



CONOCIMIENTO LOCAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN ARREGLOS AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DEL SUR DE COLOMBIA

Leonardo Castro Vargas, Juan Carlos Suárez Salazar & Cesar Fabián López Pantoja

Artículo recibido el 29 de Febrero de 2012, aprobado para publicación el 10 de Junio de 2012.

Resumen

Es ampliamente reconocido el beneficio de los árboles para proveer servicios ecosistémicos en sistemas agroforestales. El objetivo de este estudio fue determinar, a partir de la base del conocimiento local, los servicios ecosistémicos en sistemas agroforestales en fincas de pequeños productores de café del sur de Colombia. La base de conocimiento se construyó usando el programa Agroecological Knowledge Toolkit AKT5®. Entre otras, se relacionaron variables del manejo del cultivo, incidencia de las especies de sombra sobre la producción y calidad de taza, relación entre los árboles y el suelo. La base incluyó 547 estamentos de los cuales el 74,50 % son de Atributo-Valor, 24,60 % como causales y el restante corresponde a estamentos de Comparación y Link. De acuerdo a la percepción del productor se reconocen 49 especies de árboles asociadas al cultivo del café que inciden sobre las características físicas y organolépticas, así mismo, sobre las características del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad. En general, un productor con una base de conocimiento sobre los servicios ecosistémicos en sistemas agroforestales, tomará una adecuada decisión de la inclusión de los árboles dentro de las configuraciones de producción de café.

Palabras clave: *Coffea arabica*, arreglos, agroforestería, interacciones, ecología.

LOCAL KNOWLEDGE OF ECOSYSTEMS SERVICES IN COFFEE (*Coffea arabica* L.) AGROFORESTRY ARRANGEMENTS OF SOUTHERN COLOMBIA

Abstract

The benefit of trees to provide ecosystem services under agroforestry systems is widely recognized. The aim of this study was to determine the ecosystem services in agroforestry in small holder coffee farms in southern Colombia, based on the local knowledge. The knowledge base was constructed using the Agroecological Knowledge Toolkit program AKT5®. Coffee crop management, shadow species effect on the production and cup quality, relationship between trees and soil, amongst other variables were related. The knowledge base included 547 statements of which 74,50 % were Attribute-Value, 24,60% as causes and the remaining corresponds to segments of Comparison and Link. According to the producer's perception 49 species of trees were recognized as associated with coffee cultivation that affect the physical and organoleptic characteristics, and on soil characteristics and the maintenance of biodiversity as well. In general, a producer having a knowledge base on ecosystem services in agroforestry systems would take an appropriate decision on the inclusion of trees within the settings of coffee production.

Key words: *Coffea arabica*, arrangements, agroforestry, interactions, ecology.

CONHECIMENTO LOCAL DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM ARRANJOS AGROFLORESTAIS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) NO SUL DA COLÔMBIA

Resumo

É amplamente reconhecido o benefício das árvores para fornecer serviços de ecossistemas em sistemas agroflorestais. O objetivo deste estudo foi determinar a partir de uma base de conhecimento local os serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais em propriedades de pequenos produtores no sul da Colômbia. A base de conhecimento foi construída a partir do programa Agroecological Knowledge Toolkit AKT5® no qual se fez o relacionamento dos manejos dos cultivos e as espécies com as que se manejam a sombra, o impacto sobre a produção e qualidade da bebida, o relacionamento entre as árvores e o solo, entre outros. A base de conhecimento construído incluiu 547 propriedades das quais 74,50 % são de Atributo-Valor, 24,60 % como causais e os restantes correspondem a agrupamentos de Comparação e Link. De acordo com a percepção do produtor se reconhecem 49 espécies de árvores associadas com o cultivo do café que afetam as características físicas e organolépticas, igualmente, sobre as características do solo e manutenção da biodiversidade. Em geral, um produtor com uma base de conhecimentos sobre os serviços dos ecossistemas em sistemas agroflorestais, vai tomar uma decisão adequada sobre a inclusão de árvores dentro de configurações de produção de café.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, arranjos, agroflorestais, interações, ecologia.

Introducción

De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros (2012), la producción de café es un renglón importante para Colombia y específicamente para el departamento del Huila. Para lograr una óptima producción y calidad de taza de acuerdo a los atributos sensoriales, los productores han incluido en los arreglos agroforestales diferentes especies de árboles, que además de generar un beneficio económico proveen diferentes beneficios ambientales (Perfecto *et al.*, 2002; Harvey *et al.*, 2006; Cannavo *et al.*, 2011; Cerdan *et al.*, 2012). En esta configuración agroforestal, producir café bajo diferentes condiciones agroecológicas y diferentes tipologías (Moguel & Toledo, 1999; Zuñiga, 2000) tiene incidencia sobre la producción (Vaast & Harmand, 2002). Así mismo, existen múltiples factores que inciden en la calidad de taza la cual ha sido reportada por diferentes estudios, algunos de ellos: la sombra que incide sobre la maduración (Da Matta, 2004; Vaast *et al.*, 2006), la topografía que incide sobre la cantidad de radiación que recibe una plantación (Avelino *et al.*, 2005; Avelino *et al.*, 2007; Banegas, 2009), entre otros. Para que existan estos beneficios, es clave tener en cuenta la perspectiva y conocimiento local de los finqueros sobre el rol que tienen los árboles sobre los sistemas de producción de café (Albertin & Nair, 2004; Souza *et al.*, 2010).

De acuerdo a Somarriba (2004), los objetivos del productor tienen incidencia sobre la diversidad de especies arbóreas para sombra, pero estos varían según el tipo productor y región. Diferentes autores mencionan la presencia de árboles para sombra con diversos usos o beneficios, tales como: madera, medicina, fruta, mejoramiento del suelo, artesanías, ornato, rituales, construcción, forraje, resina, aceites, miel, alimento para la fauna silvestre y local, control biológico y servicios ambientales (Mata & Ramírez, 1999; Somarriba & Harvey, 2003; Mendez *et al.*, 2007; Harmand *et al.*, 2007).

