroforestales tradicionales? Dé tres opciones de mejoramiento de tres sistemas diferentes.
5. ¿Por qué es relativamente reciente el interés en los sistemas agroforestales?
6. ¿Por qué se considera a los sistemas agroforestales especialmente aptos como formas de uso de la tierra en zonas áridas y semiáridas?. Cite ejemplos.
7. ¿Qué problemas pueden surgir con el uso inadecuado de tierras par la ganadería en los trópicos?
8. ¿Cómo podría contribuir el uso de prácticas agroforestales a reducir los problemas del uso de la tierra para la ganadería en los trópicos?
9. ¿Cómo podría el uso de sistemas agroforestales ayudar a disminuir la tasa de deforestación en los trópicos?
10. ¿Cómo puede el uso de técnicas agroforestales aumentar la productividad de la tierra de manera sostenible?
11. ¿De qué manera pueden los sistemas agroforestales contribuir a mejorar tierras degradadas?
12. ¿Cómo influye la hojarasca en el ciclaje de nutrimentos? Por ejemplo, ¿por qué es preferible la presencia de hojarasca de *Gliricidia sepium* a la de un árbol cítrico?
- 13) Explique las ventajas y desventajas potenciales de los efectos de las especies fijadoras de nitrógeno sobre los suelos.
- 14) Indique qué tipo de prácticas agroforestales se recomiendan para el control de la erosión en zonas húmedas.

CAPÍTULO II. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

La clasificación de los Sistemas Agroforestales (SAF) es necesaria para su caracterización, evaluación y mejoramiento. Según CATIE (2001), la complejidad de los SAF hace difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más frecuentes son: la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escalas de producción y nivel de manejo del sistema). Sin embargo estos criterios no son independientes ni excluyentes. En este capítulo abordaremos la clasificación estructural de los SAF, la cual es la más utilizada y está basada en la naturaleza o tipo de componente.

De manera que los sistemas agroforestales se clasifican en:

- 1. Sistemas Agrosilviculturales
 - Agricultura migratoria con manejo del barbecho.
 - Cultivo en plantaciones forestales y Sistema "Taungya".
 - Árboles para sombra de cultivos.
 - Árboles en parcelas de cultivo (cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en linderos, o árboles dispersos).
 - Leñosas como soportes vivos.
 - Huertos caseros mixtos.
 - Cultivo en callejones.
- 2. Sistemas Silvopastoriles
 - Árboles o arbustos dispersos en potreros
 - Pastoreo en plantaciones forestales o frutales
 - Bancos forrajeros o bancos de proteína
 - Pastura en callejones
- 3. Sistemas Especiales
 - Silvoentomología (Ej. Árboles para apicultura)
 - Silvoacuicultura (Ej. Árboles para Piscicultura)

2.1 Sistemas Agrosilviculturales (cultivos + especies leñosas)

2.1.1 Agricultura migratoria con manejo del barbecho

Para muchos agricultores de las mesetas, la agroforestería fue una posible alternativa de vida. Por ejemplo, se cree que la agricultura migratoria se originó en el período Neolítico 7000 A.C. Este

sistema, todavía es común en muchas áreas con pendiente en el trópico de Asia, África y América Latina, los árboles y los cultivos agrícolas son dispuestos secuencialmente, en tiempo y espacio.

La agricultura migratoria comprende sistemas de subsistencia orientados a satisfacer las necesidades básicas de alimentos, combustibles y habitación; sólo ocasionalmente llegan a constituir una fuente de ingreso por medio de la venta de excedentes de algunos productos.

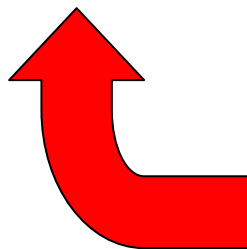
La agricultura migratoria es un sistema en el cual el bosque se corta y quema, y la tierra se cultiva por pocos años; luego del período del cultivo continúa una fase de "barbecho" o descanso de la tierra. El período de barbecho es bastante más largo que el del cultivo: 5-20 años de barbecho y 2-3 años de cultivo. En estos sistemas de uso transitorio de la tierra se realiza una rotación de parcelas, en lugar de rotación de cultivos.



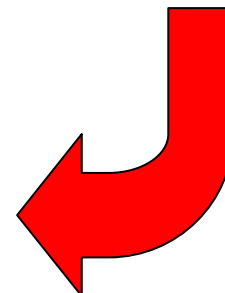
Tumba o roza del bosque natural



Quema de los residuos



Siembra de cultivos alimenticios



Ciclo del sistema de agricultura migratoria tradicional

El período de barbecho es necesario porque inicialmente la productividad del cultivo es elevada, pues con la quema los nutrientes que se encontraban en la vegetación se incorporan al suelo, bajando la acidez y aumentando la fertilidad del terreno. Luego de 2-3 años de cultivo, al aumentar las poblaciones de plagas y malezas, crece la demanda por el uso de nutrientes, se empobrecen los suelos, aumentan los costos de desmalezado y, disminuye la productividad de los cultivos.

Algunas veces el aumento de las malezas es el factor más importante en el abandono de la parcela; en estos casos la disponibilidad de nutrimentos en el suelo desempeña un papel secundario.

Un período de barbecho largo, permite que se restablezca el ciclaje de nutrimentos, al ser colonizada la parcela por la vegetación secundaria; después de cierto tiempo las propiedades del suelo vuelven a ser adecuadas para el cultivo.

La sostenibilidad de este sistema en el pasado se debió a la poca presión de la población y a la disponibilidad grandes regiones de bosques no perturbados. Cuando la densidad y la presión de la población sobre el uso de la tierra son altas, y los períodos de barbecho no son suficientemente largos como para restablecer la fertilidad del suelo, como en la actualidad, la agricultura migratoria promueve la erosión de los suelos y la degradación de la tierra; en caso contrario este tipo de agricultura puede ser una forma ecológica y económicamente racional del uso de los recursos.

Habitualmente este tipo de agricultura se practica en condiciones en que la mano de obra es más escasa que la tierra; el capital disponible es generalmente escaso, y el nivel de tecnología es bajo. Estos sistemas son utilizados, sobre todo, para cubrir el mantenimiento de familias o comunidades, en una actividad típica de subsistencia.

La agricultura migratoria constituye el sistema de producción más extendido en las regiones tropicales; este sistema también es llamado “agricultura de corte y quema”, “agricultura de monte”, “charral”, etc.

El principal modelo de uso de la tierra en la Región Atlántica de Nicaragua es la agricultura de subsistencia en forma migratoria y la ganadería extensiva. Los cultivos perennes (café, cacao, frutales), se encuentran en menor escala. La agricultura migratoria ha sido practicada durante mucho tiempo por los colonos y parceleros. Estos deforestan y queman el bosque cultivándolo durante dos a tres años hasta que el suelo pierde su fertilidad, sembrando después en barbechos o en otra zona de bosque (Reyes, 1988, citado por Günkel, 1994).

Las parcelas abandonadas por su baja fertilidad vuelven a ser cultivadas después de un largo ciclo de regeneración vegetal al recuperar su fertilidad. Este sistema es practicado en la Región del Pacífico desde tiempos precolombinos. En la Región Atlántica los suelos son más pobres y el ciclo de rotación es más corto, deteriorándose el suelo en forma ascendente, ya que estos suelos son sumamente susceptibles a la erosión. En la forma en que este sistema es practicado en esta Región, sin ningún equilibrio ecológico, trae como consecuencia una rápida degradación de los recursos naturales.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema

El proceso de limpieza del terreno, la quema y el barbecho son los aspectos más sobresalientes que deben tenerse en cuenta con respecto a la aplicación de técnicas de manejo adecuadas.

La etapa que merece mayor atención a analizar el manejo de este sistema es el período de barbecho; algunas alternativas de manejo de los barbechos para convertirlos en períodos aprovechables, en lugar de consistir en campos abandonados a la sucesión natural son:

- 1) Introducción de leguminosas como *Pueraria phaseoloides*, *Inga* spp., *Mucuna* spp., *Desmodium ovalifolium* como componente de un barbecho corto, para acelerar la recuperación de la fertilidad del sitio
- 2) Manejar el barbecho con la inclusión de árboles frutales y especies maderables de alto valor comercial, o especies para leña, de crecimiento rápido.
- 3) Intensificar la producción y el mantenimiento de la productividad en las parcelas de cultivo, sembrando especies de valor medicinal u otros usos comerciales, y árboles fijadores de nitrógeno.



Barbecho con *Cassia siamea*, Kenya. ICRAF.



Barbecho con *Sesbania sesban* y *Tephrosia vogelii* en áreas cultivadas con maíz, Zambia. ICRAF.

2.1.2 Cultivo en Plantaciones Forestales y Sistema Taungya

Son métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, pero sólo temporalmente hasta el follaje de los árboles se encuentre desarrollado.



Sistema Taungya con *Pinnus* spp. + *Phaseolus vulgaris*. Tanzania. ICRAF.

Mientras que en la agricultura migratoria los árboles y los cultivos se establecen siguiendo una secuencia temporal, en los sistemas “Taungya” (agricultura de ladera), árboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el período de establecimiento de la plantación. Aunque la obtención de madera es normalmente la meta final, en este sistema los ingresos a corto plazo constituyen una motivación para los agricultores.

El sistema “Taungya” fue desarrollado en 1856 en Birmania, como un método para reducir el costo de la replantación de *Tectona grandis*; se han difundido en numerosos países tropicales, incluso en América Latina. Esta práctica ha tenido éxito con árboles de los géneros: **Terminalia**, **Triplochiton**, y varias especies de árboles de la familia Meliaceae en África Occidental; árboles del género **Cordia** en Suriname, **Tectona** en Trinidad, **Swietenia** en Puerto Rico, **Gmelina** en Costa Rica, y **Pinus** en el nordeste de Argentina.

El excesivo sombreado de los cultivos por los árboles determina el final del sistema agroforestal y el comienzo de la plantación forestal pura. La duración del período del cultivo está determinada por la densidad de plantación de los árboles: si la densidad de árboles es alta, el período de cultivo será corto, y viceversa.

En este tipo de asociación las plantaciones forestales crecen mejor que cuando se encuentran solas, pues están más libres de malezas; el crecimiento de los árboles también puede verse favorecido por efectos residuales de los fertilizantes agregados a los cultivos.

El **cultivo en plantaciones forestales** consiste en la siembra de cultivos como la naranjilla (*Solanum quitoense*), la mora (*Rubus glaucus*) y la granadilla (*Passiflora* spp.) en plantaciones forestales ya establecidas.

Características sobresalientes del sistema Taungya

- El permitir el cultivo de especies anuales en las primeras etapas de la plantación, favorece el control de malezas y así se reducen los costos de plantación.
- Entre las interacciones sobresalientes de estos sistemas se encuentra:
- Interferencia entre los cultivos y los árboles (competencia, efectos alelopáticos)
- La provisión de sombra de los árboles para los cultivos. La competencia por agua, luz, nutrimentos y espacio depende de las especies involucradas, la densidad y el tipo de manejo. La competencia excesiva puede ocasionar reducción del rendimiento de los cultivos y mayor predisposición de las plantas a enfermedades o al ataque de insectos.

Beneficios socioeconómicos del sistema Taungya

- ◆ Para los servicios forestales, este sistema ahorra costos en el establecimiento de las plantaciones. En Nigeria se obtuvo una disminución en los costos entre 40-60% bajo este sistema; como consecuencia la obtención de la madera se logra por lo general a un costo más reducido que en las plantaciones forestales convencionales.
- ◆ Los agricultores participantes obtienen ingresos monetarios, aparte de los beneficios recibidos de las cosechas.

Algunos inconvenientes encontrados en el sistema Taungya

En ciertos casos, los sistemas Taungya han tenido poca aceptación debido a:

- ◆ En algunas ocasiones los agricultores no cooperan con el cuidado de los árboles, puesto que éstos no les proporcionan un beneficio directo.

- ◆ A veces los agricultores participantes desean permanecer por más tiempo en sus parcelas para seguir cultivándolas; generando entonces un conflicto con respecto a los objetivos del Servicio Forestal.
- ◆ La tenencia de la tierra, el diseño de las plantaciones, y el tipo de contrato social del sistema no siempre corresponden con las actividades y deseos del grupo de agricultores involucrados.

El éxito depende en buena medida de los incentivos que ofrezca el gobierno para la participación de los agricultores; una distribución justa de los beneficios y una amplia participación del grupo aumentan las posibilidades de éxito. Por otro lado, aunque este sistema puede constituir una alternativa aceptable para la agricultura migratoria, es conveniente recordar que en el sistema Taungya el uso y manejo de la tierra para la agricultura está determinado por las necesidades de la plantación forestal, y no por las necesidades de los agricultores, o de los trabajadores de las plantaciones forestales.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema

En los sistemas "Taungya" los aspectos sociales forman parte importante del manejo, pues el cultivo o los árboles, según el caso, no pertenecen por completo al agricultor. El sistema tampoco representa una parte integral de su estilo de vida, como ocurre con la agricultura migratoria. De manera que si se trata de poner en práctica ese sistema, su aceptación social y los incentivos económicos para los agricultores deben ser considerados como aspectos importantes del manejo. En la mayoría de los sistemas "Taungya" los problemas de erosión son más graves que los de fertilidad.

Otros aspectos de manejo están relacionados con la elección de especies para el sistema y la densidad de plantación de los árboles y de los cultivos asociados. En la elección de especies se debe considerar que algunos cultivos requieren que el suelo se perturbe mucho con la cosecha (*Manihot esculenta* y otros cultivos que forman tubérculos) lo que limita su utilización en este sistema. El número de ciclos de rotación de cultivos anuales depende de la densidad de plantación de los árboles y de su crecimiento. Si la densidad es elevada, se pueden obtener de uno a tres ciclos de cultivos, mientras que si la densidad no es muy alta pueden lograrse alrededor de cinco.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que si la densidad de plantación de los árboles es relativamente baja, los mismos pueden tender a ramificarse mucho, en consecuencia, es necesario podar y aumentar la mano de obra. Si se quiere incrementar la cantidad de cultivos en una plantación ya establecida, es posible podar las ramas inferiores de los árboles durante los períodos iniciales de la asociación. Finalmente, es importante planificar de antemano las prácticas de raleo y control de malezas.

Criterios para la selección de cultivos agrícolas

- ◆ Porte bajo.
- ◆ Fijadores de nitrógeno o simbiosis con otros microbios.
- ◆ Tolerantes a sombra.
- ◆ Que requieran pocos insumos.
- ◆ De consumo y comercialización asegurada.
- ◆ Evitar especies trepadoras durante las fases de establecimiento.
- ◆ Evitar los cultivos de altos requerimientos de nutrientes sin fertilizar.
- ◆ Evitar raíces y tubérculos.

El sistema Taungya y algunos cultivos agrícolas y especies arbóreas que se producen.

Tectona grandis es la especie arbórea más popular utilizada en el Taungya plantándose en forma de estacas o con plantitas de semilla o brinzales. También se utiliza extensamente la *Gmelina arborea*. Aparte de la producción de cultivos arbolados para la producción de madera de construcción y otros productos tradicionales de madera, el sistema Taungya puede utilizarse para producir cultivos comerciales como el *Anacardium occidentale*. Esta especie se ha introducido con éxito en sitios de mala calidad en las sabanas del sur de Guinea, sembrándola con un espaciamiento de 2 × 4 m con maíz, y a veces algodón, entre las hileras de los árboles. El *Anacardium occidentale* comienza la producción de frutos después del quinto año; la producción media en la Costa de Marfil es de 400 kg/ha a la edad de 15 años, lo que proporciona a los agricultores una rentabilidad muy buena.

Hay ciertas pruebas de que cuando se plantan cultivos arbolados con cultivos agrícolas, un mayor espaciamiento de los árboles reduce la mortalidad, aumenta el ritmo de crecimiento y, al mismo tiempo, la presencia de especies agrícolas adecuadas reduce efectivamente la exposición del suelo. Además, el agricultor obtiene mayores rendimientos por unidad de plantación. Un espaciamiento menor de los árboles reduce con frecuencia el crecimiento inicial de los árboles debido al aumento de la competencia, siendo necesario comenzar antes los cuidados silvícolas.

Los cultivos agrícolas que se producen en combinación con los árboles forestales se eligen generalmente debido a las costumbres agrícolas y alimentarias del agricultor. Las que se cultivan con mayor frecuencia son *Pennisetum typhones*, *Hordeum vulgare*, *Phaseolus* spp., *Vigna* spp., *Amaranthus* spp., *Solanum melangena*, *Brassica* spp., *Ricinus communis*, *Capsicum* spp., *Colocasia antiquarum*, *Gossypium* spp., *Cucumis sativus*, *Colocasia esculenta*, *Cajanus* spp., *Zinziber officinale*, *Arachis hypogaea*, *Anthyllis vulneraria*, *Linum usitatissimum*, *Medicago sativa*, *Citrullus vulgaris-Cucumis melo*, *Pennisetum* spp., *Panicum* spp., *Brassica* spp., *Avena sativa*, *Hibiscus esculentus*, *Carica papaya*, *Ananas comosus*, *Solanum tuberosum*, *Cucurbita maxima*, *Secale cereale*, *Sesamum indicum*, *Hibiscus sabdariffa*, *Glycina soja*, *Ipomoea batatas*, *Xanthosoma sagittifolium*, *Lycopersicon esculentum*, *Curcumalonga* spp., *Triticum* spp.

Hay varias especies agrícolas que son polémicas y se excluyen en las plantaciones de algunos países, como por ejemplo *Musa* spp., *Manihot utilissima*, *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Saccharum officinarum*, *Nicotina tabacum* y *Dioscorea* spp. La limitación o la exclusión de las bananas y los plátanos se debe a diversas razones, entre las cuales están: el evitar la interferencia humana en las plantaciones (ya que los agricultores son reacios a cortar o abandonar una planta que continua produciendo alimentos), el conservar la fertilidad del suelo y evitar que los árboles jóvenes se deformen. Sin embargo, en Mayumbe, Congo Brazzaville, las bananas combinadas con plantitas de *Terminalia superba* se explotan durante 405 años en un estado de silvo-bananeras, siendo el espaciamiento de los árboles de 12 × 4 m con las bananas en dos hileras intermedias. El *Manihot utilissima* se excluye en Dahomey y en Uganda debido a que agota el suelo, tiene una vida larga y alcanza una altura de 2 a 3 m rápidamente, retrasando con ello el desarrollo del cultivo arbolado.

La misma razón, o sea el crecimiento rápido, es la que se da para excluir el maíz en Malawi, Mauritius y Senegal. Sin embargo, el maíz no ha tenido un efecto importante sobre la mortalidad de la teca (a partir de estacas y plantitas de semilla) en las plantaciones hechas en Gambari en Nigeria, pero puede tener un cierto efecto sobre el crecimiento en altura de acuerdo con el tipo de material de plantación que se emplee. El tabaco puede excluirse debido a que tiene un efecto

venenoso sobre los elementos nutritivos del suelo y porque no puede dar una cubierta adecuada al suelo y, de aquí, la tendencia a erosionarse de los terrenos en que se planta.

El arroz de montaña se produce con cultivos arbóreos, especialmente en Malasia, Senegal, Assam y Kerala, viéndose favorecido el desarrollo de los árboles debido a que el arroz suprime las hierbas. Sin embargo, en Sri Lanka se piensa que las ganancias procedentes del arroz son tan elevadas que es muy probable que los agricultores ejerzan su influencia para convertir la tierra exclusivamente para uso agrícola. La caña de azúcar se excluye generalmente debido a su cultivo a largo plazo; debido también al temor por el agotamiento del suelo y porque da una sombra muy densa. Sin embargo, donde se ha cultivado con bastante éxito en Assam, India y Birmania, la presencia de la caña provocó un aumento del crecimiento en altura de las plantitas de semilla.

En China se aplican de modo general los cultivos intercalados en las actividades forestales. Hay ejemplos de cultivos agrícolas que se plantan entre hileras de álamos, la *Cunninghamia lanceolata* y el *Pinus* spp. (*massoniana*, *taeda* o *elliottii*) durante un periodo de dos años. En algunas plantaciones, especialmente de pino, se plantan intercalados árboles de *Aleurites* spp., conjuntamente con los cultivos agrícolas; producen aceite desde el cuarto hasta el décimo año, después de lo cual se cortan dejando el pino como cosecha arbolada final. El cultivo intercalado no solo se considera como un trabajo cultural para sustituir al deshierbe, sino también como un sistema de uso múltiple de la tierra para la producción conjunta de madera y alimentos. Dependiendo de la calidad del suelo, los cultivos pueden estar constituidos por boniatos, soja, cacahuetes, sandías, o maíz. En general, se prefiere el cultivo intercalado con leguminosas, ya que enriquece el suelo, proporciona abono en verde y alimento para los animales. Dependiendo de los cultivos y de la habilidad de manejo, los cultivos intercalados pueden rendir de 1,4 a 4,0 toneladas de alimentos por hectárea. En algunos lugares, puede rendir 20 ton/ha de hojas verdes que se utilizan como alimentación para animales (cerdos) o como abono. Se ha observado que el efecto sobre el crecimiento de los árboles es muy favorable. La tasa de supervivencia de la *Cunninghamia* es un 5 por ciento superior a la correspondiente a plantaciones no intercaladas con cultivos y la altura de las plantas es un 33 por ciento superior.

Otro ejemplo de cultivos mezclados puede tomarse del sur de la costa del Pacífico de Colombia donde se planta *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* en pequeñas propiedades conjuntamente con los cultivos tradicionales de plátanos, maíz y cacao.

Aunque el cultivo mezclado puede ser contrario al modo de pensar de muchos forestales, acostumbrados al orden y apariencia regular de sus plantaciones, este sistema se practica no sólo por razones tradicionales, sino también porque le va muy bien al medio ambiente, mantiene la fertilidad del suelo y combate la erosión y la lixiviación del suelo. Hay también una justificación económica, ya que se puede lograr más producción a partir de mezclas de cultivos haciendo así un uso completo del espacio disponible. Un buen manejo es un factor importante en el cultivo intercalado con estricta observancia de todas las normas que pueden establecerse. Al cultivar y cosechar los cultivos agrícolas, y especialmente los tubérculos, debe tenerse mucho cuidado a fin de no dañar a las raíces de la plantación arbolada. Si se utilizan especies trepadoras, contra la norma general, los agricultores deben colocar estacas de alubias o pértigas (en el caso del ñame) para evitar la estrangulación de los brinzales. Es importante resaltar que el crecimiento y el rendimiento de los cultivos agrícolas vienen directamente influidos por el espaciamiento y la

densidad del cultivo arbolado. Concomitantes con estos dos factores está la tasa de crecimiento y el tamaño relativo de la copa de la especie arbórea.

El sistema Taungya es un medio de reducir los costes de las plantaciones forestales y al mismo tiempo de contribuir a resolver los problemas sociales. En Campeche, México, donde las principales especies plantadas son *Cedrela mexicana*, *Swietenia macrophylla* y *Cordia ciricote* los costes netos por hectárea de plantación y cuidados culturales durante 5 años, con 2 deshierbes por año, se redujeron hasta un 27 por ciento (US\$ 58,4) de los costos normales debido a los beneficios obtenidos de la cosecha de maíz. Si se utiliza la mecanización, los costes caen hasta el 18 por ciento (US\$ 34,3 por ha).

2.1.3 Árboles para sombra de cultivos

Consisten en la combinación simultánea de árboles y cultivos perennes. Los cultivos de café y cacao constituyen la base para muchos de estos sistemas.

El cacao, a diferencia del cafeto, prospera en sitios fértiles de baja altura. En Brasil, por ejemplo, país de donde proviene aproximadamente un 20% de la producción mundial de cacao, éste se cultiva tradicionalmente bajo sombra de varias especies de árboles de bosque que se ha aclarado y limpiado para ese fin. En el estado de Bahía, de donde procede el 95% de la producción total de cacao del país, en muchas áreas éste participa en combinaciones con cultivos como cocotero, guaraná (*Paullinia cupana*) y pimienta negra. Asimismo, el cacao es casi el único cultivo que se siembra intercalado en plantaciones maduras de caucho, con buenos rendimientos para ambos cultivos.

La mayoría de los ejemplos exitosos de estos sistemas se localizan en regiones de suelos fértiles, con buenas comunicaciones y con la infraestructura y los mercados necesarios. Estos sistemas tienen grandes posibilidades de mejoramiento, a través de la introducción de variedades mejoradas de especies perennes, frutales y cultivos compatibles.

En muchas ocasiones, la elección de un sistema con árboles para sombra está más bien regido por la necesidad de diversificar la producción, es decir, abastecer de madera, leña, frutas, etc., o de proveer un seguro contra las fluctuaciones de los precios del mercado. La razón principal de estas asociaciones no estriba en las ventajas ecológicas que puedan lograrse con las combinaciones, sino en la mayor seguridad económica al tratarse de productos de precios variables según los años.

- **Café bajo sombra**

El café es cultivado especialmente en tierras altas y fértiles. En los cafetales manejados bajo este sistema, los caficultores utilizan diferentes tipos de árboles.

El uso de sistemas de café con sombra da respuesta a los fenómenos que ha experimentado la caficultura moderna en la última década, tales como:

- La reducción gradual del precio real del café y proyecciones de precios moderados a bajos.
- El aumento de los costos debido al mayor uso de insumos externos (fertilizantes y plaguicidas).

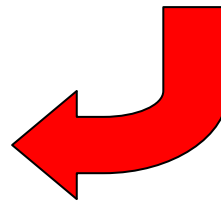
- El interés creciente en otros productos de los cafetales, tales como madera, frutos, o servicios ambientales (conservación de suelos, agua y aire limpio, etc.).
- Mayor preocupación de los productores por la degradación y contaminación ambiental, sobre todo en cafetales sin sombra y con altos niveles de tecnificación (altos insumos, poda por lote).
- Mayores exigencias del consumidor por un producto de alta calidad sin residuos de agroquímicos y por sistemas de producción ecológicamente sostenibles.

En Nicaragua en la Región de Pacífico y en la Región Central se distinguen dos tipos de sombra:

Tradicional: En los Departamentos de Carazo, Rivas y Granada las dos especies arbóreas más utilizadas como sombra son: *Ficus isophlebia* (Chilamate) y *Gliricidia sepium* (Madero negro). En este sistema también son combinados otros árboles forestales de mucha altura como *Diphysa robinoides* (Guachipilín), *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Cedrela odorata* (Cedro), *Simarouba glauca* (Acetuno), *Inga* spp. (Guabas).



Sistema de café bajo sombra de diferentes especies. Finca ubicada en Diriamba, Carazo. Foto tomada por estudiantes de la Maestría en Gestión Ambiental, UNAN-Managua, 2003.



En la Región Central y Norte las especies más frecuentes en los cafetales con sombra sin manejo son los árboles maderables valiosos que predominan en esa zona. Entre estos están: *Juglans olanchana* (Nogal), *Calophyllum brasiliense*, *Liquidambar styraciflua*, *Swietenia humilis* (Caoba del Pacífico), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Cedrela odorata* (Cedro). En estos cafetales se encuentra también especies frutales como *Musa* spp. (Plátanos), *Inga* spp. (Guabas), *Citrus* spp (Reyes, 1988), *Persea americana* (Aguacate) y *Mangifera indica* (Mango).

