

2009

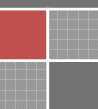
AGROFORESTERÍA, SOSTENIBILIDAD Y BIODIVERSIDAD

Una necesidad para la Conservación

EDITORIAL EARTH Serie Documentos Técnicos No. 2009-7

Javier Monge y Ricardo Russo

Universidad de Costa Rica - Universidad EARTH



EDITORIAL EARTH

Lic. José Ruperto Arce (Coordinador)

Monge, Javier.

Agroforestería, sostenibilidad y biodiversidad.
[recurso electrónico] / Javier Monge y Ricardo O.
Russo. – 1a ed. - Guácimo, CR : Editorial EARTH,
2009.

22 p. : il. – (Serie Documentos Técnicos ; no. 2009-
7).

ISBN 978-9977-84-008-6

1. Agroforestería. 2. Sostenibilidad. 3. Biodiversidad.
I. Russo, Ricardo O. II. Título.

Universidad EARTH

Febrero, 2009.

Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica
Apartado Postal 4442-1000 San José, Costa Rica
Teléfono 506 - 2713 0000 • Fax 506 - 2713 0184

INTRODUCCIÓN

En el presente documento técnico se hace una revisión de los conceptos de agroforestería, sostenibilidad y biodiversidad, y se establece la relación entre los mismos. Para ello se considera la sostenibilidad en la producción agrícola, se analiza la agroforestería como opción de producción agrícola y se establece la relación entre la agroforestería y la conservación de la biodiversidad. A su vez, se considera la forma de evaluar la biodiversidad en los sistemas agroforestales.

Este documento se basa en una revisión sobre los conceptos referidos, permitiendo hacer una actualización sobre temas de suma importancia para los propósitos de equilibrio entre la conservación y la producción agrícola, usando como referencia la agroforestería. Es así, como a diferencia de otros análisis con un enfoque hacia la productividad de los agroecosistemas, en este caso se considera la relación de un sistema de producción agrícola y la biodiversidad que permite.

La intención del presente documento es ofrecer un análisis de estos conceptos altamente relacionados dentro de la temática de la producción agrícola sostenible, de tal manera que sirva como material de apoyo a la enseñanza de las ciencias agrícolas y áreas afines que se relacionen con el uso adecuado de recursos naturales, el cual puede tener repercusiones de diversa índole para el medio ambiente. Por lo tanto, se hace una presentación de tres temas que en diversos espacios han sido tratados en forma independiente, pero que en este caso se establecen sus relaciones, lo cual es más pertinente dentro de un análisis holístico de un sistema de producción, que va más allá de la sola valoración de su aporte para satisfacer una necesidad inmediata.

Los autores

1. SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Sin considerar las advertencias de Malthus acerca de la inseguridad alimentaria mundial y las de otros autores clásicos como Jevons, Marx, Mill y Ricardo, sobre la existencia de límites a la explotación de los recursos naturales, los antecedentes más recientes de la sostenibilidad aparecen en 1972 con el Primer Informe del Club de Roma, titulado *Los límites del crecimiento*, en el cual se propuso el modelo de crecimiento cero y la inviabilidad del crecimiento económico continuo (Luffiego y Rabadán, 2000).

En un contexto de sostenibilidad en el que se busca conciliar la economía con la conservación del medio ambiente, surge el concepto de agricultura sostenible, en la que se busca el uso de recursos para producir alimentos y fibra, de tal manera que la base de recursos naturales no sea dañada, y que las necesidades básicas de los productores y consumidores puedan ser satisfechas a largo plazo (Brown *et al.*, 1987; Gliessman, 1998; Smit y Smithers, 1994). En este sentido, el objetivo de la sostenibilidad agrícola se lograría en la medida que se conserven y protejan los recursos básicos, tales como suelo y agua, ya que de ellos depende la productividad y su degradación conlleva a la pérdida de su capacidad para producir. A su vez, un sistema de producción agrícola será sostenible si es viable económicamente en el contexto socioeconómico en el que se encuentra inmerso, que sea socialmente aceptado y que sea capaz de adaptarse a los cambios de los ambientes social, económico y ambiental (Yunlong y Smit, 1994). Algunas definiciones de sostenibilidad basadas en la productividad, indican que es la habilidad del agroecosistema de mantener su productividad aunque sea sometido a una fuerza perturbadora o estrés (Conway, 1987; Conway y Barbier, 1988). También,

