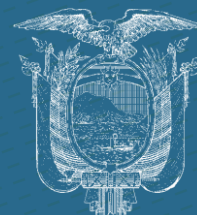


INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



EL
GOBIERNO
DE TODOS

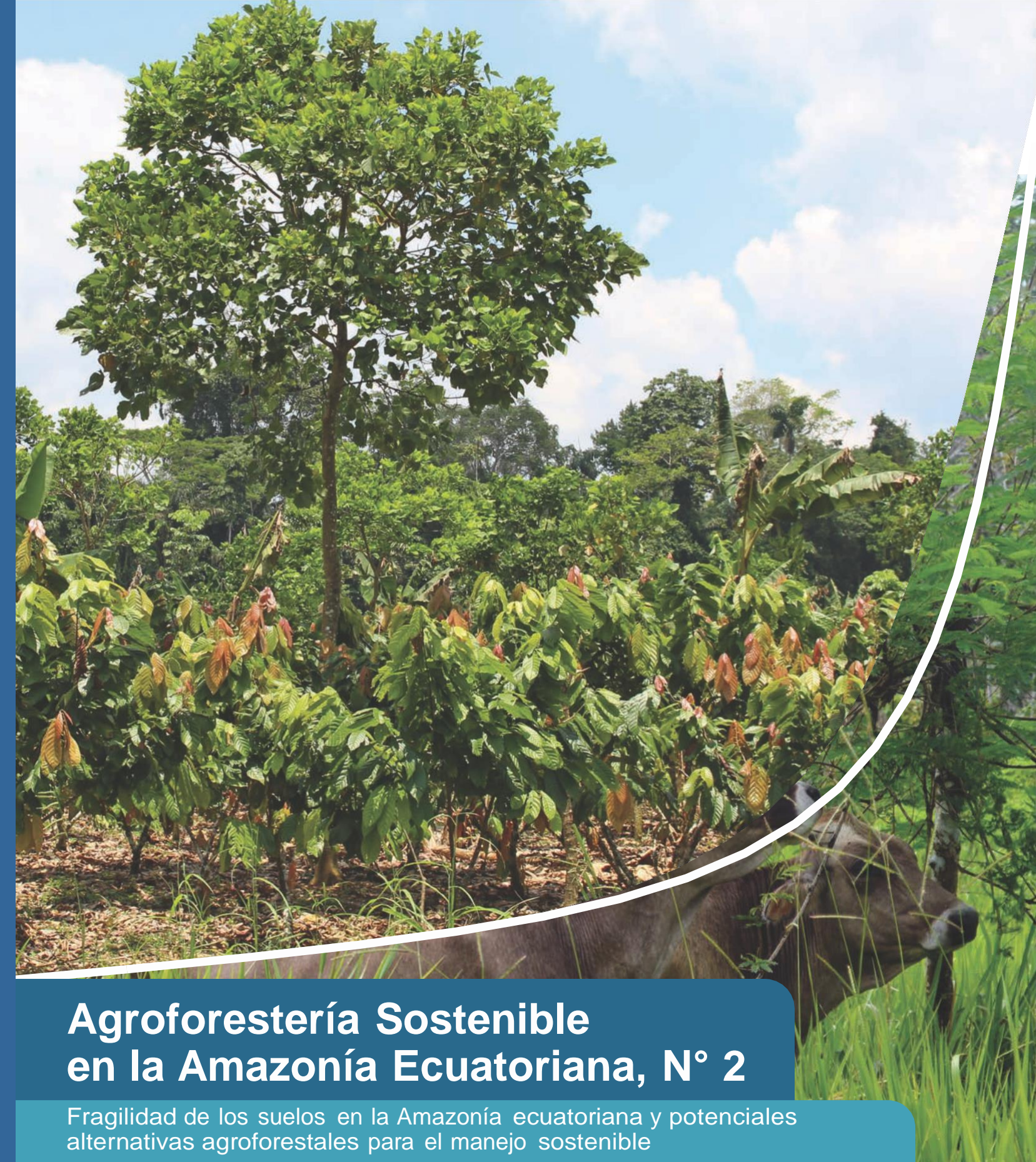
CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



