

# SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano<sup>1</sup>

M. Á. Musálem-Santiago<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ponencia que presenta el Dr. Miguel Ángel Musálem para su Ingreso como Académico Titular en la Comisión de Especialidad de Ingeniería Agronómica a la Academia de Ingeniería, presentada el 4 de septiembre del año 2003, en el Palacio de Minería en la Ciudad de México, Distrito Federal, México.

<sup>2</sup>Ph.D. Silvicultura. Investigador Titular y Líder Nacional del Programa Nacional de Investigación en Sistemas Agroforestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRCE-CEVAMEX, en el Horno, Chapingo, México.

Profesor de Agroforestería de la División de Ciencias Forestales y de Árboles de Uso Múltiple del Programa de Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México. Apartado Postal 112; 56 230 Chapingo, México; Tel/Fax: 01(595) 955 2142; E-mail: mmusalem@avantel.net.

## RESUMEN

Se presenta algunas definiciones de agroforestería, los conceptos y características y la importancia y perspectivas en México. Además, se describe brevemente algunos de los sistemas más importantes en las regiones templadas, tropicales y áridas de México. Así mismo, se ejemplifica con algunos esquemas producto de la investigación reciente aplicados en la región tropical de Puebla y Veracruz y en la zona templada del Estado de México. Así mismo, se enfatiza la aplicación de los sistemas agrosilvopastoriles en las fincas de los pequeños productores en el trópico de México.

**PALABRAS CLAVE:** sistemas agroforestales, importancia, bases y conceptos, definiciones, potencialidades en México, avances de investigación, Puebla, Veracruz y Estado de México.

## AGROFORESTRY SYSTEMS: an alternative of sustainable rural development for the mexican tropic

## SUMMARY

Agroforestry definitions, concepts and characteristic and the importance and perspectives in Mexico are presented. Also, it is described some of the most important systems in the temperate, tropical and arid regions of Mexico. Likewise, it is exemplified with some practices product of the recent investigation applied in the tropical region of Puebla and Veracruz and in the temperate area of the State of Mexico. Likewise, the application of the agrosilvopastoral systems is emphasized in the small producers farms in the tropic of Mexico.

**KEY WORDS:** agroforestry systems, importance, base and concepts, definitions, potentialities in Mexico, advances of resarch, Puebla, Veracruz and State of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociaciones deliberadas con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (CATIE, 1986).

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 tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presentan problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos.

En general, la aplicación de técnicas agroforestales puede consolidar o aumentar la productividad de establecimientos agropecuarios y plantaciones forestales de diversas dimensiones o, por lo menos, evitar que haya degradación del suelo o merma de la productividad en el curso de los años.

Los sistemas tradicionales de uso de la tierra en los trópicos han enfatizado más en la reducción de los riesgos de las cosechas que en el logro de una producción óptima. El deterioro de la capacidad productiva de la tierra se debe, en gran parte, a la deforestación y al uso inapropiado de los recursos; éstos problemas surgen por el aumento de la demanda por el uso de la tierra, el crecimiento demográfico, las cuestiones económicas para intensificar la producción agrícola, entre otros (CATIE, 1986).

## **La Agroforestería: importancia, definiciones, conceptos, características y potencialidades**

### **Definición de la Agroforestería**

Al principio del siglo, los primeros edafólogos encontraron muchas dificultades para definir el concepto de suelo, visto como un sistema completo y integral. Del mismo modo, no es fácil proponer una definición de la Agroforestería que abarque todos los aspectos. Sin embargo, sobre la base de lo que se observa en la práctica, la Agroforestería se puede considerar como la combinación interdisciplinaria 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 aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local.

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

#### **Árboles de uso múltiple**

En todo sistema agroforestal se busca siempre establecer árboles multiusos o de propósito múltiple. Budowski (1987) define este concepto de la siguiente manera: un árbol de uso múltiple es uno que en adición a los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo, adición de materia orgánica, proporciona productos y servicios adicionales importantes tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos comestibles para humanos, gomas, fibras y productos medicinales.

La diferencia fundamental entre los árboles multiusos y los demás descansa en que los primeros se cultivan deliberadamente, se conservan o se manipulan para más de un uso, ya sea de producción o de servicio natural (Huxley, 1983).

Dentro de los árboles multiusos sobresalen los fijadores de nitrógeno. Estos árboles fijan el nitrógeno de la atmósfera a través de microorganismos simbióticos presentes en las raíces. Además, muchos de ellos son de crecimiento rápido y productores de forraje. Tres de los árboles

más conocidos y utilizados son: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina* spp.

### **Sostenibilidad**

La sostenibilidad de un sistema de producción rural corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades siempre en aumento de la humanidad sin afectar, y de ser posible, aumentar el recurso base del que depende el sistema (AID, 1987, citado por Torquebiau, 1990).

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 (King *et al.*, 1990, citado por Torquebiau, 1990).

### **Multidisciplinarietà**

Debido a su carácter integral, sobresale el aspecto multidisciplinario de la Agroforestería. 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.

