

## INTERACCIONES EN SISTEMAS AGROFORESTALES HOMBRE-ARBOL-CULTIVO-ANIMAL

R. Borel\*

### RESUMEN

Tomando el Programa de Sistemas Agroforestales (PSAF) del CATIE como estudio de caso, se analizan los avances logrados en la investigación de las principales interacciones identificadas en los sistemas agroforestales. Para cada una de ellas se determina su potencial para provocar impactos significativos en los sistemas existentes. Entre los sistemas considerados como prioritarios en el área de mandato de CATIE se encuentran: las cercas vivas y cortinas rompevientos, los sistemas silvopastoriles en sus dos modalidades de pastoreo en bosques y árboles en pastizales, los sistemas agroforestales en cultivos perennes, (principalmente *Coffea* y *Theobroma cacao*), cultivos en callejones y barbechos enriquecidos. Los aspectos "biológicos" de los sistemas agroforestales que merecen mayor atención son: el manejo de especies agroforestales, el manejo del ciclaje de nutrientes en sistemas agrícolas, el desarrollo de sistemas silvopastoriles estables y la determinación del potencial de intervenciones agroforestales para la conservación de suelos en manejo de cuencas hidrográficas. El análisis de las principales interacciones que involucran al hombre hace resaltar la necesidad de reforzar

---

\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE), Turrialba Costa Rica. Actualmente: Universidad para La Paz, San José, Costa Rica.

considerablemente los estudios socio-antropológicos para el diseño de alternativas mejoradas.

## INTRODUCCION

La aparición relativamente reciente de los sistemas agroforestales en el medio científico, y la variedad inmensa de incógnitas por resolver, hacen relativamente difícil la priorización de las actividades de investigación, y su concatenación hacia la elaboración de productos utilizables para los productores agrícolas. El problema consiste entonces en discernir las interrogantes fundamentales realmente críticas, y en encauzar de manera eficiente sus resultados hacia proyectos de índole más aplicada.

Este documento analizará el Programa de Sistemas Agroforestales (PSAF) del CATIE como un estudio de caso, asumiendo sin embargo que la problemática percibida sea relevante para varios programas similares o futuros en América Latina.

Los objetivos de investigación del Programa de Sistemas Agroforestales se han definido en la forma siguiente:

- determinar en qué circunstancias resulta ventajoso el uso de sistemas agroforestales, y
- desarrollar sistemas mejorados para áreas específicas de la región de mandato.

Los principales pasos de la metodología de PSAF aparecen en la Figura 1. Los sistemas agroforestales existentes forman el punto de partida del desarrollo de nuevos sistemas, de tal modo que el primer tipo de actividades se relaciona con la caracterización de los sistemas y prácticas tradicionales. Con base en los resultados de la fase anterior se inicia la investigación de apoyo sobre aspectos específicos de manejo de especies y asociaciones. El diseño y la evaluación de sistemas mejorados se basan en los resultados de las fases anteriores para desarrollar alternativas que pueden ser utilizadas por los servicios de extensión, y servir de base para futuros proyectos de desarrollo (28).

Las prioridades para sistemas importantes se han establecido (Cuadro 1) con base en su importancia en la zona de mandato de CATIE, así como en los conocimientos ya adquiridos por el PSAF, los que le dan cierta ventaja comparativa para resolver algunos problemas en el plazo de los 10 próximos años.

Dentro de estos sistemas, las necesidades específicas de investigación deben ser definidas. Para ese propósito, el discernimiento de los sistemas en las principales interacciones que los controlan puede ser un hilo conductor. La tarea, que será parcialmente desarrollada en este trabajo, consiste en reducir los sistemas a sus interacciones más significativas (o sea las que presentan el mayor potencial de intervención eficaz). Una vez convenientemente seleccionadas, estas pueden contribuir al entendimiento del sistema como un todo y a la solución de algunos problemas del mismo. Este procedimiento, que a primera vista puede parecer simplista, debe ser entendido como una de las herramientas de priorización, o sea una forma de concentrar los esfuerzos en las actividades que resulten más provechosas, sin ignorar otros aspectos críticos de los sistemas agroforestales, pero cuya importancia práctica tal vez no sea tan marcada. Debe quedar claro asimismo que la priorización definitiva se hace en diferentes instancias, comenzando por la política, las que pueden generar conflictos. Es importante que los investigadores sepan apreciar los puntos de vista de esas diferentes instancias, e incorporarlos en su definición de prioridades. En otras palabras, el problema biológico en sí no justifica una alta prioridad, si no está complementado por problemas de naturaleza socioeconómica, de mayor jerarquía.