ISBN: 978-9942-36-039-7



9 789942 360397



Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2

Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible

agroinvestigacionecuador

@INIAPECUADOR

agroinvestigación iniap

www.iniap.gob.ec



Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2

Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana
y potenciales alternativas agroforestales
para el manejo sostenible

Julio, 2018

Publicación Miscelánea No. 445

Créditos

Autores: Astorga

Carlos Barrera
Paulo Bastidas
Félix Caicedo
Carlos Calderón
Darío Calero
Andrés Casasola
Francisco Chávez
Joffre Congo Carlos
Virginio Filho Elias de Melo
Díaz Alejandra
Fernández Fabián

Lima Luís
Moncayo Luis
Osorio Bertín
Paredes Nelly
Pico Jimmy
Sotomayor Dennis
Subía Cristian
Vargas Yadira
Vera Antonio Vizuete
Omar Velástegui
Francisco

Revisores:

Caicedo Carlos - INIAP
Moncayo Luís - INIAP
Paredes Nelly - INIAP
Pico Jimmy - INIAP
Subía Cristian - INIAP
Vargas Yadira - INIAP
Vera Antonio - INIAP
Casanoves Fernando - CATIE
Villarreyna Rogelio - CATIE
Villanueva Cristóbal - CATIE

Editores:

Elias de Melo Virginio Filho (CATIE)
Carlos Astorga D (Consultor CATIE)
Francisco Casasola (CATIE)
Carlos Caicedo (INIAP)

Fotografías:

Elias de Melo Virginio Filho
Carlos Astorga Domia
Francisco Casasola
Cristian Subía García
Jimmy Pico

Diagramación:

Rocío Jiménez Salas,
Tecnología de Información
y Comunicación, CATIE

Capítulo 10

El rol de los sistemas agroforestales en la conservación, recuperación y manejo de los suelos en sistemas de producción agropecuarios

Autores: Nelly Paredes, Mónica Angamarca, Elías de Melo Virginio Filho y Horacio Figueroa

El suelo es un elemento natural, compuesto de una mezcla de minerales y materia orgánica en descomposición, que cubre la superficie terrestre, es por ello que los suelos cambian mucho de un lugar a otro, es decir la composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Benzing, 2001).

La importancia de la vida del suelo es cada vez más reconocida, debido a los servicios que ésta presenta para la sostenibilidad de los sistemas de producción, es así que las raíces de las plantas pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación con los demás elementos y su interacción con el suelo, mejorando la cantidad y eficiencia de los nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas, por ello se sugiere un manejo agroecológico a través de los sistemas agroforestales con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo y del cultivo (Labrador, 2008).

La gran parte de los procesos de los sistemas agroforestales son producidos en el suelo, debido a que confluye aspectos ligados con la formación, renovación y con los múltiples beneficios que presta al ser humano, en este sentido el suelo contiene una gran parte de la biodiversidad de la tierra, además proporciona el substrato físico para la mayoría de las actividades del ser humano, la provisión de alimentos, fibra y energía, además es un hábitat biológico para conservar los recursos genéticos, proporciona agua, arcilla, arena, minerales contribuyendo con las actividades socioeconómicas para el desarrollo de la vida, es decir la agroforestería dependen de los suelos para el suministro de agua y nutrientes, así como para su soporte físico (Bello *et al.* 2008; Hernández *et al.* 2006).