### **Potencialidades de la Agroforestería**

#### **Ventajas de la Agroforestería**

La Agroforestería combina producción y servicio (Young, 1989). De los productos esperados de la cosecha de los cultivos establecidos se añaden los de los árboles multiusos: leñas, carbón, alimentos y forraje, sin mencionar los otros productos que menos se citan: resinas, gomas, taninos, aceites esenciales, y fibras.

De las funciones, el servicio a la conservación del suelo es sin duda la más importante: el control de la erosión (cobertura permanente de la superficie del suelo que amortigua los efectos del golpeteo de las gotas de lluvia y de los escurrimientos), y el incremento o el mantenimiento del nivel de la fertilidad del suelo.

La creación de microclimas cuyos efectos pueden ser benéficos para algunos animales y plantas.

Hay mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes que se han desplazado, a través del perfil del suelo (Budowski, 1987).

Los árboles en muchas civilizaciones desempeñan roles culturales, sociológicos y religiosos.

### **Desventajas de la Agroforestería**

Existen algunas desventajas al aplicar la Agroforestería, entre las que se citan:

- Los árboles compiten por luz y agua con las plantas en los estratos inferiores.
- La cosecha de los árboles causa daños a los cultivos.
- La mecanización se dificulta o se hace imposible.
- Los microclimas que se crean pueden favorecer el desarrollo de plagas o enfermedades.

### **Clasificación de los sistemas agroforestales**

#### **Sistemas agroforestales secuenciales**

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 (Nair, 1985).

#### **Agricultura migratoria**

La agricultura migratoria comprende sistemas de subsistencia, orientadas a satisfacer las necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación; sólo ocasionalmente llegan a constituir una fuente de ingresos a través del excedente de algunos productos.

Este tipo de agricultura constituye el sistema de producción más extendido en las regiones tropicales, se estima que es practicado en aproximadamente, el 30 % de los suelos agrícolas del mundo.

En este sistema el bosque se corta y quema, y la tierra se cultiva por pocos años continuándole un período de barbecho (aspecto distintivo de muchos sistemas agroforestales secuenciales).

El período del barbecho es necesario porque, inicialmente la productividad del cultivo es elevada, pues

con la quema 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 período de barbecho permite que se restablezca el reciclaje de nutrimentos, al ser colonizada la parcela por la vegetación secundaria.

Los sistemas agroforestales secuenciales han sido ampliamente utilizados por indígenas y otros grupos humanos en Asia, África y América Latina. Este tipo de agricultura se practica en condiciones de escasa mano de obra y capital disponible, pero en un contexto productivo y ecológicamente adecuados; sin embargo, estos sistemas se pueden volver muy improductivos e inadecuados con el crecimiento de las poblaciones humanas y de la demanda por el uso de la tierra, con el consecuente acorte del período de barbecho y, con esto, infertilidad y degradación del suelo.

El mejoramiento de estos sistemas incluye el uso de árboles de madera de alto valor comercial, de crecimiento rápido; intercalación de cultivos de valor medicinal u otros usos; el uso de árboles fijadores de nitrógeno, o bien, la transformación de estos sistemas secuenciales en sistemas simultáneos

#### **Sistema Taungya**

En los sistemas taungya árboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el período de establecimiento de la plantación forestal.

Los sistemas taungya se desarrollaron en 1856 en Birmania, como un método de reducir el costo de la re-plantación de la teca (*Tectona grandis*); se ha difundido en numerosos países tropicales y en latinoamérica. Esta práctica ha tenido éxito con árboles de los géneros *Terminalia*, *Triplochiton* y varias especies de árboles de la familia Meliaceae en África Occidental; y con árboles del género *Cordia* en Surinam, *Tectona* en Trinidad y *Swietenia* en Puerto Rico (Wadsworth, 1982; citado por CATIE, 1986).

Aunque tradicionalmente los sistemas taungya forman parte de las actividades forestales del gobierno de un país, también han sido puestos en práctica sobre tierras privadas (CATIE, 1986).

Las interacciones sobresalientes en estos sistemas son la interferencia entre los cultivos y los árboles (competencia, efectos alelopáticos), y 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 bajos rendimientos y mayor predisposición de las plantas a enfermedades o al ataque por insectos (CATIE, 1986).

La duración del período de cultivo está determinada por la densidad de la plantación de los árboles. Si la densidad de árboles es alta, el período de cultivo será corto, y viceversa.

El beneficio socioeconómico de los sistemas taungya es que se ahorran costos en el establecimiento de las plantaciones, en consecuencia, la obtención de madera se logra 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.

Las causas por las que el sistema taungya ha tenido poca aceptación son:

- a) En ocasiones los agricultores no cooperan en el cuidado de los árboles, puesto que estos no les proporcionan un beneficio directo e inmediato.
- b) Los agricultores desean permanecer por más tiempo en sus parcelas para seguir cultivándolas; generan entonces un conflicto con respecto a los objetivos del Servicio Forestal
- c) La tenencia de la tierra, el diseño de las plantaciones y el tipo de contrato social del sistema no siempre son adecuados a las actividades y deseos del grupo de agricultores correspondiente.