Existen otras características de los árboles que son tenidas en cuenta al momento de asociar y que tengan compatibilidad con el cultivo como la arquitectura de la copa, los cambios fenológicos, la tasa de crecimiento y el desarrollo radicular (Muschler, 2000; Bellow & Nair, 2003). Así mismo, existen diferentes atributos deseables de los árboles para sombra como la adaptabilidad, la facilidad de propagación y la multiplicación de las especies.

Estudiar el conocimiento local es de suma importancia para apoyar la toma de decisiones al planificar la

investigación y la extensión agrícola debido a que éste tipo de prácticas son comúnmente complejas; para su realización se requiere de un uso efectivo de todo el conocimiento disponible (Cerdán, 2007). El conocimiento local es particular de un área específica, es valioso entenderlo y documentarlo, para que en futuros proyectos se planteen alternativas sostenibles que se basen en dichos estudios (León, 2006).

El conocimiento local es un recurso valioso que debe jugar un papel importante en cualquier programa de manejo de recursos naturales. Al respecto, se han desarrollado enfoques participativos que permiten implicar a los beneficiarios en el proceso de investigación y el diseño de los programas. En lugar de diseñar e imponer políticas de desarrollo basadas en supuestos culturales, se debe integrar el conocimiento local del ambiente, los ciclos ecológicos y recursos. Este tipo de enfoque se ha empezado a aplicar a diferentes recursos naturales. El objetivo de este estudio fue determinar a partir de la base del conocimiento local los servicios ecosistémicos en sistemas agroforestales en fincas de pequeños productores del sur de Colombia.

Materiales y métodos

Se construyó una base de conocimiento a partir del programa Agroecological Knowledge Toolkit AKT5® (Dixon *et al.*, 2001) basados en los principios para crearla (Sinclair & Walker, 1998; Walker & Sinclair, 1998) y aplicada al contexto de manejo de recursos naturales (Sinclair & Walker, 1999; Sinclair & Joshi, 2000). Se siguió la metodología propuesta por Cerdán (2007) la cual involucró cuatro etapas: 1) la obtención de conocimiento mediante entrevistas a informantes claves; 2) conversión de la información obtenida en enunciados sencillos y faltos de ambigüedad (enunciados unitarios); 3) registro de los enunciados en el programa computacional AKT5® y 4) generalización del conocimiento obtenido por medio de encuestas a una muestra estadística dentro de la comunidad.

Mediante una estratificación de los productores de acuerdo al tamaño de los predios y la identificación de los informantes claves de la zona del Valle de Laboyos (Pitalito, Huila), se recopiló la información de percepción local de los productores de café en el manejo de los árboles asociados en los arreglos agroforestales, a partir de una entrevista semiestructurada que fue grabada y editada a través del programa Voice Editing Standard Versión 2.0. del formato de audio a texto.

Se realizaron 22 encuestas y durante la entrevista con cada

uno de los informantes claves se trataron temas relacionados al manejo del cultivo en relación a las especies con las que manejan la sombra, incidencia sobre la producción y calidad de taza, relación entre los árboles y el suelo, entre otros. Cada una de las frases unitarias aportadas se estructuraron teniendo los tres elementos básicos: “objetos”, “procesos” y “acciones”. La descripción y vinculación de estos elementos se hizo por medio de enunciados “causales”, “de atributo-valor”, “de comparación” o “de vínculo” (Dixon *et al.*, 2001). Posteriormente se crearon los tópicos que recogen y sintetizan toda la información derivada de la interacción del árbol con el cultivo en el arreglo agroforestal. La diagramación de la información arrojó los temas de conocimiento esenciales para ser validados. La validación de la base de conocimiento se realizó a través de una encuesta a 15 productores ubicados geográficamente en la misma zona donde se realizaron las entrevistas iniciales.

Resultados y discusión

Se construyó una base de conocimiento con 547 estamentos de los cuales el 74,50% son de Atributo-Valor, 24,60% como causales y el restante corresponde a estamentos de Comparación y Link (Cuadro 1). El conocimiento acerca de los servicios ofrecidos por las especies forestales por parte de los agricultores claves es amplio sin embargo, no es claro para ellos las causas que provocan algunos fenómenos observados. en el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos con respecto a cada una de las temáticas.

Cuadro 1. Estructura de la base de conocimiento.

Frases	Estamentos	Condicionales
Atributo - Valor	408	25
Causales	135	0
Comparación	2	0
Link	2	0
Total	547	

Funciones ecológicas, características y utilidades de los árboles

Se reportaron 49 especies de árboles que son utilizados además del sombramiento del café para otras funciones ecológicas debido a las características y utilidades que presentan (Cuadro 2). La función ecológica más reportada para los árboles fue el sombramiento y la utilidad más común, fue la protección de afluentes debido a características como raíz amplia. Así mismo, se reportó utilidades de los árboles más frecuentes como cercas vivas y alimentación humana. Es claro que en los arreglos agroforestales con café funciona como despensa de

alimento o huerto casero (Beer, 1987; Muschler, 2000; Yepes, 2001) los cuales permiten aumentar ingresos por autoconsumo. Agroecosistemas diversificados, como los sistemas agroforestales de café pueden mantener y conservar la biodiversidad en el paisaje circundante y viceversa, de acuerdo con su diseño y manejo (Moguel & Toledo, 1999; Cassano *et al.*, 2009).

Interacción Árbol – Cultivo de Café

Los agricultores perciben el efecto positivo o negativo entre la interacción árbol-cultivo de café sobre las características físicas y organolépticas. La presencia de árboles en los lotes según el reporte dado por los informantes (Cuadro 3) reduce el rendimiento de cereza por árbol, hecho que puede estar relacionado por la cantidad de sombra generada por el dosel de los árboles. La anterior afirmación ha sido relacionada en muchos estudios donde se demuestra la incidencia de la disminución de la radiación sobre el comportamiento fisiológico del cultivo (Campanha *et al.*, 2004; Bosselmann *et al.*, 2009; Hagggar *et al.*, 2011).

A libre exposición, es decir sin ningún tipo de asociación, el cultivo de café presenta mayor rendimiento (Soto *et al.*, 2000) pero presenta algunos cambios fisiológicos debido al aumento de la radiación como hojas más pequeñas (García & Straube, 1998) con verdes menos intensos y la producción de granos tipo “vanos”, estado de estrés hídrico (Siles *et al.*, 2010), incremento en el ataque de enfermedades como Mancha de Hierro, plagas como minador y la reducción en la longevidad del cultivo.