Anualmente 40 000 hectáreas de suelo arable es afectado por la erosión; la provincia de Zamora presenta los valores más altos de erosión con 90 a 95% (Jiménez, 2011). La actividad agrícola, sin un manejo diversificado y agroecológico adecuado, es sin duda una de las causas más importantes de la degradación a en la mayoría de los suelos (De Noni y Trujillo 2008). La eliminación de los bosques y la cobertura vegetal nativa, altera las condiciones naturales del ecosistema dando lugar a una degradación continua de los suelos (GEO Ecuador, 2008).

10.1. Regulación de la temperatura, radiación, suelo y sistemas agroforestales

Para poner en marcha estrategias de conservación y uso adecuado de los suelos en la Amazonía ecuatoriana es importante hablar sobre los sistemas agroforestales, con sus interacciones, debido a que permiten el mejoramiento o mantenimiento de la fertilidad debido al aumento en la capacidad de reciclaje de nutrientes y adición de residuos. La estabilidad de la temperatura del suelo converge con menores pérdidas por volatilización del nitrógeno, además la capacidad de absorción e infiltración del agua se incrementa lo cual favorece la reducción de la erosión. Sin embargo, de modo general,

la utilización y la respuesta a la aplicación de nutrientes en cafetales sombreados es menor que en aquellos que crecen a pleno sol (Caramori *et al.* 2004; Carvajal, 1984).

El mantenimiento de altos niveles de materia orgánica en el suelo en sistemas agroforestales ayuda a estabilizar las poblaciones de nematodos (*Meloidogyne* y *Pratylenchus* spp), por debajo del nivel crítico para el cultivo del café (Araya, 1994). Por otra parte la erosión superficial y la pérdida del suelo son menores en plantaciones bajo sombra que en aquellas a plena exposición solar, sin embargo, beneficios similares se pueden obtener mediante la utilización de la cobertura muerta en las áreas a pleno sol (Beer *et al.* 1998). Los árboles asociados con plantaciones contribuyen con la reducción de la erosión, así mismo, la caída natural de hojas resultados de la poda, mantienen una capa de cobertura vegetal muerta, produciendo una baja descomposición del litter (Cuenca *et al.* 1983).

En estudios realizados en México, Jiménez *et al.* (1982), estimaron una evapotranspiración anual de 1327 mm para *Coffea arabica* en monocultivo, valor que disminuyó a 1052 mm cuando el café fue sembrado con varias especies arbóreas e incluso presentó valores de 703 mm cuando fue sembrado con *Inga* spp. Es muy interesante resaltar que la utilización de árboles con sistema radicular profundo, como el de la *Grevillea robusta*, puede aumentar la disponibilidad hídrica en el suelo después de largos períodos secos en las capas superficiales del suelo (Miguel *et al.* 1995).

10.2. Los sistemas agroforestales y sus beneficios para los sistemas de producción

Debemos señalar que los sistemas agroforestales (SAF), son arreglos o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forma una entidad organizada con el propósito de usar recursos naturales para obtener productos y beneficios agrícolas, forestales o animales, éste sistema es dinámico y las condiciones de los componentes y sus interacciones cambian a través

del tiempo, el esquema de sistema de producción puede ayudar a enfocar a la parcela o chakra como un ente complejo y dinámico, y a comprender los efectos de los cambios que se introducen ya sean especies forestales, frutales, palmas, o productos forestales no maderables, debido a que se introduce nuevas interacciones y se convierte en una dinámica diferente (Arcos, 1994).

Los sistemas agroforestales también desempeñan una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de las áreas deforestadas o fragmentadas, debido a que suministran hábitats y recursos para las especies de animales y plantas, de modo que facilitan el movimiento de animales, semillas, polen entre otros, facilitando la disponibilidad de productos y servicios, reduciendo la fragmentación de los bosques y aportando zonas de amortiguamiento para las áreas protegidas (Palomeque, 2009).

Es así que varios autores manifiestan que la agroforestería, es considerada como sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que tiende a aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos), con cultivos y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (Beer, 2003).