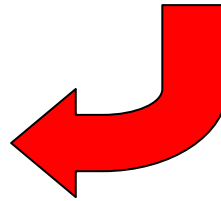
Café con sombra manejado: En la zona cafetalera del Departamento de Carazo, según Chavarría (1987), los agricultores prefieren las especies *Gliricidia sepium* y *Erythrina glauca* (Gallito o Helequeme) como sombra. Estos árboles son manejados por medio de podas frecuentes. En esta zona se encuentran algunas plantaciones de café sin sombra las que requieren un mayor uso de agroquímicos como fertilizantes y herbicidas.

En la Región Central y Norte se encuentra asociado con el café árboles fijadores de nitrógeno que son podados frecuentemente para regular la sombra en el cultivo y el material leñoso es aprovechado como leña. Las especies utilizadas son *Inga* spp., *Cordia alliodora*, *Erythrina* spp. y *Calliandra*

calothyrsus (Caliandra Roja). En estos cafetales se encuentran también especies frutales como *Musa* spp. y *Citrus* spp. (Reyes, 1988, citado por Günkel, 1994).



Sistema de café bajo sombra de diferentes especies arbóreas. Finca San Emilio, El Mombacho, Granada. Foto tomada por Ing. M.Sc. Lester R. Rocha (2006).



Atributos deseables de los árboles para asocio con café.

Establecimiento y crecimiento

- + Fácil establecimiento
- + Crecimiento rápido y alta producción de biomasa/productos

Atributos/arquitectura/compatibilidad

- + Mejora el ambiente para café (microclima, nutrientes).
- + Arquitectura y fenología complementaria para los requerimientos del café.
- + Compite poco con café (agua, nutrientes).
- + Copa abierta y angosta, para permitir mayor penetración solar y un número alto de árboles (sobre todo para maderables y frutales).
- + Hojas pequeñas para mayor penetración de luz.
- + Sistema radical fuerte y profundo (absorción de nutrientes no accesibles para los cultivos; micorrizas/nódulos) pero no competitivo.
- + Sin efectos alelopáticos para el café.
- + Ramas y tallos no quebradizos, raíces fuertes (alta resistencia al viento).
- + No es susceptible a plagas y enfermedades, ni hospedero de ellas.
- + Sin potencial de convertirse en una maleza agresiva.

Manejo/fisiología:

- + Tolera estrés ambiental (establecimiento en pleno sol).
- + Autopoda.
- + Tolera poda fuertes.
- + Rebrotar fácilmente.
- + Fijación de Nitrógeno

Funciones ecológicas:

- + Fomenta "control biológico" (contribuye a biodiversidad).
- + Provee hábitat para aves.

- ✚ Fomenta conservación y fertilidad de suelos.

Nota: No hay ninguna especie arbórea que cumple todos los criterios. La selección de especies busca maximizar los beneficios.

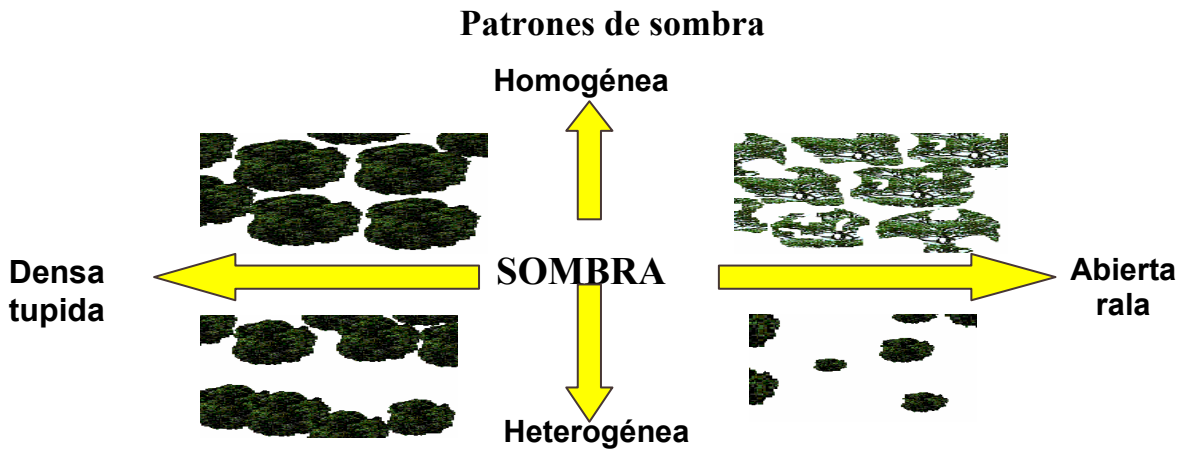
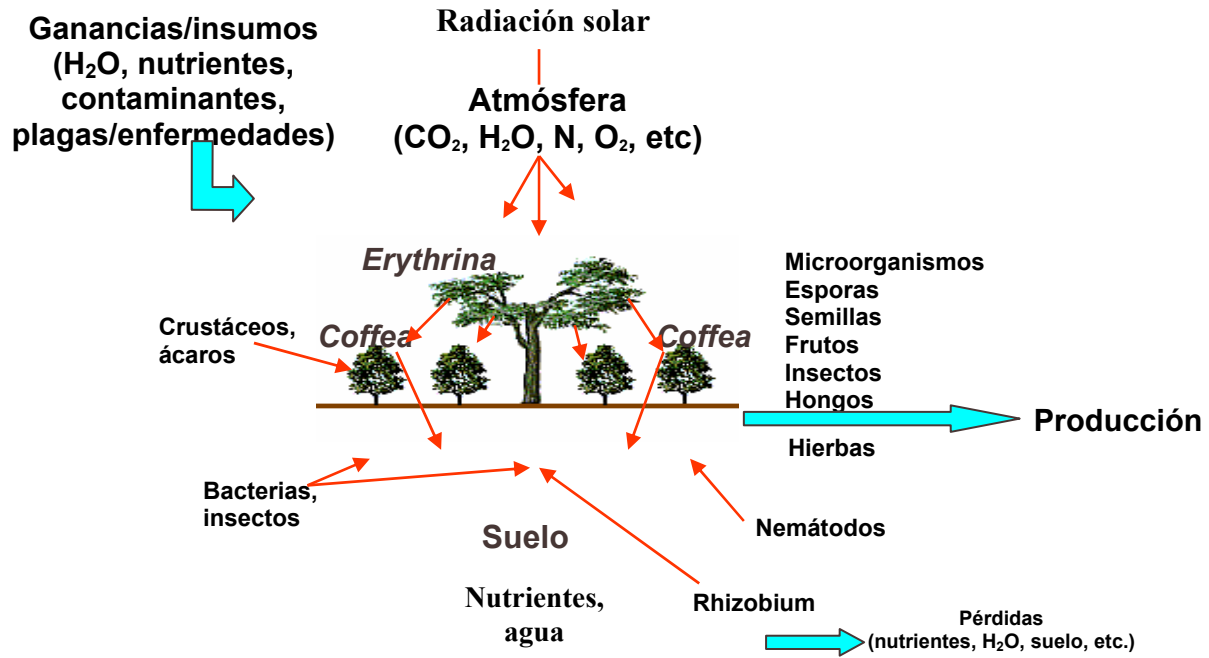
Ventajas de asociar café con árboles

- ➔ Microclima más moderado (temperaturas más estables, menor transpiración, rompavientos reducen viento).
- ➔ Cafetos más vigorosos y más resistentes a plagas y enfermedades.
- ➔ Vida útil más larga de cafetos (menos desgaste/agotamiento) y menos variabilidad entre plantas.
- ➔ Puede mejorar la producción y calidad de café en ambientes marginales para su cultivo.
- ➔ Menos enfermedades (*Cercospora*, Antracnosis) y malezas agresivas (sobre todo gramíneas) adaptadas a niveles altos de luz.
- ➔ Contribución a mantener la fertilidad del suelo (incluye control de la erosión).
- ➔ Reducción potencial de los requerimientos de insumos (fertilizante, herbicidas, etc.) y aumento de la eficiencia de aprovechar el fertilizante.
- ➔ Productos adicionales: hojarasca, frutos, madera, etc.
- ➔ Madera producida reduce la necesidad de extraer madera de bosques.
- ➔ Aumento de la biodiversidad (aves migratorias, control biológico).
- ➔ Hongos entomopatógenos (*Beauveria*, *Metarhizium*) pueden ser favorecidos.

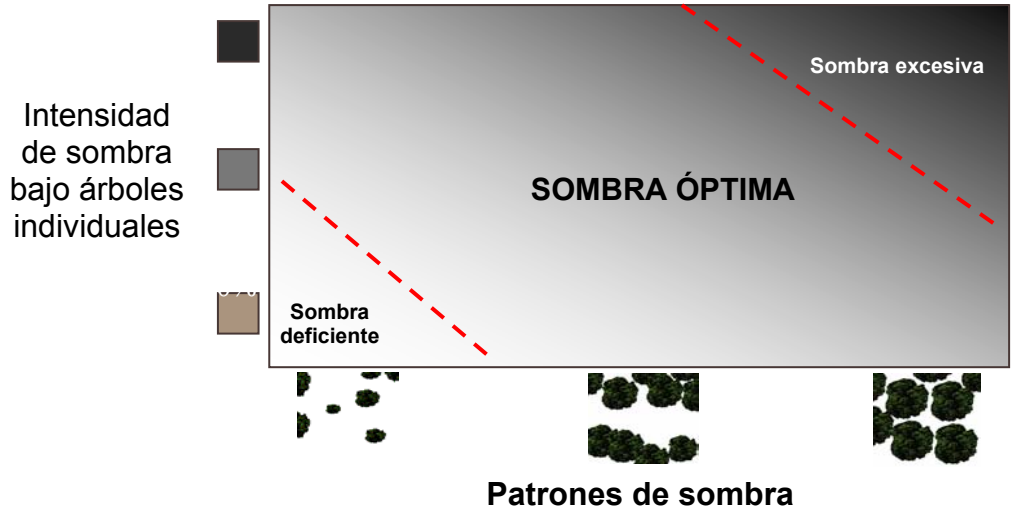
Desventajas de asociar café con árboles

- 🌿 Puede bajar la producción de café (más evidente en ambientes ideales para café y cuando se usan demasiados árboles y/o especies incompatibles).
- 🌿 Puede requerir fondos y mano de obra adicionales para establecer y manejar los árboles (aunque en muchos casos es un costo menor que el costo para el manejo de malezas).
- 🌿 Puede favorecer enfermedades y plagas adaptadas a humedad alta (*Koleroga*) y/o sombra (*Mycena*), o asociadas a niveles altos de materia orgánica (*Rosellinia*, *Phyllophaga*).
- 🌿 Puede dañar los cafetos por la caída de las ramas y durante la extracción de la madera.
- 🌿 Puede dificultar las labores de manejo.
- 🌿 Los árboles pueden ser hospederos potenciales para nuevas plagas.

Esquema de un sistema agroforestal café con *Erythrina* spp.







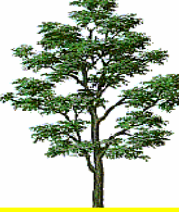




Las dos dimensiones de la sombra (intensidad y distribución/patrón) definen tres zonas de sombreado para Café



Criterios para la selección de especies arbóreas

1. Usos

Maderables	 Casuarina	 Cedro	 Genízaro
Frutales	 Aguacate	 Cítricos	 Mango
Servicios	 Madero negro	 Helequeme	 Guabas

COPA → Estrecha ————— Tipo sombrilla

ESQUEMAS DE CAFETALES CON ÁRBOLES DE DIFERENTE ARQUITECTURA Y FENOLOGÍA:

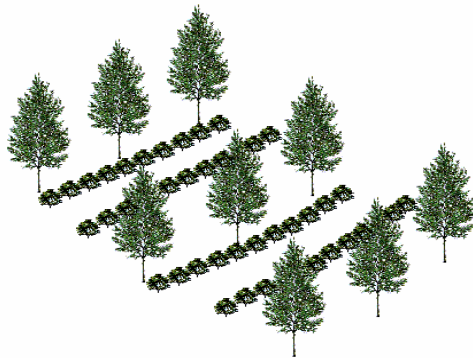
Árboles Con Copas Angostas O Abiertas



**Roble Encino (*Quercus* spp.)
Liquidambar spp.**



Rosa morada (*Lonchocarpus* spp.)

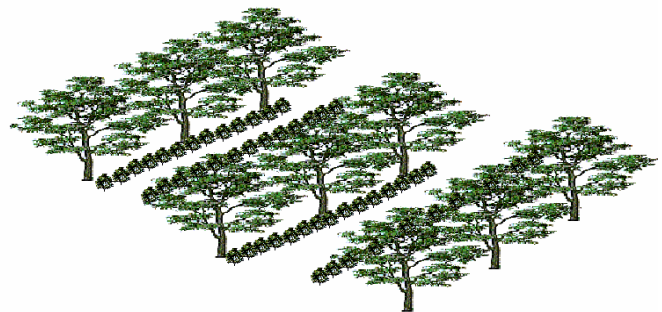


Pino australiano (*Casuarina equisetifolia*)

Árboles Con Copas Anchas



Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)



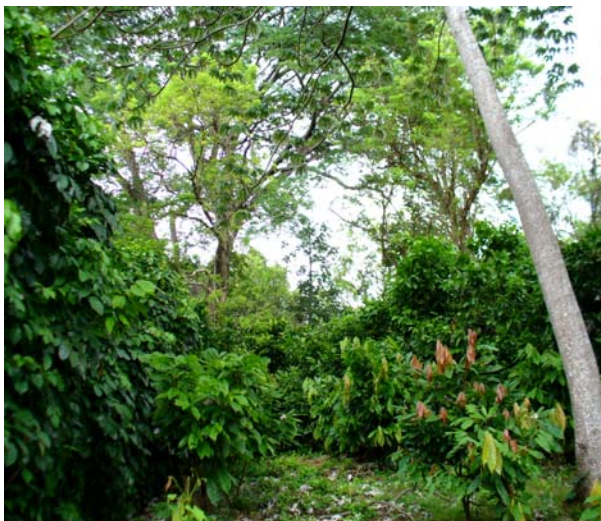
Guaba (*Inga jinicuil*)

Combinación De Árboles

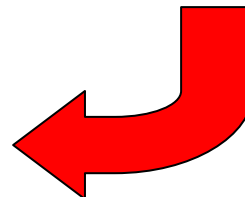


- **Cacao bajo sombra**

El cultivo de Cacao se practica en los Departamentos de Matagalpa, Zelaya, Boaco y Chontales. Según Thienhaus (s.f.), citada por Günkel (1994), las especies utilizadas como sombra son árboles de la zona que, al ralearse el bosque, son dejados por su valor maderable y otros usos. Las especies más comunes son: *Carapa nicaragüensis* (Cedro Macho), *Tabebuia rosea* (Macuelizo), *Terminalia chiriquensis* (Guayabón), *Calophyllum brasiliense* y *Cordia alliodora*. La mayor parte de los agricultores también utilizan especies frutales como sombra, tales como *Citrus* spp., *Cocos nucifera* (Cocotero), *Persea americana*, *Bactris gasipaes* (Pejibaye), *Artocarpus communis* (Fruta de pan) y *Musa* sp., como sombra inicial.



Sistema de cacao bajo sombra. Finca San Emilio, El Mombacho, Granada. Foto tomada por Ing. M.Sc. Lester R. Rocha (2006).



Características sobresalientes de los sistemas de árboles en asociación con cultivos perennes:

- ✚ En estas asociaciones se tiende a optimizar el uso de recursos y a aumentar la productividad por unidad de terreno. Como se mencionó, las condiciones de mercado constituyen un gran determinante para el éxito, pues obviamente debe existir un mercado para canalizar la producción.
- ✚ Estos sistemas representan una alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido al alto costo de productos agroquímicos; es decir, cuando no se puede cubrir el costo del fertilizante necesario en el monocultivo. En estos casos, con la introducción de especies de árboles adecuadas para sombra se puede llegar a suplir, en parte, las necesidades nutricionales del cultivo (adición de la materia orgánica, fijación de nitrógeno, protección contra la erosión hídrica y eólica, creación de microclima favorable, etc.).
- ✚ Se puede manejar la poda de los árboles para sombra de tal manera que se logre una cosecha estacional, lo cual es ventajoso para la comercialización.

Criterios para la selección de las especies arbóreas

1. Usos: Maderables, frutales, servicio
2. Clima y suelo
3. Compatibilidad con cafeto: alta, intermedia, baja
4. Otros factores: especie local o exótica, semillas disponibles, otros usos (forraje, leña, apicultura, medicinal), ayuda en el control biológico.

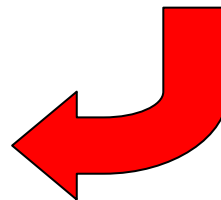
2.1.4 Árboles en parcelas de cultivos: cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en linderos, árboles dispersos.

Consiste en el uso de árboles distribuidos al azar o de manera sistemática dentro o en los bordes de las parcelas agrícolas.

2.1.4.1 Cercas vivas

Una **cerca viva** es una **línea de árboles o arbustos que delimitan una propiedad**. Además de estos servicios, se produce forraje, leña, madera, flores para miel, frutos, postes, etc.

Foto: Cercas vivas en Panamá, tomada de: Cherry & Fernandes.



En Masaya y Carazo el sistema agroforestal más importante son las cercas vivas; la mayoría de las usan para delimitación de sus fincas; en menor porcentaje son utilizadas para protección, producción de leña y forraje. Las especies arbóreas más empleadas son *Mangifera indica*, *Bursera simarouba*, *Spondias* spp., *Gliricidia sepium* y *Ficus isophlebia*.

En Rivas y Granada las cercas vivas es un sistema muy utilizado, independientemente del tamaño de la finca. Las cercas son utilizadas para delimitación y protección de la finca, así como para la obtención de subproductos tales como leña, postes y frutos. Las especies más frecuentes son *Gliricidia sepium*, *Ficus isophlebia*, *Pochote quinata*; *Bursera simarouba*, *Delonix regia*, *Mangifera indica*, *Spondias* spp., y *Simaruba glauca* (Acetuno), son otras especies utilizadas.

En el Mombacho, las cercas vivas no se utilizan con frecuencias, quizás debido a la disponibilidad de postes para cercos muertos; las especies utilizadas son *Gliricidia sepium*, *Spondias* spp., *Cordia alliodora*, *Erythrina* sp. (Helequeme), *Annona* sp., y *Euphorbia pulcherrima* (Pascua); en algunos casos utilizan cercas vivas como rompevientos, en este caso las especies presentes son *Yucca elephantipes* (Espadillo), *Bambusa* sp., y sereno.

En un estudio realizado por Sánchez et al (2005) se encontró que en Matiguás, Matagalpa, las cercas están compuestas por especies arbóreas de usos múltiples que tienen fácil propagación y beneficios como leña, forraje y madera, tales como: *Bursera simarouba* L., *Tabebuia rosea* L. F., *Pachira quinata* M., *Erythrina berteroana* F., y *Gliricidia sepium* L. F. Según Harvey et al (2004), citada por Sánchez et al (2005) estas cercas han sido establecidas por los productores para dividir potreros o campos agrícolas y evitar el paso de animales.

Características sobresalientes de las cercas vivas

- Las cercas vivas son un rasgo característico del paisaje de muchos países de América Tropical, desde el nivel del mar hasta más de 2500 metros, desde ambientes relativamente secos hasta algunas de las áreas más húmedas (más de 4000 mm de precipitación anual).
- Las cercas vivas se establecen por medio de la plantación de estacas grandes (generalmente de 2.5 m de largo y entre 8 y 20 cm de diámetro), que enraizan fácilmente y sobre las cuales se atan varios hilos (generalmente 3) de alambre de púas.
- Para el mantenimiento de estos sistemas es necesaria mucha mano de obra permanente.
- Estos sistemas proporcionan un hábitat favorable para animales silvestres que pueden ser plagas de los cultivos, aunque también pueden favorecer a animales útiles como las aves que participan en el control de plagas.
- En las cercas vivas se utilizan numerosas especies de acuerdo con las condiciones climáticas y culturales.
- Las cuatro especies más comunes en América Central, norte de América del Sur y muchos países del Caribe son: *Gliricidia sepium*, *Spondias purpurea* y *Erythrina berteroana*; otras especies comunes en América Central son *Jatropha aurea* y *Croton niveus*.

Las **ventajas** de las **cercas vivas** son:

- Rinden diversos productos de valor económico, como alimento humano, forraje, productos medicinales, leña y nuevos postes para cercas.
- Protegen a los cultivos y animales contra el viento.

- Estos sistemas sirven como barrera para detener la erosión y tienen un efecto beneficioso para el suelo.
- Generalmente duran mucho tiempo.
- Tienen un costo relativamente bajo o ninguno.

Algunas **desventajas** de las **cercas vivas** son:

- La necesidad de un manejo cuidadoso con podas para evitar su crecimiento excesivo y que se “traguen” al alambre.
- Dificultad en eliminar la cerca si esto se hace necesario.
- Problemas de sobrevivencia de los postes vivos.

Funciones y beneficios económicos de las cercas vivas

- ✳ 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 la estabilización de la familia en el área rural.

Funciones y beneficios ambientales de las cercas vivas

- Ⓢ 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.
- Ⓢ Reducen presión sobre los bosques.

Factores de éxito en el sistema de cercas vivas

- Ⓢ Con la selección adecuada de la especie, no hay limitaciones climáticas y edáficas.
- Ⓢ Conocimiento tradicional en la selección de las 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 de la finca.
- Ⓢ Tienen gran potencial productivo: leña, forraje, estacas, flores, frutos, etc.

Crterios para la seleccin de las especies para cercas vivas

- ✳ Objetivo de la cerca viva.
- ✳ Calidad del sitio (suelo y clima).
- ✳ Disponibilidad de material de reproduccin (semillas, estacas, etc.).
- ✳ Fcil propagacin, crecimiento rpido.
- ✳ Ausencia de problemas graves de plagas y enfermedades.
- ✳ Leguminosa o especie vegetal que beneficie a los cultivos vecinos.
- ✳ Follaje algo abundante y perenne.
- ✳ Alta capacidad de rebrote despus de la poda.
- ✳ Que sea una especie poco competitiva y que no tenga la capacidad de convertirse en maleza.
- ✳ Uso mltiple (madera, lea o forraje).
- ✳ Que sea de valor econmico.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema de cercas vivas

En el caso de las cercas vivas y las cortinas rompevientos, la interaccin con cultivos o animales no es tan obvia ni tan intensa como en otros sistemas. Por ello, las tcnicas de manejo se concentran en el establecimiento y el mantenimiento de los componentes arbreos, no obstante, su uso como fuente de forraje es atractivo y debe ser tomado en consideracin.

En el manejo de cercas vivas la seleccin de las especies adecuadas es un aspecto crtico. Las caractersticas deseables incluyen: rapidez de crecimiento, facilidad de reproduccin vegetativa, rapidez en el rebrote despus de la poda, capacidad para la formacin de una cerca densa, ausencia de problemas graves de plagas y enfermedades y provisin de beneficios tales como madera, lea o forraje; *Gliricidia sepium* rene muchas de las caractersticas nombradas.

Para el establecimiento de las cercas es preferible que la especie pueda ser reproducida por estacas; de esa manera se obtiene una cerca ms rpidamente que si se siembra la semilla del rbol. Adem{s, es importante que se pueda amarrar bien el alambre de p{as y que el rbol no se "trague" el alambre, lo que se logra con podas frecuentes, para que crezca lentamente.

Es importante destacar que, por medio de podas sincronizadas, debe evitarse que las cercas vivas florezcan y fructifiquen, ya que es ms conveniente concentrar la energ{a en produccin de follaje y madera.

El control de malezas no es muy crtico para el mantenimiento de las cercas de madero negro, pues con las estacas largas que sobrepasan a la vegetacin y su sistema radicular profundo, la especie puede competir con ventaja y no da lugar al establecimiento de malezas; los problemas de plagas no son muy comunes.

2.1.4.2 Cortinas rompevientos

Una **cortina rompevientos** consiste en **lneas de rboles (de una a diez) que protegen un campo de pastos, cultivo o rboles contra el viento**. Una cortina rompevientos puede al mismo tiempo ser

una cerca viva. Además de estos servicios, se produce forraje, leña, madera, flores para miel, frutos, postes, etc.

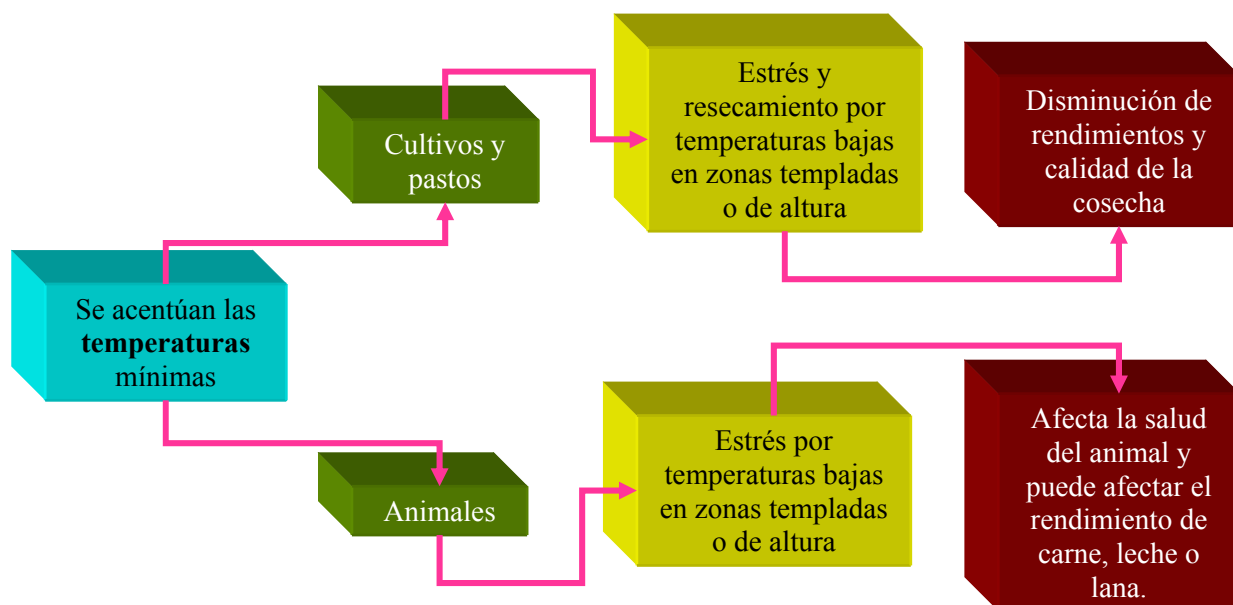


Cortinas rompevientos de *Eucalyptus camaldulensis* en El Viejo, Chinandega, protegiendo áreas de cultivo de maíz (foto izquierda) y de arroz (foto derecha). Fotos tomadas por estudiantes de la Maestría en Gestión Ambiental, UNAN-Managua, 2003.