sostenibilidad en un agroecosistema significa producir sin dañar el ambiente y que sea rentable, de manera que para lograr este objetivo se considera la parte productiva, ambiental y económica (Russo, 1996); pero quedaría incompleta si no incluyese la social, política y cultural (Leff, 2002). Estos planteamientos conllevan a que la sostenibilidad contemple tres dimensiones: la ecológica, la económica y la social. La sostenibilidad ecológica se logra cuando los ecosistemas mantienen a través del tiempo la integridad de sus componentes e interacciones; la sostenibilidad económica, cuando el sistema produce una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo que hace atractivo continuar con dicho manejo; y sostenibilidad social, cuando los actores sociales alcanzan un grado aceptable de satisfacción de sus necesidades (Hünneimyer *et al.*, 1997). A su vez, es importante entender las interacciones entre las dimensiones y la forma en que la social y económica afectan la dimensión ambiental. Para determinar el estado de estas dimensiones, se han identificado criterios de diagnóstico e indicadores de sostenibilidad los que son aplicados en diferentes sistemas de manejo de recursos naturales. Estos indicadores de sostenibilidad deben: (i) partir de los principios básicos del desarrollo sustentable (ej. productividad, equidad y sostenibilidad; esta última puede a su vez derivarse en cuatro principios generales, estabilidad, confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad); (ii) delimitar el problema bajo estudio (ej. los objetivos y características del sistema de manejo a evaluar); (iii) relacionar los principios generales de sostenibilidad con criterios de diagnóstico particulares al problema bajo análisis; (iv) derivar indicadores concretos para medir o estimar los criterios de diagnóstico seleccionados (de Camino y Müller, 1993; Dumaski *et al.*, 1990; Gutiérrez, 1993; Maser, 1994; Maser *et al.*, 1994).

2. AGROFORESTERÍA COMO OPCIÓN DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE

La agroforestería es una forma de uso de la tierra que cumple con varios de los criterios de sostenibilidad antedichos, y que en sus múltiples definiciones satisface al menos tres condiciones básicas: 1) existen, al menos, dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y, 3) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas, incluyendo pastos (Somarriba, 1998).

Históricamente, los sistemas agroforestales (SAF), no son una novedad en el continente americano. Tienen sus antecedentes desde épocas precolombinas en la civilización de los mayas, quienes practicaron roza, tumba y quema de la selva para el cultivo del maíz durante uno a tres años, después de lo cual abandonaban el área para su regeneración natural, aunque el objetivo de esta práctica no era la producción de madera, sino la producción de alimentos (Kellogg, 1963; Parsons, 1976; Reyes, 1979). También cultivaron huertos con más de 20 especies de uso múltiple junto a sus milpas (Gómez-Pompa *et al.*, 1987). Un estudio posterior identificó 77 especies con potencial para ser utilizadas en sistemas multiestratificados a partir de vegetación secundaria, de las cuales 48 se encontraban creciendo bajo sombra en un rango entre 70 y 99% (Negreros y De Clerk, 1999).

Las prácticas agroforestales continuaron durante la época colonial y aún se llevan a cabo en la época contemporánea. Según Hernández X. *et al.* (1995), en el trópico húmedo mexicano se manejaban más de 5 millones de hectáreas bajo el sistema de roza-tumba-quema, en donde las superficies cultivadas se destinaban principalmente a la agricultura, mientras que las áreas en barbecho se mantenían en aprovechamiento forestal, faunístico y pecuario.

Se han intentado varias formas de clasificar los SAF. Algunas según la función principal del componente forestal dentro de la asociación; otras, según la repartición del componente forestal a través del tiempo y en el espacio. Entre las primeras clasificaciones se encuentran la de Combe y Budowski (1979) y la de Nair (1985). Las que se basan en primer término en la secuencialidad o simultaneidad del componente arbóreo y el cultivo, luego se los agrupa en función del tipo de cultivo o componente pecuario acompañante. Entre los SAF secuenciales se encuentra la agricultura migratoria y los sistemas Taungya; mientras que entre los simultáneos, se agrupan todas aquellas combinaciones simultáneas de árboles con cultivos (anuales o perennes), o con pasturas. En el cuadro 1 se presenta la que podríamos llamar una clasificación tradicional de los SAF.

