



Sistema agroforestal de café

## Sistemas Agroforestales

Sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo.

Huehuetán, Chiapas, México. Junio de 2009

## INDICE

|   | Págs. |
|---|-------|
| 1. INTRODUCCION.....  | 4     |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....  | 5     |
| 2.1. Definición de agroforestería.....                                  | 5     |
| 2.2. Objetivos de la agroforestería.....                                | 6     |
| 2.3. Características fundamentales de los sistemas agroforestales.....  | 7     |
| 2.3.1. Árboles de uso múltiple.....                                     | 7     |
| 2.3.2. Sostenibilidad.....  | 7     |
| 2.3.3. Multidisciplinariedad.....                                       | 8     |
| 2.4. Potencialidades de la agroforestería.....                          | 8     |
| 2.4.1. Ventajas.....  | 8     |
| 2.4.2. Desventajas.....   | 9     |
| 2.5. Clasificación de los sistemas agroforestales.....                  | 9     |
| 2.5.1. Sistemas agroforestales secuenciales.....                        | 10    |
| 2.5.1.1. Agricultura migratoria.....                                    | 10    |
| 2.5.1.2. Sistemas Taungya.....  | 11    |
| 2.5.2. Sistemas agroforestales simultáneos.....                         | 11    |
| 2.5.2.1. Árboles en asociación de cultivos perennes.....                | 12    |
| 2.5.2.2. Árboles en asociación con cultivos anuales.....                | 12    |
| 2.5.2.3. Huertos caseros mixtos.....                                    | 13    |
| 2.5.3. Sistemas silvopastoriles.....                                    | 13    |
| 2.5.3.1. Asociaciones de árboles con pastos.....                        | 15    |
| 2.5.3.2. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.....            | 16    |
| 2.5.4. Plantaciones en línea.....                                       | 17    |
| 2.5.5. Cercos vivos.....  | 17    |
| 2.5.5.1. Plantas utilizadas como cercas vivas en el Estado de Veracruz  |       |
| 2.5.6. Cortinas rompevientos.....                                       | 18    |
| 2.5.6.1. Tipos de cortinas rompevientos.....                            | 20    |
| 2.5.6.1.1. Perimetrales.....  | 20    |
| 2.5.6.1.2. Interiores.....  | 21    |
| ¿Cómo deben ser las cortinas rompevientos y los linderos arbóreos?..... | 21    |

|   |    |
|---|----|
| 2.5.6.1.3. Establecimiento de una cortina rompevientos.....   | 22 |
| 2.5.6.1.3.1. Preparación del sitio.....   | 22 |
| 2.5.6.1.3.2. Control de malezas pre y post-plantación.....  | 22 |
| 2.5.6.1.3.3. Fertilización.....   | 22 |
| 2.5.6.1.3.4. Protección.....  | 22 |
| 2.6. Perspectiva de los árboles: su papel como herramienta para el manejo ambiental.....  | 23 |
| 2.6.1. Efectos sobre niveles de sombra, temperatura y humedad.....  | 23 |
| 2.6.2. Efectos sobre enfermedades y malezas.....  | 24 |
| 2.6.3. Efectos sobre la fertilidad del suelo.....   | 24 |
| 2.7. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México.....   | 25 |
| 2.8. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México..... | 25 |
| 2.9. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México.....   | 26 |
| 2.10. El sistema agroforestal café ( <i>Coffea</i> sp.) Cedro rosado ( <i>Acrocarpus fraxinifolios</i> Wight. & Arn.) A diferentes altitudes en el Soconusco, Chiapas....             | 26 |
| 3. LITERATURA CITADA.....   | 27 |

## **1. INTRODUCCION**

La creciente presión sobre el suelo debida a la explosión demográfica registrada en muchos lugares del trópico, puede conducir a la degradación del mismo, disminuir el rendimiento de los cultivos y a la invasión de hierbas difíciles de controlar, una de las alternativas para frenar este proceso es la explotación de la tierra a través de sistemas agroforestales o agroforestería (López, 2007).

Casi todos los sistemas agrícolas tradicionales, los cuales incluyen los sistemas ganaderos, tienen árboles intercalados con cultivos o manejados en una forma zonal alternando árboles y cultivos y/o pastos; es decir, son sistemas agroforestales, aún con la modernización de la agricultura de la región, los paisajes agrícolas todavía contienen un alto número de árboles, estos árboles cumplen con muchos propósitos como producción (madera, leña, forraje, frutas, medicinas, etc.) además de servicios (sombra para cultivos y/o animales, protección como en el caso de cortinas rompevientos, etc.), además, los árboles aumentan la diversidad biológica del agroecosistema creando en sus ramas, en sus raíces y en la hojarasca, hogares para otros organismos (Beer *et al.*, 2004).

Las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, en regiones con suelos fértiles los sistemas agroforestales pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente, estas prácticas tiene un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presenten problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos (Musálem, 2001).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Definición de agroforestería

Es el cultivo deliberado de árboles en la misma unidad de tierra que los cultivos agrícolas y/o la cría de animales, ya sea en forma de mezcla espacial o en secuencia temporal. Debe existir una interacción significativa entre los elementos arbóreos y no arbóreos del sistema, ya sea en términos ecológicos y/o económicos (ICRAF, 1990 cit. por Gob. 2006).

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad (López, 2007).

La agroforestería se puede considerar como la combinación multidisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables, que implican el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptables y aplicando practicas de manejo compatibles con las habituales de la población local (Musálem, 2001).