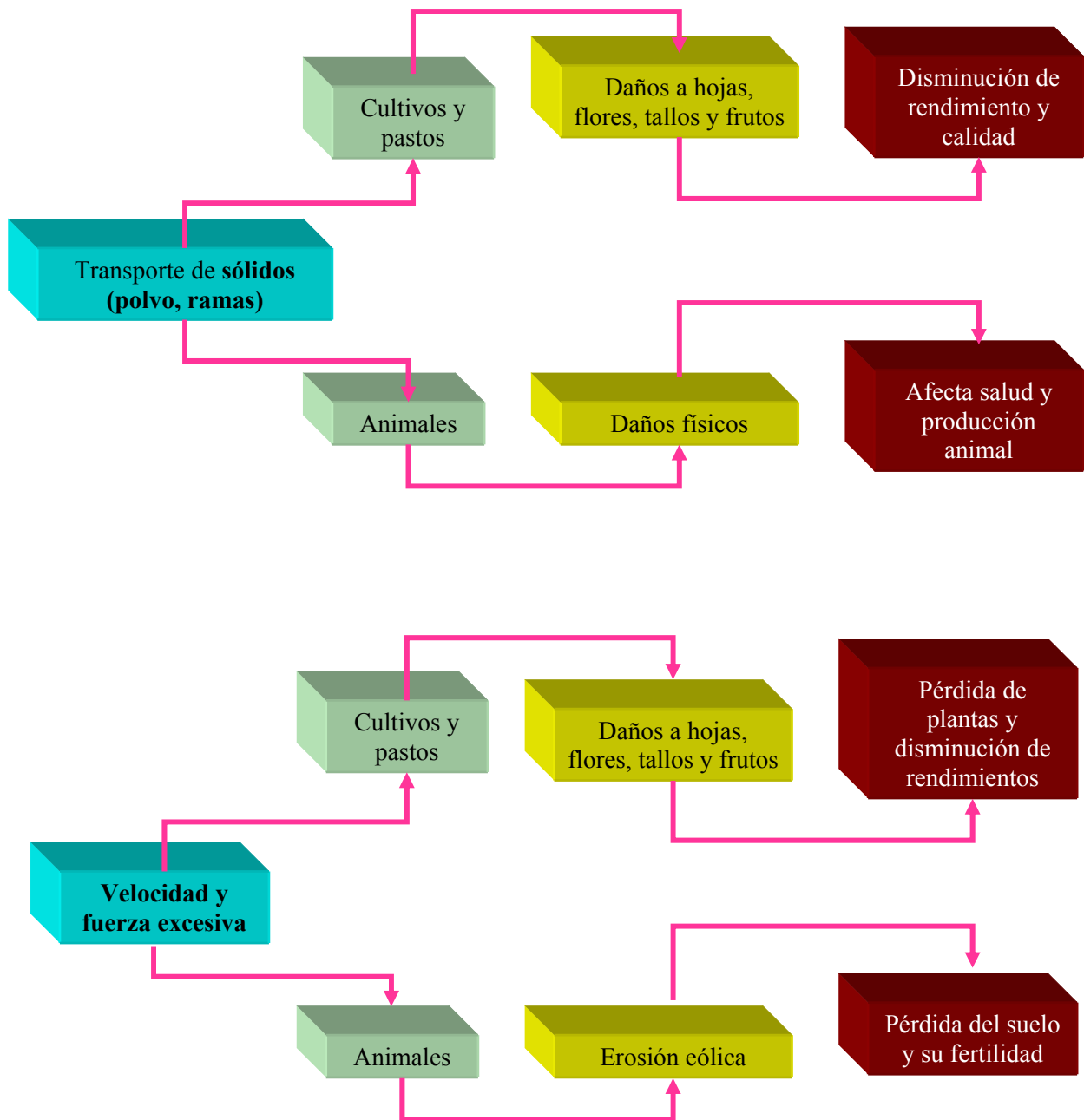
Objetivos de las cortinas rompevientos

- ✚ 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).

Efectos del viento excesivo sobre componentes de parcelas agropecuarias



Efectos del viento excesivo sobre componentes de parcelas agropecuarias



Características sobresalientes de las cortinas rompevientos

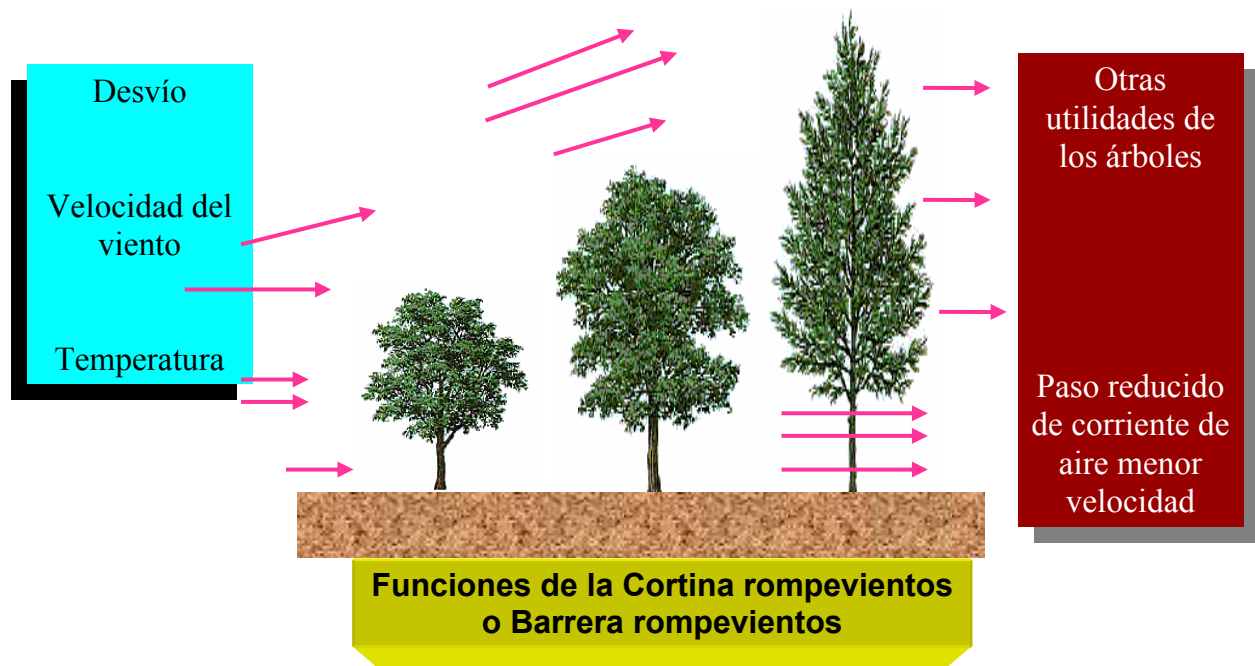
- Además de utilizarse como complemento de sistemas agrosilvopastoriles, las cercas vivas y las cortinas rompevientos demarcan parcelas de cultivos anuales o perennes, o sirven como límite de fincas.
- Contribuyen a la producción agrícola en áreas extensas, especialmente donde la protección a los cultivos es indispensable.

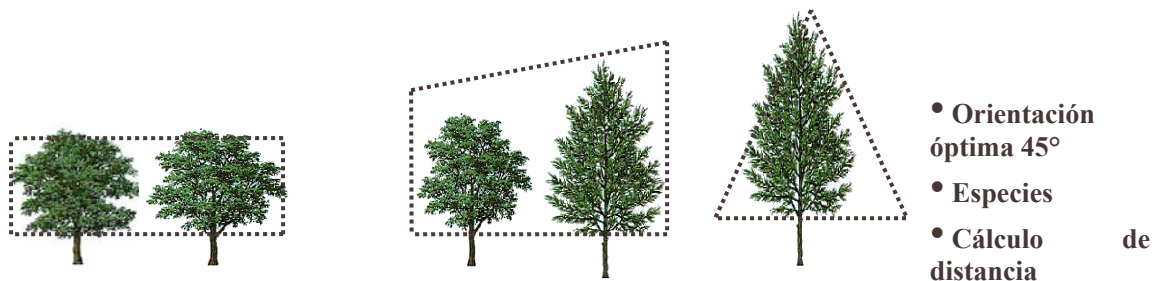
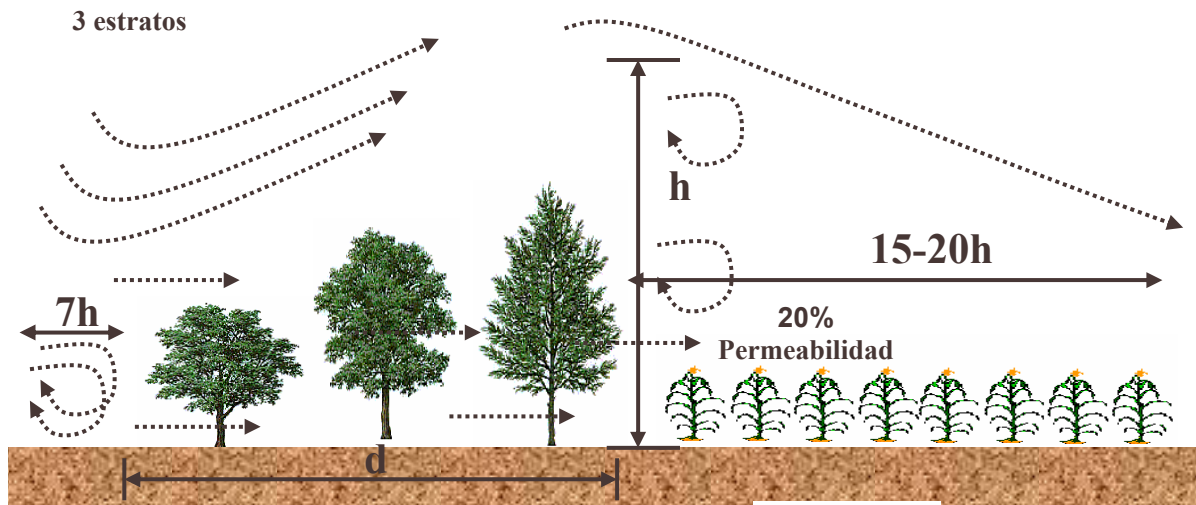
- Se ha comprobado los efectos positivos de algunas especies utilizadas en las cortinas sobre los rendimientos de los cultivos, debido a la reducción de la pérdida de humedad del suelo y a mejoras en las condiciones del sitio.
- En León, Nicaragua, se usan cortinas de tres estratos y cinco líneas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala* y *Tecoma stans*, para proteger al suelo durante la época seca en plantaciones de *Gossypium hirsutum*.

Importancia económica de las cortinas rompevientos

- Mejoramiento 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.

Elementos importantes del diseño de Cortinas rompevientos





Cálculo de la distancia entre las cortinas

$$D = 17 h (V_{\min}/V_{\text{act}}) \text{Cos } \varnothing$$

Donde:

D = Distancia entre cortinas (m)

H = Altura entre las cortinas (m)

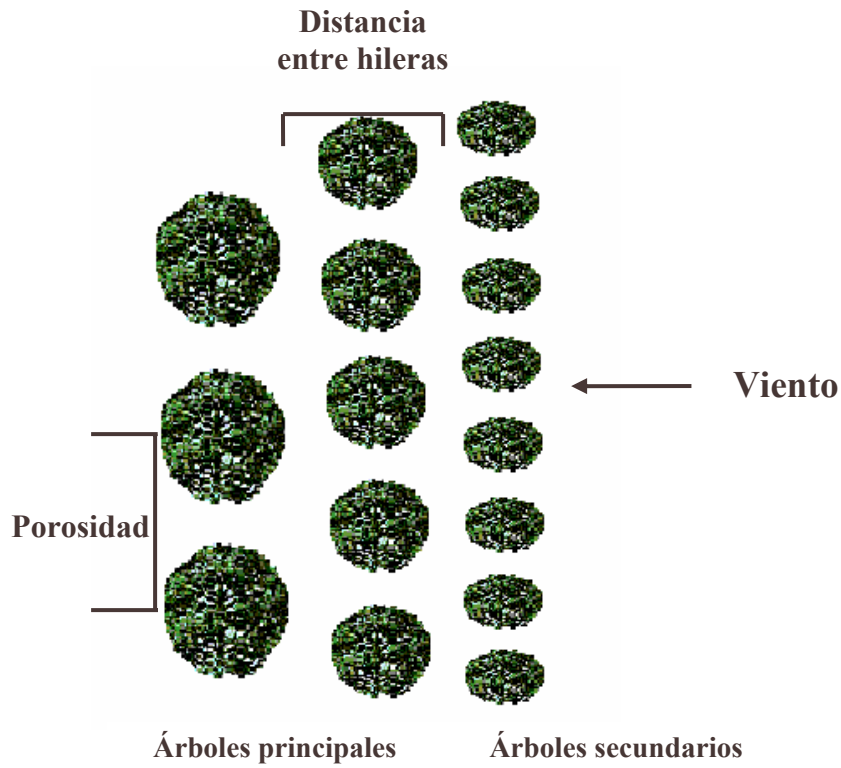
V_{min} = Velocidad mínima del viento a 17 m de altura, capaz de provocar movimiento de partículas en el suelo (m)

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

∅ = Angulo de desviación del viento prevaeciente, medido desde la perpendicular de la cortina (°)

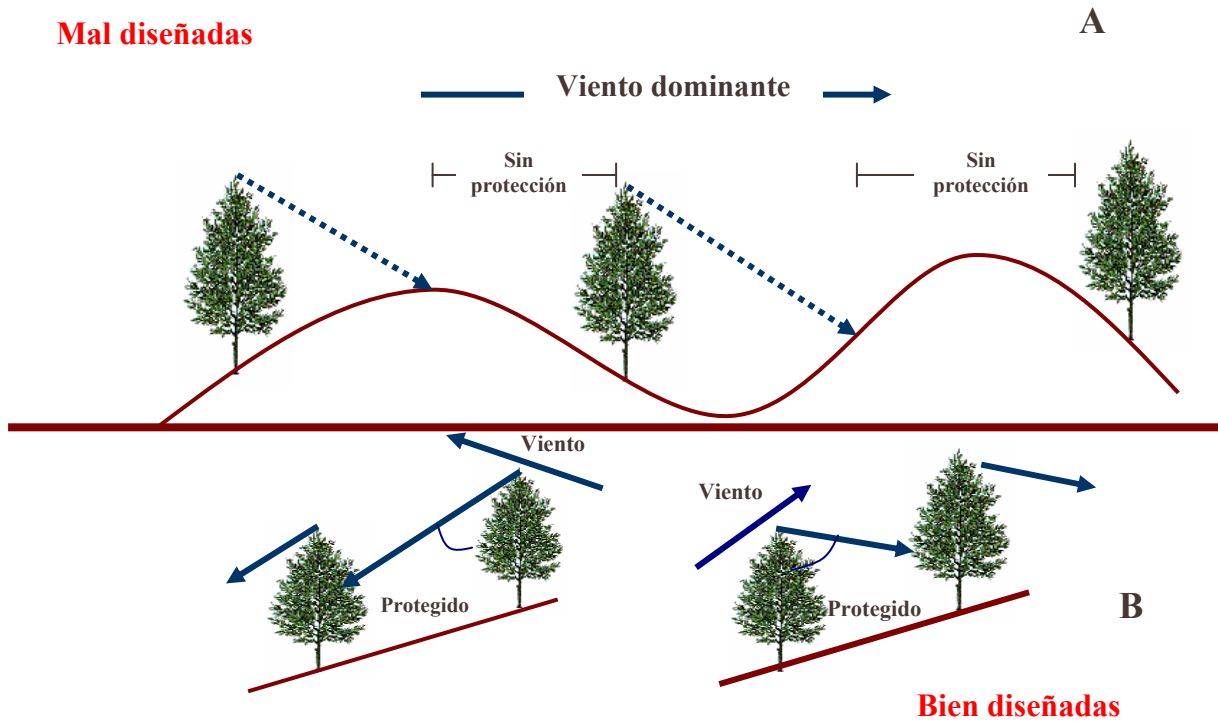
Nota: V_{min} es generalmente igual a 35 km/h. La ecuación anterior es válida para velocidades de 65 km/h.

Espaciamiento de componentes



Cortinas en laderas

Mal diseñadas



Aspectos importantes del manejo de cortinas rompevientos

La mayoría de las prácticas de manejo de cortinas rompevientos se relacionan con la elección de las especies adecuadas, la plantación y el mantenimiento.

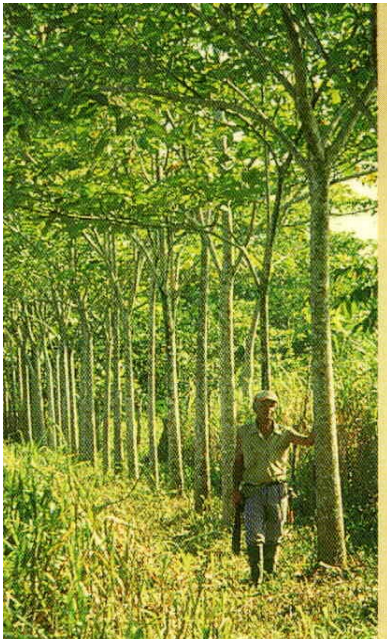
En general, se pone menos énfasis en las interacciones con el resto de los integrantes de la asociación, aunque en algunos casos, éstas deben ser tenidas en cuenta.

Los otros componentes del sistema influyen en la elección de la especie para las cortinas rompevientos, pues es necesario tener en cuenta la altura de los cultivos y su vulnerabilidad al viento en las diferentes etapas de crecimiento. Las cortinas rompevientos también son utilizadas para la protección de animales, instalaciones y habitaciones humanas, contra el viento y otras características climáticas.

En el diseño de una cortina rompevientos se pueden utilizar hileras simples o múltiples y combinaciones de hileras en diferente dirección. Para determinar la orientación principal de la cortina se debe tener en cuenta la dirección e intensidad de los vientos predominantes. La protección en algún grado se extiende hasta una distancia igual a 20 veces la altura de los árboles.

Para áreas extensas, es conveniente colocar una serie de cortinas de manera perpendicular a la dirección del viento. También se pueden plantar arbustos en las partes externas a las líneas de los árboles.

2.1.4.3 Linderos maderables



Un lindero maderable es una **línea de árboles maderables que delimitan una propiedad.**

Ventajas de los linderos maderables

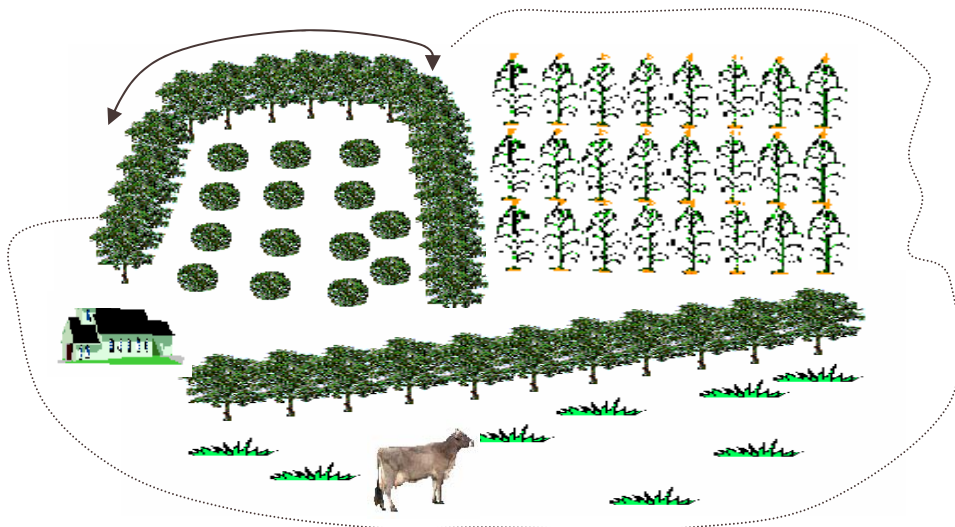
- ✚ Delimitación clara de la finca.
- ✚ Producción de madera o frutos en áreas subutilizadas.
- ✚ Reduce malezas y chapias.
- ✚ Mayor valor y mejoramiento estético de la finca.
- ✚ Producción de postes (podas y raleos).
- ✚ Mejor crecimiento de árboles.
- ✚ Apto para pequeños agricultores.
- ✚ Menor incidencia de plagas y enfermedades.
- ✚ Flexibilidad en manejo de podas y raleo.

Desventajas de los linderos maderables

- ✚ Costos iniciales de protección y mantenimiento.
- ✚ Conflictos sobre propiedad del árbol.
- ✚ Competencia con cultivos y/o pastos.
- ✚ 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 a utilizar en linderos maderables

- ✚ Valor comercial
- ✚ Crecimiento apical rápido
- ✚ Autopoda en campo abierto
- ✚ Resultados previos (experiencias en la zona)
- ✚ Semilla disponible (preferiblemente certificada)
- ✚ Susceptibilidad a plagas y enfermedades (*Hypsipylla grandella* en Caoba y Cedro)
- ✚ Copa delgada y/o abierta
- ✚ Manejo poco exigente



Resultados obtenidos en la reducción de la velocidad del viento debido a la presencia de cortinas o linderos.

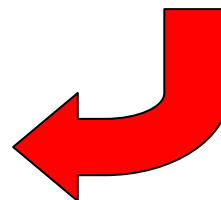
Sistema y ubicación	Especies arbóreas	Reducción en la velocidad del viento (%)	Fuente
Cortinas rompevientos mixtas, Andes de Ecuador	<i>Polylepsis incana, Eucalyptus globulus, Pinus radiata, Cupressus macrocarpa</i> y <i>Gynoxis</i> sp.	85	Proyecto FAO-Holanda DFPA 1995
Cortinas rompevientos mixtas, 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</i> spp.	46	
Cortinas rompevientos mixtas, Nigeria	<i>Acacia nilotica</i> y <i>Azadirachta indica</i>	15-36% a 5 h 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

2.1.5 Leñosas como soportes vivos

En muchos lugares de América, varias especies de árboles juegan un papel importante como soportes para plantas trepadoras de interés económico (Ichire, 1994); entre ellas: *Vanilla planifolia*, *Passiflora edulis*, *Piper nigrum*, *Dioscorea* spp., *Rubus* spp. e *Hylocereus* spp.



Especies arbóreas como tutores de Pitahaya. Foto tomada de: Cálix de Dios y Castillo, 2000



Todos estos sistemas agroforestales tienden a utilizar recursos propios, con lo que disminuyen la dependencia de materiales e insumos y aprovechan algunas ventajas al asociar estas especies. En ocasiones, los campesinos intercalan especies anuales entre los callejones, como *Citrullus vulgaris*, *Capsicum annum*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Raphanus sativus*, entre otros.

Características idóneas de tutores vivos

Los soportes vivos son árboles que deben reunir ciertas características para permitir el buen desarrollo y producción de la pitahaya, tales como:

- a) Propagación por estacas, para ser utilizados directamente.
- b) Producción de raíces abundantes y crecimiento rápido.
- c) Soportar la poda frecuente.
- d) Tener una vida útil igual o mayor a la vida productiva del cultivo (alrededor de 15 años).
- e) Tener suficiente resistencia para soportar el peso de los frutos del cultivo producción.
- f) Favorecer el crecimiento y desarrollo del cultivo.
- g) Tener hojas pequeñas que permitan el paso de la radiación, aún durante los períodos secos del año.
- h) Tener corteza rugosa para facilitar la adherencia de las raíces adventicias del cultivo.
- i) Resistente a plagas y enfermedades.
- j) No ser hospedero de plagas o enfermedades que puedan perjudicar al cultivo.

La mayoría de las leguminosas son buenos tutores, además, varias de ellas son fijadoras de nitrógeno. Entre las especies más recomendables están *Gliricidia sepium*, *Piscidia piscipula*, *Lysiloma latisilicua*, *Leucaena leucocephala* y *Erythrina* sp. También, existen especies no leguminosas entre ellas: *Bursera simaruba*, *Pseudobombax ellipticum*, *Crescentia cujete* y *Spondias purpurea*, entre otros.

Algunos tutores proporcionan productos adicionales como madera, forraje, frutos comestibles, material para artesanías y madera para carpintería. Además, la poda de los tutores provee de materia orgánica que puede ser reintegrada al suelo.

Parte de las labores culturales es la poda de los tutores vivos para evitar que den sombra a la pitahaya y se realiza cada mes en la época lluviosa, con la producción de las flores de la pitahaya.

2.1.6 Huertos caseros

Como la agricultura migratoria, los huertos familiares constituyen prácticas agroforestales muy antiguas. Estos sistemas se utilizan para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas; ocasionalmente se venden algunos excedentes de producción.

En este sistema los árboles altos son intercalados con arbustos medianos y con cultivos anuales bajos para producir una variedad de alimentos y abono verde el cual reduce la erosión del suelo.

Muchas definiciones del término huerto (hortalizas, mixtos agroforestales para comercialización, frutales, hortalizas y tubérculos, etc.). Por su gran diversidad de formas, contenidos y usos, y por la falta de un consenso universal sobre la definición del concepto, se usará la siguiente definición:

Huerto casero tropical tradicional:

“...una asociación íntima de árboles y/o arbustos de uso múltiple con cultivos anuales y perennes y animales en las parcelas de hogares individuales. El sistema es manejado por mano de obra familiar.” (Nair 1993)

Los huertos caseros *Ocupan un lugar muy singular dentro de la colección de los SAF.*

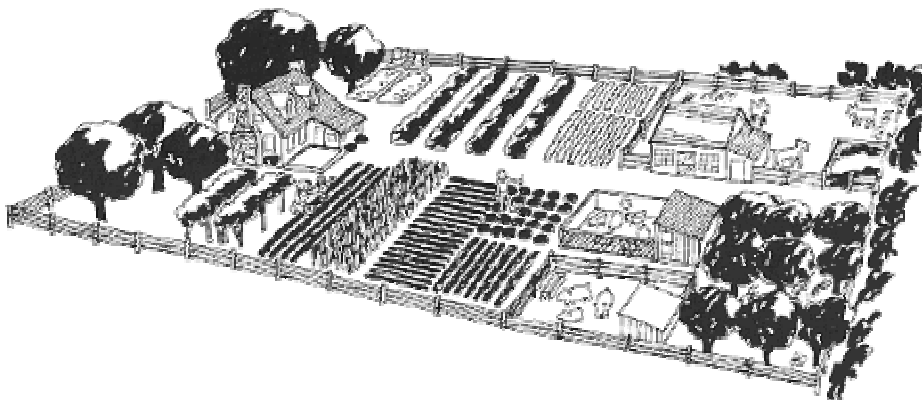
Ningún otro es tan diverso en cantidad de especies y variedades, complejo y variado en estructuras y posibles asociaciones y tan completo en su funcionalidad como el huerto casero.

El objetivo de los huertos es la producción de especies animales y vegetales para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas; ocasionalmente se venden algunos excedentes de producción.

Los huertos caseros se caracterizan por su complejidad, presentando múltiples estratos, incluyendo muchas formas de vida desde enredaderas, árboles, cultivos rastreros y, algunas veces, animales.

La mayoría de los huertos contiene entre 2 y 5 estratos de vegetación. Generalmente no existen hileras, bloques o parcelas definidas.

El huerto puede encontrarse en el área inmediatamente adyacente a la casa o un poco más alejado, pero siempre cerca del área de la residencia. Puede producir alimentos y cultivos comerciales, incluidos frutos, nueces, legumbres, fibras, madera, plantas medicinales y ornamentales; cerdos, gallinas, ganado y peces en estanque.



Dibujo de huerto casero o familiar clásico

Los huertos caseros tienden a mantener la producción durante todo el año y juegan un papel primordial de suplir los alimentos básicos de la familia. Por ejemplo, en los huertos de los indios Chocó en Darién, Panamá, con 100 gramos de *Manilkara zapota*, *Persea americana*, *Manihot esculenta* y *Bactris gasipaes* (Pejibaye), se pueden obtener un 10% de las proteínas, 12% del calcio, 150% del caroteno, 15.5% de la tiamina, 31% de la riboflavina, 25% de la niacina y 113% de la vitamina C requeridas diariamente para la alimentación de un adulto.