Huerta (1962) y Cleves & Astúa (1998) mencionan que los granos pequeños y granos con defectos (granos triangulares, elefantes, caracoles y vanos) pueden deberse a insuficiencia de lluvia durante el período de formación y llenado del fruto. Con respecto a cultivos situados en condiciones óptimas para el café, Vaast *et al.* (2005) menciona reducciones del 18% en el rendimiento del café bajo sombra, en comparación a café cultivado a pleno sol. Este fenómeno se aduce a entrenudos más largos, menos nudos fructificados y baja inducción floral, como respuesta a la menor exposición lumínica ejercida por la sombra.

Desde el punto de vista de la presencia y ataque de plagas, se observó incremento en el ataque de la Roya (*Hemileia vastatrix*) en variedades de café susceptibles, lo que causa mayores costos de producción. López *et al.* (2012) reporta que los efectos de sombra sobre la roya del café son controvertidos, posiblemente debido a que la sombra ayuda a evitar altas cargas de fruta, lo que disminuye la

Cuadro 2. Función ecológica de especies forestales asociadas al sistema cafetero reportadas por los agricultores clave.

Nombre científico	Nombre local	Familia	Función ecológica					
			Sombramiento	Dosel de sombra	Aporte de hojarasca	Impacto al suelo	Hábitat de biodiversidad	Protección de afluentes
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	x	Medio	x	Positivo	x	
<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	Aguacatillo – Laurel	Lauraceae	x	Medio	x	Positivo		
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	Betulaceae		Medio		Positivo		x
<i>Eugenia procera</i> (Sw.) Poir.	Arrayán	Myrtaceae		Medio		Positivo	x	x
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Balsero	Lauraceae		Medio		Positivo		
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balso	Malvaceae	x	Medio	x	Negativo		
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Bayo Blanco	Vochysiaceae		Medio		Positivo		x
<i>Viburnum</i> sp.	Bodoquero	Adoxaceae		Medio		Positivo		x
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	Malvaceae		Bajo		Positivo		
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo- Cambulo - Tachuelo	Fabaceae	x	Alto	x	Positivo		
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Caimo - Quinillo	Sapotaceae	x	Alto		Positivo		x
<i>Cassia</i> sp.	Cañafisto	Fabaceae	x	Alto		Positivo		
<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Carbonero	Fabaceae	x	Alto		Positivo		
<i>Castilla elastica</i> Sessé	Cauchó - Cucho	Moraceae		Medio		Positivo	x	x
<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cedro Negro - Nogal	Juglandaceae	x	Alto	x	Positivo		x
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro Rosado	Meliaceae	x	Alto	x	Positivo		x
<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	Chachafruto - Chaporuto	Fabaceae	x	Medio		Positivo		
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	Cochiniyo	Scalloniaceae		Medio		Positivo		x
<i>Abarema barbouriana</i> Barneby & Grimes	Dormilón	Fabaceae		Medio		Positivo		
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Mill ex Maiden	Eucalipto	Myrtaceae		Alto	x	Negativo		
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Myrtaceae		Alto	x	Negativo		
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	x	Medio		Negativo		
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Guamo Cerindo	Fabaceae	x	Medio	x	Positivo	x	
<i>Inga</i> sp.	Guamo Macheta	Fabaceae	x	Medio	x	Positivo	x	
<i>Inga ornata</i> Kunth	Guamo Mico	Fabaceae	x	Medio	x	Positivo	x	
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae	x	Medio		Positivo	x	
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	Guayacán	Bignoniaceae	x	Alto		Positivo		
<i>Ficus maxima</i> Mill.	Higuerón	Moraceae		Alto		Positivo		x
<i>Vismia macrophylla</i> Kunth	Lacre	Hypericaceae		Bajo		Positivo		x
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Limón	Rutaceae	x	Medio		Positivo	x	
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Maco	Sapindaceae		Alto	x	Positivo		x
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae	x	Medio		Positivo	x	
<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	Matarratón	Fabaceae		Medio		Positivo		
<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Mínche	Myrtaceae		Bajo		Positivo		
<i>Saurauia scabra</i> (Kunth) D. Dietr.	Moquillo	Actinidiaceae		Medio	x	Positivo	x	x
<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Nacedero - Cuchiyuyo	Acanthaceae		Alto	x	Positivo		x
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Rutaceae	x	Medio		Positivo	x	
<i>Achras sapota</i> L.	Nispero	Sapotaceae		Medio		Positivo	x	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Ocobo morado	Bignoniaceae	x	Alto		Positivo		
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae	x	Medio		Positivo	x	
<i>Viburnum pichinchense</i> Benth.	Pelotillo	Adoxaceae		Alto		Positivo		x
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	Pino Romerón	Podocarpaceae		Alto		Negativo		
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Roble	Fagaceae	x	Alto		Positivo	x	x
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	Fabaceae	x	Alto		Positivo	x	x
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	Bignoniaceae		Medio		Positivo		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Uparán	Oleaceae		Alto		Positivo		x
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	Urticaceae	x	Alto		Positivo		x
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Suingle	Rutaceae		Bajo		Positivo		

Cuadro 3. Características y utilidades de especies forestales asociadas al sistema cafetero reportadas por los agricultores clave.