Cuadro 1. Clasificación tradicional de los Sistemas Agroforestales		
SAF Secuenciales	Agricultura migratoria	La agricultura tradicional de roza tumba y quema practicada desde tiempos antiguos.
	Sistemas Taungya	Combinación temporal de una plantación forestal durante su fase de establecimiento, con la producción de cultivos anuales hasta que la sombra del dosel lo permita.
SAF Simultáneos	Árboles con cultivos anuales	Cultivos en callejones (alley cropping), se asocian hileras de una leñosa fijadora de nitrógeno con un cultivo anual.
	Árboles con cultivos perennes	Cultivo de café o cacao bajo árboles de sombra tales como <i>Erythrina poeppigiana</i> (poró) y/o <i>Cordia alliodora</i> (laurel).
	Sistemas silvopastoriles	Asociación de árboles con pastos. El objetivo principal es la ganadería. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.
	Huertos caseros mixtos	Se caracterizan por su complejidad, son multiestratificados, asocian diversas formas de vida y se trata de mantener la producción durante todo el año.
Sistemas lineales o en alineación.	Cercas vivas	Cercas con postes vivos a los que se les fija el alambre y son podados periódicamente.
	Setos vivos	Hilera de especies arbóreas establecidos a distancias muy cercanas.
	Cortinas rompevientos	Hileras múltiples de una especie arbórea plantadas en forma normal a la dirección de los vientos predominantes.

Fuente: Combe y Budowski, 1979; Montagnini et al., 1992.

Leakey (1997) sugirió definir la agroforestería como un sistema de manejo de los recursos naturales dinámicos, con bases ecológicas, que por medio de la integración de

los árboles en tierras de finca y tierras abiertas, diversifica y sustenta la producción de pequeños productores para un aumento de los beneficios sociales, económicos y ambientales. Así, los SAF pueden representar formas de uso de la tierra sostenibles, lo cual depende de los componentes que lo constituyen y del funcionamiento de éstos en el agroecosistema según el manejo dado a los mismos. Tal como se ha planteado, la obtención de una variedad de productos para la satisfacción de múltiples necesidades, la reducción de riesgos por la diversidad de componentes productivos, las relativas mayor autosuficiencia y seguridad alimentaria del productor, sitúan a los sistemas agroforestales como sistemas de producción sostenibles en la medida que satisfagan las necesidades presentes, sin deteriorar los recursos básicos, ofreciendo, a su vez, posibilidades para las generaciones futuras (Anderson y Sinclair, 1998; Current, 1997).

3. AGROFORESTERÍA Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

La agricultura puede afectar la biodiversidad de muchas maneras. El impacto más evidente se produce por la conversión, destrucción o modificación de los hábitats naturales, la fragmentación de los mismos y la pérdida de conectividad del paisaje. Además, puede causar impacto indirecto en la biodiversidad cuando induce cambios en los procesos ecológicos (ciclo del agua, incendios, dinámica de plagas) y la invasión de especies exóticas (Harvey *et al.*, 2005). Sin embargo, en el caso de los SAF, a pesar de ser agroecosistemas, por sus características estructurales y funcionales difieren de otros sistemas agrícolas frente a la conservación de la biodiversidad.

Darwin ya había hipotetizado que comunidades vegetales más diversas tendrían un aprovechamiento de recursos más efectivo y así mayor productividad (McNaughton 1994). Es por eso que los SAF (por ser más diversos que los monocultivos) y el mosaico heterogéneo del paisaje, del cual son parte, han atraído el interés de conservacionistas y otros investigadores que trabajan en la conservación de la biodiversidad.

Los productores y las productoras agrícolas hacen decisiones que afectan la diversidad genética de las poblaciones, en el proceso de establecer, manejar, cosechar y procesar sus cultivos. Con el tiempo modificarán la estructura genética de una población al seleccionar plantas con características agromorfológicas preferidas. Influenciarán la supervivencia de ciertos genotipos eligiendo una práctica de manejo en particular de plantar un cultivo en un sitio con un microambiente particular. Hacen decisiones sobre el tamaño de la población de cada variedad a sembrar cada año, el porcentaje de semilla a guardar para su propio uso, y el porcentaje a comprar o cambiar para otros usos. Cada una de estas decisiones, que pueden afectar la diversidad genética de los cultivos, está asociada a un conjunto complejo de influencias ambientales y socioeconómicas de estos y estas (Jarvis and Hodgkin 2000).

Considerando la definición de Leakey (1997) en la que no sólo se menciona la integración del componente arbóreo en las fincas, sino también en el paisaje agrícola; y dado que un paisaje se define como un mosaico de ecosistemas o hábitats, compuestos de elementos individuales tales como bosques, parcelas agrícolas o agroforestales, pastizales y corredores boscosos (Forman, 1995), caracterizados por su topografía, que a su vez influencia el flujo y distribución de energía y materiales y de los procesos bióticos (Sanderson y Harris, 2000); se reconoce que las prácticas agroforestales influyen la estructura y la composición florística de los paisajes tropicales.