Los agricultores más pobres tienden a sembrar una mayor proporción de tubérculos, verduras y frutas, mientras que los de mejor posición económica se inclinan por las plantas ornamentales y

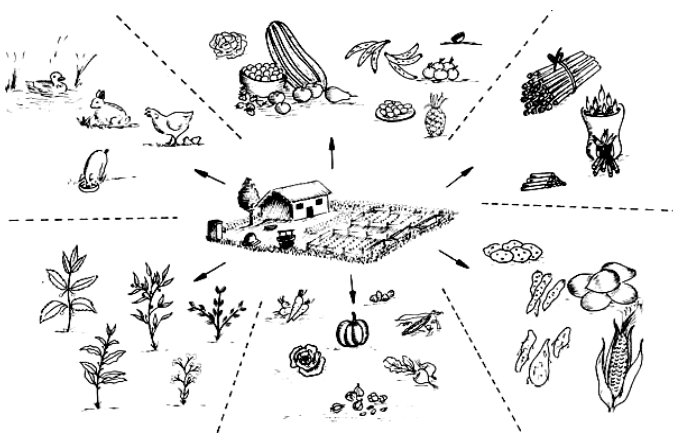
productos para la venta. En general, se producen más cultivos de subsistencia en áreas remotas, y una mayor proporción de productos de mercado en áreas cercanas a las ciudades. Asimismo, cuando la mano de obra es escasa, se siembran más cultivos perennes, mientras que cuando ésta es más abundante predominan los cultivos anuales, que requieren más cuidados.

Según Günkell (1994), en los huertos caseros de Nicaragua es practicado el riego, el cual es realizado comúnmente por los niños utilizando cualquier recipiente. Las especies comunes en estos sistemas son: *Citrus spp.*, *Mangifera indica*, *Cocos nucifera*, *Persea americana*, *Spondias spp.*, *Carica papaya*, *Musa spp.*, *Sechium edule* (Chayote), *Bixa orellana* (Achiote) y *Capsicum spp.*, (Chiles y Chiltomas). Algunas veces se encuentra ganado menor como componente (aves, mamíferos pequeños, etc.).

Características más sobresalientes de los huertos caseros mixtos:

- ✳ Son sistemas con pocas necesidades de ingresos y capacidad constante de egresos para el consumo.
- ✳ La necesidad de mano de obra se escalona durante el año y no se concentra en épocas cortas.
- ✳ Se depende más de la mano de obra familiar.
- ✳ Son agroecosistemas con demandas económicas reducidas, apropiados para personas de escasos recursos.
- ✳ Ecológicamente, son sistemas agrícolas muy parecidos a los ecosistemas naturales, debido a la gran diversidad de especies, altas capacidad de captura de la radiación solar, mecanismos de control biológico, ciclos cerrados de nutrimentos, uso eficiente del espacio y alto grado de estabilidad.
- ✳ Económicamente, son sistemas agrícolas con mucha resistencia a la fluctuación e inseguridad del mercado, debido a la gran diversificación de sus productos.
- ✳ En estos sistemas la producción por unidad de superficie de terreno es muy elevada.
- ✳ Estos sistemas pueden ser muy independientes de insumos externos.
- ✳ El tamaño reducido, la relativamente escasa inversión necesaria en términos de insumos y mano de obra, y la productividad son las ventajas económicas más sobresalientes.

Seguridad alimentaria y huertos caseros



La seguridad alimentaria, que garantice el acceso a una adecuada cantidad y variedad de alimentos seguros, en todo momento, es uno de los derechos básicos de todo individuo. El bienestar nutricional requiere alimentos variados, nutritivos y sanos para satisfacer las necesidades alimentarias de todos los miembros de la familia durante todo el año.

El trabajo agrícola requiere personas sanas, fuertes y bien alimentadas, para tener una mayor productividad. Por esta razón es importante que la familia campesina tenga una mayor disponibilidad de alimentos, para mejorar su consumo y mantener buenos niveles de nutrición y salud de todos los miembros de la familia.

Existe una directa correlación entre una alimentación suficiente y variada y el estado de nutrición y salud de los componentes de la familia. Diversas experiencias demuestran que cuando la persona no consume la cantidad y calidad necesaria de alimentos es difícil combatir las enfermedades, sobre todo las infecciosas, aún cuando se disponga de servicios de salud eficientes y un medio ambiente saludable.

En Nicaragua la situación de inseguridad alimentaria es común a muchos países, afectando principalmente a la población infantil, a grupos de población pobres, en áreas tanto rurales como urbanas. En nuestro país la desnutrición es un factor agravante de las patologías infecciosas, también de alta incidencia en estos grupos de riesgo. Han sido encontrados altos valores en desnutrición proteico energética (24,9% para desnutrición crónica), deficiencias por Vitamina A y Yodo y anemia por deficiencia de hierro (28,4% para niños entre 12 a 59 meses) constituyen las principales enfermedades carenciales.

La importancia del huerto casero aumenta debido a:

- El crecimiento de la población y la presión sobre la tierra aumenta la dependencia sobre un pedazo cada vez más reducido de terreno.
- El huerto casero tropical tradicional es uno de los sistemas que mayores beneficios puede aportar a un hogar de medios escasos y poca tierra.
- Es uno de los componentes más importantes de la “Agricultura Urbana”, de donde en el futuro provendrá la mitad de los productos consumidos en las ciudades.

Caracterización del huerto de acuerdo a la forma y a la función

La **forma** se refiere a la estructura vertical y horizontal y la **función** de un huerto para sus habitantes determina su forma y de ambas resultan los productos, recursos y beneficios obtenidos.

Características de forma

Un huerto bien desarrollado es una imitación del bosque tropical en cuanto a estratos verticales, la competencia por luz y las funciones agroecológicas. Sin embargo, el ordenamiento, la diversidad y las asociaciones de especies y variedades que se encuentran en un huerto casero difieren considerablemente de las que se encuentran en el bosque tropical circundante. Por lo tanto, hay semejanzas en cuanto a forma y diferencias en cuanto a composición y funciones agroecológicas.

El huerto casero es una composición de **diferentes áreas de manejo** (mínimo 2: una de las cuales es la habitacional), que tienen **estructuras (horizontales y verticales) y combinaciones de especies y variedades únicas**, caracterizadas por su uso.

Existe una **prevalencia de sombra**, como consecuencia del número de especies arbóreas, altamente valorada por sus habitantes (crea microclima agradable y diferente al del resto de la finca), que tiene implicaciones para los tipos de cultivos que se prefieren en un huerto casero (En Honduras, Nicaragua y Costa Rica: especies tolerantes a la sombra, que requieran poca inversión de mano de obra cuando se trata de cultivos para el autoconsumo).

Los **límites** del huerto casero se definen por medio de una mezcla de factores **geofísicos** (colinda con carretera), **biofísicos** (cambios de vegetación, el huerto inicia donde termina el pasto) y **sociales** (sólo utiliza mano de obra familiar). Son espacios relativamente pequeños, en los cuales se invierten pocos insumos y mano de obra.

Características de función:

- El huerto casero garantiza al hogar una diversidad de productos en casi todas las épocas del año y a través del tiempo, actuando también como amortiguador en tiempos de crisis (escasez de comida y de ingresos). Importante para poder lograr esto es el alto grado de diversificación que se encuentra en la mayoría de los huertos caseros tradicionales tropicales.
- Los productos del huerto y la granja permiten a la familia consumir su propia producción, lo cual significa un ahorro con relación a su adquisición en el mercado.
- El huerto casero provee al hogar un paquete de beneficios diversificados de carácter tangible e intangible, muchos de los cuales son insustituibles en su aporte al mejoramiento de la calidad de vida local (contribución a la serenidad y al estar contento, por su valor estético y recreativo; extensión de la casa; el taller de trabajo; el lugar donde se crían los hijos; fuente de frutas, verduras, tubérculos; amortiguamiento en tiempos de escasez; farmacia natural; fuente de recursos para la generación de ingresos).
- El huerto casero cumple con una serie de funciones agroecológicas y biológicas de gran importancia (manejo de plagas, refugio silvestre, reciclaje de nutrientes y conservación *in situ* de germoplasma).
- El huerto y la granja bien desarrollados contribuyen significativamente a satisfacer diariamente las necesidades alimentarias de la familia campesina. Abastecen al hogar de alimentos complementarios como: raíces y tubérculos, leguminosas, vegetales, frutas, productos de origen animal (carnes, leche y huevos), además de plantas medicinales, condimentos y otros.
- Los alimentos básicos (maíz, arroz, cebada, trigo, papa, yuca etc.), que no son producidos en el huerto familiar o en la propiedad agrícola, pueden ser comprados con los ingresos que provienen de la venta de alimentos producidos en el huerto.
- Los huertos y granjas familiares pueden ser actividades que alcancen mucho éxito, en la medida en que contribuyan a su desarrollo un mayor número de miembros de la familia.
- **El huerto y/o granja familiar desarrollado integralmente puede brindar:**
 - ☀ *Suficientes alimentos nutritivos para toda la familia durante todo el año.* Esto también incluye reservas de alimentos que pueden ser almacenados, procesados o vendidos para obtener ingresos o para situaciones de emergencia (pérdida de cosechas o enfermedad del agricultor).

- ✿ *Ganancias de la familia por las ventas de productos del huerto y la granja.* Las ventas de excedentes de la producción pueden ofrecer una contribución substancial a los ingresos de la familia (para comprar algunos insumos agrícolas, así como bienes y servicios necesarios para la vida familiar).
 - ✿ *Importantes actividades para el desarrollo de la propiedad agrícola pueden tener lugar en el huerto y o granja familiar.* Algunos ingresos económicos para el funcionamiento de la propiedad agrícola pueden provenir de las actividades del huerto y/o granja familiar, por ejemplo: forraje para los animales mayores, venta o cambio de animales domésticos, fabricación o reparación de herramientas, etc. El huerto y/o granja familiar es, además, un lugar para la prueba y propagación de nuevos cultivos y de nuevas tecnologías agrícolas y pecuarias.
- Los productos de intercambio en zonas rurales de América Latina usualmente están representados en los animales criados en los huertos caseros.
 - Además de los productos alimenticios que las aves de corral y otras especies menores pueden proporcionar a la economía familiar, las transacciones no monetarias o "trueque" de productos agropecuarios es una práctica usual en la región y se ha constituido en una verdadera estrategia de vida en hogares pobres.
 - Los animales de corral (gallinas, pavos y patos) y los huevos son los predilectos, constituyéndose su valor de uso en un bien que se intercambia por otros productos requeridos por la familia para la reproducción de la unidad económica y la alimentación familiar. Intercambios de huevos por frijol, gallinas por maíz, patos por semillas de algún cultivo o el pago de un servicio en especie, son prácticas comunes en sociedades rurales latinoamericanas. Cuando en el intercambio intermedia el dinero, este se convierte en el medio para adquirir productos en los mercados, de esta manera, los animales cumplen la función de producción de bienes de intercambio.

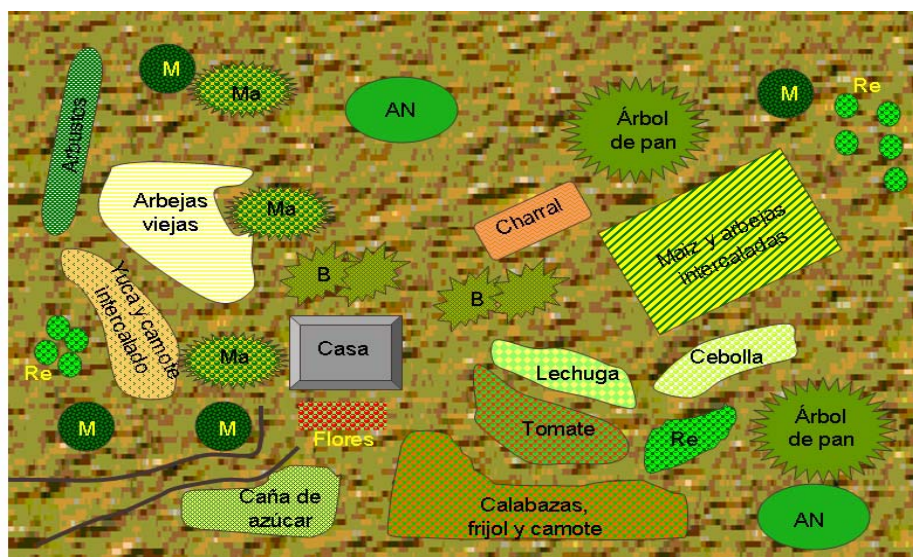
Comparación de los ingresos netos por manzana generados por el huerto casero y la parcela, en tres zonas rurales de Nicaragua.

	Uso de la tierra	Ingresos netos/mz
Huerto: 0.5 mz	Frutales, yuca, maíz, quequisque, plátano	C\$ 17,379.00
Parcela: 2.25 mz	Maíz, melón, ayote, sandía	C\$ 2,044.00

Representación tradicional de la “estructura vertical” de un huerto casero según estratos



Representación de la estructura horizontal de un huerto casero según zonas



Aspectos fundamentales del manejo del sistema

La técnica de selección de especies, diseño y manejo de los huertos familiares usualmente son tradicionales y bien conocidas por los agricultores. Los principios generales de manejo tienden al uso eficiente de la energía y al reciclaje de los recursos que se encuentran en el sistema o muy cercanos a él.

Para mantener la fertilidad se aconseja el uso de residuos de cocina y de animales, la aplicación de humos que puede ser obtenido de estanques cercanos, el uso de abonos verdes de plantas anuales, la

aplicación de coberturas del suelo mediante utilización de malezas y hojas, y el uso de plantas fijadoras de nitrógeno como **Albizia** y **Erythrina**.

El control de malezas puede ser realizado arrancándolas y dejándolas en el suelo para su descomposición; de esa manera contribuyen a aumentar la cantidad de materia orgánica, a menos que se formen raíces nuevas enseguida, en cuyo caso esto no es conveniente.

Para el control de plagas se pueden colocar cestas o bandas de plástico o de metal alrededor de la base de los árboles para protegerlos del ataque de insectos o de animales; sin embargo esta técnica es costosa. El uso de pequeñas barreras (hileras rodeando las parcelas en líneas intercaladas) con **Gliricidia**, zacate limón y otras especies con propiedades repelentes de insectos ayuda en el control de éstos. Para evitar el problema de enfermedades se trata de utilizar variedades resistentes.

El procesamiento de los productos caseros (jaleas, dulces y conservas de frutas), aumenta su valor y puede transformar los huertos en pequeñas empresas familiares, algunas veces con ingresos económicos significativos. Lo mismo puede ocurrir cuando se dedica parte del huerto a la producción en pequeña escala de productos para el turismo o la venta local, tales como plantas ornamentales, medicinales y especias.

Una alternativa de manejo de estos sistemas consiste en cortar árboles maderables en forma seleccionada; se abren así claros que se pueden utilizar para cultivos anuales o cultivos con mayor necesidad de luz. Con el tiempo, al restablecerse los árboles se va cerrando el claro. Un manejo de este tipo permite la mezcla constante de especies anuales y perennes; se crea de ese modo un sistema con algunos aspectos de los sistemas secuenciales o migratorios, pero con mayor estabilidad y permanencia en el lugar.

Otra alternativa para estos huertos es tener pequeñas secciones dedicadas a sistemas de cultivos en callejones para especies anuales. Como los huertos son de manejo intensivo, puede dedicarse bastante mano de obra para la poda, aplicación de "mulch" y otras tareas requeridas, comparables con la utilización de cultivos en callejones a mayor escala; logrando los mismos beneficios de producción de cultivos anuales y conservación de la fertilidad.

Finalmente, como los huertos caseros mixtos contribuyen en gran proporción a la dieta familiar, para su planificación debe pensarse en una dieta nutritiva balanceada, es decir, que se suministren necesidades básicas de proteínas, calorías, minerales y vitaminas con la correcta proporción de verduras, frutas, tubérculos, proteína animal y otros alimentos.

2.1.7 Cultivo en callejones

Los **cultivos en callejones** constituyen una práctica de gran potencial dentro de este grupo; ese tipo de sistema agroforestal simultáneo fue desarrollado en Nigeria. Consiste en la **asociación de árboles o arbustos (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales**. Los árboles o los arbustos se podan periódicamente para evitar que se produzca sombra sobre los cultivos, y para utilizar los residuos de la poda como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, y como forraje de alta calidad. Un beneficio adicional es el control de malezas.

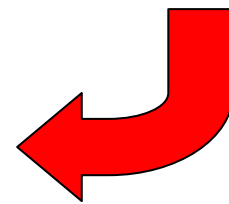
El uso de las prácticas de cultivo en callejones se basa en el principio de que es posible obtener un uso productivo y sostenido de la tierra, cuando los métodos de conservación y rehabilitación son introducidos antes de que se produzca degradación seria de los recursos.

Generalidades del cultivo en callejones

- ✚ Los agricultores de tradición Maya no les gusta tener espacios vacíos, siempre asocian el maíz con otro cultivo.
- ✚ El cultivo en callejones ya existía en América Central: Cultivos anuales en los cafetales, especialmente en los recién sembrados o después de podas profundas con especies arbóreas *Gliricidia sepium* y *Erythrina* spp.
- ✚ La valoración económica del barbecho no es tan obvia por el productor.
- ✚ Hasta la fecha el desarrollo y la investigación de este sistema está concentrada sobre todo en el análisis de especies leñosas que pueden mantener o recuperar la fertilidad del suelo.
- ✚ Los árboles producen altas cantidades de biomasa (20-60 t ha⁻¹ año) que se aprovecha por podas frecuentes.
- ✚ El potencial de ciclaje de nutrientes por los árboles depende del estado nutritivo del suelo. Un suelo infértil no puede producir sostenible, “porque los árboles no tienen nada que ciclar”.



Cultivo en callejones (maíz + leucaena), Kenya. ICRAF.



Interacciones en el cultivo en callejones

- ✚ Con respecto a la competencia interespecífica se considera el sistema como más apto para el trópico húmedo en vez del trópico seco.
- ✚ La salida de nutrientes del sistema con cultivos anuales es muy alta, mucho más que en sistemas con café y cacao.
- ✚ Mientras que la producción de maíz y frijol aumenta con la frecuencia de las podas (menos competencia por luz) la producción de biomasa de los árboles baja (más competencia por luz de los cultivos).

- ✿ En suelos moderadamente fértiles la especie forestal, la frecuencia de podas y la altura de las podas tienen un efecto significativo sobre la sobrevivencia y producción de biomasa de los árboles.
- ✿ La edad de los árboles (cantidad de carbohidratos disponibles en los tallos – menos en las raíces-) puede afectar el rebrote y la recuperación de los árboles después de una poda.
- ✿ Árboles jóvenes o podas frecuentes (poda total más que una vez al año) pueden reducir la biomasa también de las raíces finas de los árboles (responsables para capturar nutrientes).

Adaptabilidad del cultivo en callejones

- Solamente se puede introducir en fincas donde el productor es propietario del área de producción.
- El sistema requiere de manejo intensivo de los árboles para aprovechar la producción de biomasa, manejar la oferta de nutrientes para los cultivos y la competencia hacia los cultivos.
- Se ha investigado principalmente la combinación de árboles con cultivos de granos básicos. El valor de estos cultivos para el productor es generalmente bajo y no justifica insumos altos, menos en mano de obra.
- Generalmente no se aprovechan productos secundarios excepto cuando el sistema (con especies multiuso) está dispuesto como barrera viva en áreas con pendiente como sistema de control de erosión.

Posibles incentivos para la adopción del sistema

- El sistema contribuye al **control de malezas**, lo cual puede ser un incentivo para adoptar el sistema, por las razones siguientes:
 - ✚ En el trópico ocurren pérdidas de rendimiento en los cultivos hasta 50% por competencia de malezas.
 - ✚ Más del 50% de mano de obra en la finca se dedica al control de malezas.
 - ✚ Interés creciente de la agricultura orgánica (control biológico con el mulch).
- Otro incentivo para adoptar el sistema es que este puede ser utilizado para cultivos que requieren soportes, tales como: Ñame, tomate, pitahaya. La utilización de soportes vivos es beneficiosa porque los soportes muertos tienen que ser renovados frecuentemente, lo que aumenta los costos de producción por la compra de éstos.

¿Cómo hacer el cultivo en callejones más atractivo?

Kass *et al.* (1997) proponen lo siguiente:

- Considerar el sistema como una práctica de conservación de suelos.
- Reducir la competencia subterránea y sobre la superficie.
- Utilizar especies adaptadas.
- Aprovechar componentes de alto valor.
- No cultivar todos los años.

Características sobresalientes de los cultivos en callejones:

El cultivo en callejones puede ser considerado como un sistema de agricultura migratoria mejorado, con las siguientes ventajas:

- ☀ Las prácticas de cultivo y barbecho se realizan simultáneamente.
- ☀ Se logra un mayor período de cultivo y uso más intensivo de la tierra.
- ☀ Se logra una regeneración efectiva de la fertilidad del suelo con especies más eficientes para este propósito.
- ☀ Los requerimientos de insumos externos son menores.
- ☀ El sistema se puede utilizar en escala variable.

A pesar de las ventajas nombradas, es **necesario** señalar que:

- ☀ El espacio utilizado por los árboles disminuye el rendimiento de las cosechas en términos de peso del producto por unidad de superficie de terreno.
- ☀ Puede haber competencia por agua y nutrientes entre los cultivos y los árboles.
- ☀ En algunos suelos muy ácidos y con alta saturación de aluminio, los problemas de fertilidad son tan grandes que ni siquiera los árboles crecen satisfactoriamente, de modo que no es posible usar este sistema.
- ☀ Se requieren altos costos de mano de obra en las etapas iniciales de establecimiento, de modo que su adopción es poco probable en situaciones donde la tierra es abundante y la mano de obra escasa.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema

El aspecto de manejo más sobresaliente en estos sistemas es la elección de las especies de árboles. Además de proveer sombra, los árboles contribuyen al mantenimiento del nivel de materia orgánica del suelo y la hojarasca actúa como capa protectora. Las características deseables de los árboles de sombra para cultivos perennes o anuales son:

1. Características estructurales de las raíces y de la copa

- a. Es deseable que los árboles tengan un sistema radicular fuerte, que asegure el "anclaje" al suelo, pues debido a la baja densidad de plantación, los árboles se encuentran bastante expuestos a las influencias del viento.
- b. Es preferible que las hojas sean pequeñas y que la copa provea sombra adecuada y sea resistente al viento.
- c. El tronco debe estar libre de espinas para facilitar su manejo. También se prefiere una corteza lisa que no permita la proliferación de epifitas.

2. Características funcionales

- a. Los árboles se deben poder reproducir de manera vegetativa por estacas; es preferible que tengan rápido crecimiento apical, para asegurar su establecimiento rápido en el terreno.
- b. Es recomendable que los árboles produzcan abundante biomasa y que ésta sea de fácil descomposición, para favorecer el aporte de materia orgánica al suelo.

- c. No deben ser hospederos de plagas de los cultivos, ni poseer efectos alelopáticos ni tóxicos.
- d. Es preferible que sean especies fijadoras de nitrógeno.

Uno de los efectos de los árboles en estas asociaciones es la modificación del microclima. Una densidad muy elevada puede crear condiciones de humedad y temperatura favorables para las enfermedades, por ejemplo, en Costa Rica, la incidencia del hongo *Monilia roleri* en los cacaotales es mayor cuando la sombra es excesiva, por lo cual se aconseja podar los árboles para sombra en los cacaotales afectados, además de utilizar híbridos resistentes y eliminar los frutos enfermos. El uso de **Leucaena** para sombra de cacao ha producido muchos problemas de enfermedades en este cultivo.

El manejo de la poda afecta la floración y la fructificación del cultivo asociado; influye sobre el momento e inclusive sobre la cantidad y la calidad de la cosecha. En Costa Rica los árboles de sombra del café son podados por lo menos dos veces al año, con el propósito de uniformar y atrasar (o adelantar) la madurez de los frutos.

La altura y frecuencia de poda es un detalle crítico del manejo de los sistemas de cultivos en callejones. Este sistema está siendo investigado recientemente, pero aún es necesario establecer las técnicas de manejo adecuadas para cada caso.

2.2 Sistemas silvopastoriles

Los sistemas **silvopastoriles** son la **combinación de especies forestales o frutales y animales, sin la presencia de cultivos**. Se practican a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complementos a la agricultura de subsistencia.

Características sobresalientes de los sistemas silvopastoriles:

Las **interacciones** que se pueden dar entre los componentes de estos sistemas son:

1. La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclaje de nutrimentos.
2. Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles y otras plantas asociadas.
3. Las preferencias alimenticias de los animales puede afectar la composición del bosque (con el tiempo predominan las especies no apetecidas por el ganado).
4. Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales (sombra, ambiente más fresco, etc.).
5. Los animales pueden participar en la diseminación de las semillas, o escarificarlas, lo cual favorece la germinación.
6. La economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, por medio de los productos animales y arbóreos.
7. En aquellas situaciones en donde la ganadería constituye un uso ineficiente de la tierra, cuando se agregan los productos arbóreos (leña, madera, fruta, forraje) el sistema se puede volver ecológica y económicamente más viable.

8. Ecológicamente, el uso de árboles (especialmente leguminosos) puede contribuir a mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas existentes, mediante un aumento en el rendimiento del pasto asociado, o bien indirectamente, a través de la alimentación de los animales, que comen fruta o follaje de los árboles.
9. Económicamente, el sistema se puede favorecer con el aumento y la diversificación de la producción.
10. El uso de árboles forrajeros puede ser ventajoso en estos sistemas; por ejemplo *Gliricidia sepium*, debido a sus raíces profundas puede soportar períodos de sequía mejor que las pasturas; esto es importante ya que en la época seca el pasto se escasea y los animales tienen la alternativa alimenticia del árbol.
11. En el caso de agricultores que no poseen tierra suficiente para el establecimiento de pasturas, sí pueden disponer de espacio para árboles, en pequeños grupos o en cercas vivas, especialmente si se trata de árboles de uso múltiple, que además de forraje para los animales, pueden proporcionar leña, postes, etc.

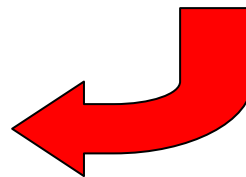
Algunas de las especies leguminosas de valor forrajero de posible uso en este tipo de sistemas son: *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, con la desventaja que la productividad de esta especie es baja en suelos ácidos (pH menor que 5), y muchos suelos tropicales son ácidos; se están investigando *Erythrina poeppigiana*, *E. cocleata* y *E. berteroana*, evaluándose su productividad en cuanto a leña, forraje, frutos, madera, y la productividad de las pasturas asociadas.

2.2.4.1 Árboles o arbustos dispersos en potreros

En estos sistemas el **objetivo principal** es la **ganadería**; en forma secundaria, se puede lograr la producción de madera, leña o frutas. Los animales se alimentan con hierbas, hojas, frutos, cortezas y otras partes de los árboles, con pasto que crece bajo los árboles en forma natural, o con pasturas, si se siembran bajo los árboles.



Ganado bovino pastoreando bajo los árboles. Finca San Emilio, El Mombacho, Granada.



En Costa Rica en las zonas de altura (1300-2500 msnm) en los alrededores de San José, son comunes los sistemas de *Alnus acuminata* (Jaúl), en asociación con pastos, principalmente *Pennisetum clandestinum* (Pasto Kikuyo) y *Pennisetum purpureum* (Pasto Elefante), que sirven de forraje para el ganado de leche. Se estima que este sistema se practica en aproximadamente 50,000 hectáreas en este país. El jaúl, por sus propiedades fijadoras de nitrógeno, aparentemente beneficia la producción de pastos, además de ser utilizado para madera y leña. Otro sistema utilizado en Costa

Rica es la asociación de árboles de *Psidium guajava* (Guayaba) con pastos tales como *Axonopus compressus* y *Paspalum conjugatum*.

