

Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana

Editores: Elias de Melo Virginio Filho, Carlos Estuardo Caicedo Vargas y Carlos Astorga Domian

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 el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, España y el Estado de Acre en Brasil.



Serie técnica
Informe técnico no.398

Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana

Editores:

Elias de Melo Virginio Filho
eliasdem@catie.ac.cr
Carlos Estuardo Caicedo Vargas
carlos.caicedo@iniap.gob.ec
Carlos Astorga Domian
castorga@catie.ac.cr

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Julio de 2014

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2014

ISBN: 978-9977-57-623-7

631.58

M528 Virginio Filho, Elias de Melo

Agroforestería sostenible en la Amazonía ecuatoriana / Elias de Melo Virginio Filho, Carlos Estuardo Caicedo Vargas y Carlos Astorga Domian. – Turrialba, C.R. : CATIE, 2014. 105 p. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no.398)

ISBN 978-9977-57-623-7

1. Theobroma cacao – Agroforestería – Amazonía 2. Agroforestería – Sostenibilidad – Amazonía 3. Sistemas silvopascícolas – Amazonía I. Caicedo Vargas, Carlos Estuardo II. Astorga Domian, Carlos III. CATIE IV. Título V. Serie

Créditos

Autores: Elias de Melo Virginio Filho, Carlos Estuardo Caicedo Vargas, Carlos Astorga Domian, Félix Bastidas, William Caicedo, Nancy Criollo, Carlos Congo, Joffre Chávez, Alejandra Díaz, Fabián Fernández, Jorge Grijalva, Patricia Jaramillo, Carlos Nieto, Nelly Paredes Andrade, Bertín Osorio V, Jimmy Pico, Raúl Ramos, Luis Riera, Maritza Sánchez, Dennis Sotomayor, Cristian Subía García, Yadira Vargas, Antonio Vera, Cristóbal Villanueva, Edgar Yáñez

Colaboradores: Miguel Acosta (PETROAMAZONAS), Wilson Alcívar (INIAP - EECA), Kléver Analuisa (Asociación Mi Lecherita), Esther Andi (CISAS); Luis Andy (PETROAMAZONAS), Jimena Caiza (INIAP - EECA), Darío Calderón (INIAP - EECA), Marcia Guamingo (GAD. Inés Arango), Luis Lima (INIAP - EECA), Rosa López (INIAP - EECA), Carlos Mora (INIAP – EECA), Robinson Muñoz (COFENAC), Edwin Paladines (GAD PARROQUIAL G. PIZARRO), Guillermo Párraga (GAD Huaticocha), Guillermo Pilamunga (SSC Sumumbios), Carlos Rocafuerte (INIAP - EECA), Daniel Rosero (GADPR La Belleza), Jorge Santillan (INIAP - EECA), Mario Silva (PETROAMAZONAS), Leider Tinoco (INIAP - EECA), Manuel Tipanluisa (Técnico del Proyecto INIAP-CCS-GAD Parroquiales), Mario Torres (PETROAMAZONAS -CPF-B15), Marco Torres (Técnico GAD Inés Arango), Francisco Velasteguí (Técnico del Proyecto INIAP-CCS-GADs PARROQUIALES), Lucila Vera (GADPR Pacayacu), Byron Yaguana (INIAP - EECA), Wilson Yáñez, Ricardo Grefa (COFENAC), Stalyn Yuky (GAD. Inés Arango)

Coordinación: Shirley Orozco Estrada

Fotografías: Elias de Melo Virginio Filho, Carlos Astorga Domian, Nelly Vasquez, Silvia Francis, Cristian Saltos

Diagramación: Rocío Jiménez Salas, Oficina de Comunicación e Incidencia, CATIE

Valoración de los servicios ambientales en fincas diversificadas con sistemas agroforestales de alto potencial