Es conveniente recordar que el uso 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.

### **Sistemas agroforestales simultáneos**

Consiste en la integración simultánea y continua de cultivos anuales y perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería, incluye también huertos caseros mixtos (CATIE, 1986).

En contraste con los sistemas agroforestales secuenciales (con interacción cronológica), en los simultáneos (con interacción directa) los componentes agrícolas y arbóreos se encuentran en el mismo terreno durante toda la duración del sistema (CATIE, 1986).

Las ventajas del uso de los sistemas simultáneos son:

- a) Su objetivo principal es la diversificación de la producción, logrando aumentos en la productividad a través de las interacciones con el componente arbóreo. En esta categoría se encuentran varios sistemas de explotación comercial: las plantaciones de cocoteros, hule o palma en asociación con cultivos, o plantaciones de árboles maderables con cacao.

- b) En estos sistemas son utilizadas especies fijadoras de nitrógeno, como árboles para sombra, lo cual influye sobre las características del ciclo y la magnitud de la tasa de circulación de nutrimentos.

**Efectos de las interacciones.** Generalmente, la competencia tiene un efecto negativo sobre los rendimientos de cultivos individuales; en algunos casos, los monocultivos producen muy buenas cosechas como el maíz y el café, sin embargo, los sistemas agroforestales son preferidos por las siguientes razones:

- 1) Al utilizar prácticas agroforestales, las cosechas de estos cultivos son más consistentes a través de los años.
- 2) La calidad del producto es mejor.
- 3) Al diversificarse la producción, se reducen los riesgos económicos.
- 4) La productividad de cada cultivo puede ser menor que en el monocultivo, pero la producción total por hectárea es mayor.

Los casos típicos de los sistemas agroforestales simultáneos son: árboles en asociación con cultivos perennes; árboles en franjas intercaladas con cultivos anuales; huertos caseros mixtos; y los sistemas agrosilvopastoriles.

### **Árboles en asociación con cultivos perennes**

Son los sistemas de explotación comercial de cocoteros, hule o palma, en asociación con cultivos y las plantaciones de árboles maderables. En el Este de África, es común la producción en estratos múltiples: árboles maderables como *Albizia* y *Grevillea* proveen sombra al café, que se encuentra en combinación con bananos y frijoles (Poulsen, 1979).

La mayoría de los trabajos exitosos se localizan en regiones de suelos fértiles, con buena comunicación y con la infraestructura y los mercados necesarios.

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.

### **Árboles en asociación con cultivos anuales**

Estos sistemas se prestan para especies anuales tolerantes a la sombra. Sin embargo, para ésta misma categoría, para el caso particular de los sistemas de cultivos en callejones se puede utilizar especies que no toleran sombra. En México, Wilquen (1977) menciona el uso de

*Prosopis* sp. y *Leucaena esculenta* en asociaciones con maíz y otras especies. Estos sistemas incluyen cultivos como maíz, frijol, guisantes, soya, maní, en asociaciones con árboles fijadores de nitrógeno.

Este sistema constituye una opción para aumentar la fertilidad de los suelos. Una desventaja es 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, además, se requieren altos costos de mano de obra inicial del establecimiento.

### Huertos caseros mixtos

Como en la agricultura migratoria, los huertos familiares constituyen prácticas agroforestales muy antiguas. Estos sistemas se utilizan para proveer necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas; ocasionalmente, se venden algunos excedentes de producción. Los huertos mixtos se caracterizan por su complejidad, presentando múltiples estratos con gran variedad de árboles, cultivos y, algunas veces, animales. Son sistemas de alta diversidad de especies, con producción durante todo el año, y juegan un papel primordial en suplir los alimentos básicos en el ámbito familiar (Soemarwoto, O. 1987).

El huerto puede producir alimentos y cultivos comerciales, incluidos frutos, nueces, legumbres, fibras, madera, plantas medicinales y ornamentales; cerdos, gallinas, ganado y peces en estanque.

Características sobresalientes de huertos caseros mixtos (Gliessman *et al.*, 1981):

- a) Son sistemas con necesidad de pocos ingresos y capacidad constante de egresos para el consumo.
- b) La necesidad de mano de obra se escalona durante el año y no se concentra en épocas cortas.
- c) Depende más de la mano de obra familiar.
- d) Ecológicamente son sistemas muy parecidos a los naturales, debido a la alta diversidad de especies, captura de la radiación solar, mecanismo de control biológico, ciclos cerrados de nutrimentos, uso eficiente del espacio y alto grado de estabilidad.
- e) Económicamente son sistemas con gran resistencia a la fluctuación e inseguridad del mercado, debido a sus productos diversificados.
- f) En los huertos caseros, la producción por unidad de superficie es muy elevada (Hoekstra, 1985; citado por CATIE, 1986). Dichos huertos pueden ser muy independientes de insumos externos. El tamaño reducido, la relativa escasa inversión en términos de insumos, mano de obra y la productividad, son las ventajas económicas más

sobresalientes. Algunos ejemplos de huertos caseros mixtos en América Tropical son las chinampas en México, en los Estados de Tabasco y Veracruz que incluyen campos levantados en áreas pantanosas, donde se utiliza el lodo para construir y fertilizar las zonas altas (Gliessman *et al.*, 1981).