**Cuadro 1. Sistemas agroforestales prioritarios para el Programa de Sistemas Agroforestales del CATIE**

- 
- cercas vivas, barreras rompevientos
  - sistemas silvopastoriles (árboles en pastizales, pastoreo en bosques)
  - cultivos industriales con árboles de uso múltiple
  - barbecho con árboles
  - cultivo en callejones
- 

**IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES PARA LA INVESTIGACION DE SISTEMAS AGROFORESTALES**

En la búsqueda de sistemas agroforestales mejorados, lo que se persigue es la satisfacción de necesidades básicas del productor (21). Estas necesidades pueden exigir en forma *inmediata* la producción de bienes y servicios, o a más *largo plazo* la adopción de técnicas sostenibles de producción, para que el productor pueda obtener, por un tiempo indefinido, las mismas (o más) satisfacciones a sus necesidades en la misma unidad de terreno. La hipótesis subyacente en la investigación sobre sistemas agroforestales es que el manejo, la producción y la utilización de los

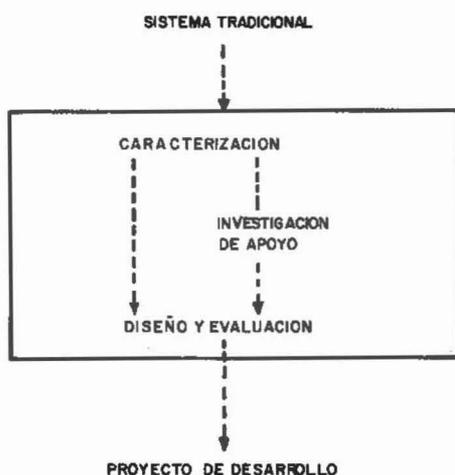


Fig.1. Metodología del programa de sistemas agroforestales (PSAF), CATIE

árboles *en presencia* de los otros componentes del sistema satisface parte de estas necesidades a corto y a largo plazo. Por esa razón, una altísima proporción de la investigación agroforestal, en su parte "biológica", se centra en el estudio de las siguientes *interacciones*:

- efectos de los animales y cultivos sobre los árboles,
- efectos los árboles sobre los animales y cultivos (incluyendo pastos).

La aplicación y el desarrollo de los sistemas agroforestales no se sitúa solamente en el nivel biológico, sino que abarca al productor y a su entorno, de tal modo que se deben identificar también otras interacciones en niveles jerárquicos superiores (19). En efecto los sistemas agroforestales pertenecen a una *jerarquía* de sistemas, cada cual siendo un componente del eslabón superior (Fig. 2). Es así como el sistema de *finca* es un componente del sistema *regional*, en el cual se sitúan también los elementos del medio físico-biológico, social, político y macro-económico. Estos forman el entorno del sistema de finca. Dentro de este se reconocen los componentes *familiar*, tan importante en todo lo que atañe al uso de la mano de obra, motivaciones, preferencias, problemas etc. Los sistemas de la finca también incluyen *agroecosistemas* de finca o combinaciones agroforestales (*Coffea* spp.-*Erythrina poeppigiana*, pastoreo en bosques, huertos caseros etc.) en las que se pretende intervenir. Dentro de estas se reconocen a su vez los *componentes físico-biológicos* de los sistemas agroforestales: árbol, cultivo, animal, suelo, plagas, etc.

Para utilizar los instrumentos de investigación apropiados, es preciso identificar en cuál nivel, o entre cuáles niveles se ubica la interacción que se está investigando ya que, de acuerdo a ese criterio, varía la importancia de interacciones en las que interviene el hombre. Como resultado, se pueden diferenciar en forma amplia dos niveles principales de estudio e intervención (Cuadro 2). El primero, de naturaleza biológica, enfocado hacia las interacciones más simples entre los componentes del sistema, y el otro que incluye al hombre, y enfatiza aspectos políticos, sociales y económicos en una visión de aplicación y desarrollo.

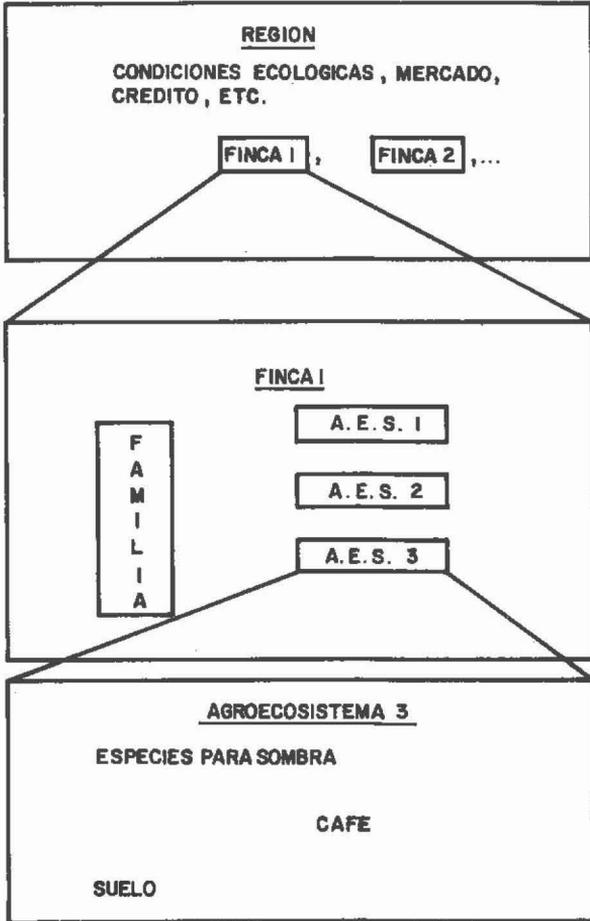


Fig. 2. Jerarquía de sistemas (adaptado de Hart)