Se trata del uso de una serie de técnicas que combinan la agronomía, la silvicultura y la zootecnia para lograr un adecuado manejo del conjunto y las interdependencias entre cada uno de sus elementos (CONAFOR, 2007).

Se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basado en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestos, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, obteniendo en forma asociativa madera, leña, frutos, plantas medicinales, forrajes y otros productos agrícolas (Ramírez, 2005).

La agroforestería también puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats 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); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Schroth *et al.*, en prensa cit. por Vargas y Sotomayor, 2004).

#### Objetivos de la agroforestería:

- Diversificar la producción.
- Mejorar la agricultura migratoria.
- Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.
- Fijar el nitrógeno atmosférico.
- Reciclar los nutrientes.
- Modificar el microclima.
- Optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

Los tres principales componentes agroforestales, plantas leñosas perennes (árboles), cultivos agrícolas y animales (pastizales), definen las siguientes categorías, las cuales se basan en la naturaleza y la presencia de estos componentes:

- ❖ Sistemas agrosilvícolas: consisten en alternar árboles y cultivos de temporadas (anuales o perennes).
- ❖ Sistemas silvopastoriles: consisten en alternar árboles y pastizales para sostener la producción animal.
- ❖ Sistemas agrosilvopastoriles: Consisten en alternar árboles, cultivos de temporada y pastizales para sostener la producción animal.



**Imagen 1. Clasificación de sistemas agroforestales en función de los componentes que los conforman.**

El enfoque de sistemas es una herramienta que permite el estudio de situaciones reales de una manera práctica. Los sistemas físicos en contraste con los sistemas abstractos o conceptuales, son acumulaciones no aleatorias de materia y energía organizadas en espacio y tiempo, que tienen límites, subsistemas y componentes interactivos (Garfias, 2002).

## **2.2. Características fundamentales de los sistemas agroforestales**

### **2.2.1. Árboles de uso múltiple**

Budowsky (1987) cit. por Musálem (2001) lo define como: un árbol de uso múltiple es uno que en adición de los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo, adición de materia orgánica, proporciona productos y servicios adicionales tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos comestibles para humanos, gomas, fibras y productos medicinales.

### **2.2.2. Sostenibilidad**

Se considera como un manejo sostenible de la tierra que incrementa su rendimiento integral, combina la producción de cultivos (incluidos cultivos arbóreos) y plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de tierra. La sostenibilidad de un sistema de producción corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades siempre en aumento de la humanidad sin afectar, y de ser posibles, el recurso base del que depende el sistema.

Un sistema agrícola, desde el punto de vista socioeconómico, es sostenible si cumple con estos requerimientos:

- Satisfacer las necesidades energéticas de los agricultores.
- Satisfacer las necesidades alimenticias de los agricultores para que puedan asegurar una dieta balanceada y adecuada.
- Fortalecer los vínculos de solidaridad entre los miembros de la comunidad local.

La Agroforestería se considera como un manejo sostenible de la tierra que incrementa su rendimiento integral, combina la producción de cultivos (incluidos cultivos arbóreos) y plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de tierra.

El sistema mantiene o aumenta su productividad en el tiempo: producir conservando y conservar produciendo (Jiménez y Muschler, 2001).

### **2.2.3. Multidisciplinaria**

La agroforestería como ciencia, involucra tres disciplinas básicas: la silvicultura, la agronomía y la ganadería. La idea es combinar los diferentes componentes para alcanzar un sistema de manejo que toma en cuenta los requerimientos de cada componente, mientras asegura una producción óptima.

## **2.3. Potencialidades de la agroforestería**

### **2.3.1. 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 materia 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, leñas, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (contaminación de suelos y de acuíferos)

### **2.3.2. Desventajas**

- Puede 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.
- Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

### **2.4. Clasificación de los sistemas agroforestales**

Existen varios criterios para la clasificación de los sistemas agroforestales de acuerdo con el arreglo temporal y espacial de sus componentes, la importancia y rol de estos componentes, los objetivos de la producción del sistema y el escenario económico social (Conafor, 2007). Hay dos categorías básicas de sistemas agroforestales: simultáneos y secuenciales (Rivas, 2005).

### **2.4.1. Sistemas agroforestales secuenciales**

(Musálem, 2001) Menciona que en estos sistemas existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con la intervención o manejo de barbechos, y los sistemas Taungya, métodos de establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, hasta que el follaje de los árboles se encuentra desarrollado.

De acuerdo con Rivas (2005) en los sistemas secuenciales, las cosechas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio, los sistemas generalmente empiezan con cosechas agrícolas y terminan con árboles, la secuencia en el tiempo mantiene la competencia a un mínimo, los árboles en un sistema secuencial deben crecer rápidamente cuando los cultivos no lo están haciendo, deben reciclar minerales de las capas de suelo más profundas, fijar nitrógeno y tener una copa grande para ayudar a suprimir plantas indeseables.

#### **2.4.1.1. Agricultura migratoria**

Comprende sistemas de subsistencia orientadas a satisfacer las necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación. Solo ocasionalmente considera la fuente de ingresos por medio de la venta de los excedentes de los productos (López, 2007).

Es un sistema en el cual el bosque se corta y se quema para cultivar la tierra por un periodo de 2 a 5 años; luego del periodo de cultivo continúa la fase de descanso o barbecho, que dura generalmente de 5 a 20 años (Jiménez y Muschler, 2001).