### Sistemas silvopastoriles

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 como complemento a la agricultura de subsistencia.

Algunas interacciones entre los componentes del sistema:

- 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 árboles y otras plantas asociadas.
- 3) Las preferencias alimenticias de los animales pueden afectar la composición del bosque.
- 4) Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales (sombra).
- 5) Los animales participan en la diseminación de las semillas, lo cual favorece la germinación.

Desde el punto de vista ecológico, el uso de árboles (leguminosas) puede contribuir a mejorar la productividad y la sostenibilidad mediante un aumento en el rendimiento del pasto asociado o a través de la alimentación de los animales, que comen fruta y follaje de los árboles.

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 la diversificación de la producción.

Algunos ejemplos de especies forestales en los sistemas silvopastoriles son: *Gliricidia sepium*, puede soportar periodos de sequía, que además de forraje para los animales puede proporcionar madera, leña, etc.; *Leucaena leucocephala*, también es una especie de propósito múltiple, una de sus desventajas es que su productividad es baja en suelos ácidos, se han producido 11 a 14 toneladas de forraje y de 9 a 10 toneladas de tallos por hectárea, en plantaciones densas; y de *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina berteroana* se pueden obtener leña, frutos, forraje y madera.

### 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, se deja en pie los árboles valiosos tales como: Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Laurel (*Cordia alliodora*), Guayaba (*Psidium guajava*), etc. De esa manera, los árboles que quedan en la parcela son utilizados para sombra y refugio del ganado, además se aprovecha la leña.

### Pastoreo en plantaciones forestales y frutales

Puede ser en plantaciones de árboles de leña, maderables 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.

Puntos que se deben 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 la alelopatía (plantación de *Eucalyptus* spp.) o de un cambio del pH del suelo (plantaciones de *Pinus* spp.) pueden 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 (CATIE, 1986).

### 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 al ganado, se han desarrollado las cortinas rompevientos y los cercos vivos, que se describen en forma sintetizada de la siguiente manera.

### Cercos vivos

La práctica de usar postes vivos para pegar alambre de púas es muy extensa en toda la América tropical. Los cercos vivos se encuentran en varios países de Latinoamérica y del Caribe. Este sistema se practica desde el nivel del mar hasta las tierras altas (2,500 msnm). Las especies que se usan varían con las condiciones ecológicas; por esta razón, los cercos vivos hacen parte de los paisajes desde los más secos hasta los más húmedos.

De acuerdo con Budowski (1987) el establecimiento consiste en plantar estacas grandes (2.5 m de largo y de 8 a 20 cm de diámetro). Además de soportar los alambres los postes proporcionan: leñas, alimentos, y actúan como rompevientos y protector de la parcela contra los depredadores.

### Cortinas rompevientos

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

EL área protegida es más grande cuando la cortina es un poco permeable y también si son repetidas a lo largo del terreno. Un factor muy importante en el diseño de las cortinas rompevientos es la orientación. Los árboles deben establecerse en forma perpendicular a la dirección dominante del viento.

### Potencial de la Agroforestería en México

Después de la revisión de la definición, importancia, y descripción de algunas de las técnicas agroforestales más comunes en el mundo, cabe preguntar. ¿Cuál es el potencial de la agroforestería en México?. Para abordar este tema se recurrirá a algunos ejemplos que se están aplicando con éxito en la región tropical de Puebla, Veracruz y en la Península de Yucatán y que han sido abordados por grupos de investigación de la División de Ciencias Forestales y del Programa de Maestría en Agroforestería de la Universidad Autónoma Chapingo; y del Programa Nacional de Investigación sobre Sistemas Agroforestales del INIFAP.

### Plantaciones de Cedro y Caoba en Calakmul, Campeche (Sosa Jarquín, 1997).

Este caso es un trabajo realizado en el Área de Bosque Modelo al Este de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, con el objetivo de evaluar el desarrollo de plantaciones de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King), en Sistemas Agroforestales, mediante la obtención de variables dasométricas y sobrevivencia, identificando las mejores condiciones de crecimiento en diferentes tipos de suelo y bajo diferentes tipos de manejo.

Los resultados más sobresalientes indican que el cedro, a la edad de 5 años presentan una altura de 5.40 m, bajo manejo mediano en suelo Pus-lu'um; y un diámetro de 8.73 cm en suelo Pus-lu'um bajo un manejo bueno. En caoba, se obtuvieron los mejores resultados en altura a la edad de 5 años, con

5.0 m bajo manejo bueno en suelo Ya'ax-hom; y un diámetro de 6.99 cm con manejo bueno en suelo Ya'ax-hom.

