



TEMA 1

Introducción a la Agroforestería

Francisco Jiménez, Reinhold Muschler

DEFINICIÓN Y ATRIBUTOS DE LA AGROFORESTERÍA

No existe una definición universalmente aceptada y satisfactoria para agroforestería. El interés y preocupación por definir la agroforestería surgió a finales de los años setenta (Combe y Budowski, 1979). El Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) en Kenya definió como agroforestería aquellos sistemas de uso de la tierra donde especies leñosas perennes se usan y manejan deliberadamente junto con cultivos agrícolas y/o animales; las interacciones ecológicas y económicas entre componentes surgen de arreglos espaciales y/o temporales (Lundgren y Raintree, 1982). Posteriormente, Sommarriba (1990) simplificó la definición a la forma en que se presenta en el **acetato 1**.

El concepto central de la agroforestería gira en integrar plantas leñosas, principalmente árboles y arbustos, en sistemas agrícolas incluyendo ganadería. Las plantas leñosas se distinguen de otras plantas por contener lignina, un compuesto que impregna y une sus células y las fibras dándoles las características de la madera; la mayoría de las plantas leñosas son perennes.

El desarrollo de la agroforestería responde a las necesidades y condiciones de muchas zonas tropicales, donde la agricultura y forestería convencionales, por sí solas, no han podido satisfacer las diferentes de-

mandas. La necesidad de proteger las tierras bajo cobertura forestal y la demanda por más tierras para la producción de alimentos y la ganadería justifica la agroforestería, ya que puede conciliar objetivos múltiples de producción y conservación a largo plazo (**acetato 2**).

Para alcanzar sus efectos potenciales, los sistemas agroforestales (SAF) deben tener tres atributos: productividad, sostenibilidad y adoptabilidad (**acetato 3**). La productividad significa que el sistema debe ser capaz de producir los bienes requeridos por los productores, ya sea para subsistencia o fines comerciales. Entre las formas como la agroforestería puede mejorar la productividad están el aumento en los rendimientos de los cultivos asociados y de los productos arbóreos, la reducción de necesidad de insumos externos y una mayor eficiencia de la mano de obra. La sostenibilidad se refiere a la capacidad del sistema para permanecer productivo indefinidamente. Para alcanzar este fin, hay que conservar los recursos naturales agua, suelo y biodiversidad incluyendo plantas y animales, ya que ellos son la base de la producción actual y futura. La adoptabilidad implica que el agricultor acepta el sistema dentro de sus limitantes de mano de obra, recursos económicos, insumos y servicios disponibles. La adoptabilidad es de importancia especial para prácticas agroforestales nuevas o mejoradas que se introducen por primera vez en una zona determinada.

FUNCIONES, VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA AGROFORESTERÍA

La agroforestería tiene como objetivos principales aumentar los rendimientos y los productos obtenidos, así como la fertilidad del suelo para mejorar el nivel de vida de los productores. Se considera una herramienta fundamental en la búsqueda de la seguridad alimentaria, la autosuficiencia de los agricultores y la conservación de los recursos naturales. Como ciencia moderna, la agroforestería busca validar y maximizar los beneficios de las interacciones entre suelo, plantas, animales, atmósfera y el hombre. Para implementar estos beneficios, los agroforestales buscan prácticas para enfrentar al crecimiento acelerado de la población, la pobreza rural y la degradación ambiental.

Si bien la agroforestería se puede aplicar en sistemas de producción intensivos y extensivos y está bien adaptada a pequeños productores y agricultura de subsistencia (incluyendo sistemas mixtos como huertos caseros y agricultura migratoria), también existen prácticas agroforestales que pueden ser utilizadas en sistemas grandes. Ejemplos de la utilización de árboles para diferentes fines se presentarán más adelante en este capítulo.

Los árboles de uso múltiple, frecuentemente utilizados en agroforestería, pueden contribuir significativamente a diferentes funciones productivas y de servicios ecológicos o de protección (**acetatos 4 y 5**). Sin embargo, a pesar de sus funciones positivas, los árboles en los SAF también pueden tener efectos negativos sobre los cultivos y el ambiente. Por ejemplo, pueden causar sombra excesiva, competir con los cultivos por radiación, nutrientes o agua,

hospedar plagas y en algunos casos tener efectos alelopáticos (**acetato 6**).

Aunque la agroforestería no es una panacea para resolver todos los problemas de desarrollo rural, ésta contribuye a solventar problemas bien conocidos en tres situaciones comunes en el trópico (Nair y Muschler, 1993) (**acetato 7**):

- En los trópicos húmedos, la agroforestería puede jugar un papel importante para mantener la fertilidad del suelo.
- En zonas con pendientes fuertes (laderas, colinas, montañas), la agroforestería puede contribuir a controlar la erosión.
- En zonas semiáridas y subhúmedas, frecuentemente bajo uso extensivo para pastoreo, la agroforestería puede ayudar a combatir la desertificación (ver capítulo 7).