**Cuadro 2. Tipo de interacciones de acuerdo con el nivel de estudio**

Nivel de estudio	Tipo de investigación	Tipo de interacciones
Componente	Investigación de apoyo (biológica o ecológica)	Efectos de: los árboles sobre los cultivos, los cultivos sobre los árboles, los árboles sobre los animales y los animales sobre los árboles.
Agroecosistema Región	Aplicación y desarrollo Caracterización, diseño evaluación de sistemas de acuerdo a las necesidades del agricultor  (cultivo+árbol)	Efectos de: el hombre sobre, el árbol, el árbol sobre el hombre, el hombre sobre (cultivo+árbol),  sobre el hombre, sobre hombre sobre (árbol+animal) y (árbol + animal) sobre el hombre.

### **ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES INTERACCIONES EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES**

En el análisis que sigue, se intentará dividir los sistemas agroforestales en sus principales interacciones (Cuadro 2). Para cada una de ellas se analizarán los siguientes aspectos: a) en qué consiste la interacción, b) en qué el PSAF ha contribuido para su conocimiento, c) qué se ha logrado en la aplicación de los resultados, sea en programas de extensión o bien a nivel de fincas prototipo, d) cuál es el potencial de lograr algo significativo en el futuro y para algunas de ellas, y e) qué prioridad se le puede dar.

## Efectos de los árboles sobre los animales

Estos efectos operan directamente por medio de la nutrición de los animales, por consumo de hojas o de frutos, o bien de cambios microclimáticos, e indirectamente por medio de modificaciones de la capacidad de carga del pasto asociado.

### *Consumo de follaje*

Se han obtenido resultados muy alentadores sobre el uso de follaje de árboles locales como sustitución de concentrados comprados (6), lo que ha abierto el camino para una prueba de esta tecnología en fincas en Acosta-Puriscal, Costa Rica, para la alimentación de cabras lecheras, en parte con forraje cortado de árboles de sombra de cafetales y de cercos vivos (4). Se reconoce un gran potencial en el uso de postes en cercas vivas en América Central como un medio de producir directamente alimento para rumiantes, así como de la producción de concentrados, a pesar de algunos problemas con sustancias "anticualitativas" (10). Por lo tanto, una ampliación de estos trabajos deberá tener una alta prioridad.

### *Consumo de frutos*

Se ha demostrado un alto consumo estacional de frutas de *Psidium guajava* por bovinos de pastoreo, probablemente en sustitución del consumo de pasto (36). En grandes áreas del trópico seco en América Central, se conoce que el ganado consume frutas de varias especies, pero se desconoce si estos aportes tienen una importancia más que marginal. Posiblemente los modelos desarrollados para *P. guajava* pudieran ser adaptados a estas otras especies, pero parece que el potencial de mejorar sustantivamente los sistemas en esta línea es reducido.

### *Modificación del microambiente*

A pesar de que la práctica de dejar algunos árboles de sombra en los pastizales del trópico seco es muy difundida, y que abunda la información empírica sobre el uso de la sombra por el ganado, no se ha trabajado este punto en forma experimental. En las zonas de altura, afectadas por fuertes vientos estacionales, se usan cortinas rompeviento de *Cupressus lusitanica* (16), pero no se ha dilucidado si su efecto es sobre los animales o indirectamente sobre los pastizales. Prácticamente se ve poca posibilidad de mejorar la práctica tradicional por medio de la investigación, sin embargo existe un buen potencial de transferencia de esas prácticas a otras áreas similares.

## *Cambios en la capacidad de carga animal*

Aunque abunda la información experimental indirecta (productividad del pasto) (7, 30, 31, 37), no hay información directa. De nuevo, el uso muy difundido de cortinas rompeviento en zonas de altura, y su efecto sobre el crecimiento del pasto hablan a favor de esa práctica. Con base en la evidencia experimental actual, se ve en el futuro un gran potencial de ciertas especies fijadoras de nitrógeno para incrementar la productividad y la sostenibilidad de sistemas extensivos de pastoreo en el trópico bajo (11). Es probable que las raíces finas de árboles podados frecuentemente, al morir y descomponerse después de las podas, permitan una mejor infiltración del agua y contribuyan a reducir la compactación del suelo en pastizales (13). Tiene una alta prioridad el trabajo futuro en este tópico.

## **Efectos de los animales sobre los árboles**

Como en el caso anterior, se reconocen efectos directos como el daño mecánico (incluyendo la destrucción de plantitas) y el pastoreo o ramoneo, y los indirectos sobre la capacidad de regeneración de los árboles, por medio de la diseminación de semillas en las heces, de la reducción de combustible que alimenta incendios forestales y de la compactación del suelo.