El periodo del barbecho es necesario porque, inicialmente la productividad del cultivo es elevada, pues con la quemas los nutrimentos que se encontraban en la vegetación se incorporan al suelo, baja la acidez y aumenta la fertilidad del suelo, luego de 2 a 3 años de cultivo, se empobrecen los suelos, aumentan los costos de desmalezado y disminuye la productividad de los cultivos, el periodo de barbecho permite que se restablezca el reciclaje de nutrimentos, al ser colonizada la parcela por la vegetación secundaria (Musálem, 2001).

## **2.4.2. Sistemas Taungya**

Siembra de cultivos durante la fase de establecimiento de plantaciones forestales, de frutales o de cultivos perennes como café y cacao (Beer *et al.*, 2004). El beneficio socioeconómico de los sistemas taungya es que se ahorran costos en el establecimiento de las plantaciones, en secuencia, la obtención de madera se logra a un costo más reducido que en las plantaciones forestales convencionales, los agriculturas participantes obtienen ingresos monetarios, aparte de los beneficios recibidos de las cosechas (Musálem, 2001).

Estos sistemas permiten una mejor utilización del espacio y del suelo, mejor protección del mismo, y reducen el costo de la limpieza de las plantaciones establecida sin agricultura (Jiménez y Muschler, 2001).

Las ventajas que se tienen con este sistema son: ahorrar costos de establecimiento de las plantaciones forestales y obtener de ingresos o beneficios por concepto de cosechas. Dentro de sus desventajas están el no obtener beneficios inmediatos por venta de productos forestales, el uso y manejo de la tierra están determinados por las necesidades de la plantación y no por las necesidades que tienen los productores; el diseño de las plantaciones no siempre es el adecuado y la presencia de árboles impide la utilización de maquinaria para los cultivos (López, 2007).

## **2.4.3. Sistemas agroforestales simultáneos**

(Conafor, 1997) Cuando todos sus componentes se encuentran presentes al mismo tiempo, que es más fácil de identificar. (Rivas, 2005) En un sistema simultáneo, los árboles y las cosechas agrícolas o los animales crecen juntos, al mismo tiempo en el mismo pedazo de terreno, estos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales, la competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios, los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia, los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado.

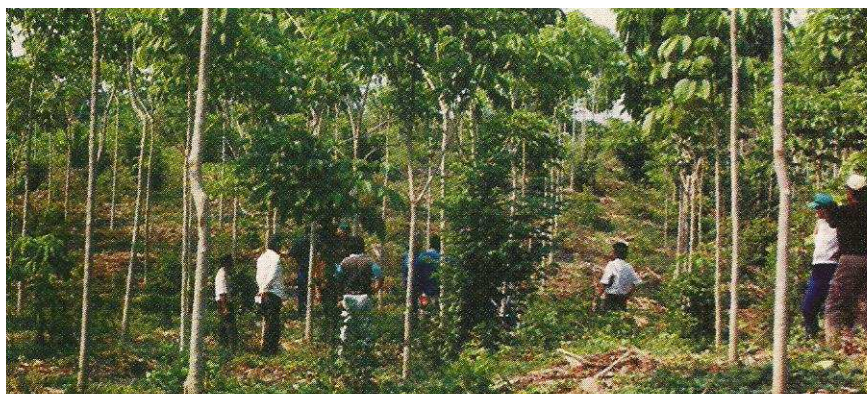
### 2.4.3.1. Árboles en asociación de cultivos perennes

(Musálem, 2001) Estos sistemas representan una alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido al alto costo de productos agroquímicos, la elección de un sistema con árboles para sombra depende de la necesidad de diversificar la producción (Jiménez y Muschler, 2001). Consiste en la combinación simultánea de árboles con cultivos perennes, tales como café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*), té (*Camellia sinensis*) y cardamomo (*Elettaria cardamomum*). Generalmente son sistemas de cultivo intercalado donde el árbol contribuye productos adicionales, mejora el suelo microclima o sirve de tutor para cultivos de enredadera como pimienta (*Piper nigrum*) o vainilla (*Vanilla planifolia*). Los árboles pueden ser maderables como por ejemplo *Cordia alliodora* o *Cedrela odorata*, especies leguminosas de uso múltiple como *Inga* spp., *Gliricidia sepium* y *Erythrina* spp., o frutales como *Citrus* spp., *Persea americana*, o *Macadamia* spp.

Entre las especies forestales que mejor se adaptan al sistema están las siguientes: *Inga edulis*; *Cordia alliodora*; *Cedrela odorata*; *Gmelina arborea*; *Psidium guajava*; *Leucaena leucocephala*; *Tabebuia donnell-smithii*; *Schizolobium parahybum* (Ramírez, 2005).

### 2.4.3.2. Árboles en asociación con cultivos anuales

Estos sistemas se prestan para especies anuales tolerantes a la sombra. Sin embargo, para esta misma categoría, para el caso particular de los sistemas de cultivos en callejones se puede utilizar especies que no toleren la sombra. Estos sistemas incluyen cultivos como maíz, frijol, guisantes, soya, maní, en asociaciones con árboles fijadores de nitrógeno (Musálem, 2001). En plantaciones de cultivos perennes como café y cacao. Incluye maderables, árboles de uso múltiple y árboles de "servicio" (manejados únicamente por el bien del cultivo, para fijación de nitrógeno, manejo de sombra) (Beer, 2004).