La interacción de los componentes de los SAF puede ser positiva (por ej. complementariedad) o negativa (por ej. competencia) (Muschler, 1993). Con frecuencia, las potencialidades de la agroforestería han sido sobreestimadas porque las experiencias provenían de estudios en sitios donde el agua, la cantidad de luz y los nutrientes no fueron limitantes. En estas condiciones, con abundancia de los recursos necesarios para el crecimiento y la producción, la competencia entre árboles y cultivos se manifiesta muy poco. Estudios posteriores, bajo condiciones en las que uno o varios factores son limitantes, han demostrado que la magnitud de los efectos positivos depende fuertemente de las condiciones ambientales responsables para la expresión de la competencia. Varios autores (Budowski, 1981; Young, 1989; Wilson 1990; Van Noordwijk y Dommergues, 1990; Ong *et al.*, 1995) han opinado sobre estas posibles ventajas y limitaciones de los SA (**acetatos 8 al 11**).

Recientemente Sánchez (1995) y Huxley (1999) resumieron los argumentos a favor de la agroforestería, los cuales fueron incorporados en el cuadro 1.

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

Fuente: basado parcialmente en Sánchez, 1995 y Huxley, 1999.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

La clasificación de los SAF es necesaria para su caracterización, evaluación y mejoramiento (Nair, 1997). La complejidad de los SAF hace difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más frecuentes son: la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escalas de producción y nivel de manejo del sistema) (acetato 12). Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes. La clasificación estructural basada en la naturaleza de los componentes (acetato 13) es la más utilizada. La clasificación de los SAF basada en la naturaleza o tipo de componente: sistemas agrosilviculturales, sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas especiales permite agrupar fácilmente las diferentes prácticas agroforestales (acetatos 14 y 15), como se detalla a continuación:

1. Sistemas agrosilviculturales (cultivos + especies leñosas)

Agricultura migratoria. 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. Durante ese periodo se desarrolla un bosque secundario, se acumulan de nuevo nutrientes en la vegetación, se restablece la producción de residuos vegetales (materia orgánica y nutrientes) y el suelo recupera una gran parte de su fertilidad original. Algunos autores no consideran a la agricultura migratoria como un sistema agroforestal debido a la falta de un manejo deliberado a los árboles.

Barbecho mejorado. Es un sistema rotacional en el cual se favorecen ciertos árboles de regeneración natural y/o se plantan nuevos árboles (Kass, 1998). Usualmente se prefieren leguminosos fijadores de nitrógeno o de valor comercial (además de los árboles se pueden sembrar leguminosas herbáceas). Cuando se busca principalmente un beneficio económico, la vegetación de barbecho se enriquece con árboles frutales, maderables o de otros usos importantes. Cuando se busca un beneficio biológico, el barbecho se enriquece con especies leguminosas para acelerar la producción de biomasa, acumular nutrientes en el sistema, mejorar las propiedades del suelo y acortar el periodo de la recuperación de la fertilidad del suelo.

Cultivo en plantaciones forestales y Taungya (ver módulo "Sistemas Taungya"). Son sistemas basados en plantaciones forestales asociadas con cultivos temporales (Taungya) o a cultivos más permanentes (cultivo en plantaciones forestales) con la finalidad de producir madera en su etapa final. En el Taungya, el cultivo agrícola se limita a un periodo de uno a cuatro años, hasta que los árboles plantados cierran su dosel. El cultivo en plantaciones forestales consiste en la siembra de cultivos como la naranjilla (*Solanum quitoense*), la mora (*Rubus glaucus*) y la granadilla (*Passiflora* spp.) en plantaciones forestales ya establecidas. 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 en comparación a una plantación establecida sin agricultura. Además, el agricultor puede obtener productos alimenticios a corto plazo, hacer más atractiva y rentable su inversión en reforestación y diversificar la producción.

Árboles en parcelas de cultivo (ver módulo "Plantación de árboles en línea"). Consiste en el uso de árboles distribuidos al azar o de manera sistemática dentro o en los bordes de las parcelas agrícolas. Dependiendo de las necesidades de la zona, los árboles pueden ser maderables, frutales, mejoradores del suelo, para leña, ornamentales, etc. Ejemplos de estos sistemas son los árboles en linderos, las cercas vivas, las cortinas rompeviento y los árboles dispersos en la parcela.

Los árboles en linderos y cercas vivas consisten en la plantación sistemática de árboles a lo largo de linderos, entre o alrededor de parcelas o campos de cultivo, de los caminos y canales, con espacios amplios entre los surcos y estrechos entre los árboles del surco. Se diferencia de las cortinas rompeviento porque la orientación, altura y estructura no son de tanta importancia como en éstas. Las cortinas rompeviento son hileras de árboles, arbustos, o ambos, generalmente de diferentes especies, dispuestos de manera perpendicular a la dirección dominante de los vientos con los objetivos de reducir su velocidad cerca del suelo, evitar la erosión eólica, reducir la acción mecánica del viento sobre los cultivos y contribuir a regular el microclima (Méndez *et al.*, 1998). Desde el punto de vista agroforestal, sus principales funciones son la protección de los cultivos y animales, la protección y conservación del suelo y el agua y la producción de madera, leña, frutos y otros productos.