### *Daño mecánico*

Los animales de pastoreo causan más daño a árboles jóvenes (32), pero no hay trabajos experimentales al respecto en nuestra región. De acuerdo con la especie de árbol, las plantitas de regeneración natural pueden o no ser consumidas por el ganado, que puede de esta forma impedir o reducir la renovación de los rodales. En rodales de *P. guajava*, los efectos relativos del pastoreo y del combate mecánico o químico de malezas deben ser separados (38). En plantaciones de *Alnus acuminata* se protegen las plantas jóvenes con estructuras especiales, a un costo elevado (12). Para sustentar el futuro establecimiento de árboles leguminosos en pastizales (aún aquellos establecidos por estacas) es una necesidad encontrar métodos eficaces de protección de plantaciones nuevas.

### *Ramoneo*

Este efecto ha sido muy bien trabajado en otros ecosistemas, pero casi no ha recibido atención en América Central. Hay experimentos en curso sobre la persistencia de *Erythrina* spp. con pastoreo de cabras, sin

embargo quedan aún por resolver los principales problemas metodológicos. La importancia del manejo del ramoneo y sus ventajas como una manera simple de usar los árboles leguminosos en pastizales, justifican que se le de una alta prioridad a los estudios de ramoneo.

### *Dispersión de semillas*

Mediciones en rodales de *P. guajava* demuestran que el ganado juega un papel preponderante en la dispersión de las semillas, principalmente al dar las condiciones apropiadas para su germinación (36). Estos trabajos no han desembocado todavía en aplicaciones prácticas, aunque se han preparado modelos de simulación, eventualmente aplicables a otras especies. Hipotéticamente se podría pensar en la utilización de ganado, con acceso a las semillas adecuadas, contribuyendo en la repoblación forestal de áreas degradadas.

### *Reducción de material combustible*

En los pinares naturales de América Central, los incendios ocasionan daño a las plantas jóvenes. El ganado pastando en estos pinares probablemente contribuye a reducir la biomasa combustible, y por tanto la intensidad de los incendios. Se carece en PSAF de datos cuantitativos al respecto, a pesar de la importancia económica de estos sistemas.

### *Compactación del suelo*

En los suelos más arcillosos de las zonas húmedas de América Central, el ganado causa bastante degradación a las pastizales y limita el crecimiento de los árboles asociados, a través de su efecto compactador de la estructura del suelo.

### **Efectos de los árboles sobre los cultivos**

Estos se traducen principalmente por medio de modificaciones del microambiente, cambios en el ciclaje de nutrimentos, el aporte de N por fijación biológica, la competencia por agua y nutrimentos, y cambios en la estructura y erosionabilidad de los suelos.

### *Modificación del microclima*

No existe investigación del CATIE dirigida específicamente a este tema, más bien se han hecho numerosas mediciones en sistemas o experimentos existentes. La cantidad de radiación, la temperatura, la humedad

relativa, el potencial de agua del suelo etc. son las variables que han recibido más atención (7, 15, 31, 37). Como práctica tradicional abundan los sistemas que se justifican para este tipo de efecto: manejo de la sombra sobre *Coffea* spp. y *Theobroma cacao* para el control de la fenología y de la producción (2, 8), uso de *A. acuminata* como "condensadores de neblina" (12), etc. Existe solo un bajo potencial de mejorar las prácticas tradicionales, aunque hay cierto potencial de transferirlas a otros lugares similares.

### *Ciclaje de nutrimentos*

Este tipo de mediciones, comenzadas en fincas, dieron lugar a experimentos fundamentales para el entendimiento de ciertas asociaciones agroforestales (2, 7, 15, 33). Estos ensayos demostraron la importancia de la poda de los árboles como medio de acelerar el ciclo de los nutrimentos, lo que se refleja en una mayor eficiencia de utilización de los insumos aplicados (22). A pesar de su inmensa importancia futura, estos conocimientos no se están todavía llevando a la práctica, aunque las podas de árboles leguminosos en plantaciones de *Coffea* son prácticas comunes en vastas áreas de América Central. El potencial de incremento de la eficiencia de utilización de la biomasa recirculada para toda clase de cultivos asociados es inmenso (2), de tal manera que la investigación sobre ciclaje de nutrimentos debe recibir la más alta prioridad.

### *Fijación de N*

La determinación de la cantidad de N fijada por varias especies, bajo diferentes manejos, es claramente imposible por razones de tipo logístico. Sin embargo al estimar el balance de N de asociaciones experimentales, se ha podido estimar que *E. poeppigiana* fija una cantidad apreciable de N (15). Por otra parte se han seleccionado varias cepas ineficaces, eficaces y persistentes de *Rhizobium* spp. para *E. poeppigiana* (17). Estas técnicas pueden aplicarse eventualmente a otros árboles fijadores de N: *Alnus* spp., *Inga* spp., *Gliricidia sepium* entre muchos otros ya identificados. En vista del aporte significativo de la poda de árboles fijadores de N al balance de nutrimentos de sistemas agroforestales, la tecnología del manejo de la fijación de N debe recibir alta prioridad.