### **Plantaciones de Cedro rojo, Primavera y Nogal en Catemaco, Veracruz (Rojas Morales, 1995).**

El estudio enfoca la factibilidad financiera de un proyecto de una plantación comercial de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en sistema agroforestal en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, en un proyecto que abarca una superficie de 532 hectáreas, financiado por FIRA-Banrural y beneficia a 270 productores de bajos ingresos, que combinan la plantación con cultivos agrícolas tradicionales.

La experiencia, después de 22 meses, indica una buena adaptación y crecimiento del cedro rojo, los tratamientos silviculturales propuestos son bien aceptados y adecuados a la especie. Financieramente, el programa es rentable y acarrea beneficios adicionales, como control de la erosión, regulación de la infiltración del agua, estabilidad social por la creación de empleo, y mejoramiento general del ambiente.

### **Evaluación de los factores que influyen en el crecimiento del Cedro rojo (Martínez Domínguez, 1999).**

El trabajo se realizó en Los Tuxtlas, Veracruz, México, con el objetivo de evaluar los factores que influyen en el crecimiento del cedro rojo. Mediante un muestreo dirigido en las plantaciones se tomaron datos de alturas, diámetros, edad, sus características, factores ambientales y de manejo; al manejo, se le clasificó en: bueno, regular y malo.

Se realizaron análisis de comparación de las dimensiones de los cedros en función de factores ambientales y de manejo. Los factores que influyen en el crecimiento del arbolado son: la sombra, el ataque del barrenador, la topografía y la exposición; así como el tipo de manejo, el cual está dado por las actividades del productor, entre éstas son: regulación de sombra, control de plagas y malezas, entre otras. Se determinó que los cedros a pleno sol, sanos y en sitios planos, son superiores a los que tienen sombra, ataque de barrenador y de topografía accidentada.

### **Evaluación económica y financiera de plantación de Primavera en pastizales de Chiapas (Nava Rojas, 1995).**

En el Estado de Chiapas, se desmontaron anualmente 50,000 ha para destinarlas a usos agrícolas y ganaderos, este sistema mantiene bajo diferentes grados de perturbación alrededor de 500,000 ha; superficie en la que se practica una agricultura y ganadería de tipo extensivo, y que es susceptible de aprovecharse mediante plantaciones forestales comerciales.

El estudio se ubica dentro de las estrategias

generadas por el FIRA para el fomento a las plantaciones forestales, el cual contiene antecedentes sobre la actividad forestal en el Estado de Chiapas, paquetes tecnológicos relacionados con la producción de planta en vivero y establecimiento y manejo de primavera (*Roseodendron donell-smithii*); modelos de inversión que se pretende pudieran ser reproducibles a diferentes escalas.

El modelo propuesto tiene una superficie de 10 hectáreas contemplado para las regiones del Soconusco, Centro y La Fraylesca. El análisis comprendió 2 modalidades: primavera en monocultivo y primavera-maíz; los mejores resultados se observaron en este último, con una rentabilidad de 27.9 %, con una mejor distribución de los ingresos durante la vida del proyecto.

### **Árboles de sombra de Bracatinga en cafetales de Zihuateutla, Puebla (Cervantes Carrillo et al., 1995).**

El estudio estimó y analizó la rentabilidad del Sistema Agroforestal café-bracatinga (*Mimosa scabrella*) en la región de Zihuateutla, Puebla mediante los indicadores de rentabilidad financiera, Valor Actual Neto (VAN), Relación Beneficio-Costo (R B/C) y Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), con un horizonte de planeación de 6 años y una tasa de descuento igual al 6 %.

Los valores de los indicadores de rentabilidad obtenidos para el SAF fueron: VAN = N\$ 70 436, R B/C = 2.48 y TIR = 87.84 %. Se demostró, que el sistema de producción es rentable, y que la Bracatinga, es el elemento que da más apoyo, por sus bajos costos de producción y altos beneficios.

### **Caracterización Agronómica y Evaluación Socioeconómica del Sistema Tradicional Agroforestal café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz (Uribe Gómez, 1999).**

El objetivo fundamental de esta investigación fue el de contribuir al conocimiento integral de los sistemas de producción agroforestal. El estudio comprende la caracterización del sistema tradicional agroforestal café-plátano-cítricos, en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, a través del análisis del comportamiento de sus componentes, su estructura y función, así como una evaluación financiera que permitió conocer su factibilidad económica.

El desarrollo del presente trabajo se dividió en cuatro etapas. En la primera se elaboró una guía semiestructurada para obtener la información mediante entrevistas directas con los productores. La segunda etapa consistió en visitar en el campo diez fincas representativas de la región y entrevistarse con sus respectivos propietarios. En la tercera etapa se aplicaron 45 cuestionarios a productores en cuyas

fincas conservan el sistema tradicional agroforestal café-plátano-cítricos. Finalmente, en la cuarta etapa se analizó y discutió la información obtenida en la fase de campo bajo los criterios establecidos por el ICRAF (Torquebiau, 1993).