Nelly Paredes Andrade, INIAP
Cristian Subía García, INIAP

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar los servicios ambientales que proporcionan los sistemas agroforestales con cacao, café y pastos en tres Provincias de la Amazonía Ecuatoriana; las comparaciones se realizaron en ocho fincas con diferente número de parcelas de acuerdo a los sistemas establecidos dentro de los rubros de cacao, café y ganadería. Se aplicó la metodología de ANACAFE (Medina *et al.* 2008) que consiste en una encuesta general al dueño de la finca para obtener la información sobre la composición familiar, tenencia de tierra, manejo y registros de la producción; para la evaluación de los servicios ambientales específicamente agua, suelo, biodiversidad y fijación de carbono, se recorrió la finca donde se realizaron observaciones del estado de los recursos y se registraron mediciones de los componentes de los servicios ambientales. Se tomaron datos de cada uno de los sistemas evaluados en parcelas de 2.000 m², divididas en cuatro sub parcelas de 500 m². Del indicador **conservación del agua**, se observó que la finca La Isla presentó la menor contaminación de agua, seguida de Allyalpa, lo que se debió principalmente al manejo que realizan en las fuentes de agua que pasan por la finca evitando su contaminación ya que los desperdicios que se generan, en especial los de tipo orgánico son colectados y descompuestos en forma de compost. En lo referente a **conservación de la biodiversidad**, sobresalieron los sistemas de cacao de la finca Alto Ila seguido de la finca La Isla que se caracterizan por la gran diversidad de especies forestales, frutales y medicinales que se identificaron dentro de la parcela, además la presencia de especies nativas y epífitas, mientras que los sistemas de café y pasto registraron los valores más bajos en biodiversidad debido principalmente a la poca presencia de especies forestales, nativas y debido al uso de herbicidas. Relacionado con la fijación de carbono se presentaron los sistemas de cacao de Alto Ila y Cascales con los mayores valores, lo que respondió principalmente al número de árboles, a la edad y tamaño de los árboles como es el caso específico de Alto Ila; los sistemas agroforestales con cacaotales en la Amazonía Ecuatoriana presentan niveles de almacenamiento de carbono de bajo a medio; en **conservación de suelo** se registraron valores altos relacionados a que el mayor porcentaje de suelo en las fincas evaluadas están cubiertos por plantas de tipo rastrero, seguido de plantas de hoja ancha que presentan beneficios para el sistema, de igual manera se pudo observar que en cuatro de las ocho fincas monitoreadas, los productores realizan al menos dos tipos de obras orientadas a la conservación de este recurso. Las actividades de conservación se sintetizaron en el **Índice Ecológico**, de tal manera que el mayor valor por uso de la tierra corresponde al Bosque Primario que fue utilizado como referente para el análisis seguido del sistema agroforestal de cacao en la comunidad de Alto Ila y la diferencia de los demás sistemas analizados respondió al alto valor obtenido por la conservación de la biodiversidad; el índice de conservación de suelos es similar en todos los sistemas mientras que el valor del índice de fijación de carbono es poco significativo para la determinación del índice ecológico y se diferenció notablemente del valor correspondiente al bosque primario.

Palabras clave: servicios ambientales, biodiversidad, sistemas agroforestales, conservación.

1. Introducción

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) menciona que en los últimos 50 años los seres humanos han transformado los ecosistemas de manera acelerada comparado con la historia, especialmente debido al incremento poblacional lo que genera una creciente demanda por alimentos, agua dulce, madera, productos forestales no maderables, medicinales, frutales, fibra y combustible (Gobbi *et al.*, 2005 citado por Retamal *et al.*, 2008). Los mismos autores mencionan que para cubrir esta demanda, se han aumentado las áreas agrícolas incrementándose el uso de insumos sintéticos y disminuyendo la presencia de bosques.

La alta demanda de alimentos y la sobreexplotación de los recursos naturales para brindar bienes y servicios de forma permanente a la población están provocando efectos negativos en el equilibrio de los ecosistemas, sin embargo, dependiendo del manejo, los sistemas intervenidos por el hombre pueden ofertar una variedad de servicios de manera sostenible. En este aspecto los agroecosistemas bien manejados con implementación de prácticas de conservación de suelos y agua, pueden reducir la pérdida de la fertilidad del suelo y mejorar la disponibilidad y calidad del agua (Retamal *et al.*, 2008).

En este contexto los servicios ambientales son considerados procesos de los ecosistemas y agroecosistemas que generan múltiples beneficios para los individuos y las comunidades (Daily, 1997), pese a la complejidad y diversidad de servicios que brindan los bosques, los servicios ambientales están relacionados con la conservación de agua, suelo, fijación de carbono, belleza escénica, satisfacción de las necesidades culturales, espirituales y recreativas, que contribuyen a que la población tenga una vida digna (Millenium Ecosystem Assesment, 2005). Los beneficios de la biodiversidad y el ciclo hidrológico en cuencas hidrográficas son servicios ambientales reconocidos con anterioridad, existiendo esquemas específicos de protección forestal asociados a espacios naturales protegidos para estos fines (Naughton *et al.*, 2005).

Sin duda, el intentar asignar un valor a los ecosistemas tiene una serie de limitaciones (Daily *et al.*, 2000), debido a que existen pocos mercados a la hora de determinar el valor monetario de los recursos naturales; sin embargo, aunque haya incertidumbre, sobre la relación de servicios ambientales con la cobertura vegetal y las prácticas de uso de la tierra, ha sido posible llegar a acuerdos de conservación entre beneficiarios y “proveedores” de servicios ambientales (Landell-Mill y Porras, 2002; Wunder *et al.*, 2008).

Por consiguiente es importante desarrollar métodos de evaluación, para los servicios ambientales, debido a que son en muchos casos vulnerables a las actividades humanas, para determinar el estado actual en que se encuentran y sobre todo la tendencia que puedan tener a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de poder determinar la sostenibilidad de un agroecosistema (Quiroga, 2001), el mismo autor menciona que el desarrollo de herramientas de evaluación siempre será indispensable para la valoración permanente de los servicios, facilitando la evaluación de los procesos de desarrollo.