La definición, de la agroforestería representa un concepto de uso integrado de la tierra, que se adapta particularmente a zonas frágiles y a los sistemas de bajos insumos, permitiendo optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes, dadas las condiciones económicas, ecológicas y sociales predominantes (Altieri, 1995). Es por ello que los SAF



son recomendados para zonas de ecosistemas frágiles como los bosques tropicales, debido a que tienen una estructura similar, en cierto modo, a la vegetación de esa región (Bernades *et al.* 2009; Marín, 2011).

10.3. Aportes a la construcción de una agroforestería ecológica para la Amazonía

Definitivamente, se requiere de un tipo de agroforestería que esté del lado de la conservación integral de la naturaleza, en beneficio directo de las familias, donde incluya el estudio y la investigación integral, la identidad cultural de nuestros pueblos nativos, la recuperación de la capacidad de conservación y una producción soberana (Ospina, 2015; Arcos, 1994), que permita potenciar la biodiversidad de especies nativas (silvestres y cultivadas) en las tecnologías agroforestales, a fin de fomentar la diversidad de los sistemas de producción y sus usos (alimenticias, forrajeras, medicinales, frutales, palmas, forestales, entre otros), además se debería tomar en cuenta que las fincas en la Amazonía son diversas y complejas en composición, estructura y producción; sin embargo con estos sistemas complejos se pretendería optimizar la radicación solar y acumular la biomasa del sistema agroforestal, brindando cobertura al suelo, controlando la erosión, conservando la humedad del suelo, y sobre todo fortaleciendo la conservación de la biodiversidad in situ, de esta forma se pretende fortalecer la conservación integral del paisaje y del ecosistema local y regional (Jiménez *et al.* 2003).

10.4. Los sistemas Agroforestales y su función en la nutrición de los suelos

De modo general, los suelos amazónicos presentan restricciones en la actividad agrícola, el 74 % de la región, son suelos de baja fertilidad, la mayoría de los suelos presentan textura media o arcillosos y sólo el 7% son suelos arenosos, además, son suelos muy frágiles y de

baja capacidad de recuperación, que pierden fácilmente su capacidad de soporte de ciclo de la vegetación y de recuperación que va más allá de décadas o siglos (Bernades *et al.* 2009; Alvarado *et al.* sf). Es por ello que los sistemas agroforestales en la Amazonía son fundamentales, debido a que ejercen una función protectora al suelo, mantienen los nutrientes y retardan el ciclaje de nutrientes.

De igual forma debemos resaltar que los suelos cubiertos de bosques del trópico húmedo la cantidad de materia orgánica inmovilizada en la vegetación varía de 150 a 300 t ha⁻¹ de materia seca, es decir el aporte anual del bosque a la superficie de suelo se estima en 15 t ha⁻¹ de materia seca, por lo tanto el contenido de materia orgánica en un suelo de bosque húmedo tropical es de alrededor de 110 t h⁻¹, el cual es siete veces mayor, que el aporte de un área de monocultivo (Valarezo, 2004).

El uso de especies leguminosas de sombra como *Erythrina poeppigiana*, *Inga* sp y *Gliricidia*, tienen un efecto sobre las tasas de fijación de nitrógeno, es así que pueden fijar hasta 60 kg N año⁻¹ por *E. poeppigiana* en asociación con café, por otra parte los árboles de sombra pueden producir hasta 14 t/ha/año de hojarasca y restos de poda, que pueden producir hasta 340 kg N/ha/año (Beer *et al.* 1997; Polzot, 2004; Gutiérrez, 2003).

10.5. Los sistemas agroforestales y la regulación de la temperatura y radiación en el suelo

Los sistemas agroforestales con café mejoran los aspectos climáticos, debido a que mejoran las condiciones micro-climáticas, especialmente por la reducción de los eventos externos de la temperatura del aire y del suelo, reducción de la velocidad del viento, mantenimiento de la humedad relativa (HR) y aumento de la disponibilidad hídrica en el suelo, como consecuencia estos sistemas agroforestales están mejor protegidos contra heladas y se crea un ambiente más adecuado para el mantenimiento de su intercambio gaseoso (Caramori *et al.* 2004).