Árboles con cultivos perennes (ver módulo "Árboles en cafetales"). 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 siste-

mas de cultivo intercalado donde el árbol contribuye productod adicionales, mejora el suelo o microclima o sirve de tutor para cultivos de enredadera como pimienta negra (*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.

Leñosas como soportes vivos para cultivos trepadores o de enredadera. Este sistema se refiere a la utilización de especies leñosas como soporte o tutores de algunos cultivos, tales como el ñame (*Dioscorea* spp.), la maracuyá (*Passiflora edulis*), la pimienta negra (*Piper nigrum*), la vainilla (*Vanilla planifolia*) y hortalizas como el pepino (*Cucumis sativus*) o el tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Jiménez, 1998). Los árboles o arbustos utilizados pueden tener otras funciones como producción de leña, postes, abono verde, forraje, conservación del suelo, etc. Entre las especies leñosas más utilizadas para este fin están la *Gliricidia sepium*, *Erythrina berteroana*, *Leucaena leucocephala* y *Flemingia macrophylla*.

Huertos caseros (ver módulo "Huertos caseros"). Estos sistemas figuran entre los mas complejos SAF debido a su gran diversidad de componentes de diferente tamaño y manejo; se combinan plantas que integran la producción agrícola (raíces, tubérculos, hortalizas, frutas) y forestal (madera, leña, postes), incluidas plantas medicinales, ornamentales y especies animales menores. 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. Su tamaño generalmente es menor de una hectárea. Cuando estos sistemas integran también la producción pecuaria (principalmente cerdos, gallinas, patos, gansos, ovejas y cabras) se clasifican como agrosilvopastoriles.

Cultivo en callejones. Consiste en la siembra de cultivos anuales en los espacios (callejones) entre hileras de especies leñosas, preferiblemente leguminosas de rápido crecimiento. Los árboles están orientados de manera que minimizan la sombra dentro de los callejones o en líneas a contorno en laderas para minimizar la erosión. Los árboles o arbustos se podan periódicamente durante la fase de cultivo para evitar el exceso de sombra o competencia radicular sobre el cultivo asociado. El follaje podado es incorporado al suelo como abono verde o usado como mulch o cobertura. Las especies leñosas más destacadas en el cultivo en callejones han sido *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus* y *Erythrina poeppigiana* (Jiménez et al., 1999). Los cultivos más usados han sido *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Phaseolus vulgaris* y *Vigna sinensis*.

Árboles en estructuras y obras para conservación del suelo. Los árboles y arbustos que se plantan asociados a obras de conservación de suelos como acequias de ladera, drenajes, taludes, franjas antierosivas, terrazas, zanjas de infiltración, etc. constituyen sistemas cada vez más utilizados para introducir el componente leñoso en la producción agrícola. Su función básica es controlar la erosión, mantener la fertilidad del suelo o ambas, a través de la estabilización de las estructuras, reducción de la escorrentía superficial, aporte de biomasa y ciclaje de nutrientes. Muchas veces se combina con la producción

de leña, frutos, semillas, alimentos, forraje, etc. Uno de los ejemplos típicos de esta práctica agroforestal son las barreras vivas de leñosas, plantadas en contorno y a distancias muy cortas entre árboles (5-30 cm), con la base tejida con ramas y otros materiales para retener los sedimentos y para proteger obras de conservación, por ejemplo las acequias de ladera.

2. Sistemas silvopastoriles (especies leñosas + pasturas/animales) (Ver módulo: "Sistemas Silvopastoriles")

Cercas vivas. Consiste en la siembra de leñosas para la delimitación de potreros o propiedades, casi siempre complementada con el uso de alambre de púas. Cuando está asociada a cultivos agrícolas se le considera una práctica agrosilvicultural. Cada vez es más reconocida su importancia ya no solo para delimitar propiedades, sino a través de otras funciones como la producción de leña, postes, forraje, madera, alimentos, uso como ornamental, para regulación ambiental y promoción de la biodiversidad.

Bancos forrajeros. Consiste en establecer áreas forrajeras en bloques compactos con especies leñosas sembradas a alta densidad. Se siembran en fincas ganaderas o sus alrededores con el propósito de maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva. Si la especie forrajera sembrada tiene más de 15% de proteína cruda, el bloque constituye un banco de proteína; si la especie forrajera presenta altos niveles de energía digerible (más de 70% de digestibilidad) el bloque constituye un banco energético y si cumple los dos requisitos anteriores se denomina un banco energético-proteico (Pezo y Ibrahim, 2000). Los bancos forrajeros tienen como propósito fundamental complemen-

tar la dieta alimenticia de los animales, especialmente durante la época de escasez de pastos. Entre las especies más utilizadas están *G. sepium*, *E. poeppigiana*, *E. berteriana*, *E. fusca* y *Morus* spp. (Pezo y Ibrahim, 2000).