**Imagen 2.** Cultivo en callejón.

#### **2.4.3.3. Huertos caseros mixtos**

Estos huertos se encuentran en los alrededores de las casas de los agricultores, son plantados y mantenidos por los miembros de la familia, y sus productos son dedicados principalmente al consumo familiar (Jiménez y Muschler, 2001). Son mezclas con muchos estratos muy complejos de árboles, arbustos, bejucos, cultivos perennes y anuales, animales (especialmente cerdos y gallinas), para generar una multitud de productos comerciales y de uso familiar (Beer, 2004). Los alimentos provenientes de los huertos caseros o familiares tienen una función importante al proporcionar un dispositivo de seguridad, un complemento de dichos productos básicos (FAO, 2003). Este puede ser comprendido como una huella cultural, donde se registra la presencia de determinadas especies y variedades vegetales, especies y razas de animales y manejo agrozootécnico, lo que permite conocer a través broches y sincretismos culturales (Ospina, 2006).

Con este sistema se puede crear un ambiente agradable para la casa, incorporando alrededor de ella plantas medicinales, árboles maderables, para leña, plantas forrajeras, frutas diversas, a una distancia irregular, cuidando en dejar un espaciamiento entre plantas de 4 a 6 metros (PMSRF, 2007).

#### **2.4.4. Sistemas silvopastoriles**

La actividad silvopastoril se enfoca a optimizar la producción pecuaria, las oportunidades para la finca, a mejorar la calidad del alimento y a la vez, generar un ingreso adicional por la venta de la madera a través de la plantación de especies que permitan rehabilitar suelos degradados, que sean de rápido crecimiento y que aseguren a los ganaderos competir, ventajosamente, en su mercado (Trujillo, 2008).

Los sistemas silvopastoriles, son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales, con o sin la presencia de cultivos. Son practicados a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas - comerciales con inclusiones de ganado o con complemento a la agricultura de subsistencia.

Algunas interacciones entre los componentes del sistema:

- a) La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclaje de nutrimentos.
- b) Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de árboles y otras plantas asociadas.
- c) Las preferencias alimenticias de los animales pueden afectar la composición del bosque.
- d) Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales (sombra).
- e) Los animales participan en la diseminación de las semillas, lo cual favorece la germinación.

La economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos a corto y a largo plazo. En lo económico se puede favorecer con el aumento y diversificación de la producción.

Entre las principales especies para esta aplicación, están la *Acacia mangium*-por ser fijadora de nitrógeno, ofrecer excelente calidad en su madera, presentar rápido crecimiento y excelentes condiciones bromatológicas en sus hojas-, *Cordia alliodora*, el *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Cedrela odorata*, *Tectona grandis* y los *Eucaliptus spp.* (Trujillo, 2008).

En áreas ganaderas es de gran utilidad el establecimiento de bancos de proteína, tanto de corte como de pastoreo o ramoneo directo. Los bancos de forraje pueden mejorar su calidad y disponibilidad, sobre todo a fines de la estación seca o a comienzos de la estación húmeda. Además, estos bancos restablecen y mejoran el contenido de materia orgánica y los nutrientes del suelo (CONAFOR, 2007).





**Imágenes 3. Árboles y ganado.**



**Imagen 4. Teca en Costa Rica**

#### **2.4.4.1. Asociaciones de árboles con pastos**

El objetivo principal es la ganadería; en forma secundaria se logra la producción de madera, leña o frutos. Los animales se alimentan con hierbas, hojas, frutos y otras partes de los árboles. Se cortan parcelas de bosque para destinarlas a la ganadería, dejar en pie a los árboles valiosos tales como: Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Laurel (*Cordia alliodora*), Guayaba (*Psidium guajava*), etc. De esta manera, los árboles que quedan en la parcela son utilizados para sombra y refugio del ganado, además se aprovecha la leña.



**Imagen 5.** Asociación de *Schizolobium parahybum* con pastos y cultivos agrícolas.

#### **2.4.4.2. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales**

Puede ser en plantaciones de árboles de leña, maderable y frutales. Con este sistema se logra el control de malezas, y, a la vez, se obtiene un producto animal durante el crecimiento de la plantación.

Algunos puntos que se deben de tomar en cuenta para el manejo de este tipo de sistemas:

- a) Si los animales se encuentran en una plantación de frutales, se debe de cuidar que no dañen a la cosecha.
- b) Si se siembra una pastura en la plantación, la sombra puede reducir la tasa de crecimiento del pasto.
- c) Los efectos de alelopatía (plantación de *Eucalyptus spp.*) o de un cambio del pH del suelo (plantaciones de *Pinus spp.*) puede afectar el crecimiento de las pasturas.
- d) Los animales pueden defoliar o dañar a los árboles de la plantación si esta no se maneja con cuidado.





*Fuente: Beer et al, 2004. Ilustraciones que muestran el pastoreo en plantaciones forestales y frutales.*

### **2.4.5. Plantaciones en línea**

La mezcla de árboles, cultivos y/o animales pueden tomar muchos modelos y formas, desde los surcos alternos de cultivos y árboles podados para cercos, hasta animales pastando debajo de los árboles. Entre las técnicas relacionadas con la agricultura y la ganadería, principalmente para proteger a los cultivos y/o ganado se han desarrollado las cortinas rompevientos y los cercos vivos.

#### **2.4.5.1. Cercos vivos**

(Beer *et al.*, 2001) Incluye el uso de árboles y arbustos, junto con otros componentes (por ejemplo, zacates) para formar hileras entre callejones usados (generalmente) para cultivos anuales. Se utilizan principalmente para mejorar el suelo (por ejemplo fijación de nitrógeno, uso de mulch arbóreo) y/o reducir erosión en pendientes (Jiménez y Muschler, 2001). Consiste en la siembra de leñosas para la delimitación de potreros o propiedades, casi siempre complementada con el uso de alambre de púas.