Según Günkel (1994), en la ganadería nicaragüense, ya sea intensiva o extensiva, el componente arbóreo siempre está presente. Este puede tener varios usos, tales como forraje, cercado (cercas vivas), mejoradores del suelo y protección de la lluvia, del sol y del viento. Por ejemplo, en el Norte del país los bosques de pino son utilizados para la ganadería extensiva.

En los Departamentos que se caracterizan por tener una alta producción de ganado, tales como Boaco, Chontales, Rivas, Matagalpa y Zelaya, frecuentemente se encuentra en los potreros las siguientes especies arbóreas: *Guazuma ulmifolia* (Guácimo de Ternero), *Bombacopsis quinatum* (Pochote), *Pithecellobium saman* (Genízaro), *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Ceiba pentandra*, entre otras. Estos árboles crecen aisladamente producto de la regeneración natural y muchas veces como remanentes seleccionados de la vegetación anterior.

En las zonas áridas de Occidente, Centro y Norte del país, se practica la ganadería extensiva en bosques de matorral. El ganado consume la vegetación herbácea que crece en la época lluviosa y en los meses secos se alimenta de hojas, frutos y semillas de ciertos arbustos y árboles de la zona, tales como *Acacia pennatula*, *Pisonia aculeata*, *Gliricidia sepium*, *Schizolobium parahybum* (Gavilán), *Brosimum terrabanum* (Ojoche), *Crescentia alata* (Jícara de Cruz), etc.

Características sobresalientes de la asociación de árboles con pastos:

- En regiones semiáridas, el ramoneo de árboles por el ganado vacuno, cabras y ovejas constituye la única forma de alimento para los animales. En estos casos la carga animal es bastante reducida y el sobrepastoreo, unido a las sequías, limitan fuertemente la productividad de estos sistemas silvopastoriles.
- En América Central es práctica corriente, al cortar las parcelas de bosque para destinarlas a la ganadería, dejar en pie los árboles valiosos, tales como *Cedrela odorata* (Cedro), *Cordia alliodora* (Laurel), etc. De esta manera, los árboles que quedan en la parcela son utilizados para la provisión de sombra y refugio para el ganado; además, se aprovecha la leña y madera.

2.2.4.2 Pastoreo en plantaciones forestales y frutales

En este caso, **los animales pastorean en una plantación**, que puede ser de árboles para leña, maderables o frutales.

Características sobresalientes del sistema

- Mediante el uso de este sistema se puede lograr el control de las malezas, a la vez que se obtiene un producto animal durante el crecimiento de la plantación. La asociación se puede comenzar cuando los árboles tienen edad suficiente como para no ser dañados por los animales; la función de los animales en el desmalezado reduce los costos de establecimiento de la plantación.
- En este tipo de sistemas para su manejo hay considerar lo siguiente:
 1. Si los animales se encuentran en una plantación de frutales, se debe cuidar que no dañen la cosecha.

2. Si se siembra una pastura en la plantación forestal, la sombra puede reducir la tasa de crecimiento de los pastos.
3. Los efectos de la alelopatía (por ejemplo, en una plantación de *Eucalyptus* spp.) o de un cambio del pH del suelo (por ejemplo en una plantación de *Pinus* spp., donde estos efectos se pueden presentar a largo plazo, 20-30 años) pueden afectar al crecimiento de las pasturas.
4. Ciertas especies de pastos pueden afectar al crecimiento de los árboles; por ejemplo *Melinis minutiflora* afecta al crecimiento de *Eucalyptus saligna* y probablemente al de *Cordia alliodora*.
5. Los animales pueden defoliar o dañar los árboles de la plantación si ésta no se maneja con cuidado.

2.2.4.3 Bancos forrajeros o Bancos de proteína

Un **banco de proteína o banco de forraje**, es una plantación forestal cuyo objetivo principal es la **obtención de forraje para la suplementación animal**, suministrada como forraje de corte o permitiendo el ingreso de los animales a la plantación. Las especies arbóreas utilizadas en este sistema deben de ser de valor forrajero comprobado. Algunas especies que son utilizadas en este sistema son: *Gliciridia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, entre otras.



Banco forrajero de *Leucaena leucocephala* y Ganado bovino para la producción de leche suplementado con sus hojas en Kenya, ICRAF.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema

La característica más sobresaliente en estos sistemas es la presencia de animales y del forraje necesario para su alimentación; el componente animal introduce un tipo de interacción que afecta las prácticas básicas de manejo. Los principios generales de manejo se refieren a los dos objetivos de estos sistemas: la producción animal y la obtención de productos arbóreos.

Discutiremos algunos principios básicos para el manejo con respecto a la producción animal. En muchos ambientes tropicales, especialmente en zonas húmedas, el ganado se coloca en áreas de bosque recién cortado o aclarado para este fin, donde crecen pastos y otras especies naturales de

poca calidad nutritiva. La digestibilidad, el contenido calórico, el porcentaje de materia seca y de proteína cruda, son algunos parámetros comunes de la calidad del forraje.

La disponibilidad y características nutricionales del forraje varían a lo largo del año, de modo que puede ser necesario suplementar la alimentación. Si estos se hacen con concentrados, se debe prever su disponibilidad y sobre todo su costo. La tendencia actual consiste en sustituir concentrados por forrajeras de alta calidad (leguminosas arbóreas o herbáceas).

Una herramienta básica de manejo de la producción animal es la **carga** (número de unidades animales) por hectárea, que depende de la producción de pastos y del tipo de animales. Otro aspecto importante es el **manejo de la rotación** de los potreros (pastoreo continuo en sistemas relativamente extensivos o rotaciones más rápidas con mayores densidades) y la manera en que éste influye sobre la producción animal. Esta es evaluada con respecto a aumento de peso, producción de leche por animal y aspectos reproductivos, tales como número de servicios por concepción e intervalo entre partos, sobre todo como reflejo de la calidad de la dieta o de la disponibilidad del forraje.

Las técnicas de manejo de estos sistemas están dirigidas a la conservación de la capacidad productiva de los suelos. La carga excesiva y el pisoteo pueden originar problemas de compactación que son muy difíciles de solucionar; los hábitos de los animales (preferencia de sombra, hábitos de pastoreo) influyen sobre el pisoteo. En lo posible, se debe evitar colocar animales en terrenos con pendientes, pues aumentan los peligros de erosión. Una alternativa de manejo es introducir una rotación con cultivos anuales para mejorar el suelo.

Cuando se desea obtener productos arbóreos, es preciso tener en cuenta la función de los animales en el desmalezado. Los animales, además, pueden dañar los árboles; ello depende de la especie, tamaño y carga animal, así como de la disponibilidad de otras fuentes de alimentación, de la especie y edad de los árboles. En cuanto a la densidad adecuada de árboles como mínimo ésta debe permitir el desarrollo apropiado de las pasturas, al menos durante la mitad del turno. Por otra parte, cuando la densidad es muy baja la copa se puede volver quebradiza (como sucede con **Eucalyptus**). Por otro lado, en general la tasa de crecimiento en volumen de los árboles se acelera cuando la densidad es baja.

2.2.4.4 Pastura en callejones

Las pasturas en callejones consisten en el establecimiento de forrajeras dentro de hileras de árboles o arbustos. El componente leñoso, preferiblemente leguminosa, contribuye al sistema de la manera siguiente: **a)** forraje de buena calidad, **b)** mejoramiento de la fertilidad del suelo, **c)** reducción de la pérdida de nutrientes.

En estos sistemas, principalmente cuando son manejados bajo pastoreo, el componente leñoso (preferentemente leguminosas) hace una serie de contribuciones al sistema: **a)** proporciona forraje de buena calidad nutricional para el ganado; **b)** mejora la fertilidad del suelo a través de la fijación y transferencia de nitrógeno, la caída de las hojas y material senescente, muerte de raíces y productos de podas esporádicas y **c)** reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación y erosión.

Aspectos fundamentales del manejo del sistema

Selección de especies

Para la selección de especies leñosas debe considerarse que presenten las características siguientes:

- ⊕ Adaptación a las condiciones de suelo y clima
- ⊕ Tolerancia a la poda y/o pastoreo
- ⊕ Buen valor nutricional
- ⊕ Y, de preferencia, que sea fijadora de nitrógeno.

Algunas leguminosas como *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Erythrina berteroana* pueden considerarse como buenas opciones.

Las gramíneas que vayan a ser utilizadas en sistemas bajo pastoreo deberán poseer:

- ⊕ Un alto potencial de producción de biomasa
- ⊕ Resistencia al pisoteo
- ⊕ Tolerancia al sombreado.

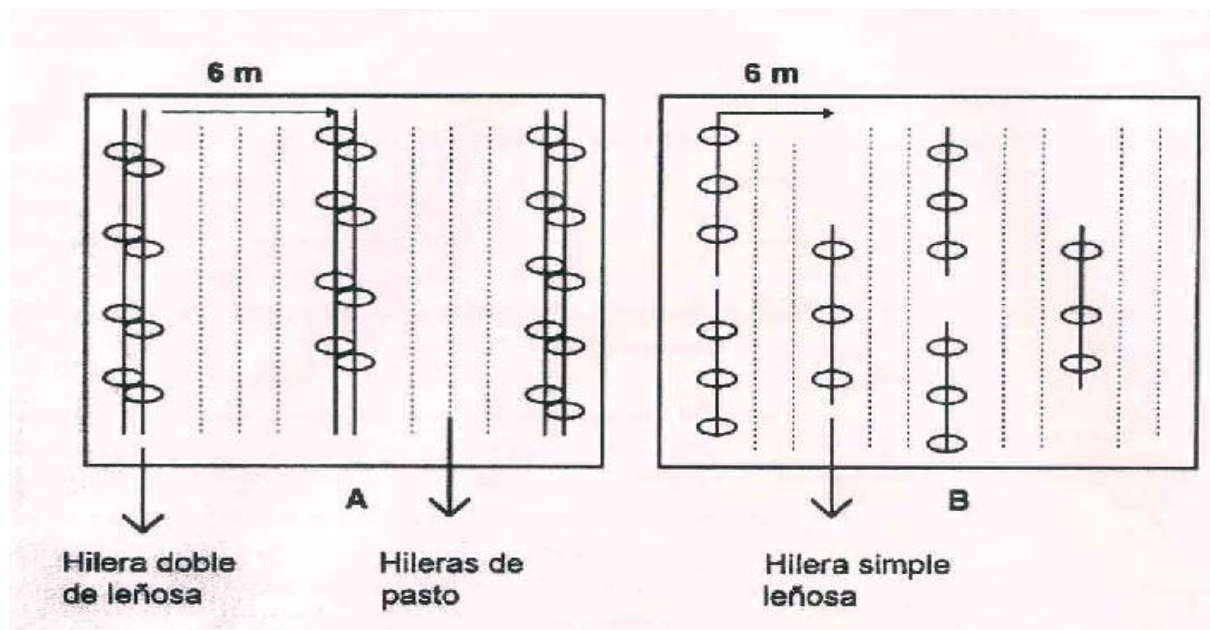
Algunas especies como *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum*, se reportan como especies con buen potencial o incluso algunas arbustivas forrajeras como morera (*Morus* spp.) o flor de avispa (*Hibiscus rosa-sinensis*).

La asociación de gramíneas y leguminosas, ej. maní forrajero (*Arachis pintoi*) con *Brachiaria brizantha*, entre los callejones, son una opción que puede incrementar la productividad del sistema.

Cómo establecer pasturas en callejones?

A) Cuando el manejo se realizará bajo corte. Se pueden establecer callejones de 3 m entre hileras simples ó de 6 m cuando se utilizan hileras dobles de leñosas (el distanciamiento entre la doble hilera será de 0.7 a 1.0 m). Dentro de los surcos se establecen tres o cuatro surcos donde se establece la forrajera de corte.

Siembra de las leñosas. Las leñosas que se reproducen por semilla, ej. *Leucaena leucocephala*, en regiones con poca restricción de lluvias, pueden sembrarse directamente. Realizar la siembra al inicio de las lluvias, depositando la semilla al chorro corrido en surcos de 1 a 2 cm de profundidad. Se requieren aproximadamente 6 kg de semilla/ha. El distanciamiento entre plantas, luego del raleo, deberá ser de 0.20 a 0.50 m. En el trópico seco es más recomendable hacer viveros 2-3 meses antes del inicio de las lluvias.



En el caso de las leñosas que se reproducen por estaca, ej. *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana*, se debe seleccionar la parte media de la estaca con un diámetro de 8-12 cm y 1.5-2 m de largo, colocarlas horizontalmente, al chorro corrido, en surcos de 10 cm de profundidad. Tapar con poca tierra sin compactar fuerte.

Siembra de la gramínea. Las especies como *Pennisetum purpureum* pueden establecerse utilizando tallos de por lo menos 3-4 entrenudos. Estos deben colocarse horizontalmente, al chorro corrido (en cadena simple o doble), en surcos de 10 cm de profundidad. Tapar con tierra sin compactar fuerte.

B) Cuando el manejo se realizará bajo pastoreo El diseño más recomendado es el de hileras alternas de 6 m de largo y 6 m entre las mismas, pero en forma alterna, después de que termina el seto se dejan 4 metros sin leñosas, para que los animales puedan pasar de un callejón al otro. Este tipo de arreglo espacial posibilita la mayor movilidad de los animales dentro del sistema y por lo tanto un consumo más homogéneo tanto de la leñosa como de la arbustiva.

Siembra de las leñosas. Se deben considerar las mismas recomendaciones para sistemas bajo corte. Aquí los distanciamientos entre plantas deberán ser de 0.75 a 1.0 m.

Siembra de las gramíneas. Especies que se reproducen por semilla como *B. brizantha* o *B. decumbens* serán sembradas dentro de los callejones en surcos distanciados 0.8 a 1.0 m. Se requiere de 4 a 6 kg de semilla de buena calidad, sembrada a 1 - 3 m de profundidad. Especies que se reproducen por material vegetativo como estrella africana (*C. nlemfuensis*) pueden sembrarse al voleo o en surcos de 0.75 a 1.0 m dentro de los callejones. Se requiere aproximadamente de 1 a 1.5 ton de material vegetativo. Pevio a la siembra, por cualquiera de los métodos indicados, será recomendable preparar el terreno con un aso de arado y dos de rastra. La siembra de las gramíneas deberá efectuarse cuando la leñosa tenga por lo menos 0.50m de altura.

Cuándo hacer el primer corte o pastoreo? Se debe esperar que la leñosa desarrolle un buen sistema radicular y halla engrosado en tallo; en el trópico con sequía estacional se debe esperar hasta 12 ó 18 meses, mientras que en el trópico húmedo el corte de uniformización se puede realizar a los 8 meses.

Cuál es el sistema de pastoreo más apropiado? El más recomendable es el pastoreo rotacional de manejo flexible. Este consiste en ajustar la intensidad de defoliación al nivel de oferta de las leñosas y herbáceas. En temporadas de crecimiento acelerado se puede acortar el período de descanso, incrementar la carga y/o alargar el período de ocupación. Si la leñosa no se recupera adecuadamente alargar el período de descanso y acortarlo, cuando el remanente de la leñosa sea elevado después del pastoreo.

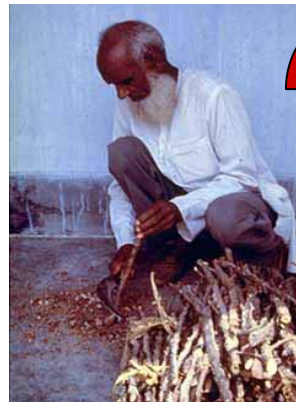
Productividad animal. La pastura en callejones puede sostener 2-3 unidades animal/ ha en la época húmeda y de 2.0 a 2.5 unidades animal/ha en la época seca. Según esto se puede producir de 600-700 kg de carne/ha/año en las zonas de trópico húmedo y de 450-650 kg de carne/ha/año en el trópico seco. Con este sistema se pueden obtener incrementos hasta del 20% en la producción de leche vendible/vaca en sistema de doble propósito.

2.3 Sistemas Agroforestales especiales: silvoentomología y silvoacuacultura

Silvoentomología: Cuando los árboles son utilizados para criar insectos útiles.



Árboles utilizados para la crianza de abejas. Foto: Apiario en árboles de Acacia en Áreas semi-áridas de Kenya, ICRAF.



Ramas de árboles utilizadas para la crianza de insectos productores de laca. Foto: Bangladesh, ICRAF.

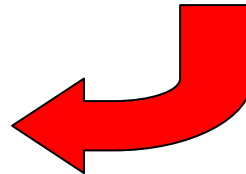


Gusanos de seda alimentados con hojas de Morera (*Morus alba*), especie que también produce frutos y leña. Bangladesh, Asia, ICRAF.

Silvoacuicultura: los peces también pueden ser suplementados con hojas de árboles y la piscicultura puede ser beneficiada por diversos productos y servicios que proporcionan los árboles. Los estanques en las fincas pueden proporcionar ingresos valiosos a los agricultores y mejorar el valor protéico de su dieta.



En la fotografía presentada a continuación, un agricultor alimenta peces en estanques establecidos en su finca con hojas de **Sesbania** (ICRAF).



PREGUNTAS DE COMPROBACIÓN

1. ¿Es fácil cambiar de agricultura migratoria a sistema Taungya en un área determinada?
¿Qué factores influyen más sobre la adopción de un sistema Taungya?
2. ¿Cuáles son las ventajas principales del uso de sistemas agroforestales simultáneos en comparación con los secuenciales?.
3. Se quiere expandir el cultivo del café asociado con árboles a una zona de suelos degradados y con pendientes pronunciadas ¿Es ésta una alternativa adecuada? Indique qué prácticas agroforestales utilizaría para hacer más factible esta alternativa.
4. ¿Qué sistema agroforestal pondría usted en práctica en una situación en la cual se dan cuatro condiciones: 1) Infraestructura deficiente; 2) Mercados muy distantes; 3) Suelos relativamente fértiles; 4) Fincas de tamaño relativamente pequeño. Explique por qué escogería tal sistema.
5. Explique cómo sería posible que el uso de sistemas agrosilvopastoriles conduzca a una ganadería sostenible en los trópicos.
6. ¿Cuáles son los efectos de la quema del bosque sobre los suelos, a corto y largo plazo?.
7. Dé ejemplos de manejo de barbechos, como una alternativa a la agricultura migratoria.
8. ¿Por qué se halla tan difundida en la actualidad la investigación en sistema de cultivo en callejones?.
9. Clasifique y Describa los sistemas agroforestales tradicionales que existen en Nicaragua.
10. Con base en la problemática del sector agropecuario de Nicaragua, ¿qué sistemas agroforestales recomendaría?. Utilizando la clasificación de zonas de vida de Holdridge, recomiende para cada zona del país el sistema agroforestal que estime conveniente. Justifique su propuesta.

CAPÍTULO III. PLANEAMIENTO DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

En el capítulo anterior fueron descritas las principales características de los sistemas agroforestales, con énfasis en aspectos ecológicos y socioeconómicos; pero antes de decidir la aplicación de ciertas prácticas agroforestales, es necesario conocer a fondo los problemas en el uso o degradación de los recursos en un área determinada.

En el presente capítulo estudiaremos la metodología para definir los problemas y determinar las prioridades, y cómo obtener la información sobre el área para decidir si la aplicación de prácticas agroforestales es una alternativa adecuada.

3.1 Pasos de una caracterización

La **caracterización** consiste en la **descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área**, con el propósito de identificar los sistemas de producción existentes y reconocer los problemas más importantes. El **objetivo** de una caracterización es **describir el área a un nivel de detalle que permita planificar las alternativas apropiadas**. El análisis de esos datos permite determinar si el uso de prácticas agroforestales es una alternativa factible o necesaria para contribuir a solucionar los problemas identificados.

Los pasos de una caracterización son:

a. **Determinar los objetivos de la caracterización y los límites del área por caracterizar:**

Hay que tener muy claro los **objetivos** que se persiguen en la caracterización porque ésta a veces se hace con fines de investigación, otras con objeto de difusión; de manera que la profundidad varía, cambiando el énfasis de los parámetros físico-biológicos o aspectos socioeconómicos estudiados.

En cuanto a los **límites** es necesario delimitarlos con precisión, sea el área una región, una finca o un sistema de producción. El área y sus límites son seleccionados con base en problemas existentes, tales como erosión, emigración de la población o bajo nivel de ingreso; la caracterización puede realizarse a nivel de sistema regional, con algunas descripciones de los sistemas de fincas, agroecosistemas y componentes, cuando ello resulta necesario. Los límites del área son determinados por el propósito y nivel de detalle con el que se pretende trabajar. Debe procurarse, a nivel de región, finca o parcela, que el sistema sea lo más cerrado posible, para evitar que componentes importantes del sistema queden fuera del conjunto de factores considerados. Por ejemplo si se va a estudiar el sistema **agroforestal** de una finca, los límites incluirán todas las parcelas que combinan pastos, animales y cortinas rompevientos, pero no incluirán el bosque, la administración, ni el aserradero. Por el contrario si se pretende estudiar la **empresa**, los componentes mencionados sí estarán dentro de los límites y tal vez también se incluya la mueblería que funciona en la finca.

b. Recolectar datos físicos, biológicos y socioeconómicos:

La información necesaria para caracterizar un área incluye factores físicos (clima, topografía, etc.), ecológicos (características de los suelos, vegetación, etc.), socioeconómicos (precios, infraestructura, mano de obra, etc.), actividades agropecuarias y forestales (usos de la tierra, rendimientos, etc.), problemas y necesidades de los agricultores (nivel de ingresos, etc.). Deben estudiarse sólo los factores "clave" que determinarán el resultado del cambio propuesto, y no un número excesivo de elementos, ni aquellos que pueden resultar irrelevantes en la acción posterior. En el cuadro siguiente se presenta una lista de los factores principales que deben tenerse en cuenta para caracterizar una región, un grupo de fincas, de parcelas o de componentes.

En el proceso de selección de los factores por considerar, debe saberse de antemano la manera en que serán analizados y utilizados los datos que se recolecten. Un error habitual es recopilar información que luego no se sabe cómo analizar o cómo aplicar. Se deben recopilar los datos que realmente tengan una función en el proceso de decisión.

c. Recopilar datos sobre las características de los sistemas existentes.

d. Distinguir los problemas, necesidades y oportunidades existentes en el área.

e. Analizar los datos anteriores, con el propósito de determinar si el uso de sistemas agroforestales es una alternativa factible o adecuada.

A continuación son presentados los factores que pueden ser considerados en una caracterización, de acuerdo al ámbito geográfico de trabajo.

AMBITO	FACTORES	
REGIÓN	Formas de uso de la tierra Clima: *precipitación, *época seca, *temperatura media anual Suelos: *profundidad de horizontes, *fertilidad, *problemas de erosión, *ángulo de las pendientes *Cultivos principales de la región: *Precios de los principales productos Historia del uso de la tierra Tipo de tenencia de la tierra, tamaño de fincas Mercados (precios, mano de obra, maquinaria, insumos).	Infraestructura (carreteras, electricidad, agua, comunicaciones, edificios) Servicios de extensión, créditos Política económica nacional Disponibilidad y distribución del trabajo a lo largo del año Organización y estructura de la comunidad Objetivos y necesidades de los agricultores Recursos disponibles Percepciones, preferencias, metas de los agricultores.
FINCA	* Mano de obra * Recursos disponibles * Tenencia de la tierra * Tenencia de los árboles * Objetivos, necesidades, metas, preferencias, percepciones del agricultor * Alimentación de la familia; consumo de productos de la finca.	Capital disponible Riesgo, incertidumbre Otros negocios y fuentes de ingresos Fuentes de energía Historia de la finca Tipo de suelos
PARCELA O CULTIVO	* Suelos * Plagas y enfermedades' incidencia sobre los cultivos * Especies utilizadas, diseño.	* Manejo * Rotaciones y ciclos de cultivos, árboles y animales * Productos, rendimientos
COMPONENTE	Especies y sus interacciones	Diseño y manejo

*: Factores mínimos por considerar cuando se dispone de recursos escasos.

3.2 Técnicas para recolectar los datos: el uso de fuentes de información

La revisión de fuentes de información se realiza mediante el uso de mapas topográficos, planos o mapas que contengan características de caminos, pendientes, ríos; datos climatológicos con información sobre cantidad y distribución de las lluvias, duración de la estación seca; datos de temperatura; datos socioeconómicos e información sobre el tipo de infraestructura existente. En general, existe mucho más información de los que se cree a primera vista; muchas veces el problema está es conocer las fuentes adecuadas para encontrar los datos que serán de mayor utilidad. Estos datos se pueden encontrar en las siguientes fuentes de información:

FACTORES	FUENTES
ECOLÓGICOS Clima Topografía y suelos Vegetación	Servicios meteorológicos, climatológicos e hidrológicos, anuarios climatológicos Mapas topográficos, Ministerios de Agricultura, fotos aéreas, Institutos Geográficos Mapas, Servicio Forestal, Herbarios.
SOCIOECONÓMICOS Población humana Precios, mercado Tipos de créditos, tasas de interés Servicios de extensión Infraestructura vial/Mapas Agropecuarias y forestales	Dirección de Estadísticas y Censos, Agencias de Desarrollo, Municipalidades. Bancos, Dirección de Estadística, Agencias de Desarrollo, Dirección de Comercio, Secretaría de Planificación. Bancos, Cooperativas Ministerio de Agricultura, Servicio Forestal, Empresas particulares Ministerio de Construcción y Transporte Ministerio de Agricultura, Servicio Forestal, publicaciones universitarias, estudios de agencias de desarrollo, institutos de investigación, gremios de ingenieros agrónomos, biólogos y forestales.

Cuando se consultan estas fuentes, se puede utilizar el tiempo de manera más eficiente si de antemano se determina cuáles son los factores de mayor interés. **Se debe elegir sólo aquellas fuentes que contienen información específica para el caso investigado; asimismo, debe tenerse en cuenta la precisión, la confiabilidad y fecha de los datos.**

3.3 Técnicas para recolectar la información: conversaciones informales, observaciones, entrevistas y cuestionarios

3.3.1 Muestreo

Como no es posible visitar y conocer todas las fincas, cuando se realiza una caracterización a nivel de región, es necesario realizar muestreos; así se puede inferir cuáles son las condiciones de la mayoría de la fincas del área.

El muestreo se puede llevar a cabo en tres etapas: por lo general se realiza una estratificación del área, luego se elige el método a seguir y se determina el número de muestras a tomar.

a. Estratificación del área

El área se divide en subgrupos relativamente homogéneos llamados “estratos”, para luego tomar muestras de cada uno de ellos. para esto es necesario contar con alguna información preliminar sobre las fincas, ya sea mediante el examen de la información existente o bien realizando una encuesta preliminar. Si la estratificación logra maximizar la variancia de los principales parámetros entre estratos y minimizarla dentro de cada estrato, este proceso puede reducir el número de muestras requeridas. Otra ventaja de la estratificación es que permite definir mejor las alternativas potenciales especialmente apropiadas para los productores de cada estrato.