Nombre científico	Nombre local	Familia	Características del árbol				Utilidades		
			Raíz amplia	Leña	Calidad de madera	Cercas vivas	Cortinas rompevientos	Linderos	Árboles dispersos
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae							
<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	Aguacatillo – Laurel	Lauraceae							
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	Betulaceae							
<i>Eugenia procera</i> (Sw.) Poir.	Arrayán	Myrtaceae							
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Balsero	Lauraceae			Buena				
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balso	Malvaceae	x		Mala	x		x	
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Bayo Blanco	Vochysiaceae							
<i>Viburnum</i> sp.	Bodoquero	Adoxaceae							
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	Malvaceae							x
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo- Cambulo - Tachuelo	Fabaceae	x		Mala	x		x	
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Caimo - Quinillo	Sapotaceae	x		Buena				x
<i>Cassia</i> sp.	Cañafisto	Fabaceae	x					x	
<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Carbonero	Fabaceae	x		Buena				
<i>Castilla elastica</i> Sessé	Cauchó - Cucho	Moraceae			Buena				
<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cedro Negro - Nogal	Juglandaceae	x		Buena			x	
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro Rosado	Meliaceae	x						
<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	Chachafrito - Chaporuto	Fabaceae						x	x
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	Cochiniyo	Scalloniaceae							
<i>Abarema barbouriana</i> Barneby & Grimes	Dormilón	Fabaceae	x						
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Mill ex Maiden	Eucalipto	Myrtaceae	x			x	x		
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	Myrtaceae	x		Buena	x	x		
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	x	x	Mala	x	x		
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Guamo Cerindo	Fabaceae		x			x	x	x
<i>Inga</i> sp.	Guamo Macheta	Fabaceae		x		x	x	x	x
<i>Inga ornata</i> Kunth	Guamo Mico	Fabaceae				x	x	x	x
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae		x		x		x	x
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	Guayacán	Bignoniaceae	x						
<i>Ficus maxima</i> Mill.	Higuerón	Moraceae	x						
<i>Vismia macrophylla</i> Kunth	Lacre	Hypericaceae							
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Limón	Rutaceae						x	x
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Maco	Sapindaceae	x						
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Anacardiaceae							x
<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	Matarratón	Fabaceae				x			
<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Mínche	Myrtaceae							
<i>Saurauia scabra</i> (Kunth) D. Dietr.	Moquillo	Actinidiaceae		x			x		x
<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Nacedero - Cuchiyuyo	Acanthaceae	x		Buena				
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Rutaceae		x				x	x
<i>Achras sapota</i> L.	Nispero	Sapotaceae							x
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Ocobo morado	Bignoniaceae	x						
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	Caricaceae							x
<i>Viburnum pichinchense</i> Benth.	Pelotillo	Adoxaceae	x			x			
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	Pino Romerón	Podocarpaceae	x		Buena	x	x		
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Roble	Fagaceae	x		Buena				
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	Fabaceae	x		Buena				
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	Bignoniaceae							
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Uparán	Oleaceae							
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	Urticaceae		x	Mala	x	x	x	
<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	Suingle	Rutaceae	x	x	Mala	x	x	x	

receptividad de la hoja al patógeno, pero al mismo tiempo podría proporcionar un microclima mejor para la germinación y la colonización. Estas dos vías antagónicas probables se combinan bajo condiciones naturales.

Los agricultores argumentan (Figura 1) que los cafetos que se encuentran bajo el efecto de la sombra producen cerezas de mayor tamaño y peso con un color más oscuro y mayor densidad del mucílago, el café bajo sombra genera mayor factor de rendimiento y cualidades organolépticas caracterizadas por mayor dulzor y acidez. Diferentes estudios argumentan la relación existente entre la calidad del café mediante los atributos sensoriales y los sistemas agroforestales (Castro *et al.*, 2012). Además, algunas pruebas demuestran que la sombra tiene una influencia en las propiedades organolépticas del café (Guyot *et al.*, 1996; Muschler, 2001; Vaast *et al.*, 2006; Bosselmann *et al.*, 2009).

En el caso del asocio de las especies forestales con el cultivo del café son de preferencia las especies que no atraen plagas como hormiga o “el pajarito”, el cual ataca principalmente a los aguacates y guamos, además en algunos casos al café, generando costos en manejo. Es de recalcar que las especies mencionadas brindan beneficios ambientales que hacen que el esfuerzo de manejo sea justificado. También se reporta preferencia por el arbusto cachimbo, el cual en algunas zonas realiza su proceso de defoliación en el mismo período de floración del café, lo que facilita la entrada de luz para la maduración homogénea del fruto. En general, son de preferencia especies arbóreas de hoja liviana y rápida descomposición. La especie yarumo no es recomendada debido a que sus hojas son de gran tamaño y pueden “enredarse” en las ramas del café perturbando la floración. Youkhana & Idol (2009) muestran como los árboles en asocio con el cultivo del café aumentan los niveles de C y N en el suelo.

Interacción árbol - suelo

A partir del conocimiento local la interacción árbol – suelo se percibe en los cambios producidos sobre las características físicas del suelo alrededor de los árboles, en este caso la humedad y la densidad aparente, descrito por los agricultores como fenómenos de “secamiento” y “compactación”. Algunas de las especies que fueron con mayor frecuencia mencionadas como “malas para el suelo” son eucalipto, pino, balsa y yarumo posiblemente debido a condición como especies que consumen mayor absorción de agua del suelo (Figura 2). Con respecto a la fertilidad, los agricultores entrevistados mencionan que en años anteriores, el suelo era más fértil pero debido al “mal manejo” las condiciones de fertilidad han disminuido hasta el punto de tener que aplicar mayor cantidad de fertilizantes para suplir las necesidades del cultivo “antes no era necesario aplicar nada y el café se daba solo”. Con respecto a las especies forestales, son descritas como necesarias para la conservación y aporte de materia orgánica. Como lo menciona Muschler (1997), son múltiples los beneficios de los árboles en los sistemas de producción, ya que modifican el ambiente mediante sus raíces, ramas y hojas, que a la vez forman una capa de hojarasca con grandes beneficios para el suelo.