### *Competencia*

La competencia por agua en las zonas más secas, y por nutrimentos en las zonas más húmedas podría aparecer como un obstáculo a las asociaciones agroforestales. Se han iniciado mediciones en fincas,

experimentos y ejercicios de simulación para estimar estos efectos (2, 7, 30, 33). En las etapas tempranas del establecimiento de los árboles (por ejemplo en sistemas "Taungya"), no se ha podido detectar efectos de estos sobre los cultivos (9).

### *Conservación de suelos*

A pesar de que a menudo se les atribuye a los árboles un efecto positivo sobre la conservación de los suelos, los pocos trabajos experimentales existentes no son concluyentes. De igual manera existen informes contradictorios sobre los efectos de los árboles en asociaciones existentes o en plantaciones. Aparentemente el tipo de follaje, y la cobertura de abono orgánico ("mulch") son factores críticos de éxito o fracaso (18). Mucho del trabajo en manejo de cuencas se centra alrededor de este conjunto de efectos, que debe ser clarificado, recibiendo por tanto una alta prioridad.

### **Efectos de los cultivos sobre los árboles**

Tanto el tipo de cultivos como su manejo (prácticas de cultivo) pueden reflejarse en el crecimiento y la producción de los árboles. Sin embargo, aunque es cierto que la producción arbórea es el producto directo menos caracterizado en los sistemas de finca tradicionales, en realidad la importancia de los árboles en los sistemas agroforestales reside más en los efectos que estos pueden tener sobre los cultivos, que viceversa.

### *Tipo de cultivo asociado*

Este efecto ha sido evaluado para *Cordia alliodora* comparando *Coffea* spp., *Theobroma cacao*, pastizales y caña de azúcar (*Saccharum* cvs.) notándose diferencias entre cultivos y entre sitios (39). Potencialmente estos resultados pueden ser aplicados en áreas similares, aunque todavía no se ha intentado.

### *Prácticas de cultivo*

Para el establecimiento de plantaciones (por ejemplo "Taungya"), el aprovechamiento para el árbol de las prácticas de cultivo (p.e. combate de malezas) es un factor crítico. Ha sido llevado a la práctica en parcelas demostrativas para el establecimiento de plantaciones productoras de leña en pequeñas fincas (26). Estas prácticas parecen tener un alto potencial en actividades de extensión y se les está dando cierta prioridad.

## **Efectos del hombre sobre los árboles**

Aunque resulta un poco artificial hablar de los efectos del productor sobre los árboles, hay dos casos en los cuales la importancia del productor es preponderante: en la elección de las especies que conforman la asociación agroforestal, y en su manejo. En ambos casos, las aspiraciones y necesidades específicas *de los productores* son elementos críticos de decisión.

### *Selección de las especies*

En forma muy incipiente se intenta recolectar información sobre las preferencias de los productores por ciertas especies, de acuerdo con el uso y manejo que estén dando a los árboles (1, 25, 26, 34). Esta información, una vez sistematizada para la región de mandato, será un instrumento de orientación para la investigación sobre las especies más importantes. En forma paralela, se están formando colecciones vivas y jardines clonales de las especies de mayor difusión en el área, con el fin, en el futuro, de disponer de material conocido para la investigación, y más a largo plazo todavía, poder entregar a los servicios de extensión materiales comprobados para las principales necesidades de los productores (34).

### *Manejo de las especies*

Este es sin duda el aspecto más estudiado de todas las interacciones en los sistemas agroforestales (14). Se han hecho avances significativos en las técnicas de poda (5, 33), de propagación (1, 34) y de densidad (1, 31, 34). Como primera aplicación práctica de estos resultados, se han diseñado métodos de manejo de cercas vivas en Costa Rica y Nicaragua para maximizar la producción de forraje de éstas durante la época seca (3). La cantidad de trabajos ya hechos no debe engañar: el entendimiento de los mecanismos fisiológicos que controlan las prácticas experimentadas es incipiente aún. Por otra parte, se vislumbra que el potencial de mejorar las técnicas tradicionales, para un producto que no es tradicional, justifica la atribución de una alta prioridad a estos trabajos.

## **Efectos de los árboles sobre el hombre**

La presencia de los árboles en los sistemas agroforestales se manifiesta principalmente por medio de dos mecanismos: a) la modificación del microclima de la finca, y b) el aporte de productos diversificados para la familia. Por otra parte, bajo ciertas circunstancias forman un obstáculo que puede provocar sustanciales cambios en el manejo de los cultivos asociados.

### *Cambios en el microclima*

Las caracterizaciones de huertos caseros ha demostrado el efecto de los árboles en el bienestar de la casa de habitación (27). No existen trabajos de aplicación ni hay mucho potencial para mejorar los sistemas tradicionales en este aspecto.

### *Diversificación de productos*

Todas las encuestas realizadas apuntan a este factor como a una de las principales características de los árboles en sistemas agroforestales, y existe una definida aspiración de los productores en este sentido (14, 23, 25, 27, 34). La diversificación como mecanismo de reducción de riesgo es otra importante consideración. Como resultado, los trabajos experimentales en el manejo de los árboles toman en consideración la optimización del uso múltiple de los árboles. A nivel de aplicación, se fomenta el enriquecimiento de los sistemas de producción de café con especies maderables valiosas, frutales etc. (4). El potencial de mejorar las condiciones de vida de los productores más pobres por medio de mecanismos similares es muy grande, y debe ser priorizado entre otros.