Las necesidades del hombre no están dadas solo en valorar los servicios que brindan los ecosistemas, sino los bienes que proporcionan, ya que abastecen sus necesidades básicas de alimentación y bienestar (García, 1999), de ahí la importancia de que los modelos de producción puedan cubrir y proporcionar bienes y servicios de calidad a la población y que promuevan aspectos de conservación de los recursos naturales (Jiménez *et al.*, 2001). Según Schroth y Sinclair (2003), entre los modelos alternativos de producción se pueden mencionar a los sistemas agroforestales, destacándose como un sistema de producción con gran importancia económica y social, debido a que en estos sistemas ocurren efectos y funciones que contribuyen a la reducción de la presión sobre

los bosques, son fuentes alternas de madera, hábitat para animales diseminadores, polinizadores y reducen el crecimiento de arvenses agresivas, entre otros aspectos.

Este estudio de caso, hace referencia a los servicios ambientales que presentan los sistemas agroforestales con cacao, café y pastos en ocho fincas distribuidas en las provincias de Orellana, Napo y Sucumbíos. Los servicios ambientales considerados en este estudio fueron: conservación del agua, conservación de la biodiversidad, fijación de carbono, conservación del suelo e índice ecológico.

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el segundo semestre del año 2013. La dinámica llevó al equipo interdisciplinario a ejecutar acciones simultáneas en algunos momentos, las fases de la investigación fueron:

- Diseño y metodología; en junio se elaboró la matriz de evaluación y se definieron los objetivos del estudio.
- Vinculación con los actores; entre finales de junio y julio se identificaron ocho fincas potenciales en el componente de sistemas agroforestales con cultivos de cacao, café y sistemas silvopastoriles, en las provincias de Orellana, Napo y Sucumbíos.
- Sistematización y elaboración del informe; en septiembre, se realizó el análisis de resultados y redacción del informe técnico.

Se seleccionaron parcelas de investigación: tres fincas en Napo, tres fincas en Sucumbíos y en Orellana dos fincas (Cuadro 1). Las fincas se ubican en un rango de altitud entre los 381 y 450 msnm; los suelos son de origen volcánico y aluvial, con una precipitación promedio anual de 3000 mm y una temperatura promedio anual de 22 °C.

Cuadro 1. Ubicación de las fincas estudiadas.

No.	Comunidad	Parroquia	Cantón	Provincia
1	La Isla	Ahuano	Tena	Napo
2	Quillullapu	Puerto Napo	Tena	Napo
3	Alto Ila	Arosemena Tola	Arosemena Tola	Napo
4	Dureno Centro	Dureno	Lago Agrio	Sucumbíos
5	Cascales	Sevilla	Cascales	Sucumbíos
6	Gonzalo Pizarro	Gonzalo Pizarro	Gonzalo Pizarro	Sucumbíos
7	Allyallpa	Ahuano	Loreto	Orellana
8	Pimampiro	La Joya de los Sachas	La Joya de los Sachas	Orellana

Criterios de selección de fincas

Las fincas que formaron parte de este estudio fueron seleccionadas utilizando los siguientes criterios:

- Existencia de sistemas agroforestales con cacao, café o pastos.
- Con al menos 10 años de manejo del cacaotal, cafetal o pastos con sombra.
- Predisposición del propietario a colaborar en el estudio.

Se trabajó en ocho fincas, donde se evaluaron conservación del suelo, conservación del agua, conservación de la biodiversidad y fijación del carbono.

Metodología de evaluación de servicios ambientales. Se utilizó la “Metodología de Evaluación de Servicios Ambientales” desarrollada por ANACAFE (Medina *et al.*, 2008); la cual valora los servicios ambientales como conservación de agua, suelo, biodiversidad y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales. Un criterio corresponde a un aspecto considerado importante para la evaluación de un servicio ambiental; un indicador, por su parte, es una característica cuantitativa, cualitativa o descriptiva, que se puede medir o controlar periódicamente y permite indicar la dirección de los cambios producidos (Medina *et al.*, 2008).

Los criterios e indicadores considerados de acuerdo a la metodología aplicada en el presente estudio se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Criterios e indicadores de los servicios y bienes evaluados.

Servicio ambiental	Criterios	Indicadores*
Conservación de Agua	Conservación de Agua	Manejo de contaminación de agua Sedimentación de las aguas Evidencia de erosión o deslizamientos
Conservación de la Biodiversidad	Calidad de hábitat	N° de estratos arbóreos N° de especies de árboles nativos/ha N° de árboles y arbustos > 5 cm DAP/ha Valoración de especies epífitas en los árboles Porcentaje de cobertura de sombra
	Uso de agroquímicos	Aplicación de herbicidas Aplicación de plaguicidas Aplicación de fertilizantes
Fijación de carbono	Carbono fijado por árboles y arbustos	Toneladas de carbono fijado por los árboles/ha Toneladas de carbono fijado por cultivos perennes/ha
Conservación del suelo	Conservación del suelo	Porcentaje de cobertura del suelo Incidencia de erosión Obras de conservación

* N° = Número; ha = hectárea; DAP = diámetro a la altura del pecho

Procedimiento de evaluación de fincas

El procedimiento para la evaluación de las fincas se describe a continuación:

- Se contactó al propietario de la finca para realizar la encuesta y se obtuvo la información de la finca; posteriormente se realizó un recorrido por la finca, observándose cómo se realizaba el manejo de las fuentes de agua, identificando cuántas fuentes tiene la propiedad y si existían obras de conservación de suelos y agua, o en su defecto erosión.
- Se levantó un croquis de la finca, donde se identificó el lote donde se establecieron las parcelas de evaluación y el recorrido de ríos y fuentes de agua.
- Se establecieron parcelas de evaluación en un área de 2.000 m², dentro de las cuales se ubicaron cuatro subparcelas de 500 m² cada una, se procedió a cuadrar el área, dejándose bordes de 20 m hacia los extremos y 10 m entre subparcelas.
- Se registraron los datos de acuerdo al servicio ambiental evaluado.
- Se calcularon los índices de cada servicio ambiental y se los relacionó con el valor del bosque primario que se considera como uso de la tierra de mejor calidad de vida.
- El cálculo del índice de conservación de suelo corresponde al promedio de los valores de los indicadores.
- Para el cálculo del índice ecológico se promediaron los valores de los índices de biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo.

Para los componentes: conservación de la biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo, se evaluaron las parcelas de los cultivos de cacao, café y pastos existentes en cada una de las fincas, de tal manera que de acuerdo a la presencia de especies forestales asociadas con los cultivos antes mencionados, se identificaron seis usos de la tierra, así: cacao sombra de bosque (seis parcelas), cacao sombra diversa (cuatro parcelas), cacao sombra maderable y café sombra maderable (dos parcelas de cada uso), café con sombra diversa y pasto con sombra de leguminosa (una parcela de cada uso), resultando en total 16 parcelas evaluadas en el presente estudio.

Para la determinación de los índices de diversidad y fijación de carbono se relacionó con el valor estimado en un bosque primario, debido a que se considera como el mejor uso del suelo, mientras que para conservación de suelo únicamente se promediaron los valores obtenidos en cada uno de los indicadores.

3. Resultados y Discusión

3.1 Conservación de agua

De las ocho fincas evaluadas, solo cuatro fueron consideradas para la variable conservación del recurso agua (Cuadro 3), debido a que las restantes no disponen de fuentes de agua que se originen o que pasen por la finca o los productores no viven en ellas, por lo que los desechos que se generan de sus actividades diarias son manejados en sus comunidades.

3.1.1 Manejo de contaminación de agua

Los productores utilizan letrinas con pozos de infiltración, las fincas encuestadas compostean sus desechos orgánicos de residuos de la cosecha del cacao, además en la finca Alto Ila elaboran bioles. Por lo general en las fincas no se realiza manejo de aguas mieles, la mayoría de los productores dan mantenimiento a las herramientas de trabajo en bodegas o talleres especializados lo que evita la contaminación por combustibles y aceites, los equipos de fumigación son lavados en lugares alejados de nacientes de agua, provocando un bajo riesgo de

contaminación para ríos o vertientes de agua. De igual forma una práctica usual por los productores es que amontonan los desechos de las cosechas en las parcelas, donde se descompone con el paso del tiempo.

3.1.2 Evidencia de erosión o deslizamiento en las nacientes, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos

En el análisis las evidencias que se presentaron en las fincas evaluadas corresponden a la formación de cárcavas o canalillos en los caminos de acceso a las parcelas de cacao y café, lo que concuerda con los estudios realizados por Gómez (2010) quien encontró que un 95% de la erosión en cafetales proviene de caminos, ríos y otros y el 5% proviene de parcelas.

Cuadro 3. Resultados de la evaluación del servicio ambiental Conservación del Agua.

Finca			La Isla	Alto Ila	Allyalpa	Sacha
No. Cuerpos de agua			1	2	1	1
Nacimientos			0	1	1	0
Usos de la tierra por finca por donde pasan los cauces de agua			Cacao, medicinales y forestales	Cacao, Café y Forestales	Cacao y Café	Cacao y Café asociado con coco
Contaminación	Aguas mieles		2	0	0	1
	Combustibles		0	0	2	1
	Lavado de equipos		0	2	2	1
	Desechos de finca		2	1	1	1
	Aguas negras		2	2	2	1
	Aguas grises		2	0	0	1
	Promedio/2		0,67	0,42	0,58	0,50
Erosión	Ríos	Deslizamiento a orillas	1	0	0	1
		Erosión	1	0	0	1
	Caminos	Cárcavas o canalillos a orillas	1	0	1	0
		Acumulación de sedimentos en partes bajas	1	0	1	0
	Promedio		1	0	0,5	0,5
Protección	Ríos	Vegetación protectora	1	1	1	1
		Obras de retención	0	0	0	1
	Caminos	Cunetas	0	0	0	0
		Desagües	0	0	0	0
	Promedio		0,25	0,25	0,25	0,5
Valor criterio (Promedio de los 4 indicadores)			0,64	0,22	0,44	0,50

3.1.3 Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua

Todas las fincas evaluadas presentan como única obra de prevención de contaminación de agua la siembra de vegetación protectora en las orillas de las fuentes de agua, donde se observaron especies como el chiparo (*Inga punctata*). Las pocas obras o actividades que aplican los productores para la conservación de este importante recurso, en gran medida responden a la poca información que tienen sobre las acciones que se pueden emprender, sin que representen un gasto significativo, en pro del adecuado manejo del agua existente en sus fincas.