Algunos árboles son preferidos porque su proceso de defoliación aporta hojarasca al suelo, como es el caso del cachimbo que en algunas regiones defolia dos veces al año. Se reporta como preferencia especies de árboles de hojas pequeñas “hoja menuda” con textura suave “no acartonadas” porque su proceso de descomposición es acelerado. Otro beneficio que fue reportado por parte de los informantes claves es la fijación de Nitrógeno por parte de algunas especies tipo leguminosa como es el caso del guamo ampliamente reconocido como especie fijadora de nutrientes. Algunos árboles son reconocidos debido al control de la erosión debido a la forma y tamaño de raíz “amarra” el suelo y evita su remoción como es el

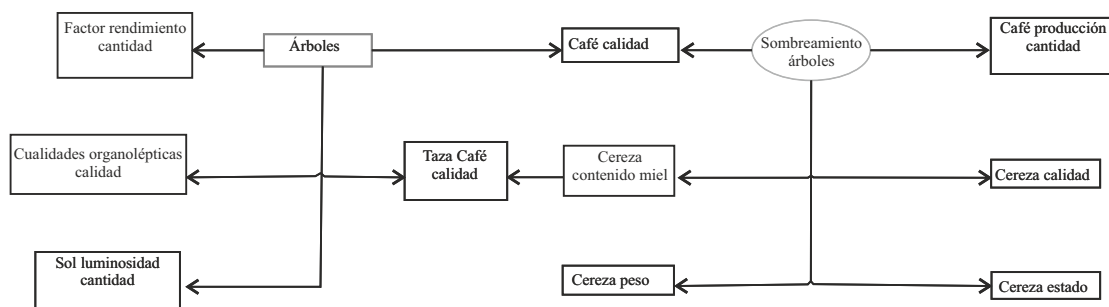


Figura 1. Interacción árbol – cultivo de café.

caso del cedro, roble, suingle y ficus. La presencia de estos árboles también ayuda a proteger el suelo del efecto erosivo de la caída de gota de lluvia por recubrimiento del dosel, además de aportar con material vegetal para cubrir el suelo. Un aspecto negativo hace referencia a que la sombra facilita el crecimiento de arvenses bajo la sombra, lo que provoca sobrecostos de manejo al realizar mayor cantidad de “limpias”.

En el caso del suingle y el ficus su uso es generalizado como cercas y linderos pero preferiblemente en lugares lejanos a la casa o tuberías debido a que su raíz “busca el agua”, envuelve y daña los tubos de conducción. También se reporta que debe ser sembrado en los linderos lejos de los cafetales por generar competencia con el cultivo.

Especies forestales prestadoras de bienes

Los agricultores reportan leña, madera, frutos, como bienes ofrecidos por los árboles en las fincas, teniendo un impacto en la economía familia y sobre la presión de los recursos naturales del bosque (Rice, 2008).

Árboles dendroenergéticos

Se mencionaron seis especies forestales utilizadas como leña, así mismo, el material leñoso obtenido de la soca de los árboles de café. El uso de leña para labores de la finca es una actividad tradicional en el área de estudio debido a que el no acceso a fuentes energéticas de tipo combustible como el gas y el alto costo del mismo, hace necesario el uso de materiales alternativos. Algunos agricultores determinan la calidad de leña refiriéndose como buena o de mala calidad, de acuerdo con factores como: ardor, cantidad de humo producido y duración de la brasa (Cuadro 4).

En general, todas las especies mencionadas son utilizadas para leña debido a que su uso está determinado por la

necesidad del material para las diferentes actividades en la casa, en el caso del yarumo a pesar de ser una “leña mala” es usada porque la especie es de rápido crecimiento y hay disponibilidad de uso en la mayoría de las fincas. La mejor leña es el material proveniente de la soca del café que es agrupado y almacenado para su uso en el hogar. Las partes de los árboles más usadas son las ramas que en algunas ocasiones son cortadas producto de la poda del sombrío. Con respecto a la actividad de poda de árboles los agricultores reportan la necesidad de realizarla en fase de luna menguante para evitar el daño al árbol que desde su perspectiva y experiencia, comentan “influye en el movimiento de líquidos dentro del árbol, genera descomposición y aparición de hongos si se corta en una fase de luna diferente”. Ante esto Ruso & Budowski (1986), comentan que en un SAF de café, las frecuencias de poda del estrato arbóreo afectan la acumulación de biomasa y nutrientes que retornan al suelo; si las podas por año aumentan sucesivamente, decrece la acumulación de biomasa producida en la parte aérea, así como la caída natural de hojarasca y por ende, los nutrientes contenidos en ésta.

En algunas ocasiones se cortan árboles de mayor edad que puedan incurrir en daño al café por volcamiento. Cabe resaltar que algunas especies forestales de importancia ecológica como el roble, cedro, samán y algunas especies nativas escasas no son usadas para extracción de leña debido a que las personas conocen su valor económico ambiental, por esta razón, las personas procuran no hacer extracción y conservar las especies en zonas de reserva de la finca.

Árboles oferentes de madera

A partir del estudio se determinó que 13 especies forestales son usadas para la extracción de madera. Con respecto a la calidad de la madera los informantes clave reportan su calidad como buena o mala de acuerdo con las características como la dureza y potencial para la realización de elementos para la industria (Cuadro 5).

Cuadro 4. Especies de árboles utilizadas para leña y sus características de uso.

Especie	Duración		Cantidad de humo		Observación
	Buena	Mala	Bueno	Malo	
Ficus		x	x		Saca mucho humo
Guamo	x		x		Arden bien, dura bastante
Guayabo	x		x		Buena leña
Moquillo	x			x	Buena, pero toca usar poco
Naranjo	x		x	x	Buena leña, arde bueno
Yarumo		x		x	Se quema muy rápido
Café	x		x		La mejor, dura bastante y arde bueno

Cuadro 5. Especies más utilizadas para extracción de madera y sus características de uso.

Especie	Nombre científico	Calidad de madera	
		Buena	Mala
Balsero	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	x	
Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.		x
Caimo-Quinillo	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	x	
Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i> Britton	x	
Caúcho	<i>Castilla elastica</i> Sessé	x	
Cedro negro-Nogal	<i>Juglans neotropica</i> Diels	x	
Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	x	
Ficus	<i>Ficus benjamina</i> L.		x
Nacedero-Cuchiyuyo	<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	x	
Pino Romerón	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	x	
Roble	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	x	
Samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	x	
Yarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.		x

La extracción de la madera es una actividad que depende de la disposición de material y solo en algunas ocasiones para la elaboración casera de elementos como muebles o para construcción. Según los informantes las fases de la luna influyen en la calidad del material extraído y mencionan que maderas cortadas en luna menguante (cuarto menguante) son menos susceptibles al ataque de polillas por poseer menor contenido de humedad, al igual que son menos susceptibles al ataque de hongos. Algunas especies como el eucalipto y pino son sembradas en los linderos intencionalmente para obtener madera en el futuro ya sea para la venta o uso en la finca. Las especies forestales con mayor rendimiento en madera por su alto porte son roble, cedro, samán, pino y eucalipto pero a pesar de este hecho la mayoría de informantes clave no hacen extracción y por el contrario son conservadas en los linderos y dentro de las zonas de reserva.