Algunos de los beneficios de emplear árboles de sombra asociados a la producción de café presentan incremento de la materia orgánica y la fauna del suelo, es así que la materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo bajo agroecosistemas de café, éste aumento es asociado a la actividad de los microorganismos, los cuales aumentan debajo de los árboles, mejorando la temperatura del suelo (Beer *et al.* 2003; Bernades *et al.* 2009).

Además de la falta de uso de toda la energía disponible, los monocultivos en la Amazonía disminuyeron su producción, debido a las condiciones de estrés por la alta temperatura del aire y el déficit de agua en una parte del día, la temperatura óptima para la producción fotosintética está en el intervalo de 20 ° C a 35 ° C para plantas C₃ y 30 ° C a 45 ° C para plantas C₄, sin embargo, la temperatura máxima durante el día, especialmente entre 10h y 14h, a menudo es más fuerte como resultado de la alta irradiación, lo que causa estrés en las plantas. Además, en el mismo periodo del día, la demanda atmosférica de agua es mayor que la capacidad de la transpiración del dosel de los cultivos, incluso con suelos húmedos, por lo tanto, en este período, las hojas de plantas cierran sus estomas, para interrumpir la pérdida de agua, que impide la entrada de dióxido de carbono, evitando así la realización de la fotosíntesis (Bernades *et al.* 2009).

10.6. Los SAF en la infiltración de agua y retención de suelos

Las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, en regiones con suelos fértiles los sistemas agroforestales pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente, estas prácticas tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presenten problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos (Musálem, 2001), entre las especies forestales que mejor se adaptan al sistema están las siguientes: guaba (*Inga edulis*); laurel (*Cordia alliodora*); cedro (*Cedrela odorata*); melina (*Gmelina arborea*); guayaba (*Psidium guajava*); leucaena (*Leucaena*

leucocephala); primavera (*Tabebuia donnell-smithii*); guanacaste (*Schizolobium parahyba*) (Ramírez, 2005).

De allí que los sistemas agroforestales, contienen un alto número de árboles, los mismos que cumplen algunas funciones a) mantenimiento de la fertilidad del suelo/reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes; b) conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua; c) captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles; y d) conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados, de igual forma los árboles aumentan la diversidad biológica del agroecosistema creando en sus ramas, raíces y hojarasca, condiciones favorables para otros organismos (Beer *et al.* 2004; Marín, 2011; CORPOICA, 2000; Beer *et al.* 2003).

La presencia de hojarasca en la superficie del suelo mejora la infiltración de agua y reduce el escurrimiento y la evaporación, por lo que la hojarasca superficial y la materia orgánica del suelo influyen en el flujo de agua en el suelo y los regímenes de humedad. En lo que respecta al reciclaje de nutrientes, los árboles pueden afectar el nivel de nutrientes del suelo al explotar las reservas minerales más profundas de la roca parental, recuperando los lixiviados y depositándoles sobre la superficie, como humus. Esta materia orgánica aumenta el contenido de humus del suelo, el cual aumenta su capacidad de intercambio de cationes y disminuye las pérdidas de nutrientes, por otra parte las raíces de las plantas, exploran un determinado volumen de suelo, compartiendo el espacio poroso con los organismos, el aire y el agua, es decir las plantas encuentran hábitats adecuados para su desarrollo (Altieri, 1999).

Los sistemas agroforestales mejoran las propiedades físicas del suelo, debido a que los árboles también pueden mejorar las propiedades físicas del suelo, siendo la estructura del suelo la más importante, al aumentar la materia orgánica (hojas y raíces), el contenido de microorganismos se desarrolla adherido al suelo más estable, favoreciendo su estructura, de igual forma los SAF, previenen de la erosión del suelo, ya que la

hojarasca natural y la aplicación de residuos de poda de los cafetales, contribuye a la reducción de la erosión y la pérdida de suelo en las plantaciones con sombra.