Así, la Agroforestería es un enfoque no sólo de manejo de los recursos naturales, sino también de conservación de la biodiversidad en áreas tropicales, porque combina metas de desarrollo agrícola sostenible para los agricultores de escasos recursos, dándole mayores beneficios ambientales que los que se obtienen de los sistemas agrícolas menos diversificados (Geisse, 2004; Schroth *et al.* 2004).

Algunos autores afirman que la contribución de la Agroforestería a la conservación de la biodiversidad debe considerarse un servicio ambiental de los sistemas agroforestales (McNeely y Schroth, 2006), lo cual es consistente con el enfoque por ecosistemas para el manejo recursos naturales establecido en las políticas intergubernamentales por la Convención sobre Diversidad Biológica.

Además, los SAF desempeñan una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Kaimowitz, 2003; Schroth *et al.* 2004).

De manera que, los modelos agroforestales deberían tomarse en cuenta en los esfuerzos para una conservación del paisaje amplio que proteja a los fragmentos forestales restantes y promueva el mantenimiento de la cubierta arbórea en las explotaciones agrícolas, tanto en las zonas que rodean a las áreas protegidas, como en aquellas que las conectan, como por ejemplo, en el Corredor Biológico Mesoamericano (Naranjo, 2003; Vargas y Sotomayor, 2004).

En el caso de los SAF de árboles con cultivos perennes, tales como las plantaciones de café o cacao con sombra, además de la biodiversidad es importante considerar la valoración de los servicios ambientales, tales como producción de agua, conservación del suelo, secuestro de carbono para mitigar el calentamiento global y aspecto estéticos y recreativos (Ávila *et al.* 2001, Guiracocha *et al.*, 2001; Somarriba *et al.* 2004).

Para explicar cómo la Agroforestería podría contribuir a la conservación de la biodiversidad en paisajes tropicales dominados por las actividades humanas, Schrotz *et al.* (2004) presentan tres hipótesis:

- a) **Hipótesis Agroforestería-Deforestación:** la Agroforestería puede reducir la presión sobre el bosque natural, al proveer recursos leñosos, o puede ayudar a la población local a desempeñarse con recursos forestales limitados, por ejemplo cerca de las áreas protegidas.
- b) **Hipótesis Agroforestería-Hábitat:** los SAF pueden proveer hábitat y recursos para plantas nativas y especies animales dependientes del bosque que podrían no sobrevivir en un paisaje puramente agrícola.
- c) **Hipótesis Agroforestería-Matriz:** en paisajes que son mosaicos de áreas agrícolas y vegetación natural, el valor de conservación de los remanentes de vegetación natural es mayor si están incluidos en un paisaje dominado por elementos agroforestales que si la matriz circundante consistiese sólo de campos cultivados y pasturas en su mayoría sin cobertura arbórea.

Por otra parte, el concepto que la diversidad estabiliza propiedades funcionales de las comunidades frente una perturbación ambiental se conoce en la literatura ecológica como la *hipótesis de aseguramiento* (Loreau *et al.*, 2003; Yachi y Loreau, 1999). Esto puede interpretarse como que los agroecosistemas con alta diversidad son menos propensos a plagas porque soportan una mayor diversidad de enemigos naturales. Perfecto *et al.* (2004) intentaron validar esta hipótesis examinando la predación de insectos por avifauna en fincas cafetaleras con diferentes grados de diversidad vegetal. Para ello pusieron larvas de lepidópteros en plantas de café, y midieron las tasas de desaparición de las larvas dentro y fuera de la exclusión de las aves en dos fincas con

diferentes intensidades de sombra. Encontraron diferencias significativas asociadas con el tratamiento con la exclusión de las aves, indicando que las aves pueden prevenir potencialmente la aparición de plagas. Además, el efecto fue significativo solo en las fincas con alta diversidad florística, proveyendo evidencia parcial a favor de la *hipótesis de aseguramiento*.

Por consiguiente, la sostenibilidad de los ecosistemas a largo plazo y de los servicios ambientales que generan depende de la conservación de la biodiversidad en la escala del paisaje (Bengtsson *et al.* 2003). Una diversidad alta de grupos funcionales (Un grupo funcional se define como un conjunto de especies con impactos similares sobre un proceso del sistema) permite reorganizaciones después de perturbaciones debido a un mayor número de especies de aseguramiento (*hipótesis de aseguramiento*, Loreau *et al.* 2003).