Las cercas vivas con adecuado manejo son útiles para reemplazar las cercas de alambre, duran más tiempo y disminuyen los costos. Con cierta frecuencia es necesario podarlos y eliminar árboles viejos o que muestran enfermedad y reemplazarlos inmediatamente (Ramírez, 2005).

El establecimiento de cercas vivas implica una reducción en costos con respecto a las cercas muertas, reduce la presión sobre el bosque por la búsqueda de postes y leña y

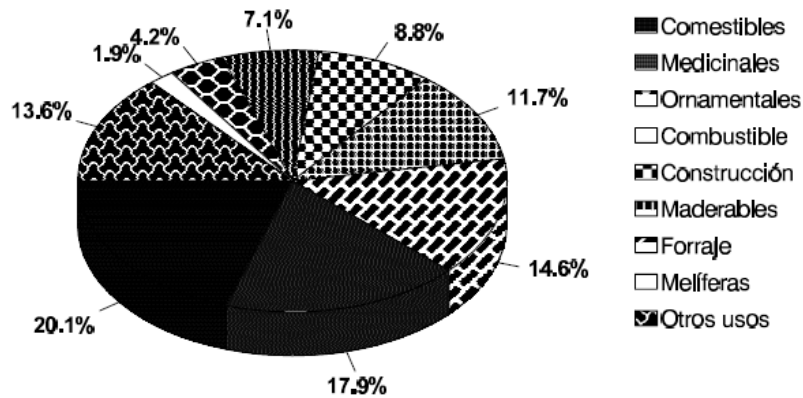
además ofrece follaje en cantidad y de calidad durante la época seca, además de ofrecer frutas.



**Imagen 6. Cerca viva de Poró.**

**Plantas utilizadas como cercas vivas en el Estado de Veracruz** (Reyes y Acosta, 2000).

Las especies más utilizadas corresponden a las siguientes: *Acacia farnesiana*, *Aechmea bracteata*, *Agave angustifolia*, *A. lophanta*, *Annona cherimola*, *Bahuinia divaricata*, *Bromelia pinguin*, *Brugmansia suaveolens*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia cacalaco*, *C. velutina*, *Calliandra houstoniana*, *Casuarina cunninghamiana*, *C. equisetifolia*, *Cordia alliodora*, *Cordia dentata*, *Crescentia alata*, *C. cujete*, *Cupressus benthamii*, *Duranta repens*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Eriobotrya japonica*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Jatropha curcas*, *Leucaena* spp., *Lippia myriocephala*, *Melia azederach*, *Muntingia calabura*, *Nopalea dejecta*, *Opuntia stricta* var. *dillenii*, *Pachira aquatica*, *Platyclusus orientalis*, *Prunus serotina* subsp. *capuli*, *Pseudobombax ellipticum*, *Psidium guajava*, *Randia aculeata*, *Sambucus nigra*, *Spondias mombin*, *Tabebuia chrysantha*, *T. rosea*, *Tecoma stans*, *Thevetia thevetioides*, *Trema micrantha*, *Trichilia havanensis* y *Yucca elephantipes*.



Gráfica 1. Porcentaje de especies de acuerdo con su utilidad adicional.

#### 2.4.5.2. Cortinas rompevientos

Las cortinas forestales cortavientos o de protección, son una más de las alternativas que nos entregan las prácticas agroforestales para ser utilizadas por los agricultores con fines productivos y de protección ambiental. Se definen como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio (Sotomayor y Aracena, 2005).

Algunos beneficios de las cortinas rompevientos.

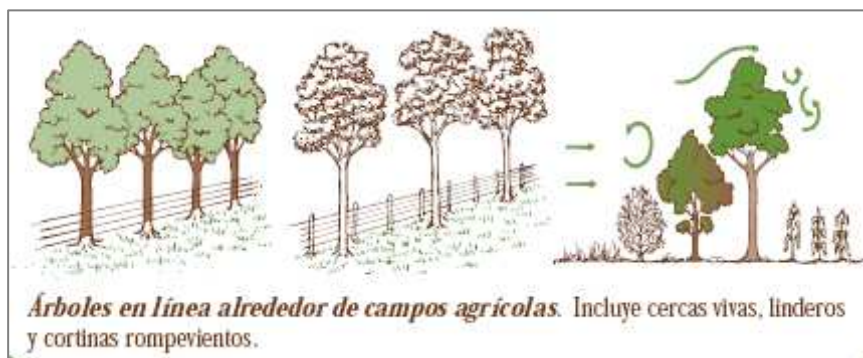
- Disminuir la erosión del suelo, evitando la pérdida de fertilidad de los suelos protegidos.
- Otorgar protección y mejorar la productividad de los cultivos.
- Incrementar el peso y sobrevivencia de los animales protegidos en los meses de invierno, al disminuir la velocidad del viento y aumentar la temperatura.
- Otorgar protección a cursos de agua, y aumentar la biodiversidad.
- Proteger galpones, corrales, casas y otras infraestructuras.
- Disminuir los requerimientos energéticos de los hogares protegidos, abaratando los costos de calefacción.
- Producir productos forestales, como madera, postes, leña y productos forestales no madereros (PFNM).
- Aumentar la rentabilidad del predio, al ser consideradas como una mejora ambiental y productiva.