La división de estratos se realiza de acuerdo con características importantes que las fincas o las personas tengan en común: de ese modo, un área se puede dividir en estratos de fincas comerciales y de agricultura de subsistencia; o fincas pequeñas, medianas y grandes; o según las actividades agropecuarias que se realicen en ellas.

b. Método de muestreo

Una vez que se definen los estratos, se toman muestras en cada uno de ellos. El uso del método de **muestreo al azar o aleatorio** asegura que la muestra se tome de manera objetiva, sin influencias debidas a preferencias o decisión previa del investigador.

En el muestreo al azar cada unidad de una población tiene igual oportunidad de ser seleccionada. Para llevar a cabo este tipo de muestreo se asignan números a las fincas y se les selecciona por medio de un sorteo, o utilizando tablas de números aleatorios que se pueden encontrar en libros de texto de estadística.

c. Número de muestras

Un mayor número de muestras permite mayor precisión. El número de muestras depende de la variabilidad que se encuentre dentro de la población: si ésta es muy homogénea y poco variable, pocas muestras son suficientes para la precisión requerida. Por el contrario, si la población es muy variable, es necesario incrementar el número de muestras. Generalmente no es posible incluir todas las posibilidades existentes, pues para ello se necesitaría muestrear a todos los individuos de la población, es decir realizar un **censo** de la misma.

3.3.2 La conversación informal

A través de esta técnica se pueden obtener los siguientes resultados:

1. Informar a los agricultores o a la comunidad sobre el propósito del estudio y determinar si éste es compatible con las necesidades de la zona.
2. Crear un contacto entre el investigador y los agricultores y con otras personas relacionadas con el área.
3. Familiarizarse con el lenguaje, conceptos e ideas de los agricultores.
4. Obtener información sobre los factores locales (aspectos biológicos, ecológicos, socioeconómicos).
5. Identificar las fincas que serán más útiles para satisfacer los objetivos del estudio.

Algunas consideraciones de importancia al aplicar la técnica de conversación informal:

1. La conversación informal se puede realizar con un agricultor o con un grupo de no más de seis personas.
2. La conversación se debe realizar en un ambiente tranquilo, sin presiones, con cortesía y humildad.
3. Se debe evitar, en lo posible, tomar notas de las respuestas de las personas en el momento en que se conversa.
4. Se debe saber de antemano qué factores se desea discutir y el tipo de información que se quiere obtener para cumplir con los objetivos.
5. Es importante identificar a las personas claves, que son aquellas que toman la mayoría de las decisiones en cuanto a adopción de prácticas y gastos de una finca.
6. No siempre es necesario enfocar la conversación sobre las prácticas que realiza un agricultor en particular, sino que se hacen preguntas sobre las prácticas de la mayoría de ellos.
7. Es importante conocer la opinión grupal en casos en que determinadas prácticas hayan fracasado; de esa manera se puede tener una idea más realista de los motivos del fracaso y conocer también en modo en que actúan y reaccionan los agricultores, lo cual será útil en el proceso de divulgación de técnicas.
8. Es importante también realizar conversaciones informales con personas relacionadas de alguna manera con los agricultores, que pueden proporcionar datos de interés, sobretodo si tienen puntos de vista diferentes; estas personas pueden ser los agentes de servicios de extensión, comercializadores, proveedores de productos agrícolas, banqueros, agentes de oficinas de reforma agraria, entre otros.

3.3.3 La entrevista y el cuestionario

El cuestionario puede ser utilizado como una guía para conducir una entrevista. Para diseñar un cuestionario se deben seguir las seis etapas siguientes:

1. Determinar la información necesaria

Concentrarse sobre los aspectos que no están cubiertos por las fuentes secundarias o por otros métodos; evitar recopilar información que no sea necesaria y no sobrecargarse de datos que luego complicarían el análisis y probablemente no serán utilizados.

Las preguntas deben de ser breves, sencillas y muy directas; la mayoría de las respuestas son cuantitativas. En otros casos, sin embargo, puede resultar conveniente incluir preguntas más abiertas y más cualitativas.

2. Determinar el tipo de preguntas

Se pueden utilizar mezclas de preguntas abiertas, de selección múltiple o de verdadero y falso. Si el cuestionario se utiliza para conducir una entrevista, las preguntas de respuestas abiertas son más adecuadas. Si, en cambio, el análisis de la respuesta ha de ser cuantitativo, se necesitan respuestas que puedan ser transformadas fácilmente en números; ello influye en el diseño de las preguntas.

3. Redactar las preguntas

El nivel de educación, el tipo de lenguaje y terminología de los agricultores influyen sobre la redacción de las preguntas. Las conversaciones informales proporcionan muchos datos útiles para el diseño de las preguntas del cuestionario.

4. Determinar la secuencia de las preguntas

Se debe lograr una secuencia lógica desde el punto de vista del agricultor. Además, las preguntas fáciles y de respuesta simple y directa deben colocarse antes de las más complicadas, delicadas o más difíciles.

5. Determinar la extensión y presentación del cuestionario

Si el cuestionario se utiliza como guía para una entrevista, se sugiere que treinta minutos deben ser suficientes. La presentación y ejecución deben hacerse de modo respetuoso y cortés.

6. Prueba y revisión del cuestionario

Para verificar la correcta redacción del cuestionario antes de su uso definitivo, éste puede ser ensayado por medio de un grupo piloto de agricultores que sea representativo del área, sin que esa información tenga que ser utilizada para una evaluación final. Luego se revisa el cuestionario según la manera en que los agricultores contestaron las preguntas, su dificultad, la longitud del cuestionario, el lenguaje y la redacción.

Actitudes y guía básica para comunicarse efectivamente durante una entrevista

1. **Estar familiarizado con la zona:** Es preferible que el entrevistador conozca bien la zona, sus condiciones agropecuarias, los términos locales para los cultivos y árboles, y también las costumbres de la comunidad.
2. **Presentarse formalmente y explicar las razones de la encuesta:** Antes de comenzar a hacer preguntas, el entrevistador debe dar su nombre, institución a la que pertenece, explicar los motivos de la entrevista, los objetivos y asegurar que los datos van a ser confidenciales.
3. **Saber las preguntas de memoria:** No es recomendable que el entrevistador lea las preguntas.
4. **Presentarse con humildad, respeto y cortesía:** Se deben respetar las normas de la zona, no hacer preguntas personales, no insistir en obtener cifras o nombres. Se debe escuchar bien las respuestas, no interrumpir las discusiones y abstenerse de expresar su propia opinión.

Muchas veces los entrevistadores (investigadores o extensionistas) provocan reacciones adversas al no utilizar formas apropiadas en su lenguaje y en su manera de actuar. Para evitar tales problemas y comunicarse efectivamente, el entrevistador debe proceder de una manera comprensible, cortés, humilde y lo más informal posible.

El entrevistador debe entrar en confianza con los agricultores, para que ellos entiendan y conversen abiertamente.

Debe asegurarse el entrevistar a las personas adecuada para cada situación, y no solamente a las más accesibles. Por ejemplo, si se trata del problema de abastecimiento de leña, es más adecuado preguntar a las mujeres y no solamente a los hombres; en algunos casos puede ser necesario entrevistar a éstos para que luego las mujeres se integren a la entrevista.

3.3.4 Las observaciones de campo

Para ejecutar las observaciones de campo es preciso prestar atención cuidadosa a los detalles del ambiente; resultan útiles para orientar las demás actividades del estudio de campo y permiten verificar los datos colectados.

Deben seguirse los seis pasos fundamentales para la preparación del cuestionario.

3.4 Análisis de la información recopilada

Después de un tiempo, la cantidad de datos recolectados en el campo puede parecer abrumadora; por ello es importante organizar y analizar tal información.

El método de análisis debe estar claro antes de recopilar la información. Este análisis incluye:

1. Organizar los datos recolectados en función de su utilidad;
2. Analizar los datos para determinar la prioridad de problemas y necesidades del área;
3. Interpretar la información con el propósito de definir los factores limitantes desde el punto de vista de los agricultores;
4. Establecer los objetivos prioritarios de la intervención;
5. Determinar la función de los sistemas agroforestales

3.4.1 Cómo organizar y presentar la información recolectada

Los datos se pueden organizar utilizando mapas, cuadros y figuras. La información puede ser agrupada por temas: aspectos físicos, biológicos, ecológicos, socioeconómicos, tipos de agroecosistemas existentes y problemas.

- **Mapas:** se pueden utilizar para mostrar la capacidad productiva de los suelos, tipos de uso de la tierra, infraestructura de caminos, ríos; asimismo, para señalar áreas problemáticas tales como pendientes erosivas, baja productividad, escasez de agua, etc.
- **Cuadros:** son apropiados cuando se cuenta con datos numéricos. Los cuadros pueden ser utilizados solos o en combinación con mapas o figuras, para mostrar datos de precipitación, tamaño de fincas, precios, rendimientos, tipo de uso de la tierra, frecuencia de problemas percibidos por los agricultores, etc.
- **Figuras:** las figuras (dibujos, diagramas, gráficos y fotografías) resultan útiles para explicar tendencias en el tiempo o en el espacio; además proporcionan la información de manera más sintética.

3.4.2 Cómo analizar los datos para detectar problemas y necesidades prioritarias

Las necesidades básicas del hombre (alimento, energía, abrigo, materiales, dinero, situación social, etc.) se utilizan como base para analizar la información recolectada. Elemento por elemento, se determina si las necesidades son cubiertas o no; en este último caso se identifica un **problema**.

Un análisis organizado de la información recolectada durante la caracterización conducirá a:

1. Identificar los factores prioritarios: problemas, necesidades básicas, niveles de productividad, factores limitantes;
2. Encontrar las causas de los problemas;
3. Decidir si el uso de prácticas agroforestales constituye una alternativa factible para contribuir a solucionar los problemas identificados.

La identificación de las **causas** de los problemas es un aspecto clave; es el punto de partida para comenzar a modificar el sistema existente y también la base para el diseño de las alternativas. A continuación se presentan ideas que contribuyen a identificar las necesidades básicas, el nivel de productividad y los factores limitantes.

a. Necesidades básicas

Al analizar la información recopilada es importante averiguar la manera en que los agricultores de la comunidad satisfacen sus necesidades de alimentación, mano de obra, ingresos, fuentes de energía; determinar hasta qué punto son autosuficientes o si dependen de los mercados y la manera en que reaccionan ante el riesgo y la incertidumbre.

b. Productividad

La productividad se puede evaluar en los siguientes términos:

1. El rendimiento por unidad de mano de obra, de terreno, de capital invertido, de ingresos;
2. El uso de insumos;
3. La ganancia por unidad de terreno o rendimiento;
4. Una combinación de las medidas anteriores.

Guía básica para determinar si existen problemas de producción

Para determinar si existen problemas de producción se pueden formular las siguientes preguntas:

1. ¿Se están utilizando los insumos de manera eficiente y eficaz para la producción ?
2. ¿Las cosechas se mantienen en un mismo nivel, aumentan, o disminuyen?
3. ¿Los rendimientos producidos suministran ingreso que compensan los costos de operación (o: ¿Cuál es el ingreso neto?)
4. ¿Existen conflictos entre el uso y la disponibilidad de insumos, incluyendo mano de obra, fertilizantes, tierra, capital, etc.?
5. ¿Se justifican los gastos en insecticidas? Es decir, ¿se logra de ese modo la reducción de los daños ocasionados por plagas y el aumento de los rendimientos?

6. ¿Es suficiente el nivel de la productividad para las necesidades del agricultor?
7. ¿Cómo se compran los rendimientos de la finca con los de otra de la misma área?
8. Si hay variaciones en los rendimientos a través del tiempo, ¿cómo se maneja el problema de la incertidumbre y el riesgo?

La productividad se mide utilizando fórmulas matemáticas que determinan si los rendimientos son mayores, iguales o menores cuando la especie forestal se encuentra sola o cuando la especie forestal se encuentra en un sistema agroforestal; esto determina la productividad del sistema al compararlo con monocultivos o con plantaciones forestales.

c. Impactos ecológicos del manejo

Además del rendimiento, se debe tener en cuenta la productividad a largo plazo, es decir **la sostenibilidad** del sistema. Es necesario considerar la manera en que las prácticas afectan la calidad del suelo, o sea, si tienden a degradarlo, o por el contrario, a aumentar su fertilidad; si la puesta en práctica de nuevos sistemas o la modificación de los existentes, protegen las cuencas hidrográficas; cómo se afecta la diversidad genética, etc. Por ejemplo en un estudio se tuvo en cuenta los beneficios de las prácticas tradicionales para la protección del suelo contra la erosión; y en otro caso se consideraron los beneficios de las prácticas agroforestales para contrarrestar los efectos de la deforestación en la cuenca (específicamente con respecto al mejoramiento de la calidad de los suelos).

3.4.3 ¿Cómo se interpreta la información para determinar factores limitantes?

Algunos factores que restringen el uso efectivo de los recursos disponibles pueden ser, entre otros, la incidencia de ciertas plagas, condiciones desfavorables del clima, fluctuaciones del mercado o falta de créditos. Para poder identificarlos pueden formularse las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué existe el problema? (por ejemplo, baja producción animal)
2. ¿Qué factores contribuyen a esa condición? (por ejemplo, estación seca, disponibilidad y calidad del forraje escasa)
3. ¿Perciben los agricultores los factores identificados como limitantes?
4. ¿Cuál es el efecto de cada factor sobre el problema? (por ejemplo, efecto del clima sobre el forraje, efecto sobre los animales, etc.)
5. ¿Qué tipo de alternativas o estrategias utiliza el agricultor para intentar solucionar los problemas de producción? (por ejemplo, uso de alimentos concentrados, siembra de árboles forrajeros, etc.)
6. ¿Cuáles son los riesgos e incertidumbres asociados con los factores identificados? (por ejemplo, fluctuaciones del clima, cambios en los precios de alimentos concentrados, etc.)

Ciertos estudios detectan como factores limitantes del ambiente físico la sequía, vientos fuertes, terrenos con mucha pendiente; socioeconómicos como problemas de infraestructura, fluctuaciones de precios; tecnológicos como falta de conocimiento sobre aspectos importantes de manejo; y de disponibilidad de recursos como escasez de terreno, de mano de obra, etc.

Una vez hecho el estudio se presenta el problema, sus causas, y los factores limitantes; por ejemplo, un problema importante de alimentación en una zona determinada es la escasez de leche; la causa es

la falta de pastizales, lo cual se debe a su vez a varios factores: climáticos, tenencia de la tierra, topografía, suelos, que limitan la disponibilidad de pastizales productivos en la zona.

3.4.4 ¿Cómo se definen los objetivos prioritarios de la intervención?

La determinación de objetivos se realiza **con base en ideas de los agricultores y en los análisis realizados**. En muchos casos los agricultores desean resolver problemas inmediatos, aunque existan problemas más serios que no se pueden solucionar a corto plazo; en otros casos existen problemas potenciales que pueden surgir con el análisis de la información, aunque los agricultores no alcanzan a percibirlos. Sería conveniente, en consecuencia, que los objetivos prioritarios incluyeran elementos que se puedan resolver a corto y también a largo plazo.

Es preferible definir objetivos que incluyan modificaciones de sistemas existentes, en lugar de realizar innovaciones totales; esto permite intentar resolver los problemas de más realista y con mayor probabilidad de aceptación por parte de los agricultores.

3.4.5 ¿Cómo se determina el posible papel de los sistemas agroforestales?

Una vez identificados los problemas y los objetivos prioritarios de un área, queda claro que pueden existir numerosas tecnologías, políticas y medidas económicas adecuadas para contribuir a resolverlos. Para determinar si los sistemas agroforestales constituyen una alternativa apropiada, se pueden considerar las siguientes interrogantes:

1. Dada una situación particular, con problemas o necesidades a satisfacer, ¿la implantación de un sistema agroforestal constituye una alternativa adecuada?
2. Si existe un sistema agroforestal en uso, ¿cómo se le puede modificar para satisfacer las necesidades del modo más eficiente?
3. ¿Cómo pueden las prácticas agroforestales servir como alternativas para solucionar problemas?

Por ejemplo, en una finca la producción de leche disminuía durante la época seca, y el uso de una práctica agroforestal, las cortinas rompevientos (de ciprés) constituyó una opción exitosa. En esta situación se trataba de introducir una práctica agroforestal totalmente nueva en el sistema, con el propósito de solucionar un problema de producción de la finca. En otro caso, se trataba de modificar los sistemas agroforestales ya existentes, con el fin de solucionar los problemas de la zona; se propuso aumentar la complejidad de los sistemas, para reducir la cantidad de agroquímicos necesarios en las plantaciones de café y diversificar la producción.

La utilización progresiva de sistemas agroforestales puede llevar aparejadas otras innovaciones: el uso de una práctica nueva puede contribuir a aumentar los rendimientos; la participación de los agricultores en el proceso necesario de planificación para introducir una práctica puede dar comienzo a un servicio de extensión; la interacción entre los agricultores y el servicio de extensión puede conducir a innovaciones que mejoren los rendimientos de los cultivos. Volvamos al ejemplo de la finca lechera mencionada anteriormente; el uso de cortinas rompevientos de ciprés trajo como consecuencia la instalación de un aserradero, con el fin de procesar la madera en la misma finca; esto, a su vez, logró con el tiempo un cambio en el énfasis de la producción, que pasó de la lechería a la explotación forestal.

CAPÍTULO IV. MANEJO Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

El establecimiento de un sistema agroforestal involucra la selección y elección de las especies de cada componente, su diseño sobre el terreno y a lo largo de una secuencia temporal, las actividades de manejo y la evaluación de su funcionamiento (CATIE, 2001).

En este capítulo estudiaremos el **manejo**, que tiene como objetivo **recuperar, mantener o aumentar el nivel de productividad del sistema a largo plazo y favorecer la conservación de los recursos disponibles**.

Por lo anterior, las **técnicas generales de manejo** están dirigidas a:

1. Proteger el suelo contra la pérdida de la capacidad productiva.
2. Mantener el balance del ciclo de nutrientes.
3. Asegurar el suministro de agua y nutrientes para los cultivos.
4. Lograr un buen nivel de producción.

El **manejo** incluye:

- ✚ El establecimiento y cuidados de cultivos y de otras plantas asociadas.
- ✚ El uso de los suelos.
- ✚ El control de plagas y, en un sentido amplio.
- ✚ El uso óptimo del sistema desde el punto de vista de los beneficios por obtener.

4.1 ¿Cómo buscar el sistema agroforestal más adecuado?

4.1.1 Criterios de aceptabilidad

La alternativa elegida no va a funcionar simplemente porque en teoría aporta la solución al problema. En un sistema, el funcionamiento de una parte condiciona las demás partes. Detrás de un problema puede haber otros ocultos.

Una tecnología apropiada es la que tiene en cuenta todos los factores limitantes y que no ocasiona un nuevo problema al intentar resolver otros. Sobre todo, es de fundamental importancia su aceptación por los usuarios.

Algunos de los criterios para estimar si una tecnología es apropiada para los pequeños agricultores, son los siguientes:

- ☉ Debe ayudar a resolver uno varios de los principales problemas de producción.
- ☉ Debe ser compatible con el sistema agrícola existente: si su aplicación requiere que se modifique todo el sistema, no será aceptada.
- ☉ Debe utilizar los recursos al alcance del agricultor pobre: si su funcionamiento demanda de recursos que el agricultor no tiene, no va a funcionar.

- ☉ Debe presentar poco riesgo: el agricultor con recursos escasos no estará dispuesto a arriesgar ni una sola cosecha.
- ☉ Debe utilizar mano de obra barata: el agricultor puede invertir su trabajo, ya que generalmente no dispone de capital para invertir; la demanda de trabajo para el nuevo sistema debe ser compatible con las demás actividades.
- ☉ Debe responder a una necesidad real del agricultor: si el agricultor no siente la necesidad, es dudoso que acepte la tecnología, por muy eficiente que ésta sea.
- ☉ Debe aportar un beneficio económico: el beneficio puede ser directo o indirecto, pero debe ser cuantificable.
- ☉ Debe dar un resultado visible en un tiempo razonable: un árbol maderable que necesita 50 años para su desarrollo, interesará a muy pocos agricultores.
- ☉ Debe ser fácil de entender: si se puede entender la tecnología con el nivel de educación que tienen los agricultores, podrá ser aceptada.
- ☉ Debe tener en cuenta los mercados: introducir un nuevo cultivo o aumentar la producción de un cultivo que no tiene mercado asegurado, no será rentable.

4.1.2 ¿Cómo seleccionar las especies?

La selección de especies es uno de los aspectos más importantes del diseño de sistemas agroforestales. Los criterios a utilizar son los siguientes:

- ☞ Intentar modificar el sistema existente, en lugar de introducir uno nuevo.
- ☞ Tratar de lograr un uso complementario de los recursos.
- ☞ Evitar efectos alelopáticos.
- ☞ Escoger todas las especies de acuerdo a las necesidades planteadas.
- ☞ Seleccionar especies aptas para las condiciones ecológicas del área de trabajo, considerando: Precipitación (cantidad y distribución anual); Temperatura, Altitud, y Características de los suelos.
- ☞ Dar preferencia a especies conocidas por los agricultores.
- ☞ Buscar las especies de mayor productividad, según objetivos y condiciones locales: crecimiento, producción de frutas, resistencia a plagas, etc.
- ☞ Usar, de preferencia, especies locales ya que presenta ventajas, su potencial y adaptabilidad son conocidos. También se conoce en qué medida pueden tener efectos indeseables. Si no hay especies locales adaptables, se debe experimentar con especies exóticas, teniendo en cuenta los peligros que puede presentar la introducción de nuevas especies.

4.1.3 ¿Cómo diseñar el sistema agroforestal?

El diseño incluye: disposición de las plantas en el terreno; densidad de siembra o plantación y, distribución a través del tiempo en un plan de rotación.

¿Cómo se determina la densidad de siembra? La densidad de siembra o plantación influye sobre la competencia intraespecífica, es decir entre individuos de la misma especie y la competencia intraespecífica, entre individuos de diferente especie.

En el primer caso, las plantas tienen requerimientos semejantes de luz, agua y nutrientes, por lo tanto se trata de lograr una densidad tal que los recursos disponibles sean utilizados de manera

eficiente: la **densidad óptima** es aquella en la cual se produce más; cuando empieza a bajar la producción se supone que ello sucede por efecto de la competencia.

¿Cuándo se produce competencia interespecífica? Como en los sistemas agroforestales existen asociaciones de diferentes especies, es posible que éstas compitan por el uso de recursos, es decir, que interfieran en el desarrollo de las otras; en este caso se intenta diseñar la asociación de manera que las plantas se complementen en sus requerimientos en lugar de competir. En cultivos en callejones con **Leucaena**, por ejemplo, se hallaron pocas raíces en los primeros 20 cm del suelo, que es la capa ocupada por la mayoría de los cultivos anuales; en consecuencia, se supone que la competencia entre los árboles y los cultivos no es un problema en esta asociación.

¿Cómo diseñar una asociación adecuada entre las plantas, que favorezca el uso complementario de recursos y permita aprovechar los beneficios que proveen ciertas especies? Para lograr esto se diseña de manera adecuada la disposición horizontal y vertical de las plantas en el terreno, también puede utilizarse una secuencia temporal, aprovechando las diferencias en requerimientos de las distintas especies a través de sus etapas de crecimiento y desarrollo.

¿Cómo se puede lograr una buena complementación en el uso de los recursos? Esto se puede lograr distribuyendo los cultivos de manera adecuada en el terreno; también se pueden alterar las proporciones de cada especie en el policultivo, para ello es necesario conocer los requerimientos de las diferentes especies; por ejemplo, se puede disponer la densidad de las plantas de acuerdo con su tolerancia a la sombra.

También se puede diseñar la distribución de las plantas de modo que se complementen en el uso de agua y nutrientes. Por ejemplo, plantar árboles de raíces profundas (*Acacia* o *Prosopis*), en asociación con cultivos de raíces relativamente superficiales como millón, sorgo, etc.

Una vez escogida una alternativa que parece responder a todo, o a la mayoría de los criterios de aceptabilidad, se realiza un **diseño del sistema**. El diseño consiste en **determinar las características y el funcionamiento del sistema que se pretende poner en práctica**.

El diseño se realiza en varias etapas. Por ejemplo, el diseño de un sistema de conservación del suelo con barreras vivas y/o árboles intercalados:

1. **Determinar las funciones del sistema:** Su función principal en el ejemplo será el control de la erosión, pero también puede aportar otras ventajas como la producción de leña, forraje y frutos;
2. **Ubicar el sistema:** En qué lugar de la finca, en qué "subsistema" va a funcionar. En el ejemplo, la pregunta sería ¿en cuáles parcelas de cultivos de ciclo corto o de cultivos perennes, se van a colocar las barreras vivas y los árboles intercalados?
3. **Determinar los componentes del sistema:** Combinaciones de especies de árboles, cultivos y/o animales;
4. **Definir las formas del sistema:** Los marcos de plantación o espaciamiento, distancias entre barreras vivas, etc.;
5. **Definir el manejo del sistema:** Modo de establecimiento (métodos de plantación, vivero, calendario), asignación de responsabilidades (¿quién será responsable, y cómo se manejará el sistema?), necesidades y costos (insumos, mano de obra, etc.);

6. Opciones alternativas: En muchos casos, frente a un problema planteado, se pueden encontrar varias opciones (sistemas) o diferentes diseños. La selección se hace de acuerdo a criterios de aceptabilidad, principalmente:

- La rentabilidad de la alternativa: se evalúan costos (en trabajo, semillas, herramientas y demás insumos) y se comparan con los productos y servicios que se pueden esperar (en dinero o en productos utilizados en el ámbito de la finca). A menudo se comparan cosas difíciles de medir, sobre todo en caso de resultados no comercializables (conservación).
- La factibilidad de la alternativa: se estudian posibles impedimentos económicos, sociales, culturales, ecológicos, etc.

¿Cómo se diseña una combinación en el terreno? Si luego de analizadas las variables antes mencionadas, se ha decidido que se quiere tener un 25% del terreno sembrado con cierta especie de árbol, existen distintas maneras de lograr esta proporción, en combinaciones que darán diferente longitud de la zona de contacto entre árboles y cultivos. Por ejemplo, habrá menor contacto entre árboles y cultivos si se colocan los árboles en grupos en una parte del terreno, o alrededor del campo, que si éstos están individualmente esparcidos por toda el área, o en líneas intercaladas. De manera que la disposición de los árboles en el terreno se escogerá de acuerdo a si se quiere maximizar el contacto entre árboles y cultivos (cultivo en callejones), o si por el contrario, se desea mantener las interacciones al mínimo, debido a la competencia (pequeños bosquetes en potreros, cercas vivas).

Conociendo los requerimientos de cada especie, se pueden diseñar sistemas para satisfacer los requerimientos de cada una. Por ejemplo si nos referimos a requerimientos de luz (existe bastante información sobre esto en cuanto a las especies agroforestales), se pueden aplicar las siguientes consideraciones: La orientación de las hileras de los árboles afecta la utilización de la luz por parte de los cultivos entre las líneas; en zonas tropicales, la disposición de norte a sur recibe luz directa en el centro del espacio entre las hileras solamente al mediodía, mientras que una hilera de este a oeste la recibe el día entero. Hileras con orientación irregular en el terreno recibirán luz de una manera desigual. Todo esto cambia de acuerdo a la latitud del sitio. En general, la disposición en hileras de cultivos y árboles facilita el manejo del sistema posibilitando tareas como la poda, retirada de residuos o de árboles que se quieran cosechar.