Pastoreo en plantaciones forestales o frutales. Es un sistema en el cual se utilizan las plantaciones forestales o de frutales para el pastoreo de animales. Entre los casos más difundidos está el pastoreo en plantaciones de mangos, cítricos, palma aceitera (*Elaeis guineensis*), coco (*Cocos nucifera*), pejíballe (*Bactris gassipaes*) y pino (*Pinus* spp.), aunque según Pezo y Ibrahim (2000) estos sistemas aún no están muy difundidos en América.

Árboles y arbustos dispersos en potreros. Consiste de árboles, arbustos o ambos en los potreros, sin un arreglo espacial definido y con objetivos diversos como son: producción de madera, leña, frutos, fuente de ramoneo, provisión de sombra, mejoramiento del suelo bajo árboles y refugio para el ganado. El establecimiento de las especies leñosas puede provenir por diversos medios: remanentes del bosque original, como resultado de procesos de sucesión vegetal, a través de la plantación de árboles o el manejo selectivo de especies (Pezo y Ibrahim, 2000).

Pasturas en callejones. Es una modificación del sistema de cultivo en callejones, en el cual se utilizan especies forrajeras en lugar de los cultivos, como por ejemplo gramíneas forrajeras erectas para corte o pastoreo tales como *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* o leguminosas como *Arachis pintoi*. Las especies leñosas generalmente son las mismas que en el

cultivo en callejones convencional. A veces el material de poda de las especies leñosas se utiliza como forraje en periodos de escasez. En tal caso hay que tomar en cuenta que ocurre una exportación de nutrientes del sistema que puede reducir su productividad a largo plazo.

Setos y bosquetes de uso agrosilvopastoril. Se incluyen aquí sistemas complejos de setos y bosquetes de usos múltiples que combinan componentes agrícolas, silvícolas y pecuarios para ramoneo, la producción de forraje, madera o leña, y la utilización de abono verde para cultivos, protección y recuperación de suelos, etc. Por sus diferentes componentes, estos sistemas también se pueden clasificar como sistemas agrosilvopastoriles.

3. Sistemas especiales (silvoentomología y silvoacuacultura)

Silvoentomología. Se refiere al aprovechamiento de especies leñosas para favorecer el manejo y la productividad de insectos específicos utilizados para producir bienes de consumo y que están bajo el control del hombre. Las dos actividades más clásicas son la apicultura (producción de miel y polen) y el gusano de seda. Se pueden combinar con otros sistemas como plantación de árboles en línea, setos vivos, etc.

Silvoacuacultura: Consiste en la siembra de especies leñosas junto o alrededor de los estanques con el fin de producir sombra, aportar materia orgánica al agua, utilizar las hojas y los frutos (por ej. *Ficus* spp.) como alimento para los peces, para cerca viva y para estabilizar el suelo en los bordes de los estanques.

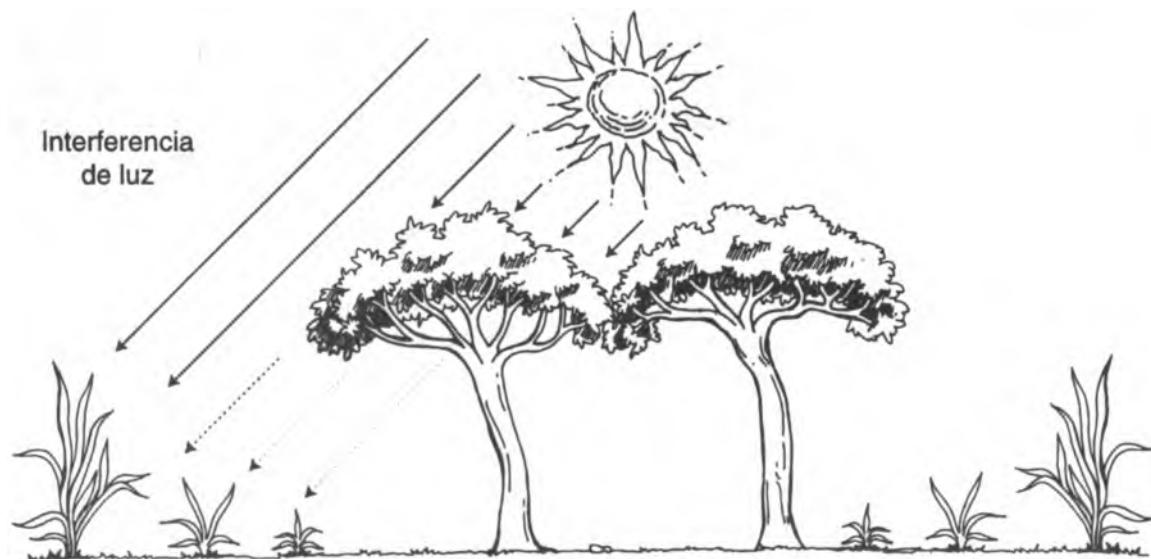


DEFINICIÓN DE AGROFORESTERÍA

(Somarriba, 1990)