Esta práctica se emplea en varias partes del mundo; su requisito más importante es el diseño (Musálem, 2001). El solo establecer una cortina rompevientos no es suficiente para proteger adecuadamente el cultivo. Una cortina rompevientos debe de ser diseñada en formas de varias hileras de árboles y arbustos arreglados en diferentes estratos. Siempre hay que sembrar pastos o plantas herbáceas debajo de los árboles. (Fraga, ----)

Los árboles son plantados y manejados como parte de la explotación agrícola o ganadera para mejorar la producción, proteger al ganado y controlar la erosión del suelo. Protegen una gran variedad de cultivos sensibles al viento como cereales, hortalizas, huertos frutales y viñedos. Además, mejoran la efectividad de la polinización y la aplicación de pesticidas. Ayudan a disminuir el estrés animal, el consumo de forraje y la mortalidad.

En la producción vegetal el viento puede constituirse en un agente perjudicial por sus efectos mecánicos directos sobre el suelo, la vegetación y cultivos o bien modificando el microclima, incidiendo en la biología y la actividad de las plantas y por lo tanto en su rendimiento (Porcile, 2007).

También reducen el impacto visual y los olores.



**Imagen 7.** Ejemplos de cortinas rompevientos y cercas vivas.

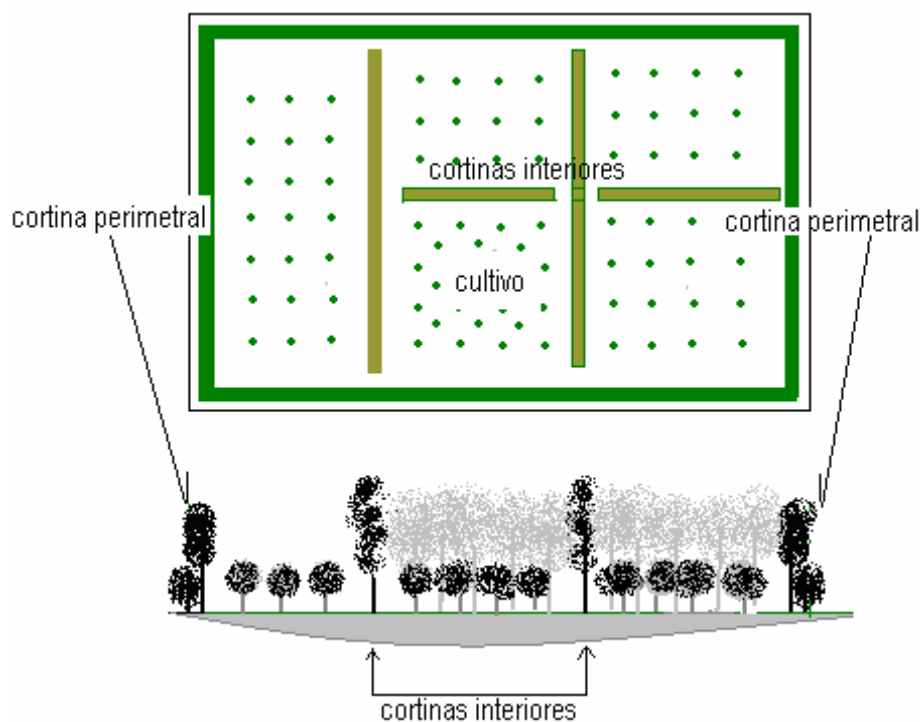
### **Tipos de cortinas rompevientos**

**Perimetrales:** bordean y protegen el contorno de la plantación; son de composición mixta, las especies arbóreas de altura son complementadas con especies de menor porte que cubren la parte baja de las primeras.



**Imagen 8. Perimetrales**

**Interiores:** separan los sectores en que se divide el emprendimiento; son de composición simple, es decir de una sola especie arbórea.



**Imagen 9. Interiores.**

### ¿Cómo deben ser las cortinas rompevientos y los linderos arbóreos?

En zonas agrícolas debemos sacrificar el menor terreno posible. En fincas muy pequeñas pueden usarse cortinas angostas, a veces de sólo una hilera; es decir, un lindero arbóreo o cerca viva. En este caso, se buscará una especie como el mango o *Cupressus lusitanica*, con buen desarrollo foliar desde los primeros metros a partir del suelo.

#### 2.4.5.2.1. Establecimiento de una cortina rompevientos

- a) **Preparación del sitio:** una adecuada preparación del terreno donde se establecerá la cortina cortaviento es fundamental para la supervivencia y el buen desarrollo de las plantas. Al preparar o cultivar el suelo, se está ayudando a eliminar la competencia de las malezas y mullir el suelo, para que el sistema radicular de las plantas pueda profundizar y desarrollarse rápidamente, poniendo a disposición de la planta agua y nutrientes. Se debe evitar realizar esta labor cuando existe un exceso de humedad en el suelo, ya que se podría compactar el suelo.
  
- b) **Control de malezas pre y post-plantación:** permite eliminar y controlar la vegetación que puede competir con las plantas de la cortina forestal. Es absolutamente esencial, ya que las malezas compiten con su sistema radicular en forma agresiva con las especies arbóreas y/o arbustivas establecidas. Se puede realizar en forma manual, mecánica o utilizando herbicidas, de acuerdo al tipo de malezas a controlar y a las capacidades del agricultor.
  
- c) **Fertilización:** se aconseja fertilizar para mejorar el desarrollo de las plantas y la supervivencia inicial. La época de aplicación más adecuada es al momento de ejecutar la plantación, o bien 2 a 3 semanas después de terminada esta faena. Se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar el tipo y cantidad de fertilizante a aplicar.
  
- d) **Protección:** se deben tomar todas las medidas para proteger la cortina durante los primeros 3 años desde el establecimiento, contra animales domésticos, conejos y liebres y, contra incendios forestales. Es imprescindible cercar la cortina para evitar la entrada de animales y, si existe alta población de conejos, instalar protección individual o perimetral.