### *Cambios en el manejo de cultivos*

La presencia de árboles dentro de los campos puede forzar al productor a cambiar sustancialmente el manejo de sus cultivos, porque constituyen obstáculos a las labores normales de combate de malezas, plagas, cosechas y otros (sin mencionar los problemas de mecanización), mientras que el manejo mismo de los árboles conlleva ciertos riesgos de trabajo. El campo de la ergonomía en sistemas agroforestales es casi completamente virgen, y puede, en un plazo relativamente largo aliviar algunos de estos efectos negativos.

### **Efectos del hombre sobre las asociaciones agroforestales**

En este contexto se utiliza el término de asociación agroforestal para la suma de las interacciones simples estudiadas más arriba, o sea que se pueden considerar estos efectos como una interacción triple, tal como está expresada en el Cuadro 2.

La elección del agroecosistema agroforestal dentro del sistema de finca es tal vez el único efecto detectable del productor sobre la asociación, con excepción de todas las prácticas de manejo las que han sido consideradas en las interacciones simples.

## *Escogencia de la asociación*

Esto ha sido investigado en dos niveles: a) inventarios de sistemas incluyendo las justificaciones y problemas ligados con cada uno (29); y b) la determinación de la motivación de los productores para elegir ciertas asociaciones, así como sus preferencias en respuesta a situaciones dadas (25). Este conocimiento es por supuesto, piedra angular de la transferencia de sistemas exitosos a otras áreas similares, y debe ser un primer paso en cualquier proyecto de desarrollo agroforestal.

## **Efectos de la asociación sobre el hombre**

Estos se demuestran por medio de: a) beneficios socio-económicos, y b) diversificación de los productos, o sea en general por medio de la satisfacción, o no satisfacción de las necesidades del productor. Estas necesidades fueron el punto de partida de la investigación, por lo que el estudio de estos efectos constituye la prueba final de toda la metodología.

## *Beneficios socio-económicos*

Estos se presentan como una mayor producción de mejor calidad, o con menores costos. Lo último es común en los sistemas "Taungya" (9), en las plantaciones de *Coffea* spp. con árboles de sombra y en los sistemas de pastoreo en plantaciones forestales, donde el ganado contribuye a reducir la necesidad de chapias (24). En el futuro se podrá esperar también reducciones de costos por medio de un uso más eficiente de los fertilizantes, tal como lo dejan preveer las experiencias en cultivos en callejones (22). La justificación económica de las alternativas agroforestales que se van investigando es de toda importancia para su difusión en grandes áreas de la región de mandato.

## *Diversificación del producto*

Su necesidad ha sido mostrada en varias encuestas (20, 23) y se han dado los primeros pasos para evaluar sistemas novedosos de mejora de la dieta familiar en fincas, como por ejemplo, la inclusión de cabras lecheras en establos y alimentadas en gran parte con follaje de árboles existentes en la finca (4). Documentos de naturaleza más general (35) señalan el potencial inmenso existente en América tropical de mejorar la alimentación de los desfavorecidos, por lo que esta orientación en la investigación es obviamente prioritaria.

## DISCUSION

El problema es asegurar que tanto el establecimiento de temas de investigación según las necesidades de los sistemas, como la utilización de esa información en el proceso de diseño de nuevas alternativas, estén bien relacionados para asegurar el máximo avance en conocimiento y, a la vez, la máxima aplicación para situaciones prácticas, siendo esta prioritaria sobre el primero.

El uso de modelos es una de las herramientas potenciales que puede contribuir a resolver el problema mencionado. Por una parte, la construcción de modelos contribuye a identificar las interacciones más significativas, las que deben ser estudiadas. Por otra parte, una vez que la información ha sido obtenida, la simulación permite integrar las informaciones en un conjunto coherente. Es evidente que los modelos no pueden reemplazar la evaluación de tecnologías en fincas, con lo cual el productor asimila nuevos métodos en su propio "modelo". Sin embargo, la evaluación en fincas solo se puede hacer en pocas localidades discretas, de tal modo que modelos apropiados podrían en el futuro permitir la extrapolación de los resultados a otras áreas de la región de mandato.

La separación de los sistemas agroforestales en sus principales interacciones resulta muy adecuada para establecer las prioridades de investigación "biológica" de los sistemas. No obstante, tal vez no sea tan útil para dar prioridades a la investigación que involucra al hombre. Este problema proviene en parte de la dificultad en diferenciar interacciones entre el hombre y el árbol de las que involucran el hombre y la asociación, lo que obviamente llama la necesidad de más trabajos de orden socio-antropológico en este campo. Resalta asimismo la ausencia de estudios de las interacciones a niveles más arriba que el sistema de finca, como por ejemplo, la falta de mercado para los nuevos productos, la ausencia de crédito para sustentar la inversión que siempre representa la plantación de árboles o la insuficiencia de asistencia técnica para el manejo de las nuevas técnicas, los que pueden estar entre los principales frenos a la adopción de nuevas tecnologías.