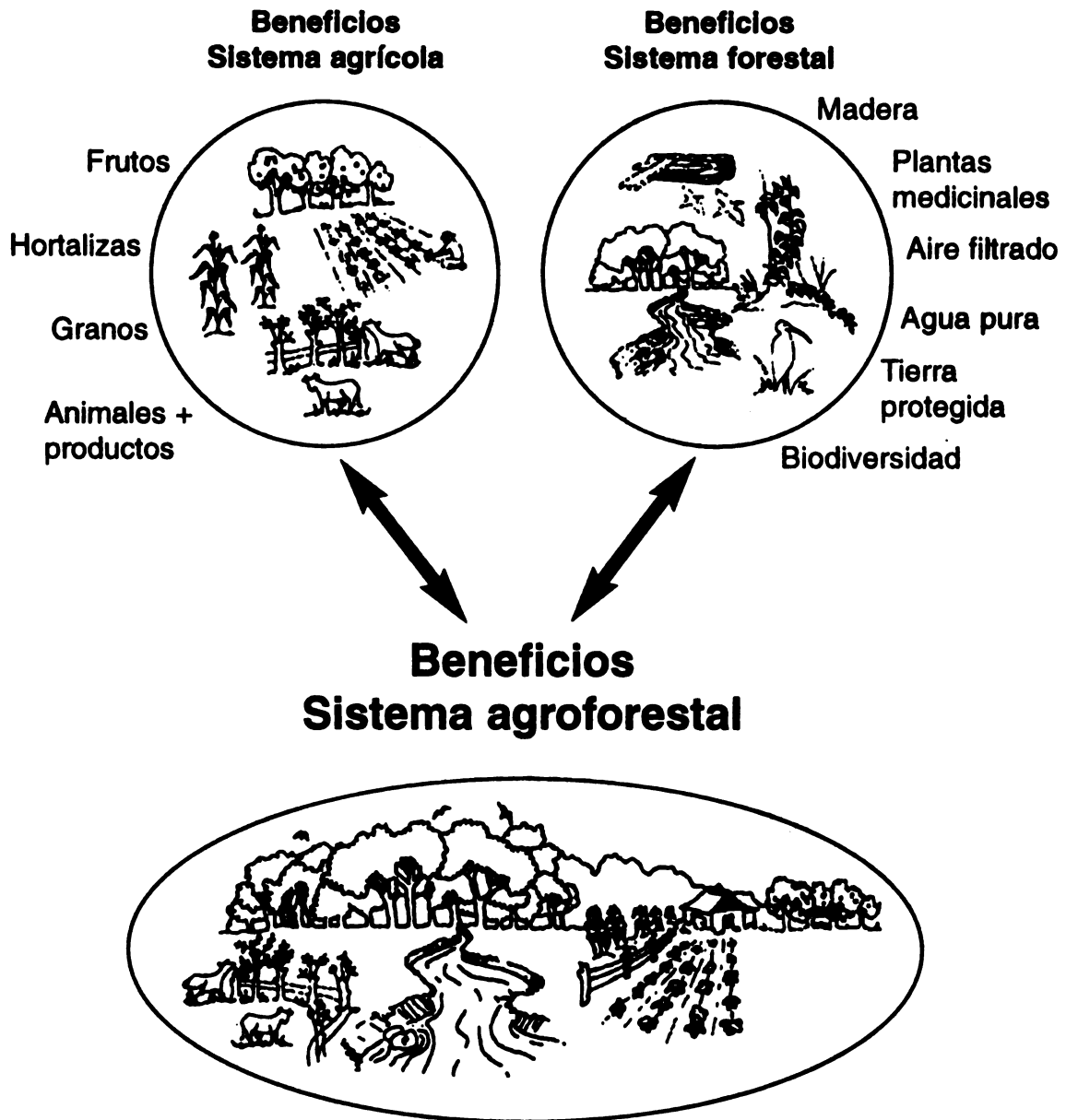
Agroforestería es una forma de uso de la tierra en la que se cumplen tres condiciones fundamentales:

1. Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente;
2. Al menos uno de los componentes es una leñosa perenne;
3. Al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos).





Sistemas agroforestales combinan beneficios agrícolas con beneficios forestales





Atributos deseables de los sistemas agroforestales

Productividad

El sistema produce bienes, mercancías y servicios requeridos por los productores.

Sostenibilidad

El sistema mantiene o aumenta su productividad en el tiempo:
producir conservando y
conservar produciendo.

Adoptabilidad

El sistema es aceptado por el agricultor, aún con las limitaciones socioeconómicas y biofísicas impuestas por el medio.



Funciones productivas de la agroforestería

- **Productos forestales:** madera, leña, carbón, estacones, postes, tutores, vigas, travesaños, papel.
- **Productos alimenticios para humanos y animales:** carne, frutos, flores, brotes, aceites comestibles, bebidas, forraje, miel.
- **Otros productos:** aceites, esencias, gomas, resinas, taninos, fibras, latex, lacas, esencias, fenoles, ceras, sustancias medicinales, cueros, artesanías, ornamentales incluyendo epífitas.