Por otra parte, Vandermeer y Perfecto (2006) reafirman la importancia de la presencia de la matriz agrícola en el marco del paisaje y argumentan que la diversidad en un nivel produce diversidad en otros niveles. En el caso de consumidores compitiendo por recursos similares, se piensa que la diversidad de esos recursos provee algún grado de diversificación de nicho en el cual un conjunto diverso de especies consumidoras pueden coexistir. Pero si la diversidad de los recursos es reducida, desde el punto de vista de la especie consumidora, tal diversificación de nicho no existirá. Armbrrecht *et al.* (2004) demostraron que un arreglo diverso de brotes de ramas de diferentes especies arbóreas, en un sistema agroforestal de café con sombra, atrajo 80% más especies de hormigas que anidan en los mismos, que un conjunto de ramitas de la misma especie. La especie arbórea en sí de la cual provenían las ramitas no explica el comportamiento observado, parece que la diversidad *per se* en un nivel

(las ramitas de diferentes especies arbóreas) crean condiciones que promueve diversidad en otro nivel (hormigas que anidan en los mismos).

Hooper *et al.* (2000), por otro lado, evaluaron la evidencia de una correlación entre la diversidad aérea y subterránea, tanto a escala local como a mayores escalas biogeográficas, y concluyeron que una variedad de mecanismos pueden conducir a una relación positiva, negativa, o indiferente, dependiendo de la fortaleza y el tipo de interacciones entre las especies. Estos autores ilustran con varios ejemplos que la conversión de ecosistemas naturales en agricultura decrece la diversidad aérea y subterránea y diversidad de la macrofauna del suelo; mientras que otros sistemas tales como las plantaciones de café exhiben un rango de diversidad vegetal, dependiendo del manejo; a medida que las plantaciones se simplifican en la parte aérea, muestran una disminución significativa en la diversidad de hormigas (Perfecto and Snelling 1995) y scarabaeidos (Nestel *et al.* 1993). Las perturbaciones del cambio de uso de la tierra disminuyen la riqueza y abundancia de especies vegetales, termitas (Eggleton *et al.* 1997), y nematodos (Freckman and Ettema 1993, Wasilewska 1997).

4. ¿COMO EVALUAR BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES?

Aunque a veces se equipara diversidad con riqueza de especies (el número de especies encontradas), la diversidad es una función del número de especies y de la uniformidad en la distribución de la abundancia de especies (Purvis y Hector, 2000). Para medirla, han sido propuestos, comparados y debatidos varios índices de diversidad que combinan riqueza y uniformidad (Patil y Taillie, 1982) y muchos criterios han sido aplicados para evaluar estos índices. Los dos índices más ampliamente usados son el de *Shannon-Wiener* (1), que calcula la diversidad de especies, y el de *Simpson* (2) (Magurran, 1988).

Índice de Shannon-Wiener (H') $H' = - \sum p_i \ln p_i$ (1)

Donde p_i es la proporción (o abundancia relativa) de cada especie en cada parcela y \ln es el logaritmo natural (base "e" = 2.7182...).

Índice de Simpson (D) $D = \frac{\sum (n_i (n_i - 1))}{N (N - 1)}$ (2)

Donde n_i = el número de individuos de la especie i_{th} , y N = el número total. El índice de Simpson generalmente se expresa como 1-D or 1/D.

También se usa Equitatividad (3), que varía de 0 a 1 e indica en qué medida las especies son abundantes por igual y permite hacer comparación con otros lugares ecológicamente equivalentes (Hayek y Buzas, 1997; Hill. 1973).

Equitatividad (E) $E = H' / H'_{max}$ (3)

Donde $H'_{max} = \ln S$; S es el número total de especies registradas en la muestra y N es el número de individuos en la muestra.