La especie balzo es reportada como mala en uso maderable debido a que su baja densidad la hace débil para trabajos finos de ebanistería. En el caso de la especie ficus el amplio ramaje de su tronco no permite obtener trozas de buena calidad, sin embargo es usada para

trabajos pequeños en las fincas. Una especie de importancia es la guadua que aunque no se menciona con potencial maderero es de utilidad para la elaboración de muebles y construcciones. En la mayoría de los casos los agricultores utilizan esta especie para la elaboración de vigas, formaletas, germinadores, secaderos y construcciones a pequeña escala.

Interacción árbol – Biodiversidad

El concepto que manejan los informantes sobre la biodiversidad se relaciona con la presencia o ausencia de especies como aves y mamíferos dentro de la finca. Según el estudio, los agricultores comentan que hace 20 años, la biodiversidad era mayor, representada en mayor cantidad de animales como “azulejos, guacharacas, carpinteros, loros, toreadores, gavilanes, ardillas, micos, venados, armadillos y osos”, los cuales desaparecieron por efecto de la expansión o “las ganas de extenderse” en áreas de cultivos (Figura 4). Agroecosistemas de café con doseles de sombra complejos, proporcionan refugios para la biodiversidad y la reducción de la complejidad, genera pérdida de biodiversidad. Las aves se alimentan

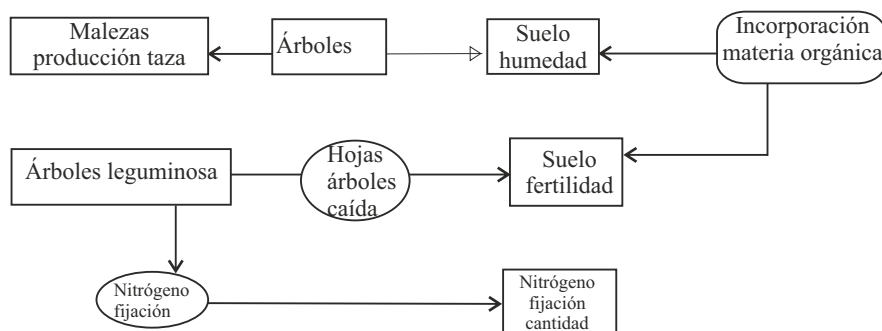


Figura 2. Interacción árbol – suelo.

de artrópodos, que incluyen plagas del café. Por ejemplo Philpott & Bichier (2012), reportan cambios a nivel de aves debido al manejo dado por el agricultor donde la mayoría de los productores de café eliminan la sombra de los árboles para aumentar los rendimientos, sin embargo, los cambios afectan negativamente las poblaciones de insectos e indirectamente las poblaciones de aves.

En algunos casos los agricultores han tomado conciencia de este fenómeno de extinción y mitigan este fenómeno al dejar zonas de reserva forestal en las fincas. En las zonas de reserva, a través de los árboles se moviliza la escasa biodiversidad siendo de preferencia especies forestales productoras de frutas como naranjos, mandarino, níspero, caimo, mango, guayabo y guamo. Resultados obtenidos por Perfecto *et al.* (2005) demuestra que los sistemas agroforestales permiten mantener y conservar la biodiversidad, lo anterior considerado como una posibilidad de pago para los productores (Valos & Blackman, 2010).

Otro aspecto importante que reportan los agricultores se refiere al efecto de los agroquímicos como agentes causales de muerte y movilización de la fauna hacia otros lugares, en algunas fincas el uso indiscriminado de químicos para control de roya ha afectado la población de abejas y la muerte de fauna silvestre. Cabe mencionar que el efecto negativo de estas sustancias es conocido por los agricultores y se reporta como “malo para aguas”, “malo para el suelo” y agente causal del cambio climático pero su uso es necesario para garantizar la productividad del cultivo.

Interacción Árbol–Agua

En total son 12 los árboles mencionados con características para conservación del agua, los más reconocidos se presentan en la Figura 3.



Figura 3. Árboles que contribuyen en la conservación de agua.

A partir de la investigación se reporta que estas especies poseen sistemas radicales extensos y profundos, además de generar microclima en el sotobosque característica que se reporta como “árboles frescos”. De las especies reconocidas como conservantes de agua son el nacedero y la guadua que se siembran en las rondas de las quebradas y los nacimientos. Con respecto a la guadua el conocimiento acerca de su función conservante se reporta como que “chupa agua” y según los agricultores ayuda con el ciclo de hidrológico de los afluentes.

Beneficio de los árboles frente al cambio climático

La percepción de los agricultores con respecto al cambio climático se describe como variabilidad del clima, el cual se vuelve impredecible y causa afectación a los ciclos de cultivo. Este hecho se atribuye a procesos de deforestación “abrir monte” para expansión agrícola e implementación de áreas de cultivo, además del uso excesivo de insumos químicos usados durante los procesos de producción. En el caso del café los cambios repentinos de clima causan “quemazón de las hojas”, fenómeno que se describe como períodos de lluvia

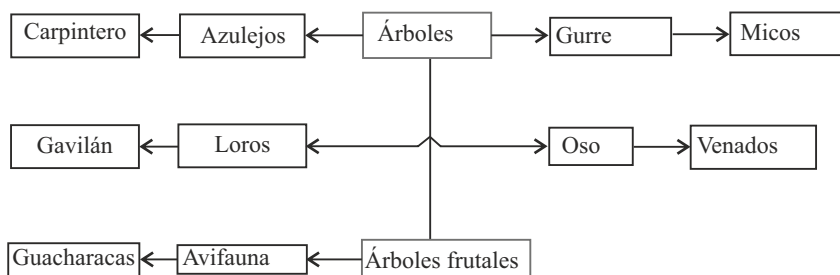


Figura 4. Interacción árbol – Biodiversidad.