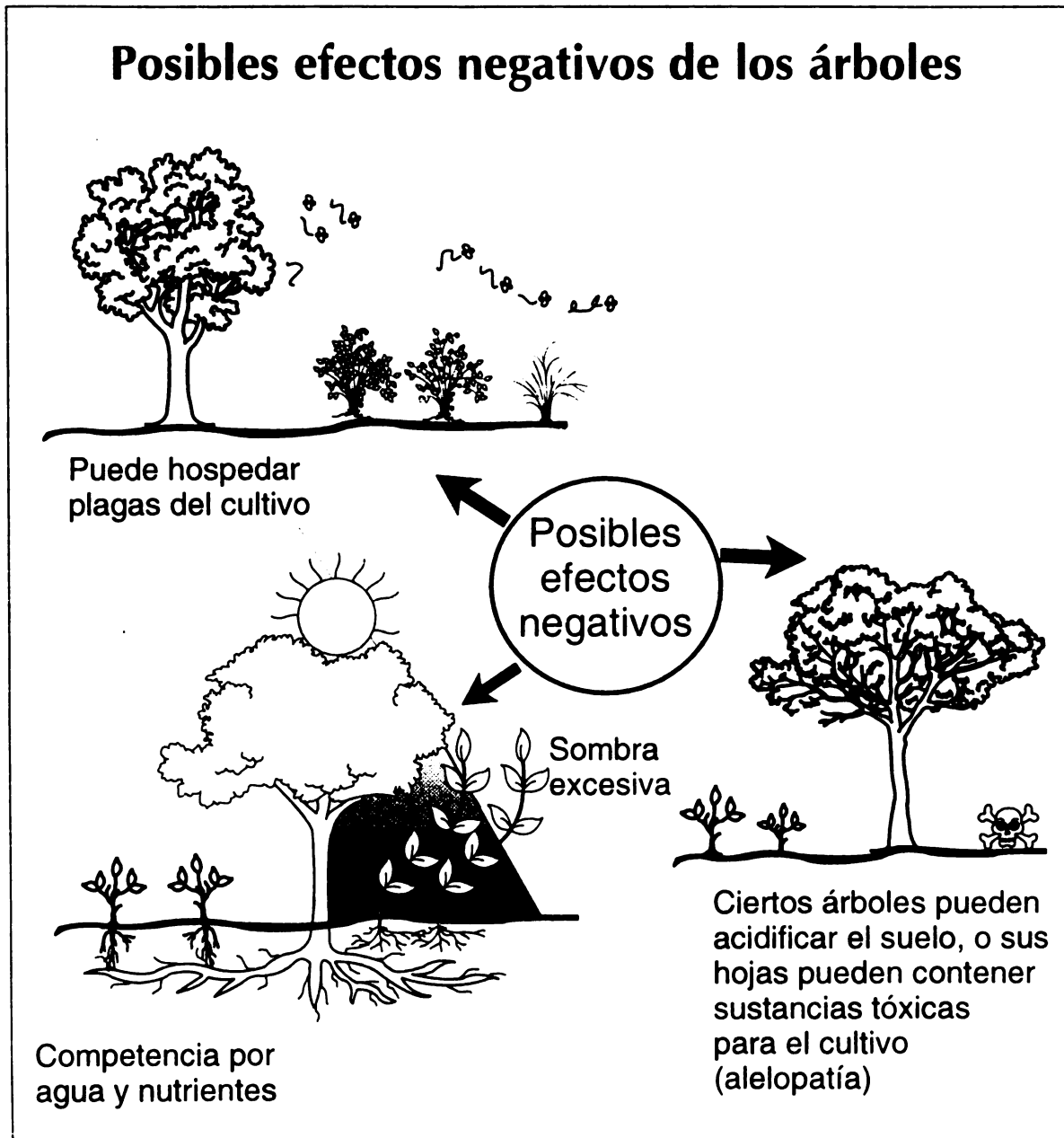


Funciones de servicio ecológico y protección de la agroforestería

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



Posibles efectos negativos de los árboles



Fuente: modificado de Geilius F, 1994. *El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural*. Turrialba, Costa Rica: ENDA CARIBE/CATIE.



Contribución de la agroforestería en las principales zonas agroecológicas tropicales

- En los trópicos húmedos la agroforestería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- En las zonas con pendientes fuertes (laderas, colinas, montañas) la agroforestería puede contribuir a regular el flujo del agua y controlar la erosión.
- En zonas semiáridas y subhúmedas, frecuentemente usadas para pastoreo extensivo, la agroforestería puede ayudar a combatir la desertificación (ver capítulo 7).



Posibles ventajas biofísicas de los sistemas agroforestales con respecto al monocultivo

- 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, leña, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad (por ej. aves migratorias y controladores biológicos).
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).



Posibles desventajas biofísicas de los sistemas agroforestales con respecto al monocultivo

- 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 el suelo (importante en zonas secas).
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.