El establecimiento de las prioridades de investigación que resulta de este análisis (Cuadro 3) trata de integrar los siguientes elementos: la importancia de los sistemas en la región, el grado de los avances logrados, el potencial de lograr más avances por medio de la investigación, y el potencial de intervenir a nivel de aplicación.

Las prioridades parecen estar relacionadas con el desarrollo de sistemas agroforestales novedosos, con estudios relativamente "básicos" del manejo de asociaciones y de especies agroforestales y, como punto más importante, con el conocimiento de las necesidades básicas, motivaciones

y preferencias de la población rural, como elementos esenciales en el diseño de nuevas alternativas. Entre los otros aspectos prioritarios, aunque con un grado de urgencia menor, aparece la cuantificación del potencial de sistemas agroforestales para la conservación de suelos, la que juega un papel tan importante en el manejo de cuencas hidrográficas y en la sostenibilidad de los sistemas.

Se espera que este análisis disgregado de los sistemas agroforestales pueda contribuir a una mejor definición de las metas y prioridades de la investigación en la región.

### Cuadro 3. Temas prioritarios para el Programa de Sistemas Agroforestales en el CATIE

---

#### Prioridad 1

- Forraje proveniente de los árboles (corta).
- Ramoneo directo de los árboles.
- Producción de cultivos (o pastos ) como resultado del ciclo de nutrimentos y fijación de N por los árboles.
- Manejo de las especies agroforestales.
- Diversificación de la dieta familiar.
- Preferencias y motivaciones hacia las especies agroforestales y la selección de las asociaciones.

#### Prioridad 2

- Prácticas de conservación del suelo
- Compactación del suelo y efecto del pisoteo en el crecimiento del árbol.
- Efectos del árbol sobre la carga animal
- Efectos del manejo del cultivo sobre el crecimiento del árbol.
- Competencia entre el cultivo y el árbol por el agua.

#### Prioridad 3

- Reducción de material combustible y regeneración natural.
  - Diseminación de las semillas.
  - Efectos del árbol sobre cultivos (microclima).
  - Arboles como protección (animales + hombre)
- 

## BIBLIOGRAFIA

1. BAGGIO, J.A. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 1982. 91 p.

2. BEER, J. *et al.* A case study of traditional agroforestry practices in a wet tropical zone: The "La Suiza" project. In Simposio Internacional sobre Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de la América Latina. Chavarría, M. ed. San José, C.R., CONICIT-INTERCIENCIA-SCITEC, 1981. p. 191-209.
3. BEER, J. Experiencias con cercas de árboles forrajeros en Costa Rica y Nicaragua. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
4. BEER, J.; HEUVELDOP, J. Análisis crítico de un proyecto agroforestal en Acosta y Puriscal, Costa Rica. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
5. BELIARD, C.A. 1984. Producción de biomasa de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda (tres, seis y nueve meses). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE, 1984. 97 p.
6. BENAVIDES, J. Investigación en árboles forrajeros. In Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, noviembre 1983. Contribuciones de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, CATIE, 1983. 27 p.
7. BRONSTEIN, G. E. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE, 1984. 110 p.
8. BUDOWSKI, G. Algunas ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia simultánea o secuencial de árboles asociados con cultivos y/o plantas forrajeras) en comparación con monocultivos no arbóreos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1981. 4 p. (mimeo.).
9. BUDOWSKI, G. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Consultative Meeting on Plant Research and Agroforestry, Nairobi, Kenya, 1981. Proceedings. Huxley, P.A., ed. Nairobi, Kenya, ICRAF, 1981. pp. 42-63.
10. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA/INCAP. Nitrogen fixing trees as a feed source in Central America. Research proposal. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 55 p. (mimeo).

11. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Desarrollo de sistemas silvopastoriles estables en la zona húmeda baja de Costa Rica; propuesta de Proyecto (mimeo.) Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1985. 25 p.
12. COMBE, J. *Alnus acuminata* con pastoreo y con pasto de corte: las Nubes de Coronado, Costa Rica. In Taller Sistemas Agroforestales en América Latina, Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. p. 205-207.
13. DIJKMAN, M.J. *Leucaena* - a promising soil erosion control plant. Economic Botany 4 (4): 337-349. 1950.
14. ESPINOZA, L. Untersuchung über die Bedeutung der Baumkomponente bei Agroforstwirtschaftlichem Kaffeebau an Beispielen aus Costa Rica. Dissertation. Goettingen, República Federal de Alemania, Universitaet Goettingen, 1985. 164 p.
15. FASSBENDER, H.; ALPIZAR, L. Criterios para la evaluación de materia orgánica y del ciclo de nutrimentos en sistemas agroforestales. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
16. GONZALEZ, M. *et al.* Evaluación de costos y rendimientos en el aprovechamiento de cortinas rompevientos en San José de la Montaña, Costa Rica. In Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 1983. Contribuciones de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 115 p.
17. GROSS, L. Respuesta de plántulas de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (poró gigante) en tres suelos de Costa Rica a la inoculación con cepas seleccionadas de *Rhizobium* spp. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE, 1986. 115 p.
18. HAMILTON, L.S.; KING, P.N. Tropical Forested Watersheds. Hydrologic and soil responses to major uses and conversions. Boulder, Colo., Westview Press, s.f. 168 p.
19. HART, R.D. Agroecosistemas; conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 211 p.
20. ICRAF. Research proposal to improve and develop agroforestry systems for the seasonally dry uplands of Western Costa Rica. Nairobi, Kenya, ICRAF-CAR-CATIE, 1983. 90 p.