La mayoría de los árboles producen hojarasca abundante (mulch) que protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia, favorece el almacenamiento, la regulación del agua y disminuye su escurrimiento. Entre los árboles más apropiados para sombra están: guamos (*Inga* spp), nogales (*Cordia alliodora*), poro (*Erythrina edulis*), caucho (*Hevea brasiliensis*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), matorrón (*Gliricidia sepium*) y frutales, entre otros, cuyos sistemas radicales muy profundos (mayores de 1,5m) permite un anclaje vertical y lateral mayor que el café, amarrando los suelos para evitar su movimiento ladera abajo (Rivera *et al.* 1992; Jiménez *et al.* 2003).

Del mismo modo los árboles en los sistemas agroforestales influyen en el ciclo del agua al incrementar la interceptación de la lluvia y de nubes (goteo debido a la condensación al chocar las nubes con la vegetación) y al modificar la transpiración y la retención del agua en el suelo, reduciendo así la escorrentía e incrementando la infiltración. En áreas de producción de café donde se aplican cantidades de nitrógeno en los fertilizantes químicos, las pérdidas de nitratos por lixiviación fueron más altas en plantaciones de café sin sombra que en cafetales con árboles de sombra, probablemente debido a las mayores tasas de transpiración en los cafetales con árboles (Beer *et al.* 2003).

10.7. Interacciones ecológicas y entre especies en SAF

En lo relacionado a las interacciones entre especies, los SAF, están reguladas a través del ambiente el principio de respuesta y efecto, el cual establece que la planta y su ambiente se modifican el uno al otro, de tal manera que el ambiente provoca una respuesta en el funcionamiento y crecimiento de la planta y que ésta a su vez, tiene un efecto sobre el ambiente a través de la modificación de uno o más de sus factores. De esta manera,

la morfología y la vida de la planta son gobernadas por el ambiente, pero al mismo tiempo, la planta puede cambiar su ambiente. La naturaleza de las interacciones entre y dentro de las especies se refiere entonces, a los medios por los cuales una planta puede influir en sus vecinas, cambiando su ambiente, ya sea en forma directa por adición o sustracción, por ejemplo nutrientes o indirectamente por ejemplo estimulando especies insectívoras (Technology of forest products, 2011).

Por otra parte cuando los árboles son incorporados en tierras cultivadas, existe un número de posibles consecuencias de estas interacciones entre el árbol (especie A) y el cultivo (especie B). La especie A puede afectar el ambiente en forma negativa con respecto a la especie B, o también de manera positiva. De aquí que una especie A puede causar un incremento (+), una disminución (-) o no tener efecto (0) en el desarrollo de la especie B (Technology of forest products, 2011).

Del mismo modo existen estrategias agrícolas y agroforestales basadas en los conocimientos tradicionales, donde es posible desarrollar sistemas agroforestales de propósito múltiple para aprovechar la luz en distintos pisos de vegetación. Puede haber árboles altos y palmas multiusos de copa reducida que aportan maderas finas, leña, frutas, forraje, sombra. Éstos extraen nutrientes de niveles más profundos del suelo, mismos que estarán disponibles para árboles y arbustos como cítricos, guayaba, el café, jengibre, distintos tipos de ñame, camote y malanga. Es así que en la agroforestería el suelo es lo más preciado que hay que conservar, ya que un suelo vivo estará lleno de hongos degradadores, lombrices, ciempiés, bacterias, algunas especies de gallinas ciegas, hormigas bacterias, siendo, la única garantía para lograr buenas cosechas a largo plazo. Entre más vida diversa se halla en el suelo, menos plagas encontramos y se obtendrá mejores resultados para las cosechas (Boege, 2004).