Sin embargo, algunos autores como Huang *et al* (2002) dicen que los métodos para evaluar biodiversidad en SAF son escasos y que los pocos métodos disponibles se enfocan en los efectos de la agroforestería sobre la conservación de la biodiversidad, esto incluye identificar los grupos funcionales de los componentes agroforestales. Para análisis se cuantifican las características distintivas de cada grupo, y su relación al uso

Shannon: aplicaciones agroforestales

“Todas las especies (o grupos funcionales) tienen igual peso en el índice de Shannon. Sin embargo, la agroforestería tiene que ver con sistemas manejados para satisfacer las necesidades del administrador de la tierra (producir más, dar sombra, diversificar la producción, fijar carbono, reducir erosión, etc.) y las especies se seleccionan con este fin. No es lo mismo una especie que otra, ya que los "nombres" importan para el manejo. Por ejemplo, dos cafetales con igual riqueza (digamos, 2 especies) y abundancias relativas pueden diferir grandemente en términos de manejo y valoración por parte del finquero. Por ejemplo, no se maneja igual un cafetal con sombra de Erythrina poeppigiana – Cordia alliodora que otro con Citrus sinensis – Musa AAB. Sin embargo, a pesar de que no es posible relacionar el índice de diversidad de Shannon con el manejo de los sistemas agroforestales, ecólogos y agroforestales continuarán utilizándolo en sus estudios porque permiten sintetizar mucha información en una sola cifra”.

Somarriba, 1999

racional de los recursos y al incremento del bienestar de la población local. Esta metodología integra evaluación y planificación estratégica del manejo agroforestal relativo a la conservación de la biodiversidad en áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento.



Figura 1. Café con *Cordia alliodora*, Turrialba. Foto: M.Sc. Joel Sáenz



Figura 2. Café con *Eucalyptus sp*, Cervantes. Foto: M.Sc. Joel Sáenz

5. CONCLUSIONES

Como conclusión, en nuestra opinión el desarrollo del tema de la conservación de la biodiversidad por medio de la Agroforestería se debe ver en un contexto integrado con el ordenamiento territorial, considerando que el paisaje rural tiende a ser una matriz de parches de bosque remanentes, sistemas agrícolas y agroforestales, cercas vivas, cortinas rompevientos y árboles fuera del bosque insertos en el paisaje regional. Este mosaico de paisaje agroforestal debe ser visto como reserva potencial de biodiversidad en sí y también como un medio que a través del cual puedan ocurrir las migraciones que eviten el proceso de extinciones locales integrándolo al concepto del corredor biológico.

Creemos que la Agroforestería en el paisaje regional puede ser una herramienta para dar forma concreta a la idea de un desarrollo que se origine y defina localmente y se traduzca en un proceso vivo y continuo de análisis, discusión, proyección y programación, con la participación activa de todos los grupos de interés para lograr un desarrollo territorial sostenible y la conservación de la biodiversidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

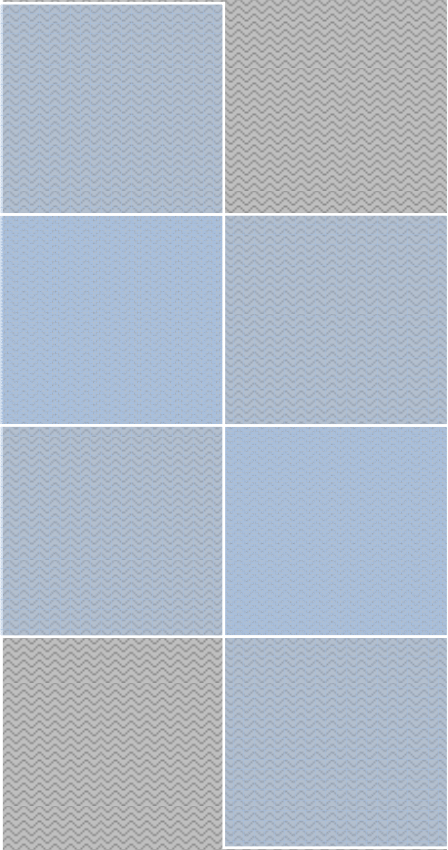
- ANDERSON, L.S.; SINCLAIR, F.L. 1998. Interacciones ecológicas en los sistemas agroforestales. pp. 15-84. In: Jiménez, F. y A. Vargas (eds.). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas agroforestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 2004. Enigmatic biodiversity correlations: Ant diversity responds to diverse resources. *Science* 304:284-286.
- ÁVILA, G.; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M.; IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 32-35.
- BENGTSSON, J.; ANGELSTAM, P.; ELMQVIST, T.; EMANUELSSON, U.; FORBES, C.; IHSE, M. et al. 2003. Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio*, 32, 389–396.
- BROWN, B. J.; HANSON, M. E.; LIVERMAN, D. M.; MERIDETH, R. W. 1987. Global sustainability: Toward Definition. *Environmental Management* 11(6):713-719.
- COMBE, J.; BUDOWSKI, G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. In G. de las Salas (ed.). *Taller Sistemas Agroforestales en América Latina*. Actas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 37-48.
- CONWAY, G.R. 1985. Agroecosystem analysis. *Agricultural Administration* 20:31-55.
- CONWAY, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24:95-117.
- CONWAY, G.R.; BARBIER, E. B. 1988. After the green revolution. Sustainable and equitable agricultural development. *Futures* 20(6):651-670.
- CURRENT, D. 1997. ¿Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales?. Resultados de una investigación en América Central y el Caribe. *Agroforestería de las Américas* 16:4-14.
- DE CAMINO, R.; MÜLLER, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie Documentos de Programas. N° 38. San José, Costa Rica. 113 p.
- DUMASKI, J.; BENTLEY, C. F.; BRKLACICH, M. 1990. Guidelines for evaluating sustainability of land development projects. *Entwicklung + ländlicher raum* 3:3-6.
- EGGLETON, P.; HOMATHEVI, R.; JEEVA, D.; JONES, D.T.; DAVIES, R.; MARYATI, M. 1997. The species richness and composition of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah, East Malaysia. *Ecotropica* 3:119–128.
- FORMAN, R.T.T. 1995. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge, USA, Cambridge University Press.

- FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.E. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture Ecosystems and Environment* 45: 239–261.
- GEISSE, G. 2004. Manejo forestal sustentable y el mejoramiento continuo y sostenido de la biodiversidad. *Ambiente y Desarrollo (Chile)*, 20(2):97-102.
- GLIESSMAN, S.R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press. USA. 357 p.
- GÓMEZ-POMPA, A.; FLORES, J. S.; SOSA, V. 1987. The "PetKot" a man-made tropical forest of the Maya. *Interciencia* 12(1):10-15.
- GUIRACOCHA, G; HARVEY, C; SOMARRIBA, E; KRAUSS, U; CARRILLO, E. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8(30):7-11.
- GUTIÉRREZ E., E. E. 1993. Indicadores de sostenibilidad: Instrumentos para la evaluación de las políticas nacionales. Conferencia en el 50vo. aniversario de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Costa Rica. 19 noviembre 1993. San José, Costa Rica.
- HARVEY, C.; ALPIZAR, F.; CHACÓN, M.; MADRIGAL, R. 2005. Assessing Linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical Overview and Future Perspectives. Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC). San José, Costa Rica.
- HAYEK, C.L.A; BUZAS, M. 1997. *Surveying natural populations*. Columbia University Press, New York. 563 p.
- HERNÁNDEZ XOLOCOTZI, E.; BELLO BALTAZAR, E.; LEVY TACHER, S. I.. 1995. La milpa en Yucatán: Un sistema de producción agrícola tradicional, vol. 1 y 2. Colegio de Postgraduados. México.
- HILL, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54(2):427-432
- HOOPER, D.U.; BIGNELL, D.E.; BROWN, V.K.; BRUSSAARD, L.; DANGERFIELD, J.M.; WALL, D.H.; WARDLE, D.A.; COLEMAN, D.C.; GILLER, K.E.; LAVELLE, P.; VAN DER PUTTEN, W.H.; DE RUITER, P.C.; RUSEK, J.; SILVER, W.L.; TIEDJE, J.M.; WOLTERS V. 2000. Belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: Patterns, mechanisms, and feedbacks. *BioScience* 50 (12):1049.
- HUANG W. LUUKKANEN O.; JOHANSON S.; KAARAKKA V.; RÄISÄNEN S.; VIHEMÄKI H. 2002. Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves: functional group identification and análisis. *Agroforestry Systems* 55(1): 65-72.
- HÜNNEMEYER, A.J.; DE CAMINO, R; MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica. Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible N° 4. San José, Costa Rica. 157 p.
- JARVIS, D.; HODGKIN, T. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: linking multidisciplinary research to implementation on-farm. pp. 261-278. In *Genes in the Field*:

On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

- JONES, C.A.; DYKE, P.T.; WILLIAMS, J.R.; KINIRY, J.R.; BENSON, V.W.; GRIGGS, R. H.. 1991. EPIC: An Operational Model for evaluation of agricultural sustainability. *Agricultural Systems* 34:341-350.
- KAIMOWITZ, D. 2003. Biodiversidad y Agroforestería. *Ambientico* N° 121 (Octubre de 2003):21.
- KELLOGG, C. E. 1963. Shifting cultivation. *Soil Science* 95:221-230.
- LEAKEY, R. 1997. Reconsiderando la definición de agroforestería. *Agroforestería de las Américas* 16:22-24.
- LEFF, E. 2002. Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. México, Siglo XXI, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 3ª. ed., 414 p.
- LOREAU, M.; MOUQUET, N.; GONZALES, A. 2003. Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes. *Proc. Natl Acad. Sci. U S A*, 100:12765–12770.
- LUFFIEGO GARCÍA, M.; RABADÁN VERGARA, J.M. 2000. La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* 18(3):473-486.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, New Jersey. 179 p.
- MASERA, O. 1994. Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Criterios de Sustentabilidad. Documento de Trabajo # 13 GIRA A.C. Fundación Rockefeller, Patzcuaro, Michoacán, México.
- MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología rural apropiada. Mundi-Prensa. México. 109 p.
- MCNAUGHTON, S.J. 1994. Biodiversity and function of grazing ecosystems, In *Biodiversity and ecosystem function*. Schulze, E.D. and Mooney H.A. eds. Berlin, Springer-Verlag, pp. 361-383.
- MCNEELY, J.; SCHROTH, G., 2006. Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation* 15:549–554
- MÜLLER, S. 1997. Evaluación de la sostenibilidad de actividades agrícolas y de recursos naturales. pp. 43-72. In: Pérez, L (ed). *Desarrollo rural sostenible en Costa Rica: Avances y perspectivas*. Editorial Porvenir S.A. y CECADE. San José, Costa Rica. 269 p.
- NAIR, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Working paper no. 28. Nairobi, Kenya, ICRAF. 52 p.

- NARANJO, L.G. 2003. Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad. In Agroforestería para la Producción Animal en América Latina II. Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (agosto 2000-marzo 2001). Editado por M.D. Sánchez y M. Rosales. Roma, FAO. pp. 13-25.
- NEGREROS-CASTILLO, P.; DE CLERK, F.A.J. 1999. Establecimiento de sistemas agroforestales multiestrato. *Revista Red, Gestión de Recursos Naturales* 14:18-21.
- NESTEL, D.; DICKSCHEN, F.; ALTIERI, M.A. 1993. Diversity patterns of soil macrocoleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: An accident of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2: 70–78.
- PARSONS, J. J. 1976. Forest to pasture: Development or destruction? *Rev. de Biología Tropical* 24(supl. 1) :121-138.
- PATIL, G.P.; TAILLIE. C. 1982. Diversity as a concept and its measurement. En *Journal of the American Statistical Association* 77:548-567.
- PERFECTO, I.; SNELLING. R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical ecosystem: Ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5:1084–1097.
- PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. 2003. The coffee agroecosystem in the neotropics: Combining ecological and economic goals. In Vandermeer, J. H. (ed) *Tropical Agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.H.; LOPEZ BAUTISTA, G.; IBARRA NÚÑEZ, G.; GREENBERG, R.; BICHER, P.; LANGRIDGE, S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, 85(10): 2677–2681
- PURVIS, A.; HECTOR.; A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-218.
- REYES RODRIGUEZ, J.J. 1979. Algunas experiencias agrosilvícolas en México. SARH, Subsecretaría Forestal y de Pesca. 42 p.
- RUSSO, R.O. 1996. Agrosilvopastoral systems: a practical approach to sustainable agriculture. *J. Sustainable Agriculture* 7(4): 5-17.
- SANDERSON, J. AND Y L.D. HARRIS. 2000. Landforms and landscapes. In J. Sanderson and L.D. Harris (eds.), *Landscape ecology: a top-down approach*. Boca Raton, USA. Lewis. pp. 45-55.
- SCHROTH, G.; Da FONSECA, G.A.B.; HARVEY, C.A.; GASCON, C.; VASCONCELLOS, H.L.; IZAC, A.M.N. (eds.). 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington. 523 p.
- SCHROTZ, G., G.A.B. DA FONSECA, C.A. HARVEY, H.L. VASCONCELLOS, C. GASCON AND A.M.N. IZAC. 2004. Introduction: The role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. In G. Schrotz, G., G.A.B. da Fonseca, C.A. Harvey, H.L. Vasconcellos, C. Gascon and A.M.N. Izac (eds.). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington. pp. 1-12.
- SMIT B.; SMITHERS J. 1994. Sustainable agriculture: Interpretations, analyses and prospects. *Canadian Journal of Regional Science* 16(3):499–524.



Javier Monge y Ricardo Russo

Universidad de Costa Rica - Universidad EARTH