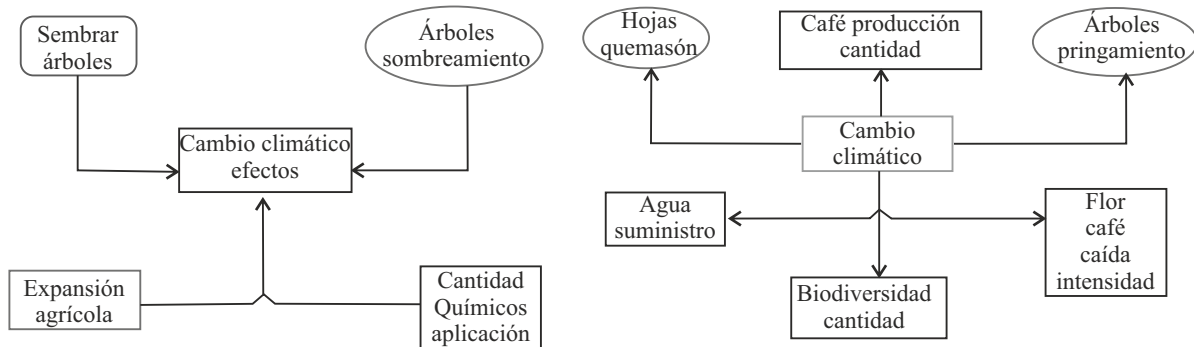


Figura 5. Interacción árbol – Cambio climático.

seguidos de aumento del nivel de radiación que dañan las hojas (Figura 5). Esta variación del clima también afecta la flor debido a que ésta necesita períodos de sol para su proceso de la maduración y en presencia de lluvias intensas el impacto de la gota causa “caída de flor”. La intensidad de luz solar sobre los árboles de café causa “pringamiento”, fenómeno que se define como defoliación de los árboles y disminución de la tasa productiva por árbol. Ante esto los agricultores argumentan que el sembrar árboles mitiga los efectos del cambio climático, reduce la intensidad de luz que ingresa al arreglo, reducción de la temperatura y a su vez garantiza un proceso de completo de maduración del grano.

Con respecto al suministro de agua, se reporta que el cambio climático ha provocado cambios en los ciclos hidrológicos que se ven reflejados en la disminución del caudal de las quebradas locales. Ante esto la siembra de especies con potencial protector cerca de las rondas hídricas ayuda a la conservación de las fuentes hídricas. El efecto del cambio climático sobre la biodiversidad se reporta como la migración de especies hacia otros lugares debido principalmente al aumento de la temperatura ambiental y la variación de los ciclos hídricos, además, la desaparición de frutos silvestres a través de los años.

Literatura citada

Albertin, A. & Nair, P. K. R. 2004. Farmer's perspective on the role of shade trees in coffee production systems: An assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human Ecology* 32: 443-463.

Avelino, J.; Barboza, B.; Araya, J. C.; Fonseca, C.; Davrieux, F.; Guyot, B. & Cilas, C. 2005. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1869-1876.

Avelino, J.; Cabut, S.; Barboza, B.; Barquero, M.; Alfaro, R.; Esquivel, C.; Durand, J. F. & Cilas, C. 2007. Topography and crop management are key factors for the development of American Leaf Spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97(12):1532-1542.

Banegas, K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad del café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraiso y Alauca, Honduras. Tesis Mag. M.Sc. CATIE, Turrialba - Costa Rica. 58 pp.

Beer, J. W. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cocoa and tea. *Agroforestry systems* 5:3-13.

Bellow, J.G. & Nair, P.K.R. 2003. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded-perennial agroforestry systems. *Agricultural and Forest meteorology* 114: 197-211.

Bosselmann, A. S.; Dons, K.; Oberthur, T.; Olsen, C. S.; Raebild, A. & Usma, H. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in smallholder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 253-260.

Campanha, M. M.; Santos, R. H. S; de Freitas, G. B; Martinez, H. E. P.; Garcia, S. L. & Finger, F. L. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems* 63: 75-82.

Cannavo, P.; Sansoulet, J.; Harmand, J.; Siles, P.; Dreyer, E. & Vaast, P. 2011. Agroforestry associating coffee and Inga densiflora results in complementarity for water uptake and decreases deep drainage in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140:1-13.

Cassano, C.; Schroth, G.; Faria, D.; Delabie, J. & Bede, L. 2009. Landscape and farmscale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18:577-603.