Así mismo es importante evaluar, adaptar y mejorar los sistemas productivos de las agriculturas indígenas y campesinas, donde incluya adaptaciones culturales al clima, suelos, y a la biodiversidad, debido a que estos sistemas cuentan con un conocimiento importante para

buscar alternativas, por ello, los sistemas agroforestales junto con la agroecología podrían ser una estrategia productiva en la biodiversidad, agrobiodiversidad, entre los saberes ambientales campesinos e indígenas con una nueva agricultura y gestión de los recursos naturales (Boege, 2004).

Igualmente existen algunos árboles de propósitos varios recomendados para los trópicos, entre los que podemos mencionar a *Calliandra* spp, *Cordia alliodora*, *Erythrina* spp, *Gliricidia sepium*, y *Leucaena* spp, que pueden establecerse en sistemas agrosilvopastoriles, es así que se han encontrado algunos resultados donde se destaca que las fincas con sistemas silvopastoriles son más rentables que las fincas sin usos silvícolas. La rentabilidad está relacionada principalmente con la posibilidad de enfrentar la sequía del verano e incluso estaciones secas más largas que lo esperado, sin necesidad de

proveer suplemento nutricional al ganado, del mismo modo en sistemas agrosilvopastoriles el indicador de biodiversidad con mayor impacto en la productividad de las fincas es la cobertura de vegetación, sin embargo hay algunas especies forestales con una importante relación positiva con la alimentación del ganado, de igual forma las especies forestales permiten reconstruir parches en alguna medida similares a los remanentes de bosque primario existentes en las áreas cercanas a las fincas (Pérez *et al.* 2003).

La transpiración del café se ve significativamente reducida cuando crece bajo arborización/sombrío. (Carelli *et al.* 2000) estimaron, sin irrigación una reducción en la transpiración total de 27% y 47% en cafetales cultivados en arreglos con 50% y 70% de sombrío artificial, respectivamente; por otro lado la transpiración disminuyó 60% y 84% bajo pleno riego.

10.8. Bibliografía

- Altieri, MA. 1999. The environmental risks of transgenic crops: an agro-ecological assessment. *In* Serageldin, I; Collins, W (eds.), *Biotechnology and biosafety*. Washington D.C., Word Bank. p. 31-38
- Altieri, M; Yurjevic, A. 1995. Agroecología y Desarrollo. *Revista del Consorcio Latinoamericano Sobre Agroecología y Desarrollo*. 1: 25-36
- Alvarado, A; Raigosa, J. s. f. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica
- Araya, M. 1994. Distribución y niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en ocho cantones productores de café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18:183-187
- Arcos, M. 1994. Sistemas agroforestales: Panorama General. Ministerio de Agricultura INIA. Lima, Perú. 28 p. (Boletín Técnico, no. 1)
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D. 1997. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38(1-3):139-164.
- Beer, J; Harvey, CA; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10 (37):80-87.
- Bello, A; López, A; Díez, M; López, J; García, A. 2008. Principios ecológicos en la gestión de los agrosistemas. *Revista ARBOR* 729:19-29.
- Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica fundamentos para la región andina. Neckar-Verland Villingen Schwenningen, Alemania. 682 p.
- Bernades, MS; Pinto, LFG; Righi, CA. 2009. Interações biofísicas em sistemas agroflorestais. *In* Porro, R (ed.). *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. EMBRAPA. 4: 423-446
- Boege, E. 2004. Protegiendo lo nuestro. Manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América latina. s. n. t.
- Caramori, PH; Kathounian, CA; Morais, H; Leal, AC; Hugo, RG; Androcioli-Filho, A. 2004. Arborização de cafezais e aspectos climatológicos. *In* Matsumoto, SN (ed.). *Arborização de Cafezais no Brasil*. Edições UESB, Vitória da Conquista. p. 19-42.
- Carelli, M.L.C., J.I. Fahl, J.R.M. Pezzopane y E.L. Alfonsi; R. Magossi. 2000. Densidade de fluxo de seiva em plantas de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes regimes de água e de irradiância. *In*: I Simpósio de Pesquisa de Cafés do Brasil. Poços de Caldas, (Brasil), EMBRAPA Café. Setembro 26-29, 2000. Resumos expandidos EMBRAPA Café. 42-45p