**Imagen 10.** Cortinas rompevientos.

## **2.5. Perspectiva de los árboles: su papel como herramienta para el manejo ambiental**

En un sistema agroforestal, los árboles son el componente más grande y dominante. Para poder evaluar la contribución potencial de los árboles en sistemas agroforestales ecológicamente sostenibles, hay que considerar primero atributos sobresalientes que deben tener los agroecosistemas para ser sostenibles (Muschler, 1999).

### **2.5.1. Efectos sobre niveles de sombra, temperatura y humedad**

La integración de árboles en un cafetal resulta en cambios muy notables: entrando al cafetal se nota primero la sombra de los árboles. En función de ella, las temperaturas en el día son más bajas y la humedad relativa es generalmente más alta. El grado de modificación microclimática depende de la intensidad de sombra que producen los árboles y también de las condiciones climáticas en las cuales se encuentran el cafetal.

### **2.5.2. Efectos sobre enfermedades y malezas**

Los árboles pueden también causar efectos indirectos para los cafetos a través de plagas, enfermedades y malezas. El grado de estos efectos depende de las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y las características del suelo. La alta humedad bajo los árboles ha sido relacionada con mayor incidencia de enfermedades del café.

La incidencia de malezas puede ser manejada a través de la sombra y la hojarasca de los árboles asociados. La sombra reduce el crecimiento de malezas, particularmente de gramíneas, y la hojarasca forma una barrera física encima del suelo que dificulta la germinación de semillas de malezas.

### **2.5.3. Efectos sobre la fertilidad del suelo**

Muchos efectos de los árboles a largo plazo se expresan a través de las propiedades del suelo. El mantenimiento de niveles altos de materia orgánica es uno de los factores principales, tanto en su rol de mantener la estructura del suelo, como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes (Muschler, 1999).



**Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México** (Salgado *et al.*, 2007).

Las especies maderables encontradas en el Soconusco son las siguientes: *Cordia alliodora*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Tabebuia pentaphylla*, *Aspidosperma megalocarpum*, *C. brasiliense*, *Cedrela mexicana*.

| Especies                         | Tuzantán | Huehuetán | Tapachula | Tuxtla Chico | Total |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|--------------|-------|
| <b>Frutales</b>                  |          |           |           |              |       |
| <i>Mangifera indica</i>          | 27       | 50        | 26        | 9            | 112   |
| <i>Pouteria sapota</i>           | 9        | 17        | 42        | 44           | 112   |
| <i>Citrus sinensis</i>           | 28       | 16        | 6         | 7            | 57    |
| <i>Persea americana</i>          | 7        | 8         | 17        | 16           | 48    |
| <i>Cocus nucifera</i>            | 4        | 4         | 11        | 13           | 32    |
| <b>Mejoradora del suelo</b>      |          |           |           |              |       |
| <i>Inga micheliana</i>           | 29       | 17        | 21        | 16           | 83    |
| <i>Gliricidia sepium</i>         | 1        | 18        | 12        | 10           | 41    |
| <b>Maderables</b>                |          |           |           |              |       |
| <i>Cordia alliodora</i>          | 11       | 10        | 16        | 26           | 63    |
| <i>Tabebuia donnell-smithii</i>  | 10       | 9         | 5         | 12           | 36    |
| <i>Tabebuia pentaphylla</i>      | 2        | 4         | 11        | 2            | 19    |
| <i>Aspidosperma megalocarpum</i> | 1        | 3         | 2         | 12           | 18    |
| <i>C. brasiliense</i>            | 9        | 3         | 0         | 5            | 17    |
| <i>Cedrela mexicana</i>          | 4        | 0         | 4         | 3            | 11    |

Tabla 1. Abundancia de especies por categorías de uso, por Municipio.

**Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México** (López y Musálem, 2007).

El desarrollo actual de las plantaciones forestales comerciales y la experiencia desarrollada determina las combinaciones agroforestales como una opción técnica viable. La evaluación financiera de los SAF muestra ganancias tres y cinco veces mayores del cedro rojo sobre la primavera (\$1'600,000.00 vs \$500,000.00) y sobre el cedro nogal (\$1'600,000.00 vs \$300,000.00) respectivamente; los indicadores financieros TIR, VAN y R B/C respaldan estos dividendos. La rentabilidad de los cultivos agrícolas en un periodo similar al de las plantaciones agroforestales arrojan cifras negativas; el establecimiento conjunto de las especies agrícolas y forestales produce una sinergia positiva financiera.

Las plantaciones forestales comerciales asociadas en sistemas agroforestales de maderas preciosas como cedro rojo, cedro nogal y primavera con cultivos agrícolas, permiten socios aceptables técnicamente, además de que muestran mayores beneficios

financieros comparados con los cultivos monoespecíficos, convirtiéndose en una buena alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales.

### **Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México (Roncal *et al.*, 2008).**

La complejidad de los sistemas taungya, barbecho natural y barbecho enriquecido incrementa el C (carbono) en los reservorios de biomasa viva y materia orgánica muerta; mientras que el C en la materia orgánica muerta de la milpa tradicional disminuye con la edad. En los sistemas taungya y barbecho natural se encontraron tendencias positivas entre la acumulación de C en la biomasa viva y el tiempo de establecimiento. Se esperaba que el barbecho enriquecido en su madurez igualara al barbecho natural por cuanto a su acumulación de C. Los sistemas intervenidos acumularon mayores volúmenes promedio de  $C_{tot}$  (Carbono total) que los sistemas tradicionales de similares edades. El mayor reservorio de C en los SAF fue la materia orgánica suelo con más del 70% de C, mientras la biomasa viva y la materia orgánica muerta aportaron casi un tercio del  $C_{tot}$ . Con base en los resultados se sugiere que los sistemas taungya y barbecho enriquecido son una buena opción para mitigar gases efecto de invernadero, evitar emisiones que podrían generarse por la quema, además de abastecer de madera a los pobladores locales. Es necesario evaluar otros servicios ambientales como la conservación de la diversidad asociada, la conservación de los ciclos de la materia orgánica, de los nutrientes del suelo y los beneficios socioeconómicos de estos sistemas.