Los resultados indican que el sistema tradicional agroforestal café-plátano-cítricos es complejo y dinámico con una arquitectura vegetal propia y complicados flujos de energía y nutrientes, tiene una estructura productiva diversificada con café, plátano y cítricos, y presenta una gran flexibilidad de manejo de sus componentes a través del tiempo, así como una enorme riqueza social y cultural. El sistema tradicional agroforestal de plantaciones en asociación es una alternativa financieramente viable para el pequeño productor con menor riesgo, aunque implica mayor gestión administrativa y necesidad de mano de obra.

### **Cultivo en callejones de frijol de árbol con maíz en Ixtacuaco, Veracruz (Morán Valente, 1999).**

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agroforestal Ixtacuaco, Martínez de la Torre, Veracruz, con el propósito de contribuir en el diseño y manejo apropiado de la tecnología de cultivo en callejones entre el frijol de árbol (*Cajanus cajan* (L) Millspaugh) y el maíz (*Zea mays* L.).

Los resultados de rendimiento de grano de maíz, para los tres genotipos en el tratamiento de poda e incorporación de biomasa fueron: 1,878, 1,592 y 1,432 kg·ha<sup>-1</sup> de criollo, híbrido y variedad, respectivamente; resultados seguidos por el tratamiento control con 1,508, 1,625 y 1,239 kg·ha<sup>-1</sup> en el mismo orden; los rendimientos obtenidos en el tratamiento sin poda fueron los más bajos de todo el experimento para el criollo 1,116, híbrido 1,447 y variedad 1,206 kg·ha<sup>-1</sup>. Mientras que para el frijol de árbol se obtuvieron 758, 896 y 1,586 kg·ha<sup>-1</sup> en los tratamientos con poda, sin poda y control, respectivamente. Si se suma la producción total de grano de ambas especies en el tratamiento de manejo con poda el maíz criollo resulta mejor en un 10.8 % con respecto al híbrido y en 16.9 % con respecto a la variedad. Mientras que el genotipo de maíz híbrido en el tratamiento de manejo sin poda resulta ser el más productivo en un 10.3 % con respecto a la variedad y en un 14.2 % con respecto al criollo.

Por otro lado, el contenido de materia orgánica se elevó en un 12 % en el tratamiento de poda en 10 meses y en tan sólo 1 % en el tratamiento sin poda en el mismo periodo: el pH dejó de ser muy ácido (4.93) y pasó a ser ácido (5.78) elevándose en 0.85 unidades en el tratamiento con poda mientras que sin ella se incrementó en 0.73 unidades pues pasó de 5.21 antes del ensayo (enero) a 5.94 al término del mismo (noviembre). Finalmente, para el Nitrógeno total ocurrió un incremento de 14.1 % con el manejo de poda y de un 6 % en el manejo sin la poda en el mismo periodo. Estos resultados indican el efecto favorable que tuvo el manejo de las calles del intercultivo con el tratamiento de poda a pesar del ambiente adverso que se presentó durante el experimento.

## **Alimentación de peces y conejos con follaje de leguminosas arbóreas**

### **Alimentación de peces (Cano Salgado, 1999).**

Con la finalidad de evaluar la harina de hoja de 3 leguminosas arbóreas como sustitutos de harina de pescado en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) se comparó una dieta testigo (T) con solo harina de pescado como fuente de proteína, contra dos niveles de sustitución (10 y 15 %) de proteína de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. No existieron diferencias significativas entre los pesos finales y la sobrevivencia fue alta mayor al 85 % en todos los tratamientos, infiriéndose que no existieron compuestos tóxicos en la harina de hoja de las tres leguminosas arbóreas para los peces, con los niveles de inclusión empleados.

También, se evaluó la aceptación y el consumo de la hoja tratada y deshidratada de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. No se reportaron diferencias significativas entre los pesos finales de los peces alimentados con los tres tipos de hojas. La sobrevivencia fue alta (>90 %); deduciéndose que no existen factores antinutricionales en las hojas de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Se concluye que la harina de hoja de *Gliricidia sepium* fue la que mayor ganancia de peso reportó en peces.

### **Alimentación de conejos (Escobar Hernández, 1999)**

Por otra parte, se ha probado una tecnología silvopastoril para la producción de conejos, usando forrajes de leguminosas de cobertura con:

100 % Alimento comercial (control).

50 % Alimento comercial y acceso libre de forraje de *Canavalia - Guazuma*

50 % Alimento comercial y acceso libre de forraje de *Mucuna - Cajanus*

50 % Alimento comercial y acceso libre de forraje de *Crotalaria - Erythrina*

50 % Alimento comercial y acceso libre de forraje de *Gliricidia - Panicum*.

Los resultados encontrados en esta experiencia son: el efecto de cada una de las raciones, sobre las razas de conejos no mostraron diferencias significativas, tanto en la fase a primera monta como a 186 días; así mismo, el efecto de la ración control mostró diferencias significativas con el resto de las raciones, tanto en consumo, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, en cada una de las fases.

Los resultados sobresalientes de esta tecnología sil-



vopastoril para la producción de conejos usando forraje de diferentes especies de leguminosas, permiten recomendar esta opción agroforestal, ya que contribuye al uso eficiente de los recursos naturales, a la seguridad nutricional y a la generación de ingresos para las familias de recursos limitados.