Los valores observados en este índice fluctuaron entre 0,22 en la finca Alto Ila donde se observó mayores problemas de erosión hasta 0,64 que corresponde a la finca La Isla que está rodeada por el río y debido a su difícil acceso necesita la implementación, aunque de forma básica, de algunas acciones de prevención de erosión. Las fincas Allyalpa y Sacha registraron valores de 0,44 y 0,50, respectivamente.

Los resultados muestran que la finca La Isla presenta la menor contaminación de agua, seguida de la finca de Sacha, debido al buen manejo que se realiza de las fuentes de agua que pasan por la finca, ya que las aguas de uso en las actividades diarias o de uso agrícola son desechadas fuera de la finca, así mismo los desperdicios que se generan, en especial los de tipo orgánico son colectados y procesados en forma de compost (Cuadro 3).

3.2 Conservación de la biodiversidad

El Cuadro 4. presenta las parcelas de cada uno de los usos de suelo identificados en el presente estudio, que obtuvieron los mayores valores del índice de biodiversidad. Los valores estimados para esta variable responden principalmente al número de especies que se encuentran asociadas en un sistema de producción, así mismo, este valor se reduce cuando se usan agroquímicos para el control de malezas y/o plagas o enfermedades, en función de la dosis aplicada y al grado de toxicidad de los plaguicidas.

3.2.1 Calidad de hábitat

Dentro de este criterio se evaluaron diferentes indicadores, donde se observó que el número de especies nativas en las parcelas variaron de acuerdo al cultivo y a la localidad es así que en la parcela de cacao con sombra de bosque de la finca Alto Ila se identificaron 58 especies nativas, cercano a las 64 especies identificadas en el bosque primario, mientras que en las parcelas de pasto con leguminosas y café con sombra maderable se observaron cuatro y dos especies nativas, respectivamente. Las especies forestales más comunes identificadas y de acuerdo a la cantidad de árboles encontrados en los sistemas de producción fueron: bálsamo (*Myroxylon balsamum*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*), pambil (*Iriartea deltoidea*) y varias especies de palma (*Iriartea* spp). Entre los frutales, destacaron: plátano (*Musa* spp.), guaba (*Inga edulis*), guayaba (*Psidium guajaba*) y naranja (*Citrus aurantifolia*); en tanto que entre las plantas medicinales se observaron hasta 10 especies, varias de ellas sin nombre específico, pero son conocidas y usadas comúnmente con fines preventivos de enfermedades de las familias productoras. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Linkimer (2001) en fincas evaluadas en diferentes distritos de los Cantones de Turrialba y Jiménez en Costa Rica.

No se observaron especies exóticas en las parcelas evaluadas. El número de estratos encontrados en las parcelas varió de dos a cuatro, es decir que ninguno responde a un sistema de monocultivo.

Respecto al número de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 cm (Cuadro 4), se observó un amplio rango entre 15 y 360 árboles por hectárea lo que responde principalmente a las preferencias de manejo de los dueños de las fincas y el máximo valor estimado (360 árboles/ha) corresponde aproximadamente al 50% del número de árboles existentes en los bosques primarios. El número de árboles registrado es similar al reportado por Cerdán (2007), quien indicó un promedio de 48 árboles en fincas orgánicas por parcela (1000 m²)

en el Corredor Biológico Central Talamanca, a partir de un diámetro igual o mayor a 10 cm DAP, al igual que los reportados por Quispe (2008) donde menciona que en fincas orgánicas presentaron 59 árboles por parcela (1000 m²), Rainforest Alliance 22 árboles, y Utz 27 árboles.

Cuadro 4. Resultados de la evaluación del servicio ambiental Conservación de la Biodiversidad.

Uso de la tierra		Bosque primario	Cacao sombra maderable	Cacao sombra de bosque	Pasto sombra leguminosa	Café sombra diversa	Café sombra maderable	Cacao sombra diversa
Finca			La Isla	Alto Ila	Quillullapu	Cascales	Sacha	Sacha
Lote			Nacional injerto blanco	Cacao semilla	Pasto	Café	Café	Cacao
Calidad de hábitat	N° de Especies nativas	64	9	58	4	7	2	13
	N° de Especies exóticas	0	0	0	0	0	0	0
	N° de Árboles > 5 cm DAP	738	82	48	360	160	15	60
	N° de Estratos	4	3	4	3	4	2	2
	Presencia de epífitas	2	0	0	0	0	1	1
	Porcentaje de sombra	0,9	0,03	0,1	0,32	0,3	0,6	0,45
	Indicador de calidad de hábitat	70,7	12,1	62,1	7,7	11,5	5,6	16,5
Uso de agroquímicos	Herbicidas	0	0	0	-24	0	0	0
	Plaguicidas	0	0	0	0	-3	0	0
	Fertilizante	0	0	0	0	0	0	0
	Indicador uso de agroquímicos	0	0	0	-24	-3	0	0
Biodiversidad		70,7	12,1	62,1	5,3	11,2	5,6	16,5
Índice de biodiversidad		1,00	0,17	0,88	0,07	0,16	0,08	0,23

La presencia de especies arbóreas dentro de un sistema tiene gran valor por los beneficios como el reciclaje de nutrientes a través de la biomasa aportada por las podas y hojarasca y por la fijación biológica con la incorporación de nutrientes (Kass *et al.*, 1998).