Si las plantas hacen uso diferente de los recursos a lo largo del año, se puede diseñar el sistema espaciando las fases del ciclo de vida de los diversos cultivos de manera adecuada. Por ejemplo, en algunas especies las plántulas son tolerantes a la sombra, pero no lo son en la etapa adulta, en ese caso, en el diseño del sistema se considerará que cada especie llegue al estado adulto en un momento diferente. Esto se puede lograr de la manera siguiente:

1. Plantando cultivos que alcancen la misma altura, pero que tengan ciclos de vida diferentes;
2. Plantando especies que alcancen diferentes alturas, de manera que las más bajas maduren antes que las más altas;
3. Plantando cultivos en diferentes momentos de la temporada de lluvias;
4. Sembrando cultivos que puedan trepar los tallos de las plantas que fueron sembradas antes que ellas;
5. Minimizando la sombra que produce la especie más alta, podando los árboles o plantando árboles deciduos.

Es importante la participación de los agricultores en la planificación y evaluación previa al diseño, mediante entrevistas y encuestas. Muchos proyectos fracasan porque diseñan “en gabinete”, sin consultar con los usuarios.

4.2 Manejo de los componentes

El medio más utilizado para cambiar las condiciones de luz en un sistema es la poda.

La eliminación de la parte aérea foliar de un árbol por medio de la poda va a afectar menos la disponibilidad de la luz que la eliminación de un árbol completo por medio de un raleo. Esto es importante porque indica que se pueden podar algunos árboles para obtener leña sin afectar mucho las condiciones del sistema.

Con la inclusión de árboles de uso múltiple en los sistemas agroforestales, también debe pensarse en manejo múltiple, es decir, adecuar los componentes del sistema a la utilización que se dé a cada uno. Por ejemplo, el espaciamiento amplio es preciso para los árboles cuyo propósito principal es la cosecha de madera y se deben emplear para ellos prácticas como la poda de ramas bajas para favorecer la forma. De estas podas se puede obtener leña; además entre estos árboles existe espacio para intercalar cultivos.

Las **especies para leña**, como son intolerables a la sombra, deben ubicarse en cercos o en bosquetes, y ser manejadas de tal manera que se puedan podar árboles individuales, en lugar de eliminar árboles completos, porque podando no se reduce tanto la productividad total por hectárea. Es preferible destinar las tierras menos fértiles de una finca a los árboles para leña. Como se les planta en forma densa no existe mucho potencial para combinarlos con cultivos, excepto en los primeros años.

Los **árboles para forraje** deben ser manejados para que rebroten, podando lo más bajo posible, dependiendo de lo que permita cada especie; de esa manera manejando rebrotes, se aumenta la producción de biomasa por hectárea.

Los **árboles frutales** y las **palmas** se deben destinar en las áreas de mejores suelos de la finca, preferiblemente cerca de la casa, para facilitar el acceso a diversas prácticas requeridas.

4.3 Manejo de suelos en sistemas agroforestales

Se recomiendan técnicas de manejo de suelos tendientes a disminuir los riesgos de erosión y a mantener o mejorar la fertilidad; estas técnicas deben cumplir los objetivos siguientes:

1. Conservar una cubierta vegetal o de hojarasca durante la mayor parte del año para proteger la superficie del suelo; de esa manera se reduce el impacto del sol y de la lluvia sobre el suelo y disminuyen los riesgos de erosión.
2. Asegurar el contenido de materia orgánica en los estratos superficiales del suelo, con el fin de mejorar la retención de nutrimentos y del agua. Al incrementar la capacidad de retención de nutrimentos, la materia orgánica no sólo puede aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes, sino también contribuir además a suministrar nutrimentos que se van mineralizando lentamente, quedando de esa manera temporalmente protegidos de la lixiviación.

3. Mantener un sistema de raíces superficiales que contribuyan a conservar la estructura del suelo y a absorber los nutrientes que se encuentran en la capa superficial. De esa manera disminuyen las pérdidas de nutrientes por lixiviación.
4. Minimizar, en lo posible, la remoción de materia orgánica y nutrientes a través de la cosecha. En ese caso se trata de dejar sobre el terreno la mayor cantidad posible de residuos después de la cosecha, de modo que protejan al suelo, además de aportar materia orgánica y nutrientes.
5. Tratar de disminuir, en lo posible, las quemaduras frecuentes, para evitar pérdidas de nutrientes a través de la volatilización y lixiviación. Es posible aprender el manejo de la quema para utilizarla como una herramienta del agricultor. El objetivo es obtener sus beneficios (limpieza del terreno, provisión de nutrientes al suelo por medio de las cenizas, etc.), sin sus posibles efectos perjudiciales (pérdidas excesivas de nutrientes, eliminación de materia orgánica, etc.).

Las técnicas específicas de manejo del suelo están diseñadas de acuerdo a los principios básicos mencionados anteriormente. Algunas prácticas de manejo de suelos aplicables a los sistemas agroforestales son:

a. Métodos de limpieza del terreno

Las prácticas más utilizadas en la limpieza del terreno para la siembra incluyen métodos manuales, mecánicos, químicos y la quema.

El **corte manual** del bosque, incluso con utilización de motosierra, es preferible al uso de maquinaria pesada, para evitar la compactación de los suelos y la perturbación de los estratos superficiales que produce su uso. Si por razones económicas debe utilizarse maquinaria, el corte de los árboles lo más bajo posible resulta casi equivalente a la limpieza manual.

La **quema** del bosque, a pesar de las pérdidas de nutrientes que ocasiona, es preferible al uso de maquinaria. La quema causa pérdidas por volatilización de la mayor parte del carbono, nitrógeno y azufre contenidos en la biomasa, mientras que el fósforo, potasio y calcio son retenidos en sus cenizas. Generalmente se supone que los nutrientes de las cenizas son incorporados al suelo en su totalidad; sin embargo, en una quema demasiado caliente pueden haber pérdidas sustanciales en forma de partículas que son elevadas por el calor y luego llevadas por el viento; de esa manera pueden perderse cantidades sustanciales de potasio, calcio y fósforo. Por otro lado, una quema moderada e incompleta acelera la mineralización de nutrientes en comparación con la descomposición de la hojarasca en condiciones normales. Una alternativa consiste en dejar los restos de vegetación cortados para que se descompongan bajo una cubierta verde de leguminosas; esto evitaría las pérdidas de carbono y nitrógeno que inevitablemente ocurren con la quema.

El uso de **herbicidas** es otra alternativa que debe tenerse en consideración para tratar de evitar el corte y desmalezado mecánico, aunque con el inconveniente de los efectos residuales que posiblemente afectarán a los cultivos; además, los herbicidas son caros y algunas veces peligrosos cuando son mal utilizados.

b. Prácticas de labranza

El objetivo de la labranza es la preparación del suelo para la siembra o plantación, y la eliminación de malezas. Las prácticas más frecuentes son: el uso del arado, la labranza manual y la "labranza mínima".

La labranza frecuente y excesiva, en condiciones de precipitación abundante y temperaturas elevadas, puede ocasionar el deterioro de los suelos tropicales. El uso repetido de implementos de labranza pesados tiende a destruir la estructura, invertir los horizontes y compactar el suelo. Esto disminuye la infiltración, con lo cual aumenta la escorrentía, con los consiguientes riesgos de erosión; además, se deja al suelo temporalmente expuesto, sin cobertura. También resulta afectado el crecimiento de las raíces y su capacidad para la absorción de nutrimentos y agua.

c. Control de la erosión

Algunas técnicas aconsejables para disminuir los riesgos de erosión en las áreas con pendientes pronunciadas son: el cultivo en terrazas (siguiendo las curvas a nivel), la construcción de barreras y el uso de acequias de infiltración. Otras técnicas que contribuyen a la protección de la superficie son la cobertura de hojarasca, los abonos verdes y las prácticas de labranza mínima.

d. Mantenimiento de la fertilidad del suelo

La utilización de fertilizantes es a menudo ineficiente en los suelos de las regiones tropicales, debido a las pérdidas de nutrimentos por escorrentía, erosión, lixiviación y la volatilización causada por las temperaturas elevadas. En consecuencia, suele ser un método relativamente caro; por otra parte, tiende a ser menos conveniente depender exclusivamente del uso de fertilizantes para mantener la producción de los suelos en un nivel económicamente factible.

La fertilidad del suelo puede favorecerse a través de:

- ☀ Uso de árboles fijadores de nitrógeno: *Leucaena* sp., *Gliricidia sepium*, etc.
- ☀ Uso de abonos verdes y cobertura de hojarasca: leguminosas de hábito rastrero, preferiblemente que se reproduzcan en el mismo sitio sin necesidad de volverlas a sembrar, tales como *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium* spp., *Stylosantes* spp., *Crotalaria* spp.

4.4 Manejo de plagas en sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales, por la gran diversidad de especies estructura y función del ecosistema, contribuyen a disminuir los efectos perjudiciales causados por plagas y enfermedades; esto ocurre debido a la reducción de las posibilidades de pérdidas totales, al existir diferentes cultivos.

Además, en un hábitat diverso es más probable encontrar mayor diversidad de enemigos naturales de las especies dañinas a los cultivos. Asimismo, cuando el ecosistema es heterogéneo, las plantas no hospederas actúan como barreras que impiden el fácil desplazamiento de insectos y reducen de ese modo su efecto. En un ambiente más diversificado también existen mayores posibilidades de que se hallen especies vegetales que produzcan sustancias alelo-químicas, es decir, compuestos que son tóxicos o poseen algún tipo de acción contra algunos herbívoros.

Los aspectos claves del manejo de plagas son:

1. Seleccionar cuidadosamente las especies de la asociación y de la rotación procurando que no tengan plagas en común o sirvan de hospederas de parásitos que afecten a otras.

2. Aplicación de plaguicidas. Su uso tiene las desventajas de los costos, la relativa ineficacia en el control de ciertas plagas y los problemas de contaminación de alimentos y suelos. Además, la utilización indiscriminada puede conducir a la eliminación de enemigos naturales de especies dañinas a los cultivos y de otras especies benéficas (polinizadores en general, como las abejas).

En resumen, la manera más adecuada de manejar las plagas en Sistemas Agroforestales es a través del conjunto de técnicas conocidas como "Manejo integrado de plagas".

4.5 Manejo de sistemas agroforestales secuenciales

a. Agricultura migratoria

El proceso de limpieza del terreno, la quema y el barbecho son los aspectos más sobresalientes que deben tenerse en cuenta con respecto a la aplicación de técnicas de manejo adecuadas.

La etapa que merece mayor atención a analizar el manejo de este sistema es el período de barbecho; algunas alternativas de manejo de los barbechos para convertirlos en períodos aprovechables, en lugar de consistir en campos abandonados a la sucesión natural son:

1. Introducción de leguminosas como *Pueraria phaseoloides*, *Inga spp.*, *Mucuna spp.*, *Desmodium ovalifolium* como componente de un barbecho corto, para acelerar la recuperación de la fertilidad del sitio
2. Manejar el barbecho con la inclusión de árboles frutales y especies maderables de alto valor comercial, o especies para leña, de crecimiento rápido.
3. Intensificar la producción y el mantenimiento de la productividad en las parcelas de cultivo, sembrando especies de valor medicinal u otros usos comerciales, y árboles fijadores de nitrógeno.

b. Sistemas "Taungya"

En los sistemas "taungya" los aspectos sociales forman parte importante del manejo, pues el cultivo o los árboles, según el caso, no pertenecen por completo al agricultor. El sistema tampoco representa una parte integral de su estilo de vida, como ocurre con la agricultura migratoria. De manera que si se trata de poner en práctica ese sistema, su aceptación social y los incentivos económicos para los agricultores deben ser considerados como aspectos importantes del manejo.

En la mayoría de los sistemas "taungya" los problemas de erosión son más graves que los de fertilidad.

Otros aspectos de manejo están relacionados con la elección de especies para el sistema y la densidad de plantación de los árboles y de los cultivos asociados. En la elección de especies se debe considerar que algunos cultivos requieren que el suelo se perturbe mucho con la cosecha (*Manihot esculenta* y otros cultivos que forman tubérculos) lo que limita su utilización en este sistema. El número de ciclos de rotación de cultivos anuales depende de la densidad de plantación de los árboles y de su crecimiento. Si la densidad es elevada, se pueden obtener de uno a tres ciclos de cultivos, mientras que si la densidad no es muy alta pueden lograrse alrededor de cinco.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que si la densidad de plantación de los árboles es relativamente baja, los mismos pueden tender a ramificarse mucho, en consecuencia, es necesario podar y aumentar la mano de obra. Si se quiere incrementar la cantidad de cultivos en una plantación ya establecida, es posible podar las ramas inferiores de los árboles durante los períodos iniciales de la asociación. Finalmente, es importante planificar de antemano las prácticas de raleo y control de malezas.

4.6 Manejo de sistemas agroforestales simultáneos

a. Árboles en asociación con cultivos perennes o anuales

El aspecto de manejo más sobresaliente en estos sistemas es la elección de las especies de árboles. Además de proveer sombra, los árboles contribuyen al mantenimiento del nivel de materia orgánica del suelo y la hojarasca actúa como capa protectora.

Las características deseables de los árboles de sombra para cultivos perennes o anuales son (Beer, 1983):

1. Características estructurales de las raíces y de la copa

- Es deseable que los árboles tengan un sistema radicular fuerte, que asegure el "anclaje" al suelo, pues debido a la baja densidad de plantación, los árboles se encuentran bastante expuestos a las influencias del viento.
- Es preferible que las hojas sean pequeñas y que la copa provea sombra adecuada y sea resistente al viento.
- El tronco debe estar libre de espinas para facilitar su manejo. También se prefiere una corteza lisa que no permita la proliferación de epífitas.

2. Características funcionales

- Los árboles se deben poder reproducir de manera vegetativa por estacas; es preferible que tengan rápido crecimiento apical, para asegurar su establecimiento rápido en el terreno.
- Es recomendable que los árboles produzcan abundante biomasa y que ésta sea de fácil descomposición, para favorecer el aporte de materia orgánica al suelo.
- No deben ser hospederos de plagas de los cultivos, ni poseer efectos alelopáticos ni tóxicos.
- Es preferible que sean especies fijadoras de nitrógeno.

Uno de los efectos de los árboles en estas asociaciones es la modificación del microclima. Una densidad muy elevada puede crear condiciones de humedad y temperatura favorables para las enfermedades, por ejemplo, en Costa Rica, la incidencia del hongo *Monilia roreri* en los cacaotales es mayor cuando la sombra es excesiva, por lo cual se aconseja podar los árboles para sombra en los cacaotales afectados, además de utilizar híbridos resistentes y eliminar los frutos enfermos. El uso de *Leucaena* para sombra de cacao ha producido muchos problemas de enfermedades en este cultivo.

El manejo de la poda afecta la floración y la fructificación del cultivo asociado; influye sobre el momento e inclusive sobre la cantidad y la calidad de la cosecha. En Costa Rica los árboles de

sombra del café son podados por lo menos dos veces al año, con el propósito de uniformar y atrasar (o adelantar) la madurez de los frutos.

La altura y frecuencia de poda es un detalle crítico del manejo de los sistemas de cultivos en callejones. Este sistema está siendo investigado recientemente, pero aún es necesario establecer las técnicas de manejo adecuadas para cada caso.

4.7 Huertos caseros mixtos

La técnica de selección de especies, diseño y manejo de los huertos familiares usualmente son tradicionales y bien conocidas por los agricultores. Los principios generales de manejo tienden al uso eficiente de la energía y al reciclaje de los recursos que se encuentran en el sistema o muy cercanos a él.

Para mantener la fertilidad se aconseja el uso de residuos de cocina y de animales, la aplicación de humos que puede ser obtenido de estanques cercanos, el uso de abonos verdes de plantas anuales, la aplicación de coberturas del suelo mediante utilización de malezas y hojas, y el uso de plantas fijadoras de nitrógeno como *Albizia* y *Erythrina*.

El control de malezas puede ser realizado arrancándolas y dejándolas en el suelo para su descomposición; de esa manera contribuyen a aumentar la cantidad de materia orgánica, a menos que se formen raíces nuevas inmediatamente, en cuyo caso esto no es conveniente.

Para el control de plagas se pueden colocar cestas o bandas de plástico o de metal alrededor de la base de los árboles para protegerlos del ataque de insectos o de animales; sin embargo esta técnica es costosa. El uso de pequeñas barreras (hileras rodeando las parcelas en líneas intercaladas) con **Gliricidia**, zacate limón y otras especies con propiedades repelentes de insectos ayuda en control de éstos. Para evitar el problema de enfermedades se trata de utilizar variedades resistentes.

El procesamiento de los productos caseros (jaleas, dulces y conservas de frutas), aumenta su valor y puede transformar los huertos en pequeñas empresas familiares, algunas veces con ingresos económicos significativos. Lo mismo puede ocurrir cuando se dedica parte del huerto a la producción en pequeña escala de productos para el turismo o la venta local, tales como plantas ornamentales, medicinales y especias.

Una alternativa de manejo de estos sistemas consiste en cortar árboles maderables en forma seleccionada; se abren así claros que se pueden utilizar para cultivos anuales o cultivos con mayor necesidad de luz. Con el tiempo, al restablecerse los árboles se va cerrando el claro. Un manejo de este tipo permite la mezcla constante de especies anuales y perennes; se crea de ese modo un sistema con algunos aspectos de los sistemas secuenciales o migratorios, pero con mayor estabilidad y permanencia en el lugar.

Otra alternativa para estos huertos es tener pequeñas secciones dedicadas a sistemas de cultivos en callejones para especies anuales. Como los huertos son de manejo intensivo, puede dedicarse bastante mano de obra para la poda, aplicación de “mulch” y otras tareas requeridas, comparables con la utilización de cultivos en callejones a mayor escala; logrando los mismos beneficios de producción de cultivos anuales y conservación de la fertilidad.

Finalmente, como los huertos caseros mixtos contribuyen en gran proporción a la dieta familiar, para su planificación debe pensarse en una dieta nutritiva balanceada, es decir, que se suministren necesidades básicas de proteínas, calorías, minerales y vitaminas con la correcta proporción de verduras, frutas, tubérculos, proteína animal y otros alimentos.

4.8 Sistemas agrosilvopastoriles

La característica más sobresaliente en estos sistemas es la presencia de animales y del forraje necesario para su alimentación; el componente animal introduce un tipo de interacción que afecta las prácticas básicas de manejo. Los principios generales de manejo se refieren a los dos objetivos de estos sistemas: la producción animal y la obtención de productos arbóreos.

Discutiremos algunos principios básicos para el manejo con respecto a la producción animal. En muchos ambientes tropicales, especialmente en zonas húmedas, el ganado se coloca en áreas de bosque recién cortado o aclarado para este fin, donde crecen pastos y otras especies naturales de poca calidad nutritiva. La digestibilidad, el contenido calórico, el porcentaje de materia seca y de proteína cruda, son algunos parámetros comunes de la calidad del forraje.

La disponibilidad y características nutricionales del forraje varían a lo largo del año, de modo que puede ser necesario suplementar la alimentación. Si estos se hace con concentrados, se debe prever su disponibilidad y sobre todo su costo. La tendencia actual consiste en sustituir concentrados por forrajeras de alta calidad (leguminosas arbóreas o herbáceas).

Una herramienta básica de manejo de la producción animal es la **carga** (número de unidades animales) por hectárea, que depende de la producción de pastos y del tipo de animales. Otro aspecto importante es el **manejo de la rotación** de los potreros (pastoreo continuo en sistemas relativamente extensivos o rotaciones más rápidas con mayores densidades) y la manera en que éste influye sobre la producción animal. Esta es evaluada con respecto a aumento de peso, producción de leche por animal y aspectos reproductivos, tales como número de servicios por concepción e intervalo entre partos, sobre todo como reflejo de la calidad de la dieta o de la disponibilidad del forraje.

Las técnicas de manejo de estos sistemas están dirigidas a la conservación de la capacidad productiva de los suelos. La carga excesiva y el pisoteo pueden originar problemas de compactación que son muy difíciles de solucionar; los hábitos de los animales (preferencia de sombra, hábitos de pastoreo) influyen sobre el pisoteo. En lo posible, se debe evitar colocar animales en terrenos con pendientes, pues aumentan los peligros de erosión. Una alternativa de manejo es introducir una rotación con cultivos anuales para mejorar el suelo.

Cuando se desea obtener productos arbóreos, es preciso tener en cuenta la función de los animales en el desmalezado. Los animales, además, pueden dañar los árboles; ello depende de la especie, tamaño y carga animal, así como de la disponibilidad de otras fuentes de alimentación, de la especie y edad de los árboles. En cuanto a la densidad adecuada de árboles como mínimo ésta debe permitir el desarrollo apropiado de las pasturas, al menos durante la mitad del turno. Por otra parte, cuando la densidad es muy baja la copa se puede volver quebradiza (como sucede con **Eucalyptus**). Por otro lado, en general la tasa de crecimiento en volumen de los árboles se acelera cuando la densidad es baja.

4.9 Manejo de cercas vivas

En el caso de las cercas vivas y las cortinas rompevientos, la interacción con cultivos o animales no es tan obvia ni tan intensa como en otros sistemas. Por ello, las técnicas de manejo se concentran en el establecimiento y el mantenimiento de los componentes arbóreos; no obstante, su uso como fuente de forraje es atractivo y debe ser tomado en consideración.

En el manejo de cercas vivas la selección de las especies adecuadas es un aspecto crítico. Las características deseables incluyen: rapidez de crecimiento, facilidad de reproducción vegetativa, rapidez en el rebrote después de la poda, capacidad para la formación de una cerca densa, ausencia de problemas graves de plagas y enfermedades y provisión de beneficios tales como madera, leña o forraje; *Gliricidia sepium* reúne muchas de las características nombradas.

Para el establecimiento de las cercas es preferible que la especie pueda ser reproducida por estacas; de esa manera se obtiene una cerca más rápidamente que si se siembra la semilla del árbol. Además, es importante que se pueda amarrar bien el alambre de púas y que el árbol no se “trague” el alambre, lo que se logra con podas frecuentes, para que crezca lentamente.

Es importante destacar que, por medio de podas sincronizadas, debe evitarse que las cercas vivas florezcan y fructifiquen, ya que es más conveniente concentrar la energía en producción de follaje y madera.

El control de malezas no es muy crítico para el mantenimiento de las cercas de madero negro, pues con las estacas largas que sobrepasan a la vegetación y su sistema radicular profundo, la especie puede competir con ventaja y no da lugar al establecimiento de malezas; los problemas de plagas no son muy comunes.

4.10 Manejo de cortinas rompevientos

La mayoría de las prácticas de manejo de cortinas rompevientos se relacionan con la elección de las especies adecuadas, la plantación y el mantenimiento.

En general, se pone menos énfasis en las interacciones con el resto de los integrantes de la asociación, aunque en algunos casos, éstas deben ser tenidas en cuenta.

Los otros componentes del sistema influyen en la elección de la especie para las cortinas rompevientos, pues es necesario tener en cuenta la altura de los cultivos y su vulnerabilidad al viento en las diferentes etapas de crecimiento. Las cortinas rompevientos también son utilizadas para la protección de animales, instalaciones y habitaciones humanas, contra el viento y otras características climáticas.

En el diseño de una cortina rompevientos se pueden utilizar hileras simples o múltiples y combinaciones de hileras en diferente dirección. Para determinar la orientación principal de la cortina se debe tener en cuenta la dirección e intensidad de los vientos predominantes. La protección en algún grado se extiende hasta una distancia igual a 20 veces la altura de los árboles.

Para áreas extensas, es conveniente colocar una serie de cortinas de manera perpendicular a la dirección del viento. También se pueden plantar arbustos en las partes externas a las líneas de los árboles.

4.11 Elaboración de un plan de manejo

Se podría suponer que el esfuerzo inicial de seleccionar un sistema agroforestal, ponerlo en práctica y aplicar las técnicas de manejo más obvias sería suficiente y llevaría al éxito del sistema implantado; en realidad, tiene sentido pensar que los requerimientos de manejo serán dictados por las necesidades del momento. Sin embargo, la planificación del manejo permite prevenir y prepararse mejor para responder a las necesidades del sistema de manera más rápida y efectiva.

Un **plan de manejo** consiste en contar con una idea clara sobre cómo y cuándo realizar esas tareas; algunas veces se plasma en forma de guía, donde se describe el momento y el tipo de práctica por aplicar en el sistema agroforestal. El plan puede ser muy sencillo, en el caso de una finca pequeña, o más complicado, según el tamaño de la unidad de producción y los sistemas agroforestales utilizados. Para elaborarlo son consideradas la estructura y la función del sistema de producción, es decir, los componentes, las relaciones entre ellos y los cambios a través del tiempo. Es conveniente, también, relacionar el plan con la sostenibilidad y el impacto ecológico del sistema. A partir de este esquema, se puede elaborar una lista de prácticas necesarias para cada elemento, con el fin de mantener o mejorar algunas de las relaciones entre los componentes de la asociación y responder a nuevas necesidades.

Como las necesidades de manejo varían a lo largo del tiempo es muy útil estar preparado de antemano; en esto la planificación del manejo también sirve para prever fluctuaciones de precios de ciertos insumos; si se sabe con suficiente anterioridad cuáles son las necesidades, se puede anticipar la compra de insumo o la contratación de mano de obra. De esa manera se estará mejor preparado para afrontar riesgos y emergencias.

Es aconsejable revisar periódicamente el plan, con el fin de comprobar si se continúa adaptando a las condiciones y necesidades. Los datos de la evaluación del sistema proporcionan una base para el cambio en el plan de manejo.

4.12 Evaluación de sistemas agroforestales

La evaluación es necesaria dado que los sistemas agroforestales son dinámicos, es decir, que las condiciones cambian a través del tiempo, es preciso evaluar el sistema y el plan de manejo para comprobar si se están cumpliendo los objetivos deseados. A su vez, es posible que éstos también cambien a través del tiempo; en ese caso, es necesario evaluar el plan para comprobar si éste se ajusta a los nuevos propósitos. A largo plazo, hay que evaluar el sistema desde el punto de vista de su sostenibilidad.

Para la evaluación de un sistema pueden ser utilizadas las siguientes preguntas guías:

1. Luego de adoptada la práctica o sistema, ¿cómo está la finca en comparación con las condiciones anteriores?, ¿está mejor, igual o peor?

2. ¿Cuál es la productividad del sistema? (producción, rendimientos)?
3. ¿Cuál es el impacto ambiental del sistema?, ¿Hay erosión, contaminación, otros problemas?
4. ¿Han adoptado la misma práctica otros agricultores del área? ¿Qué proporción de ellos lo ha hecho?, ¿Qué aspectos del sistema no han aceptado?. Del total de agricultores que adoptaron la práctica, ¿Cuántos la están utilizando todavía?
5. ¿En qué porcentaje del área se podría aplicar el sistema?
6. ¿Cuál sería el impacto que el uso del sistema podría tener sobre el manejo del mismo?