### **Manejo de bancos de proteína de Coccoite (Heredia Vargas, 1999).**

Se evaluó la producción de biomasa de Coccoite (*Gliricidia sepium*) bajo dos alturas de poda (50 y 100 cm) y a cuatro intervalos (4, 8, 12 y 24 semanas) en una plantación establecida en la Estación Experimental de Agroforestería Ixtacuaco, Veracruz.

Los resultados del estudio mostraron que la frecuencia de las podas influye significativamente tanto en la producción total de la materia, como en la de hojas, pero no en la composición de tallos. La frecuencia de poda de 8 semanas registró la producción más alta de biomasa con  $8.782 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El cultivo con la menor cantidad de biomasa de  $0.931 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  fue obtenido con una frecuencia de cuatro semanas de poda. Los resultados del este estudio proporcionan una base científica de regímenes de manejo adecuados para cosechar la producción óptima de biomasa de Coccoite bajo condiciones tropicales. La información cuantitativa proporciona una importante guía para el diseño y manejo de la tecnología agroforestal de los bancos de proteína para la alimentación de rumiantes bajo condiciones biofísicas similares.

### **Evaluación de balance de nutrientes (Malagón Manrique, 1999)**

Con el propósito de determinar la mejor opción de inversión económica, para un agroecosistema localizado en Las Choapas, Veracruz, se evaluaron las alternativas ganadería extensiva, plantación forestal de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), un sistema silvopastoril (Eucalipto con inclusión de ganado de engorda). La metodología consideró el análisis del balance de nutrientes, flujos energéticos, análisis financiero y análisis económico (con la inclusión de las externalidades captura de carbono, nutrientes minerales y compactación del suelo).

Los resultados mostraron balances negativos de nutrientes minerales para todas las opciones especialmente con el Ca, el P, el K y el Mg. Para los flujos energéticos, el rendimiento global presentó un valor de 119.01 para la plantación, seguida del sistema silvopastoril 116.11 y finalmente la ganadería 114.02. Con respecto al análisis financiero y económico ambos presentaron al sistema silvopastoril como la mejor opción, concluyéndose que la mejor opción de inversión corresponde al sistema silvopastoril.

### **Estudio de huertos caseros en la región de Martínez de la Torre, Veracruz (Arévalo Vizcaíno, 1999)**

Este estudio se realizó en la comunidad La Palmilla, Tlapacoyan, Veracruz, México, para evaluar el potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, para lo cual se utilizó una metodología multidisciplinaria. Se seleccionaron descriptores, se formularon hipótesis respecto a la base de recursos, al manejo del sistema, a su eficiencia y al impacto en el medio ambiente y, se identificaron indicadores de sostenibilidad para comprobar las hipótesis. Finalmente se caracterizan y analizan los huertos caseros, en su estructura y funciones, dinámica y manejo, productividad, adoptabilidad y sostenibilidad.

Los huertos caseros conservan una alta biodiversidad, mantienen la fertilidad del suelo, demandan insumos internos y externos en una relación de 1 a 3 y 510 días/ha/año de mano de obra familiar, distribuida en forma más o menos uniforme y flexible a lo largo del año; producen para la venta y el autoconsumo 24 toneladas de 23 productos, especialmente frutales; aportan con 22 productos de origen vegetal y tres de origen animal a la calidad y diversidad de la dieta; conservan  $50.12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de C en la biomasa y en el suelo, abastecen el 30 % de las necesidades de leña de las familias y sirven de refugio a 10 especies de fauna silvestre.

Los huertos caseros combinan objetivos de conservación y producción, principalmente de alimentos, manteniendo las condiciones ecológicas y socioeconómicas básicas para alcanzar la sostenibilidad. Se proponen acciones de investigación y desarrollo para mejorarlos.

### **Propuesta de Desarrollo de las Áreas Verdes en el municipio de La Paz, Estado de México (Las Áreas Verdes como estrategia de desarrollo en asentamientos humanos) (Elgueta Miranda, 1999).**

Con la finalidad de caracterizar el estado de desarrollo de las áreas verdes en los asentamientos humanos, se realizó un estudio de carácter exploratorio en investigación participativa. Se llevaron a cabo dos fases, la primera fue teórica, basada en la revisión de fuentes secundarias, y la segunda, la aplicación práctica del estudio de caso en el municipio de La Paz. Con fundamento en los resultados obtenidos en esta investigación, se generó una propuesta opcional de intervención en el desarrollo de las áreas verdes y en específico del municipio de La Paz.

Del estudio se concluye que la agroforestería urbana aporta opciones de respuesta a las necesidades y problemas de la ciudad, donde las áreas verdes cumplen un rol ambiental, por la estrecha relación con el estado de salud de los seres humanos, un rol socio-económico porque permite una mejor calidad de vida y la posibilidad de recreación y esparcimiento, así como la obtención de bienes y servicios. Al mismo tiempo quedan planteadas dos interrogantes, la disfunción del poder político con la resolución técnica, y la segunda en el ámbito de resolución de proble-

mas técnicos donde se plantea un manejo de variables físico-mecánicas o bióticas.