### **El sistema agroforestal café (*Coffea* sp.) Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolios* Wight. & Arn.) A diferentes altitudes en el Soconusco, Chiapas (Reyes, 2005).**

Evaluó el crecimiento de árboles de cedro rosado a los 3.5 años de edad, en combinación con plantaciones de café a diferentes elevaciones en el Soconusco, Chiapas. Plantaron 45 árboles en 12 parcelas distribuidas entre los 200 a 1 400 m.s.n.m. Evaluaron los incrementos en diámetro (DAP), altura y la supervivencia. Mediante un análisis de varianza se encontró que los árboles con los mejores crecimientos se presentaron en las parcelas que se localizan en altitudes de 280 a 750 m, con alturas que variaron de 9 a 13.3 m y diámetros de 17 a 22.2 cm. La especie manifiesta buen potencial de crecimiento a las condiciones edáficas y climáticas de la región.

### 3. LITERATURA CITADA

- Beer J. Ibrahim, M. Somarriba, E. Barrance, A. Leakey R. 2004. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Capítulo 6. Árboles de Centroamérica. OFI-CATIE. 46 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Tercera Edición. Zapopan, Jalisco, México. 298 p.
- FAO. 2003. Género. La clave para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. Plan de acción.
- Fraga S. A. ----. Árboles trabajando para la agricultura. INIA Quilamapu.
- Hart D. R. 1985. Conceptos básicos de agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 158 p.
- Garfias S. R. 2002. Estructura y funcionamiento de sistemas agroforestales de la comuna de Pumanque, Chile. Ciencias Forestales Vol.16 N°1-2. Pp. 19-30.
- Gobierno del Estado de Chiapas-Secretaría de Desarrollo Rural. 2006. Prevención de incendios forestales y alternativas para recuperar la fertilidad de los suelos. Guía de extensionista forestal. 18 p.
- Gobierno del Estado de Chiapas-Secretaría del Campo. COFOSECH. 2007. Agroforestería. 22 p.
- Gobierno del Estado de Chiapas-Secretaría de Desarrollo Rural. 2006. Agroforestería. Guía de extensionista forestal II. 15 p.
- Jiménez F. Muschler R. 2001. Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ. Pp. 1-24.

- López T. G. 2007. Sistemas agroforestales 8. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Post-graduados. Puebla. 8 p.
- López S. E., Musálem S. M. A. 2007. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal, y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, enero-junio, año/vol. 13, número 001 Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 59-66.
- Mery G., Galloway G., Sabogal C., Alfaro R., Louman B., Kengen S., Stoian D. 2009. Bosques que beneficien a la gente y sustenten la naturaleza. Políticas forestales esenciales para América Latina. 1ª. Edición, Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie técnica No. 88. 24 p.
- Musálem S. M. A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. 120 p.
- Muschler, R. G. 1999. Árboles en cafetales. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Modulo No. 5. Turrialba, Costa Rica.
- Ospina A. A. 2006. Huerto Familiar. Cali, Colombia. 38 p.
- Porcile M. J. F. 2007. Cortinas rompevientos para cultivos citrícolas. Cartillas de orientación. "Bosques De Servicio Para La Actividad Agropecuaria". Manejo y protección.
- Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales (PMSRN). 2007. Manual de agroforestería. Paraguay. 45 p.
- Reyes R. J. 2005. El sistema agroforestal café (*Coffea* sp.) Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolios* Wight. & Arn.) A diferentes altitudes en el Soconusco, Chiapas. VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales 26 – 28 de octubre de 2005. Chihuahua, Chihuahua, México.

- Rivas T. D. 2005. Sistemas Agroforestales 1. Uach. 8 p.
- Roncal G. S., Soto P. L., Castellanos A. J., Ramírez M. N., De Jong B. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*. Vol. 33 N° 3 Pp. 200-206.
- Trujillo N. E. 2008. Silvopastoreo: árboles y ganado, una alternativa productiva. *Forestal. Revista-MM*. Pp. 22-29.
- Ramírez R. W. 2005. Manejo de Sistemas Agroforestales. 11 p.
- Reyes A. S., Acosta R. I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el Estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 2000 6(1): 55 – 71.
- Salgado M. M. G., Ibarra N. G., Macías S. J. E., López B. O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, noviembre, año/Vol. 32, número 011. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Pp. 763 – 768.
- Sotomayor G. A. y García R. E. 2005. Cartilla agroforestal N°. 2: Sistemas agropastorales. Red Agroforestal Nacional. Chile. 4 p.
- Sotomayor G. A. y Aracena L. D. 2005. Cartilla Agroforestal N° 5: Cortinas Forestales Cortavientos y de Protección. Red Agroforestal Nacional. Chile. 4 p.
- Vargas R. V. Sotomayor G. A. 2004. Modelos agroforestales y biodiversidad. Seguimiento al Tema Especial I. Conservación de la biodiversidad. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*. Vol. XX-N° 2. Pp. 123-124.