La valoración cualitativa de la presencia de epífitas en los árboles de la parcela demostró que la mayor parte de las especies forestales asociadas, no tienen epífitas en sus ramas lo que se debe a la edad de los árboles o a la disponibilidad de ramas, pero existen otros factores que influyen en la abundancia de epífitas como la presencia de aves y mamíferos, tal es así que en estudios citados por Cruz (2007), demuestran que el nivel de epífitas encontrados en plantaciones de café está correlacionado positivamente con la diversidad de aves tanto insectívoras como nectarívoras y que un factor importante en la diversidad y abundancia de epífitas es el grado de conectividad de los sistemas agroforestales con remanentes de bosque.

Estudios realizados en Veracruz, México, en dos fragmentos de bosque y 10 cafetales con diferente manejo se encontró que el número de especies y la abundancia de epífitas entre cafetales y bosques variaban indistintamente de su manejo y de la ubicación geográfica. La disminución de epífitas en cafetales se debe a la falta de dispersión de propágulos, a la poca susceptibilidad del componente arbóreo utilizado como sombra en cafetales, a condiciones inadecuadas para la germinación y el crecimiento de las semillas de las parásitas, y a las labores de mantenimiento de los cafetales que eliminan o merman la presencia de las epífitas (García *et al.* 2008).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Porras (2006) quien encontró una mayor riqueza de especies en sistemas agroforestales de *Erythrina*–*Cordia* del Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica.

3.2.5 Porcentaje cobertura de sombra

Dentro de las fincas evaluadas es común encontrar árboles de cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y pambil (*Iriarte deltoidea*) como sombra. En investigaciones realizadas por Soto *et al.* (2004) y Beer (1998) indican que la preferencia de los productores al Poró (*Erythrina poeppigiana*) se debe a las bondades que presta tales como aporte de materia orgánica, rápido crecimiento, buen rebrote y resistencia a podas severas, además de reducir el estrés hídrico, reducir pérdidas de frutos, y sobre todo proteger los recursos naturales como agua, suelo y biodiversidad (Muschler 2004), por lo que al ser una especie existente en nuestro medio, sería importante considerarla ya que prácticamente no se encuentra en los sistemas de producción de la Amazonía. Otras especies encontradas en asociación con el café fueron el laurel (*Cordia alliodora*), banano (*Musa* spp), guabas (*Inga* spp), cítricos (*Citrus* spp) y otras especies maderables, lo cual coincide con los resultados indicados por Porras (2006).

Los porcentajes de sombra determinados en las parcelas evaluadas, variaron del 3% al 76% con un promedio de 26,5%, este indicador responde directamente al número de árboles y a la especie de estos, sobresaliendo la parcela de Cacao Nacional con sombra diversa de la finca Allyalpa, resultados que concuerdan con los rangos determinados en investigaciones realizadas por Chavarría (2004), quien menciona que el porcentaje de sombra en fincas convencionales es de 16% de cobertura, mientras que en las fincas orgánicas con sistemas agroforestales alcanzan un nivel de sombra del 47%.

3.2.6 Uso de agroquímicos

La gran mayoría de las fincas evaluadas no reportan el uso de agroquímicos; sin embargo se observó que en las parcelas de café, cacao y pastos de las fincas Allyalpa, Cascales y Quillullapu se registró principalmente el uso de herbicidas sintéticos para el control de malezas y en casos específicos otro tipo de agroquímicos de toxicidad media para controles de plagas y enfermedades en cultivos de ciclo corto. El uso de fertilizantes químicos, a

pesar de la baja fertilidad de los suelos, es poco frecuente o casi inexistente, lo que se presenta como una ventaja ya que el uso de fertilizantes nitrogenados, se convierte en una fuente de contaminación de las aguas subterráneas de acuerdo a estudios realizados por Nesme *et al.* (2005).

De manera general para este servicio ambiental evaluado, se observó que el uso de la tierra dedicado a la producción, tiene un efecto directo en la disminución de la biodiversidad, ya que en la mayoría de los casos las pocas especies encontradas en las parcelas de producción son de regeneración natural. Los menores valores del índice de biodiversidad, respecto del bosque primario, correspondieron a los cultivos de café y pastos con menos número de especies nativas (0,05 a 0,08), seguido del sistema de cacao con sombra maderable (0,16 y 0,17), mientras que el mayor valor se obtuvo en la parcela del sistema de cacao con sombra de bosque de la finca Alto Ila y en este sistema los valores de las parcelas evaluadas estuvieron alrededor de 0,5; por lo que se considera como el mejor sistema agroforestal para la conservación de biodiversidad.

3.3 Fijación de carbono

Para la evaluación de la captura de carbono se registraron datos de altura y diámetro (DAP) de las especies forestales y de los cultivos presentes en los sistemas, de acuerdo a fórmulas preestablecidas, donde además se considera el número de árboles por unidad de superficie, se realizó el cálculo de la cantidad de carbono que se fija en las parcelas monitoreadas. Los mayores valores, respecto del bosque primario, para cada uso de la tierra se reportan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados de la evaluación del servicio ambiental Fijación de Carbono.