- Castro-Tanzi, S.; Dietsch, D.; Urena, N.; Vindas, L. & Chandler, M. 2012.** Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 155:172–181.
- Cerdán, C. 2007.** Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafeticultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. M.Sc. CATIE, Turrialba - Costa Rica. 181 pp.
- Cerdán, C.R.; Rebolledo, M. C.; Soto, G.; Rapidel, B. & Sinclair, F. L. 2012.** Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems* 110:119–130.
- Cleves, S. R. & Astúa, R. G. 1998.** Defectos y vicios del café que se origina o manifiestan en el beneficiado. En: Cleves S.R. (Eds.). *Tecnología en Beneficiado de Café*. San José, C.R. pp. 15-21.
- DaMatta, F. 2004.** Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research* 86: 99–114.
- de Souza, H.; de Goede, R.; Brussaard; L.; Cardoso, I.; Duarte, E.; Fernandes, R.; Gomes, L. & Pulleman, M. 2012.** Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rain forest biome. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146:179–196.
- Dixon, H. J.; Doores, J. W.; Joshi, L. & Sinclair, F. L. 2001.** *Agroecological Knowledge Toolkit for Windows: Methodological guide lines, computer software and manual for AKT5*. School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor.
- Federación Nacional de Cafeteros. 2012.** Sistema de Información Cafetera SICA. Plataforma de información. http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/servicios_para_el_cafetero/sistema_de_informacion_sica/. Consultado 20 Noviembre. 2011, 09:00 horas.
- García, O. F. & Straube, N. B. 1998.** La sombra en el cafetal. In *Manual de caficultura*. ANACAFE. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 81-98.
- Guyot, B.; Gueule, D.; Manez, J.; Perriot, J.; Giron, J. & Villain, L. 1996.** Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. *Plantations, recherche, développement*. JuilletAoût.
- Haggar, J.; Barrios, M.; Bolanos, M.; Merlo, M.; Moraga, P.; Munguia, R.; Ponce, A.; Romero, S.; Soto, G.; Staver, C. & Virginio, E.d.M.F. 2011.** Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry System* 82:285–301.
- Harmand, J. M.; Avila, H.; Dambrine, E.; Skiba, U.; De Miguel, S.; Renderos, R. V.; Oliver, R.; Jimenez, F. & Beer, J. 2007.** Nitrogendynamics and soil nitrate retention in a *Coffea arabica*-*Eucalyptus deglupta* agroforestry system in Southern Costa Rica. *Biogeochemistry* 85:125–139.
- Harvey, C.; Medina, A.; Merlo Sánchez, D.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Sáenz, J.; Maes, J. M.; Casanoves, F.; Sinclair, F. L. 2006.** Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16(5):1986–1999.
- Huerta, S. A. 1962.** Intensidad de transpiración en el café en condiciones de exposición solar y de penumbra natural. *CENICAFE* 13(3):125-138.
- León, J. 2006.** Conocimiento local y razonamiento agroecológico para la toma de decisiones en pasturas degradadas en el Peten, Guatemala. Tesis Mag. M.Sc. CATIE, Turrialba - Costa Rica. 114 pp.
- López-Bravo, D. F.; Virginio-Filho, E. de M. & Avelino, J. 2012.** Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection* 38:21-29.
- Mata, R. & Ramirez, J. 1999.** Estudio de caracterización de suelos y su relación con el manejo del cultivo de café en la provincia de Heredia. ICAFE, San José, Costa Rica. 92 pp.
- Méndez, E.; Gliessman, S. & Gilbert, G. 2007.** Tree biodiversity in farmer cooperatives of a shade coffee Caturra y Catimor. In: *Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. IICA-PROMECAFE. 157–162.
- Moguel, P. & Toledo, V. 1999.** Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1):9–25.
- Muschler, R. 1997.** Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. landscape in western El Salvador. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119:145–159.
- Muschler, R. 2000.** Árboles en cafetales. Módulo de enseñanza agroforestal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 139 pp.
- Muschler, R. 2001.** Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry System* 85:131–139.
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. 2002.** Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology* 16:174–182.
- Perfecto, I.; Mas, A.; Dietsch, T. & Vandermeer, J. 2002.** Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tritaxa

comparison in southern Mexico. Departamento of Biology, University of Michigan. 14 pp.

Perfecto, I.; Vandermeer, J.; Mas, A. & Soto P., L. 2005. Biodiversity, yield and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54:435–446.

Philpott, S. & Bichier, M. 2012. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 149: 171-180.

Rice, R. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: The case of coffee and wood products. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128: 212–218.

Russo, R. O. & Budowsky, G. 1986. Effect of pollard frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. *Agroforestry Systems*. 4:145–162.

Siles, P.; Harmand, J. & Vaast, P. 2010. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 78(3): 269-286.

Sinclair, F. L. & Joshi, L. 2000. “Taking local Knowledge seriously”. In Lawrence, A. (Ed) *Forestry, forest users and research: new ways of learning*. EFRN Series No 1, European Tropical Forest Research Network, Vienna, 45-61.

Sinclair, F. L. & Walker, D. H. 1998. “Acquiring qualitative Knowledge about complex agroecosystems. Part 1: Representation as natural language”. *Agricultural Systems* 56: 341-363.

Sinclair, F. & Walker, D. 1999. An utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. En: Buck, L; Lassoie, J; Fernandez, E (eds). *Agroforestry in Sustainable Agriculture Systems*. CRC Press, Londres, UK. 245–275.

Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales?. *Agroforestería en las Américas* 41-42: 122-130.

Somarriba, E. & Harvey, C. 2003. Como integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):12-17.

Soto P., L.; Perfecto, I.; Castillo H., J. & Caballero, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 80:61-69.

Souza, H. N.; Cardoso, I. M.; Fernandes, J.; Garcia, F.; Bonfim, V.; Santos, A.; Carvalho, A. & Mendonça, E. 2010. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. *Agroforestry Systems* 80: 1–16.

Vaast, P. & Harmand, J. M. 2002. Importance des systèmes agroforestiers dans la production de café en Amérique centrale et au Mexique. *Recherche et Caféiculture* 34-43.

Vaast, P.; Van Kanten, R.; Siles, P.; Dzib, B.; Frank, N.; Harmand, J. & Genard, M. 2005. Shade: A Key Factor for Coffee Sustainability and Quality. ASIC Conference, Bangalore, India. 887-896.

Vaast, P.; Bertrand, B.; Perriot, J. J.; Guyot, B. & Génard, B. 2006. Fruit thinning and shade improve vein characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal condition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:197-204.

Valos, S., B. A. & Blackman, A. 2010. Agroforestry price supports as a conservation tool: Mexican shade coffee. *Agroforestry Systems* 78: 169–183.

Walker, D. H. & Sinclair, F. L. 1998. “Acquiring qualitative Knowledge about complex agroecosystems. Part 2: Formal representation”. *Agricultural Systems* 56: 365-386.

Yépez, P. C. 2001. Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 pp.

Youkhana, A. & Idol, T. 2009. Tree pruning mulch increases soil C and N in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. *Soil Biology and Biochemistry* 41(12): 527-534.

Zuñiga, C. 2000. Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la reserva natural Miraflores-Motopotenente, Esteli, Nicaragua. Tesis Mag. M.Sc. CATIE, Turrialba - Costa Rica 84 pp.

Leonardo Castro Vargas

Administrador Agroindustrial. Investigador del SENA-Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano. Grupo de Investigación Yamboró.

Juan Carlos Suárez Salazar

Ingeniero Agroecólogo, M.Sc. en Agroforestería Tropical. Docente de carrera de la Universidad de la Amazonia. Grupo de Investigación en Agroecosistemas y Conservación en Bosques Amazónicos GAIA.

Autor para correspondencia:
E-mail: juansuarez1@gmail.com

Cesar Fabián López Pantoja

Ingeniero Agroforestal. Investigador del SENA-Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano. Grupo de Investigación Yamboró.