21. ICRAF. El enfoque agroforestal de los sistemas de finca del ICRAF. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
22. KASS, D. Manejo e investigación de suelos en sistemas agroforestales. *In* Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, 1983. Contribuciones de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 3 p.
23. LAGEMANN, J.; HEUVELDOP, J. Caracterización y evaluación de sistemas agroforestales; el caso de Acosta-Puriscal. *In* El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. Heuvelodop, J. y Espinoza, L. eds. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 198 p. 64-71.
24. LEGA, F. Rendimiento esperado de algunas labores agroforestales en la finca Buena Vista. *In* Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, 1983. Contribuciones de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 3 p.
25. MARMILLOD, A. Actitudes de los finqueros hacia los árboles. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
26. MULDER, A. Determinación de la aceptabilidad por algunas especies forestales productoras de leña en 3 regiones de Costa Rica: Hojancha, Puriscal y San Ramón; informe de práctica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1985. 94 p. (mimeo.).
27. PRICE, N. El huerto mixto tropical: un componente agroforestal de la finca pequeña. *In* Curso corto intensivo sobre prácticas agroforestales. Turrialba, C.R., 1983. Contribución de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 33 p.
28. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. PROGRAMA DE SISTEMAS AGROFORESTALES. Plan a 10 años; documento de trabajo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 40 p. (mimeo.).
29. PROYECTO ICRAF-CATIE. Inventario de sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, OTS-CATIE. (En imprenta).
30. RAESSENS, G. Management and biomass production of silvipastoral systems. Tesis MS. Wageningen, Países Bajos, Wageningen Agricultural Univ. (En preparación).

31. RODRIGUEZ, R.A. Producción de biomasa de poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE, 1985. 96 p.
32. RUIZ, M. Avances en la investigación en sistemas silvopastoriles. In Curso corto intensivo sobre Técnicas Agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 1983. Contribución de los participantes. Babbar, L. ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 40 p.
33. RUSSO, R. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (Poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal café-poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE, 1983. 108 p.
34. SANCHEZ, G.; RUSSO, R. Advances in the vegetative propagation of the multiple use genus *Erythrina*. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
35. SEMINARIO TALLER SOBRE POLITICAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO AGROPECUARIO, TURRIALBA, COSTA RICA, 1984. Memorias. Turrialba, CATIE, 1985. 343 p.
36. SOMARRIBA, E. Arboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. 2. Consumo de frutas y dispersión de semillas. Turrialba 35(4). (En imprenta).
37. SOMARRIBA, E. Guava (*Psidium guajava* L.) trees in pastures: effect of guavas on floristic composition and pasture growth. 1986. Manuscrito.
38. SOMARRIBA, E. Population dynamics of guavas (*Psidium guajava* L.) in pastures. (Presentado en el Seminario Avances en la investigación agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica, setiembre 1985).
39. SOMARRIBA, E.; BEER, J. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. Forest Ecology and Management. 18: 113-126. 1987.

#### **4. ESTUDIOS DE CASOS: ASPECTOS DEL SUELO Y DE LA PLANTA EN SISTEMAS AGROFORESTALES**



## RESPUESTA DE HIBRIDOS DE *Theobroma cacao* A DOS ASOCIACIONES DE SOMBRA EN TURRIALBA, COSTA RICA\*

G. A. Enríquez\*\*

### RESUMEN

En América Central, existen muchos sistemas para el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*), los más comunes involucran asociaciones con *Erythrina poeppigiana* y *Cordia alliodora*. Hay pocos estudios que comparen estas dos asociaciones, u otras menos importantes. Este estudio compara las mencionadas asociaciones, con el fin de cuantificar sus diferentes respuestas en la cosecha y ciertas interacciones ecológicas relacionadas.

Se usaron parcelas de 16 árboles (4 x 4) plantadas a 6 x 6 m. Las parcelas vecinas compartieron los mismos árboles en el borde. *T. cacao* se plantó a 3 x 3 m, con 16 árboles por parcela experimental, usando el cruce interclonal "Catongo x Pound - 12". Una parcela central de 8 árboles de *T. cacao* (EET - 400 x SCA - 12 y UF -29 x IMC - 67) también fue estudiada. Un diseño de bloques parcialmente al azar (cuatro repeticiones) se usó en el sitio experimental "La Montaña", Turrialba (600 metros sobre el nivel del mar). El manejo de la parcela para ambas asociaciones fue tan uniforme como fue posible. Desde 1982, *E. poeppigiana* se podó dos veces al año. La primera poda (casi 100%) es en mayo o junio, al inicio de la

---

\* Traducido del inglés por Carmen M. Rojas.

\*\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.