Uso de la tierra		Bosque primario	Cacao sombra bosque	Pasto sombra leguminosa	Café sombra diversa	Cacao sombra maderable	Cacao sombra diversa	Café sombra maderable
Finca			Ato Ila	Quillullapu	Cascales		Allyalpa	
Lote			Cacao blanco	Pasto	Café	Cacao	Cacao nacional	Café robusta
Árboles	DAP	30	54,1	12,4	29,3	20,7	23,3	18,5
	Altura	15	19,1	5,8	14,24	5,47	14,6	13,4
	C (t/ha)	116,65	21,99	7,19	23,93	7,43	20,99	14,27
	N/ha	738	35	360	160	112	240	280
Cultivo	DAP		8,6		7,49	7,5	11,15	11,15
	Altura		5		3,29	3,25	2,5	5
	C (t/ha)		2,50	2,70	1,19	2,09	2,54	4,16
	N/ha		833		625	1100	800	900
Total		116,65	24,50	9,89	25,12	9,51	23,54	18,43
Indice de fijación de carbono		1,00	0,21	0,08	0,22	0,08	0,20	0,16

3.3.1 Almacenamiento de carbono en plantas de cacao y café

El promedio de almacenamiento de carbono en los sistemas de cacao fue de 13,31 t/ha y de 16,2 t/ha en sistemas con café, los rangos registrados para ambos cultivos bajo sistema agroforestal fueron de entre 5 y 25 t/ha; para el caso de pasto con sombra leguminosa se estimó una captura de 9,8 toneladas de carbono por hectárea. Estos valores coinciden con las investigaciones de Montagnini *et al.* (2004), donde manifiesta que para los pequeños sistemas agroforestales en los trópicos, la tasa de secuestro de carbono oscila entre 1,5 a 3,5 Mg C ha, y con lo expuesto por Oelbermann *et al.* (2004) donde manifiestan que el potencial de secuestrar carbono en los componentes sobre la superficie de los sistemas agroforestales se estima entre 2,1 y 109 Mg C ha al año en las mismas regiones.

Respecto del comportamiento de las plantas de café y cacao en respuesta a esta variable, se observó que el factor más influyente para la captura de carbono es la edad del cultivo, lo que incide en el diámetro del tronco, de tal manera que plantaciones relativamente jóvenes representan poco aporte para este componente, además el valor calculado es también afectado por la densidad de siembra de las plantaciones, registrándose entre 400 y 1.200 plantas por hectárea con distancias de siembra de 5m x 5m y 3m x 3m, respectivamente.

3.3.2 Almacenamiento de carbono en árboles

Como era de esperarse la mayor cantidad de carbono es fijada por el componente forestal existente en el sistema, que está sobre el 70% del total de carbono capturado, excepto en casos donde se encuentran muy pocos árboles asociados con los cultivos de interés.

El almacenamiento de carbono en el componente arbóreo de las parcelas fue entre 1 y 25 t/ha, se observaron parcelas de cacao y café con sombra diversa y cacao con sombra de bosque con valores superiores a las 20 t/ha de carbono almacenado, mientras que las menores cantidades de carbono se observaron en los sistemas de café y cacao con sombra maderable, lo que concuerda con los resultados reportados por Mena (2008), quien menciona que el sistema agroforestal café-poro almacenó 21,45 t/ha. A su vez, Montagnini *et al* (2004) señala que el almacenamiento de carbono a través de prácticas agroforestales se estima entre 20 y 50 t/ha en regiones subhúmedas y húmedas, datos similares a los reportados en el presente trabajo.

De acuerdo al índice calculado respecto al bosque primario, se observa que los sistemas agroforestales que fijan mayor cantidad de carbono corresponden a cacao y café, ya sea con sombra diversa o sombra de bosque, mientras que los sistemas con sombra maderable o con pastos son los que menos carbono almacenan.

3.4 Conservación de suelo

De acuerdo a la metodología utilizada para la evaluación de la cobertura de suelo, se registraron valores medios (0,40) y altos (0,92) del índice de conservación lo que demuestra que es poco común la práctica de control de malezas que permitan mantener los suelos totalmente expuestos. A diferencia de los índices anteriormente analizados, el valor de éste servicio ambiental corresponde al promedio de los tres criterios considerados. Los mayores valores de cada uno de los usos de la tierra evaluados, se presentan en el Cuadro 6.

3.4.1 Cobertura

El mayor porcentaje de suelo está cubierto por plantas de tipo rastrero, seguido de plantas de hoja ancha que presentan beneficios para el sistema, la superficie de suelo descubierta es prácticamente insignificante.

En las parcelas de cacao en las fincas evaluadas es donde se encontró mayor cobertura de suelo correspondiente a plantas rastreras, por ello los sistemas agroforestales están considerados como protectores y mejoradores de

suelo, lo que está relacionado con el crecimiento de los árboles fijadores de nitrógeno (N) los que aumentan la disponibilidad de nutrientes a través de la fijación biológica, reciclaje de nutrientes y acumulación de materia orgánica en el suelo (Rao *et al.*, 1998).