- Carvajal, J.F. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. 2 ed. Quito, Ecuador, Instituto Internacional de la Potassa. 254 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2000. Plan de investigación y desarrollo tecnológico en sistemas agroforestales. s. n. t.
- Cuenca, G; Aranguren, J; Herrera, R. 1983. 1983. Root growth and litter decomposition in a coffee plantation under shade trees. *Plant and Soil*. Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Apartado 1827, Caracas 1010 A, Venezuela: 71,477-486.
- De Noni G, Nouvelot JF, Trujillo G. Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos: las parcelas de Alangasi y Ilalo. Documentos de investigación, n° 6. Quito, Ecuador: Cedig Orstom: 35-47
- De Noni, G; Trujillo, G. 2008. Degradación del suelo en el Ecuador. Estudio independiente. pp 2-17
- GEO Ecuador. 2008. Informe sobre el estado del medio ambiente. Quito, Ecuador, FLACSO Sede Ecuador: Ministerio del Ambiente de Ecuador: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado, 12 de nov de 2016: Disponible en: http://books.google.es/books?id=FHJpAWAawsys-C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Gutiérrez, M. 2003. Disponibilidad y dinámica de nitrógeno en el suelo bajo especies maderables y leguminosas usadas como sombra en sistemas de café, en la subcuenca del Ríos Grande del General Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- Hernández-Acosta, Elizabeth, Gutiérrez-Castorena, María del Carmen, Rubiños-Panta, Juan Enrique, Alvarado-López, Jorge, Caracterización del suelo y plantas de un sitio contaminado con hidrocarburos. *Terra Latinoamericana* [en línea] 2006, 24 (Octubre-Diciembre): [Fecha de consulta: 28 de febrero de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324403>> ISSN
- Jiménez, J.J., Decaëns, T., Thomas, R.J & Lavelle, P. 2003. la macrofauna del suelo: un recurso natural aprovechable pero poco conocido. *In*: Jiménez, J.J., & Thomas, R.J. (eds.). El arado natural: La comunidad de macroinvertebrados del suelo en las sabanas Neotropicales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia 433 p
- Jiménez, S. 2011. La erosión del suelo en el Ecuador: estudio científico de los índices de erosión en el Ecuador. s. l., Observatorio de Política ambiental.
- Jiménez-A, E; Golberg, D. 1982. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. III. Efecto de diferentes estructuras vegetales sobre el balance hídrico del cafetal. *In* Jiménez, E; Gómez, A (eds.). Estudios ecológicos en agroecosistema cafetalero. Ciudad de México, Editora Continental. p. 39-54 .
- Labrador, J. 2008. Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. Carratoja, Valencia, SEAE. 47 p.
- Marín, G. 2011. Sistemas agroforestales. Proyecto UNICA "Universidad en el Campo". Universidad de Caldas - Unión Europea.
- Miguel, A. E.; Matiello, J. B.; Camargo, A. P.; Almeida, S. R.; Guimarães, S. R. 1995. Efeitos da arborização do cafezal com *Grevillea robusta* nas temperaturas do ar e umidade do solo, Parte II. *In*: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 21, 1995. Resumos. Rio de Janeiro: PROCAFE.55-60 p
- Technology of forest products. 2011. Interacciones biológicas, ecológicas y económicas en sistemas agroforestales. *Revista. Tropical wood*. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en: <http://tropicalwood.blogia.com/2011/060110-interacciones-biologicas-ecologicas-y-economicas-en-sistemas-agroforestales.php>