Ventajas socioeconómicas de los sistemas agroforestales con respecto al monocultivo

- Los productores pueden reducir sus gastos al satisfacer necesidades de madera, leña y alimentos.
- Madera producida reduce la necesidad de extraerla del bosque.
- Constitución de un capital tangible y estable (caso de árboles maderables).
- Mayor estabilidad de la producción y menores riesgos (clima, mercados, plagas, etc.).
- Mayor diversidad de alimentos, incluyendo productos arbóreos que pueden mejorar la dieta familiar.
- Reducción potencial de requerimientos y gastos en insumos (fertilizante, herbicidas, etc.).
- Mejor distribución de las necesidades de mano de obra a través del año.
- Reforzamiento del derecho de la propiedad a través de siembra de árboles en linderos.
- Avance progresivo hacia prácticas conservacionistas de los recursos naturales.



Limitantes socioeconómicas de los sistemas agroforestales con respecto al monocultivo

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



Criterios para clasificar los sistemas agroforestales (Nair, 1997)

Base estructural

Se refiere a la clase de componentes y su distribución, considerando el arreglo espacial del componente leñoso, la estratificación vertical y el arreglo temporal de todos los componentes.

Base funcional

Se refiere a la función principal del sistema, casi siempre condicionado por el componente leñoso (protección, servicio, producción).

Base socioeconómica

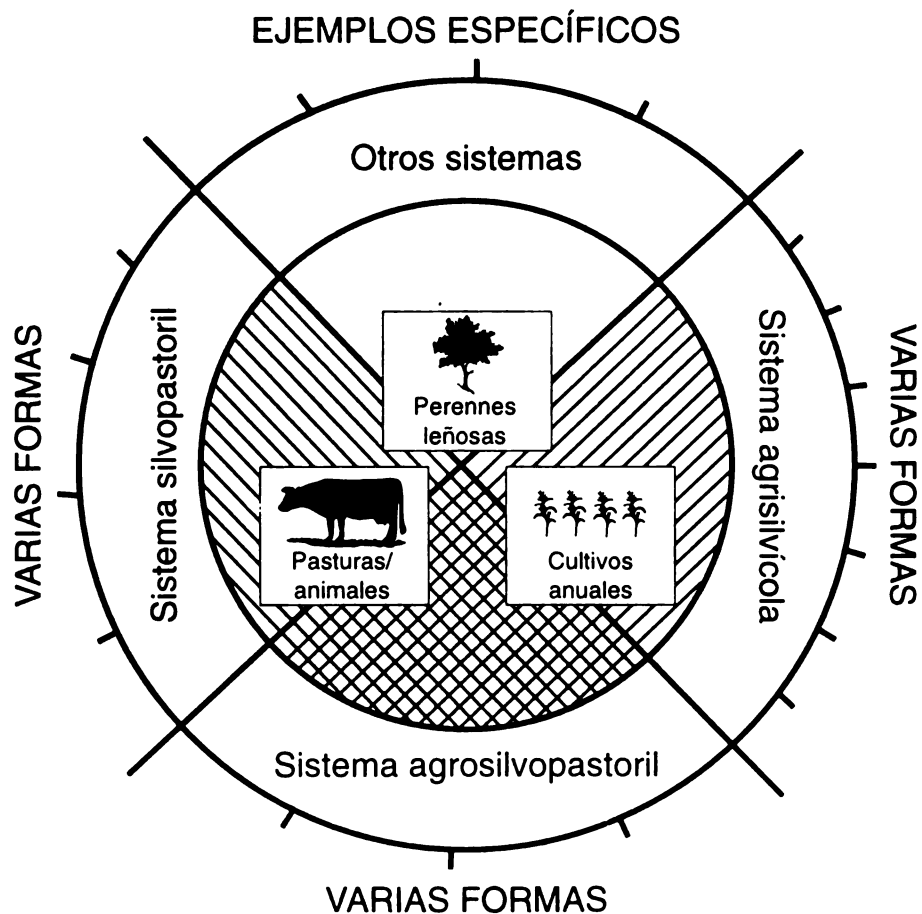
Se refiere al nivel de insumos de manejo tecnológico (nivel de inversión) o la intensidad o escala de administración o la escala de producción (subsistencia, comercial, intermedia).

Base agroecológica

Se refiere a la condición ambiental y la adaptabilidad ecológica de los sistemas; por ejemplo sistemas en o para zonas áridas, semiáridas, húmedas tropicales de altura, húmedas tropicales de bajura, subhúmedas tropicales de altura, subhúmedas tropicales de bajura, zonas templadas.



Clasificación de los sistemas agroforestales de acuerdo al tipo de componentes (la "estructura del SAF")





PRINCIPALES PRÁCTICAS AGROFORESTALES

Sistemas agrosilviculturales (cultivos + especies leñosas)

- Agricultura migratoria.
- Barbechos mejorados.
- Árboles en parcelas de cultivo (en rompevientos, linderos, cercas vivas o árboles dispersos).
- Cultivo en plantaciones forestales y "Taungya".
- Árboles para sombra de cultivos.
- Leñosas como soportes vivos.
- Huertos caseros.
- Cultivo en callejones.
- Árboles para conservación del suelo.