LITERATURA CONSULTADA

- **CÁLIX DE DIOS, H. y CASTILLO, M. R.** (2000). Soportes vivos para Pithaya (*Hylocereus* spp.) en sistemas agroforestales. Revista Agroforestería en las Américas, Vol. 7, No. 28. CATIE, CR. Disponible en línea: <http://web.catie.ac.cr/informacion/rafa/rev28/tc28.htm>. Consultado 22 de agosto 2004.
- **CAMERO, A.; IBRAHIM, M.** 1995. Bancos de proteína de poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). Cómo hacerlo?. Agroforestería en las Américas. 8:31-32.
- **CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE).** 2001. Módulos de enseñanza agroforestal. Turrialba, C.R.
- **CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE).** Sistemas Agroforestales. 1998.
- **CHERRY, STEFAN D. & FERNANDES, ERICK, C.M.** Living Fences. Disponible en línea: http://ppathw3.cals.cornell.edu/mba_project/livefence.html. Consultado el 10 de abril de 2007.
- **FAO.** 2004. Estado actual de la información sobre árboles fuera el bosque. Disponible en línea: <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD412S/AD412s04.htm>. Consultado 25-09-06
- **GÜNKEL, M.** La Agroforestería en Nicaragua. 1994.
- **INTERNATIONAL CENTER FOR RESEARCH IN AGROFORESTRY (ICRAF).** Agroforestry Training Materials. Slide series - "Agroforestry Technologies".
- **IBRAHIM, M., BOTERO, J. y CAMERO, A.** (1997). Pastura en callejones. Cómo hacerlo?. Revista Agroforestería en las Américas. 4(15):23-25.
- **JIMÉNEZ, F; MUSCHLER, R; KOPSELL, E.** 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, C.R.
- **NAIR, PKR.** An introduction to Agroforestry Systems. (1993). ICRAF, Nairobi, Kenya.
- **SANCHEZ MERLOS, D., HARVEY, C. A, GRIJALVA, A. et al.** Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. biol. trop.* [online]. Sept. 2005, vol.53, no.3-4 [consultada 10 April 2007], p.387-414. Disponible en World Wide Web: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00347442005001200009&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0034-7744.
- **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.** Tesis de grado. Caracterización de Sistemas Agroforestales en diversas regiones del país. Nicaragua.

1. Agroforestería en la Web.

USDA National Agroforestry Center www.unl.edu/nac/

Association for Temperate Agroforestry www.missouri.edu/~afta/

Agroforestry Research Trust www.agroforestry.co.uk

Glossary for agroforestry www.bugwood.org/glossary

Agroforester.com www.agroforester.com

Agroforestry.net www.agroforestry.net

Africa - Forestry, agroforestry and environment www.afaef.org

Agroforestry discussion list www.mailbase.ac.uk/lists/agroforestry

Cassava agroforestry systems www.fadr.msu.ru/rodale/agsieve/txt/vol2/7/art2.html

Appropriate Technology Transfer for Rural Areas www.attra.org

Agroforestry for Farms and Ranches www.nhq.nrcs.usda.gov/BCS/forest/note1.html

Non-traditional forest products www.forestry.about.com/cs/alternativeforest

Agroforestry menu www.ibiblio.org/farming-connection/agrofore/home.htm

The Kerr Center for Sustainable Agriculture
www.kerrcenter.com/Publications/Agroforestry.html

Forestry AgNIC www.forestry.lib.umn.edu/agnic/agroforestry.html

UK Agroforestry Forum www.agroforestry.ac.uk

Agroforestry and Farm Forestry www.agroforestry.net/afg/book.html

Trees, agroforestry, and silviculture resources
www.csf.colorado.edu/sustainability/plants/trees.html

Agroforestry in Ontario, Canada
www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/hort/agrofore.html

Evergreen Trust – Agroforestry www.evergreen.org.uk/trust/agroforestry.html

Center for Subtropical Agroforestry www.cstaf.ifas.ufl.edu

The Overstory – free email agroforestry journal
www.agroforester.com/overstory/overstory.html

Agroforestry Guides for Pacific Islands www.agroforestry.net/afg/book.html

Insect Pests in Agroforestry www.bugwood.org/agroforestry/insects

Agroforestry in Nepal www.panasia.org.sg/nepalnet/forestry/agrofore.htm

Introduction to Agroforestry Alternatives www.agwels.okstate.edu/pearl/forestry/general/f-5033.pdf

Agroforestry in Minnesota, USA
www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/DD7275.html

Silvoarable Agroforestry with Poplar www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/research/poplaraf.htm

The Forest Shop www.forestshop.com/agroforestry.html

Tropical agroforestry homegardens in Nicaragua.
www.agroecology.org/cases/homegardens.htm

Agroforestry principles www.echonet.org/tropicalag/technotes/Agrofore.pdf

Agroforestry Research at Iowa State www.forestry.iastate.edu/res/agroforestry.html

Blowing 10 myths about agroforestry www.csf.colorado.edu/sristi/papers/blowing.html

Welcome to agroforestry www.bangor.ac.uk/~afs40c/afforum

Agroforestry systems in China www.idrc.ca/library/document/090916

Introduction to Agroforestry www.rr.ualberta.ca/courses/RenR401.htm

Agroforestry for the Pacific – Technologies
www.winrock.org/forestry/FACTPUB/AIS_list.html

Agroforestry in Calakmul www.utoronto.ca/env/st/jpl/Calakmul.htm

The Rudy Grah Memorial Agroforestry Collection www.lib.berkeley.edu/BIOS/grah.html

Agroforestry Technologies in Semi-Arid Areas of Eastern Kenya
www.idrc.ca/navudamma/kenya

Bio-Economic Agroforestry Modelling Programme www.safs.bangor.ac.uk/beam/biod.htm

Agroforestry-related sites www.cals.cornell.edu/dept/flori/415/bookm415.htm

Agroforestry Uses of Mango

www.instruct1.cit.cornell.edu/courses/hort400/mpts/manguse.html

SARE 2001 Annual Report: Agroforestry www.sare.org/highlight/2001/agrofors.htm

Agroforestry News www.permacultureactivist.net/agroforestrynews/agroforestrynews.htm

Indigenous Agroforestry Systems. www.ciesin.org/TG/AG/ikagro.html

Agroforestry: Landcare Queensland, Australia www.dcnnet.net.au/~dcca/cvlg/agfor.html

Effects of Defoliating Insects on Agroforestry Trees

www.netcom.net.uk/~n/nri/pfrp/r4854.htm

Landlinks Press, Australia www.landlinks.csiro.au/titles.cfm?CID=45

Carob Agroforestry in Portugal and Spain

www.newcrops.uq.edu.au/newslett/ncnl7-13.htm

Agroforestry and Timber www.abc.net.au/landline/stories/s479349.htm

Food Agroforestry, Bamboo Agroforestry, Riparian Agroforestry

www.wildthymefarm.com/agroforestry.html

Inca Agroforestry www.ambio.jva.se/2000/Nr6_00/Sep00_5.shtml

Agroforestry in Regional Peru www.itto.or.jp/newsletter/v9n4/5.html

Community Agroforestry in St. Lucia www.panosinst.org/Island/IB12E.htm

Agroforestry in Guatemalan Agriculture

www.benson.byu.edu/Members/tiffanylee/agroforestry_in_guatemala/view

Women participation in agroforestry research

www.fao.org/DOCREP/x0265e/x0265e00.htm

Agroforestry practices www.agebb.missouri.edu/umca/af.htm

Bamboo: A Multipurpose Agroforestry Crop www.attra.org/attra-pub/bamboo.html

Annual Carbon Accumulations in Agroforestry Plantations

www.agr.ca/pfra/shbpub/afifcar.pdf

Agroforestry and conservation in northern Madagascar

www.web.africa.ufl.edu/asq/v3/v3i2a2.htm

Agroforestry practices on Mount Elgon, Uganda

www.env.leeds.ac.uk/elgon/agroforestry.html

Agroforestry for Sustainable Animal Production in Latin America

www.cipav.org.co/cipav/confr/congress_99/final_ReportEnglish.htm

Valuing soil conservation benefits of agroforestry practices

www.rtp.srs.fs.fed.us/econ/pubs/fpeia59.htm

Woodfuel Productivity of Agroforestry Systems in Asia www.rwedp.org/fd45.html

Agroforestry Options for Ghana www.helios.bto.ed.ac.uk/resman/aog

Seabuckthorn and agroforestry www.icrts.org/agrofor.htm

Agroforestry Systems in Bahia, Brazil

www.agroecology.org/cases/agroforestryaccession.htm

Cocoa-based Agroforestry Systems www.natzoo.si.edu/smbc/Research/Cacao/somarrib.htm

Cameroon Agroforestry Research Center www.eco-web.com/register/06159.html

Maya Agroforestry www.ecotourism-adventure.com/maya.htm

Smallholder agroforestry options for degraded soils

www.wye.ac.uk/sme/projects/soil/SAFODS.html

Indigenous agroforestry practices in the Cordillera, Philippines

www.undp.org/tcdc/bestproc/social/cases/07-agroforestry.htm

Agroforestry in China www.ambio.kva.se/1997/Nv6_97/sep97811.html

Growth of rice in modified microclimates of agroforestry www.irri.org/irrn26-1Cropmgt.pdf

Nouer des liens entre la recherche et le développement en agroforesterie au Sahel

<http://www.plg.ulaval.ca/projet-agf-sahel/>

Información muy útil sobre Árboles de Centroamérica pueden encontrarla en:

<http://herbaria.plants.ox.ac.uk/ad/>

2. Definiciones de Agroforestería

1. Ospina (2000 y 2003a) recupera 49 definiciones de Agroforestería (y otros términos equivalentes). Así mismo, presenta la evolución del término a partir de aspectos o descriptores que identifica (Ospina, 2003a y 2003c).
2. "Agroforestry is a sustainable management system for land that increases overall reduction, combines agriculture crops, tree crops, and forest plants and/or animals simultaneously or sequentially, and applies management practices that are compatible with the cultural patterns of the local population". **Bene, Beal y Coté (1977)**.
3. "Agroforestry implies the combination of trees, in the same space or time, with farm crops and/or animals or both, for the purpose of achieving a stable production system benefiting the rural populations". **Budowski, G. (1977). En: Combe y Budowski (1979)**.
4. "Agroforestry has been defined as a sustainable land management system which increases the overall yield of the land, combines the production crops (including tree crops) and forest plants and /or animals simultaneously or sequentially, on the same unit of land, and applies management practices that are compatible with the cultural practices of the local population". **King, K.F.S y Chandler, M.T. (1978)**.
5. "Agroforestry land-use systems: a system providing at the same time yields in food and/or consumer products, as well as forest products such a fuelwood, lumber, bark, resin and the like". **Steinlin, H. (1978). En: Combe, J. y Budowski, G. (1979)**.
6. An overall increase of production in comparison to single-crop management". **Maydell, H. J. von (1979)**.
7. "Agroforestry systems: A group of land management techniques implying the combination of forest trees with crops, or with domestic animals, or both. The combination may be either simultaneous or staggered in time or in space. The goal is to optimize per unit of area production whilst at the same time respecting the principle of sustained yield". **Combe, J. y Budowski, G. (1979)**.
8. "El sistema agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes principales son los árboles (maderables, frutales, forrajeros); y las combinaciones de producción se hacen con cultivos (transitorios y semipermanentes) y animales (vacuno, caprinos, porcinos, peces y aves)". **Catie (1980)**.
9. "La Agroforestería involucra la combinación de árboles en el espacio o en el tiempo, bien sea con cultivos o ganadería o ambos con el fin de obtener un sistema estable de producción para beneficio de las comunidades rurales". **Budowski, G. (1981). En: Infante C, A. (1993)**.
10. "Bajo el nombre de sistemas de esta índole se agrupa el conjunto de técnicas que propenden al manejo sistemático de las tierras, tratando de aumentar el rendimiento total de los cultivos mediante la combinación de madera, cultivos agrícolas y los animales, simultáneo o secuencialmente en la misma unidad de superficie". **Corredor (1981). En: Infante C., A. (1993)**.
11. "La Agroforestería es un sistema de uso de la tierra que envuelve una integración socio y ecológicamente aceptable de árboles con cultivos agrícolas y/o con una producción animal en forma simultánea o secuencial, de tal manera que se alcance una mayor productividad total, en un régimen sostenido, especialmente bajo condiciones de tierras marginales o de bajo nivel de insumos". **Nair, P. K. R. (1982). En: Dubois, J. L. C. (sf)**.

12. "Agroforestería es un sistema de uso de la tierra en el que se combinan deliberadamente, de manera consecutiva y simultánea, en la misma unidad de aprovechamiento de tierra, especies arbóreas perennes en cultivos anuales y/o animales, a fin de obtener una mayor producción". *Icraf (1982). En: Petit, J. (1993).*
13. "Agroforestry is a form of land use that successfully satisfies the needs of the crop farmer, forester and/or stock farmer". *Mafura, K. G. (1982). En: Editors (1982).*
14. "Agroforestry is a land use system (a) in which woody perennials and herbaceous crops are grown together in mixtures, zonally and/or sequentially, with or without animals, and (b) which provides greater benefits for the land use than agriculture or forestry alone, including one or more of the following: sustained soil fertility, soil conservation, increased yield, diminished risk of crop failure, ease of management, pest and disease control, and/or greater fulfillment of the socio-economic needs of the local population". *Cannell, M. G. R (1982) En: Editors (1982).*
15. "Agroforestry:
 - * The art, and eventually, the science for combining herbaceous crops and/or animals with trees on the same unit of land in order to optimize multi purpose production and put it on a sustainable yield footing.
 - * A new scientific paradigm which has arisen to fill the gap created by the time honored separation of agriculture and forestry.
 - * Any hybrid land-use system spawned by the unbridled interaction of agriculture, forestry and allied disciplines" *Raintree, J. B. (1982). En: Editors (1982).*
16. "Agroforestry is not one system, but a principle common to many potential and existing systems which:
 - * Display ecological economical durability by virtue of their biological architecture including short-cycle plants and animals;
 - * Warrant social acceptability by breaking up long-term ecological cycles in a sequence of easy-to-understand daily and seasonal activities, molded upon local tradition but conceived so as to increase efficiency;
 - * Aim at complete use of all inorganic resources in all available niches for useful plants and animals, as long as recycling of these resources is maximized;
 - * Diminish risks for the individual farmer by means of a wide variety of useful plant and animals species enlarging the range of products, providing a self-protecting system and enhancing the quality of the daily environment". *Oldeman, R. A. A. (1982). En: Editors (1982).*
17. Agroforestry is the growing of trees in combination or in sequence with agricultural crops and/or pastures on small holdings or large estates. It is not synonymous with community forestry but is often an appropriate means of implementing a community forestry project". *Roche, L. (1982). En: Editors (1982).*
18. "Agroforestry systems are comprised of tree and non-tree components grown in close association. Their objective is the maximization of the long-term yield of desired products. Yield is generally drawn from both tree and non-tree components, directly or indirectly via grazing animals, although on occasions one component, generally the tree, may be included only to improve the performance of the other. The essential feature of these systems is the close interaction, competitive or complementary, between the tree and the non-tree components. The contrasts between the components in their physical dimensions, their life span and their physiological responses provide additional

- complexity which sets these associations aside from the general concerns of either forestry or agronomy”. *Connor, D. J. (1982). En: Editors (1982).*
19. “The term agroforestry covers a variety of land-use systems combining forestry with agriculture or range management on the same land. Agroforestry aims at solving problems or rural development, predominantly in the tropics, by:
- Increasing and improving the yields of food production;
 - Safeguarding local energy supply;
 - Production of timber and a variety of other raw materials for the farmer’s subsistence, for industrial use and -if applicable- exports;
 - Protection and improvement of the production potential of a given site and environment; increasing the human-ecological carrying capacity;
 - Safeguarding sustainability through appropriate intensification of land use;
 - Improving social and economic conditions in rural areas by creation of jobs and income and reduction of risks;
 - Development of land-use systems which make optimal use of modern technologies and traditional local experience and which are compatible with the cultural and social life of the people concerned”. *Von Maydell, F. R. G. (1982). En: Editors (1982).*
20. **“Agroforestry denotes systems of land management which involve the use of trees and shrubs in combination with agricultural food or fodder crops and livestock and are designed to promote output of usable products, and to maintain or improve the productivity of the soil. In its narrow sense, agroforestry refers to systems in which trees and agricultural crops including pastures and range species are grown simultaneously, in relay, or sequentially on the same piece of land and used for a range of purposes. In its wider sense, agroforestry develops the concept of using trees as a component of the overall management of land resources to meet the needs of the people for food, fuel, shelter and income. The systems used need to be socially, culturally and economically acceptable, to maximize total output at given inputs levels, and to minimize damage to the total environment. In agroforestry, all trees and shrubs are regarded as crops and their management varies according to their main uses and the needs of the associated plants and animals. For the traditional agriculturalist, agroforestry corrects a long-time neglect of trees as soil improvers, soil protectors, producers of fodder, food, fuel wood, timber and other useful products. For the forester, agroforestry corrects a long-time lack of intimate concern for the welfare of rural people as distinct from guarding and managing forest resources ‘for the benefit of society’.**
21. Agroforestry in its applied aspects is a set of management techniques combining elements of agronomy, animal production and silviculture with those arising from the interaction of plant animal species of different sizes, growth patterns and requirements. Agroforestry is a complex applied science requiring knowledge of the environment, agriculture, forestry and people. Although much is known about the components individually, relatively little is known about the interactions between them apart from largely empirical observations. Hence, existing knowledge needs to be examined a fresh and new knowledge sought on the interactions between the components. Agroforestry thus provides an important additional dimension to the scientific approach to natural resources management”. *Contant, R.B. (1982). En: Editors (1982).*

22. "La Agroforestería es un planteamiento de utilización de la tierra en el que las plantas leñosas se combinan deliberadamente con cultivos herbáceos y/o animales dentro de una misma unidad de ordenamiento de la tierra, ya sea en alguna forma de disposición espacial o en sucesión temporal. El concepto de sistema agroforestal implica que entre los componentes del sistema se produzca a la vez interacciones ecológicas y económicas" **Lundgren, B. (1982). En: Raintree, J. B. (1984).**
23. "Agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de árboles forestales, ya sea con ganadería o con cultivos y la combinación puede ser escalonada en el tiempo o en el espacio, con el objeto de optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido". **Combe, J. (1982). En: Petit A, J. (1993).**
24. "Agroforestería es un sistema de uso de la tierra en el que se combinan deliberadamente, de manera consecutiva y simultánea, en la misma unidad de aprovechamiento de tierra, especies arbóreas perennes en cultivos anuales y/o animales, a fin de obtener una mayor producción". **Icraf (1982). En: Petit, J. (1993).**
25. "Agroforestry is the term give to sustainable land use systems which involve more or less intimate and interacting as associations of agricultural/horticultural crops and woody perennial (trees, shrubs, palms, vines, bamboos), all on the unit of land. This form of land use has two main objectives: productivity, involving a multiplicity of outputs; and sustainability, which implies the conservation, or even improvement, of the environmental aspects of the system. In some cases, agroforestry systems may be used to bring about restitution or improvement agricultural and horticultural crops are themselves ligneous and may, if appropriately managed, fulfill this role" **Huxley, P. A. (1983).**
26. Dentro del mismo pedazo de terreno junto con cultivos agrícolas y/o con animales, como parte de un arreglo espacial o dentro de una secuencia temporal". **Farrel, J.G. (1983). En: Altieri, M. A. (1983).**
27. "Agroforestry. It refers to land-use systems that include certain age-old practices of deliberately mixing or retaining trees in the crop/animal production fields. It combines elements of agriculture, whether crops or animals, with elements of forestry in sustainable production systems on the same piece of land, either simultaneously or sequentially". **Nair, P. K. R. (1983).**
28. "La Agroforestería se ha definido como un sistema sostenido del manejo de la tierra que aumenta su rendimiento total, combina la producción de cultivos (incluyendo cultivos arbóreos) con especies forestales y/o animales, en forma simultánea o secuencial sobre la misma superficie de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local". **Icraf (1983). En: Fassbender, H. W. (1993).**
29. "Se entiende por Agroforestería el conjunto de técnicas de uso de la tierra que impliquen la combinación de árboles forestales con cultivos, con ganadería o con ambos. La combinación puede ser simultánea o secuencial en términos de tiempo y espacio. Tiene por objetivo optimizar la producción total por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido". **Budowski, G. (1984). En: Fassbender, H. W. (1993).**
30. "Agroforestry is a collective name for land-use systems and technologies, where woody perennials (trees, shrubs, palms, bamboos, etc) are deliberately used on the same land management unit as agricultural crops and/or animals, either in some form of spatial arrangement or temporal sequence. In agroforestry systems there are both ecological and economical interactions between the different components". **Icraf. (sf). En: Reid, R. y Wilson, G. (1985).**

31. "Agroforestería es el nombre colectivo que se da a sistemas de uso de la tierra en los que leñosas perennes (árboles, arbustos, etc.) crecen en asociación con plantas herbáceas (cultivos, pastos) y/o animales en un arreglo espacial, en rotación o ambos, y en los cuales hay interacciones, tanto ecológicas como económicas, entre los componentes arbóreo y no arbóreo del sistema". *Nair, P. K. R. (1985)*.
32. "Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal". *Montagnini y otros (1986)*.
33. De la tierra donde plantas leñosas perennes se siembran deliberadamente en la misma unidad de tierra con cultivos agrícolas y/o animales, en combinaciones espaciales o en secuencia temporal. Deberá haber una interacción ecológica y económica importante entre los componentes leñosos y no leñosos". *Lundgren, B. (1987). En: Torquebiau, E. (1990)*.
34. "Agroforestry is defined as all practices that involve a close association of trees or shrubs with crops, animals and/or pasture. This association is both ecological and economic. Agroforestry may involve a combination of practices in the same place at the same time, or practices in the same place but at different times (rotational practices)". *Rocheleau, Weber y Field-Juma (1988)*.
35. "Los sistemas agroforestales son aquellos que combinan la producción y utilización deliberada de árboles o arbustos con cultivos agrícolas o actividad pecuaria, en un arreglo espacial o secuencial, con una interacción significativa entre los componentes y con un propósito de utilización más racional del recurso suelo". *Borel, R. (1988)*.
36. "Un sistema agroforestal es un método de aprovechamiento de la tierra que combina la utilización de los árboles (para sus productos y servicios) con los cultivos agrícolas y los animales". *Geilfus, F. (1989)*.
37. "Agroforestry is a collective name for land-use systems in which woody perennials (trees, shrubs, etc.) are grown in association with herbaceous plants (crops, pastures) and/or livestock in spatial arrangement, a rotation or both, and in which there are both ecological and economic interactions between the tree and non-tree components of the system". *Young, A. (1989)*.
38. "Agroforestry is a type of land use system where forestry trees are combined with food crops, or livestock or a combination of both, on the same unit of land either simultaneously or sequentially, with the aim of improving or maintaining the production in a sustainable manner". *Goeltenboth, F. (1990)*.
39. "Agroforestería" es una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen tres condiciones fundamentales:
 - existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente
 - al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos)"
 - al menos de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos). *Somarriba, E. (1990)*
40. "Agroforestry" is a form of multiple cropping under which three fundamental conditions are met:
 - * there exist at least two plant species that interact biologically
 - * at least one of the plant species is a woody perennial

- * at least one of the plant species is managed for forage, annual or perennial crop production". **Somarriba, E. (1992).**
41. "Agroforestry and similar systems involve a deliberate association of woody perennials (trees and shrubs) with annual crops, livestock, or other biological components of a productive land-use system. Agroforestry systems are usually grouped according to the spatial pattern or temporal sequence of associating the various components (annual crops and/or animals, and woody perennials)". **Kidd, C. V. and Pimentel, D. (1992).**
 42. "El sistema agroforestal es un sistema agropecuario cuyo componente principal es el árbol, ya sea de tipo maderable, forraje o frutal; se combinan con el árbol algunos cultivos transitorios, semipermanentes, pastos y animales en diferentes arreglos, permitiendo el establecimiento de varios estratos en el espacio vertical y horizontal". **Quiroga Z., R. (1992).**
 43. "Agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de la tierra que indica la combinación de árboles con cultivos o con animales domésticos, o la combinación de los tres: Tal combinación puede ser simultánea o secuencial, manteniendo el principio de rendimiento sustentable. En esta combinación debe haber una interacción significativa". **Budowski, G. (1993).**
 44. "In agroforestry systems, woody and herbaceous perennials are grown on land that also supports agricultural crops or animals. The mixture of these components, in the form of spatial arrangement or temporal sequence, enhances ecological stability and production sustainability". **N. A. S. (1993).**
 45. "Los sistemas de producción agroforestales se definen como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos, en función del tiempo y espacio para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida". **Fassbender, H. W. (1993).**
 46. "Es un sistema de manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de ésta, combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local". **FAO. (sf). En: SENA y FAO. (1995).**
 47. Resource management system that, through the integration of trees in through the integration of trees in farm-and rangeland, diversifies and sustains smallholder production for increased social, economic and environmental benefits" **Leakey, R. (1996).**
 48. "Agroforestry is a dynamic, ecologically based natural resources management system that, through the integration of trees in farmland and rangeland, diversifies and sustains production for increased social, economic and environmental benefits for land users at all levels". **Anónimo (1997).**
 49. "Agroforestería: es un conjunto de sistemas productivos de uso de la tierra en los cuales interactúan ecológicamente especies leñosas, no leñosas y animales (opcional). En estos sistemas al menos una es leñosa, y al menos una leñosa se maneja para producción de forraje o cultivo agrícola permanente". **Ospina A., A. (2000).**
 50. "Agroforestería es la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente". **Ospina A., A (2003a y 200b)**

3. Especies leñosas para el mejoramiento del suelo (Young, 1997)

<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Parkia biglobosa (Parkia africana)</i>
<i>Acacia cyanophylla</i>	<i>Paulownia elongata</i>
<i>Acaica mearnsii</i>	<i>Peltophorum dasyrrachis</i>
<i>Acaica nilotica</i>	<i>Populus deltoides</i>
<i>Acacic senegal</i>	<i>Prosopis chilensis</i>
<i>Acacia seyal</i>	<i>Prosopis cineraria</i>
<i>Acacia tortilis</i>	<i>Prosopis glandulosa</i>
<i>Albizia lebbbeck</i>	<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Albizia saman (Samanea saman)</i>	<i>Prosopis tamarugo</i>
<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Schinus molle</i>
<i>Alnus acuminata</i>	<i>Senna reticulata</i>
<i>Alnus nepalensis</i>	<i>Senna siamea (Cassia siamea)</i>
<i>Alnus spp.</i>	<i>Senna spectabilis (Cassia spectabilis)</i>
<i>Atriplex spp.</i>	<i>Sesbania bispinosa</i>
<i>Azadirachta indica</i>	<i>Sesbania glandiflora</i>
<i>Bactris gasipaes</i>	<i>Sesbania rostrata</i>
<i>Bamboo genera</i>	<i>Sesbania sesban</i>
<i>Cajanus cajan</i>	<i>Tamarix aphylla</i>
<i>Calliandra calothyrsus</i>	<i>Tephrosia candida</i>
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Ziziphus nummularia</i>
<i>Casuarina glauca</i>	<i>Ziziphus spina-christi</i>
<i>Cordia alliodora</i>	
<i>Dalbergia sissoo</i>	
<i>Dactyladenia barteri (Acioa barteri)</i>	
<i>Dendrocalamus spp.</i>	
<i>Erythrina caffra</i>	
<i>Erythrina orientalis</i>	
<i>Erythrina poeppigiana</i>	
<i>Faidherbia albida (Acacia albida)</i>	
<i>Flemingia congesta (Flemingia macrohylla)</i>	
<i>Gricicidia sepium</i>	
<i>Grevillea robusta</i>	
<i>Inga edulis</i>	
<i>Inga jinicuil</i>	
<i>Leucaena divesifolia</i>	
<i>Leucaena leucocephala</i>	
<i>Melaleuca leucadendron</i>	
<i>Melia azederach</i>	
<i>Musanga cecropioides</i>	
<i>Paranseianthes falcataria (Albizia falcataria)</i>	

Nota: Los nombres entre paréntesis son sinónimos usados formalmente.