## CONCLUSIÓN

Todos los casos analizados, a pesar de no ser exhaustivos han demostrado la factibilidad técnica y económica de la utilización de varios sistemas, entre ellos: taungya, cultivo en callejones, silvoacuacultura, silvocunicultura, bancos de proteína, agroforestería urbana, huertos caseros; han demostrado los beneficios de la inclusión de los árboles o sus productos en los sistemas de producción agropecuaria de los productores de la región, además de otros beneficios sociales y ambientales de su utilización, en una parte de la región tropical de Puebla y Veracruz. Los resultados anteriores son alentadores, y hace pensar que es posible marchar por el camino de la adopción de los sistemas agroforestales en México, como una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano.

## LITERATURA CITADA

- ARÉVALO VIZCAÍNO, V. P. 1999. Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis de Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 109 p.
- BUDOWSKI, G. 1987. Living fence in tropical America, a widespread agroforestry practice. In: H.L. Gholz (Ed). Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Martinus Nijhoff publishers and ICRAF. 31-45 p. Dordrecht, the Netherlands. pp.169-178.
- CANO SALGADO, M.P. 1999. Silvoacuacultura para el Trópico Húmedo. Alimentación de tilapia con 3 leguminosas arbóreas en Ixtacuaco, Veracruz. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.
- CATIE. 1986. Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos. San José, Costa Rica. 818 p.
- CERVANTES CARRILLO, O.; ZAMUDIO SÁNCHEZ, F.; SERRANO GÁLVEZ, E.; MUSÁLEM, M.A; TORRES PÉREZ, J. A. 1998. Evaluación financiera de un sistema agroforestal en la Región de Zihuateutla, Puebla. In MUSÁLEM, M. A. Curso de Sistemas Agrosilvopastoriles. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp.1-10.
- ELGUETA MIRANDA, J.R. 1999. Propuesta de Desarrollo de las Áreas Verdes en el municipio de la Paz, Estado de México. (Las Áreas Verdes como estrategia de desarrollo en asentamientos humanos). Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 168 p.
- ESCOBAR HERNÁNDEZ, R. 1999. Diseño y manejo de una tecnología silvopastoril (producción de conejo, con forraje de leguminosas), para pequeños productores en el trópico. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 154 p.
- GLIESSMAN *et al.* 1981. Ancient Raised-field agriculture in the Maya lowlands of Southern Mexico. Canberra, Australia.
- HEREDIA VARGAS, M. 1999. Producción de biomasa en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Bajo diferentes regímenes de manejo. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 p.
- HUXLEY, P.A (Ed.) 1983. The tree crop interface. In: Methodology for the Exploration and assessment of multipurpose trees. Section four, part 4D. 1-39 p. ICRAF, Commonwealth Forestry Institute and the Board of Science and Technology for International Development (BOSTID).
- MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ, M. P. 1999. Evaluación de los factores que influyen en el crecimiento del cedro rojo *Cedrela odorata* L. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 151 p.
- MALAGÓN MANRIQUE, R. 1999. Balance de nutrientes, flujos energéticos y valoración económica de las opciones pastoril, silvícola y Silvopastoril, en las Choapas, Veracruz. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 165 p.
- MORAN VALENTE, M.A. 1999. Cultivo en callejones con frijol de árbol [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] y maíz (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo del estado de Veracruz: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo. Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 139 p.
- NAIR, P.K.R 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems.3: 07-128. Martinus Nijhoff publishers. The Netherlands.
- NAVA ROJAS, H. 1995. Propuesta de un modelo agrosilvícola, plantación de primavera (*Roseodendron donnell-smithii*) en el Estado de Chiapas. Tesis de ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 72 p.
- POULSEN. 1979. Integrating agriculture and forestry. Perth, Australia. 238 p.
- ROJAS MORALES, G. 1995. Análisis de factibilidad financiera de una plantación comercial de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en sistemas agroforestales en los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 130 p.
- SOSA JARQUÍN, L. 1997. Evaluación de plantaciones de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King) en sistemas agroforestales en el área de bosque modelo, al este de la reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 106 p.
- SOEMARWOTO, O. 1987. Home gardens: a traditional agroforestry system with a promising future. in: H.A Stepler and P.K.R Nair. (Ed.) pp.157-170.
- TORQUEBAU, E. 1990. Los conceptos de la agroforestería: Una introducción. ICRAF, Nairobi, Kenya. 45 p.
- URIBE GOMEZ, M. 1999. Caracterización Agronómica y Evaluación Socioeconómica del Sistema Tradicional Agroforestal café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. . Tesis de Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 179 p.
- WILQUEN. 1977. Agroforestry: Classification and management. New York. 382 p.
- YOUNG, A. 1989. El potencial de la Agroforestería para el uso sostenible del suelo. Agroforestry today. Vol. 1: No.1 13-16.