Sistemas silvopastoriles (leñosas + pasturas y/o animales)

- Cercas vivas.
- Bancos forrajeros.
- Pastoreo en plantaciones forestales o frutales.
- Árboles y arbustos dispersos en potreros.
- Pasturas en callejones.
- Sitios y bosques de uso agrosilvopastoril.

Sistemas especiales

- Silvoentomología
(ej. árboles para apicultura).
- Silvoacuacultura (ej. piscicultura).

LITERATURA CITADA

- Bene, J. G.; Beal, H. W.; Cote, A. 1977. Trees, food and people: land management in the tropics. Ottawa, Canada. IDRC. 59 p.
- Budowski, G., 1981. Compilación de ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales en comparación con monocultivos no arbóreos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 4 p.
- Combe, J.; Budowski, G. 1979. Classification of traditional agroforestry techniques. In: G. de Las Salas (ed.). Workshop on traditional agroforestry systems in Latin America. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 17-47.
- Fassbender, H. W. 1992. Modelos edafológicos de los sistemas agroforestales. 2ª ed., Turrialba, Costa Rica. CATIE-GTZ. 493 p.
- Huxley, P. A. 1983. Comments on agroforestry classification with special reference to plant aspects. In: P. A. Huxley (ed.). Plant Research and agroforestry. Nairobi, ICRAF. p. 161-171.
- Jiménez, J. 1998. Soportes vivos para la producción de cultivos. In: F. Jiménez y A. Vargas (eds.) Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 279-287.
- Jiménez, J., Kass, D.C.L., Jiménez, F. 1998. El cultivo en callejones. In: F. Jiménez y A. Vargas (eds.) Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 257-277.
- Kass, D.C.L. 1998. Barbechos mejorados. In: F. Jiménez y A. Vargas (eds.) Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 239-256.
- Lundgren, B. O. 1982. What is Agroforestry? Agroforestry Systems 1: 7-12.
- Lundgren, B. O.; Raintree, J. B. 1982. Sustained agroforestry. In: B. Nestrel (ed.). Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia. The Hague, The Netherlands, ISNAR. p. 37-49.
- Lundgren, B. O. 1987. ICRAF's first ten years. Agroforestry Systems 5: 197-217.
- Méndez, E.; Beer, J.; Faustino, J. 1998. Plantación de árboles en línea. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Materiales de enseñanza No. 39. Módulo de enseñanza agroforestal No. 1. 117 p.
- Montagnini, F. (et al.). 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2ª ed. San José, Costa Rica. Organización de Estudios Tropicales. 622 p.
- Muschler, R. 1999. Árboles en cafetales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 5. 139 p.
- Nair, P. K. R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems 3: 97-128.
- Nair, P. K. R. 1997. Agroforestería. 1ª ed. en español. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 543 p.
- Nair P K R, Muschler R G, 1993. Agroforestry. In: L. Pancl (ed.). Tropical Forestry Handbook. Heidelberg, Springer. p. 987-1057
- Ong, C. K.; Black, C. R.; Marshall F. M. 1995. Principles of resource capture and utilisation of light and water. In: P. A. Huxley y C. K. Ong (eds.). Tree-Crop Interactions, A Physiological Approach, Chapter 4. Wallingford, U. K. CABI.
- Pezo, D.; Ibrahim, M. 1999. Sistemas Silvopastoriles. 2ª ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Materiales de enseñanza No. 40, Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. 275 p.
- Sánchez, P. 1995. Science in agroforestry. Agroforestry Systems 30: 5-55.
- Somarriba, E. 1990. ¿Qué es Agroforestería? El Chasqui (Costa Rica): 5-13.
- Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. Agroforestry Systems 19: 233-240.
- Stewart, P. J. 1981. Forestry, agriculture and husbandry. Commonwealth Forestry Review 60: 29-34.
- Torquebieau, E. 1990. Introduction aux concepts de l'agroforesterie. Nairobi, Working Paper No. 59. ICRAF. 121 p.
- Torres, F. 1983. Agroforestry: concepts and practices. In: D. A. Hoekstra y F. M. Kuguru (eds.). Agro-

- forestry systems for small-scale farms. Proceedings of ICRAF/BAT workshop, Nairobi, September 1982. Nairobi, ICRAF. p. 27-42.
- Van Noordwijk M.; Dommergues Y. R. 1990. Agroforestry and soil fertility: root nodulation- the twelfth hypothesis. *Agroforestry Today* 2: 9-10.
- Wilson, J. R. 1990. Agroforestry and soil fertility: the eleventh hypothesis-shade. *Agroforestry Today* 2: 14-15.
- Wiersum, K. F. 1981. Outline of the agroforestry concept. Viewpoints in agroforestry. K. F. Wiersum (ed.). The Netherlands, Agricultural University of Wageningen. p. 1-21.
- Young, A. 1989. Ten hypotheses for soil-agroforestry research. *Agroforestry Today* 1: 13-16.