Específicamente en los sistemas de café y cacao en Cascales se observó una mayor cobertura dependiente de los árboles, es decir hojarasca, por lo que éste indicador al parecer depende exclusivamente del manejo de los productores, lo que de acuerdo a Szott y Palm (1996) quienes al comparar árboles herbáceos leguminosos observaron que se incrementó la cantidad del mantillo (0-45 cm), los cationes intercambiables y el fósforo disponible en el suelo; además del total de las reservas de potasio, calcio y magnesio en la biomasa, se presenta como una opción importante si las especies usadas en el sistema son leguminosas.

Para el caso de la parcela de pasto con sombra leguminosa que presenta la mayor cobertura de suelo por especies de hoja ancha se presenta como un sistema con mucho potencial ya que los árboles leguminosos de rápido crecimiento por ejemplo las guabas (*Inga edulis*) pueden acelerar la restauración de las reservas de nitrógeno, fósforo y potasio en la capa superior del suelo donde pueden ser aprovechados por el cultivo, aunque no reponen completamente las reservas de calcio y magnesio (Szott y Palm, 1996).

3.4.2 Erosión

En la mayoría de los casos se evidenció algún tipo de erosión, aunque poco significativa para los sistemas evaluados. Los árboles de sombra en cultivos perennes como el cacao y café aportan hojarasca y residuos de podas que cubren el suelo, reduce el impacto de las gotas de la lluvia, la velocidad de escorrentía y la erosión, mejoran la estructura, el contenido de nitrógeno y la relación de nutrientes en el suelo (Beer *et al.*, 1998), concordando con los resultados del presente trabajo ya que los agricultores podan el cacao y ese material vegetativo es incorporado al suelo reduciendo de esta forma el impacto de las gotas de lluvia.

3.4.3 Protección

De igual manera se pudo observar que únicamente en una de las ocho fincas monitoreadas, se desconoce totalmente de obras orientadas a la conservación del suelo. Mientras que en cinco de las ocho fincas se realizan al menos dos actividades como obras de protección para evitar la pérdida de suelo.

La siembra de vegetación protectora es lo que prácticamente todos los productores realizan en sus parcelas y es una actividad muy importante, conociendo que los árboles en sistemas agroforestales pueden reciclar los nutrientes, previniendo su pérdida por lixiviación, reduciendo así la contaminación de las aguas freáticas por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente y la salud humana (Stadtmüller, 1994).

Así mismo, en zonas del trópico húmedo donde se practica la tumba y quema con ciclos cortos, los barbechos de árboles plantados pueden evitar la pérdida de la fertilidad del suelo (Ganry *et al.*, 2001), en este sentido la disponibilidad de nitrógeno inorgánico del suelo, la mineralización aeróbica de nitrógeno entre 0-20 cm de profundidad y el nitrógeno fijado en la biomasa, puede ser significativamente más alta después de una rotación de árboles fijadores de nitrógeno que después de barbechos con otras especies de árboles y/o pastos (Harmand y Balle, 2001), lo que concuerda con los resultados del presente trabajo.

Por lo anterior los sistemas agroforestales evaluados presentan un alto índice de acuerdo a la conservación del recurso suelo y éste depende principalmente del manejo del agricultor y de las especies que componen el sistema.

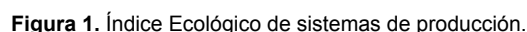
Cuadro 6. Resultados de la evaluación del servicio ambiental Conservación de Suelo.

Uso de la tierra		Bosque primario	Cacao sombra bosque	Cacao sombra maderable	Pasto sombra leguminosa	Cacao sombra diversa	Café sombra diversa	Café sombra maderable
Finca			La Isla		Quillullapu	Dureno	Cascales	Sacha
Lote			Cacao nacional	Nacional injerto blanco	Pasto	Cacao	Café	Café
Cobertura	Zacate	0	1	0	7	26	10	50
	Hoja ancha	30	5	6	70	12	10	30
	Plantas rastreras	34	76	87	0	60	2	0
	Hojarasca	29	18	7	23	2	70	20
	Suelo	0	0	0	0	0	8	0
	Indicador de cobertura	0,93	1	1	1	1	0,84	1
Erosión	Cárcavas	1	1	1	1	1	0	0
	Deslizamientos	1	1	1	1	1	1	0
	Sedimentación	1	1	1	1	1	1	0
	Otras evidencias de erosión	1	0	0	1	0	1	0
	Indicador de erosión	1	0,75	0,75	1	0,75	0,75	0
Protección	Siembra de vegetación protectora		1	1	1	0	1	1
	Obras de retención		1	1	0	0	0	1
	Cunetas en los caminos		1	1	1	0	0	0
	Desagües		1	1	1	1	0	0
	Indicador de protección		1	1	0,75	0,25	0,25	0,5
Índice de conservación del suelo		0,97	0,92	0,92	0,92	0,67	0,61	0,50

El mayor índice ecológico por uso de la tierra corresponde al bosque primario, seguido por el sistema de cacao con sombra de bosque. Los restantes usos de la tierra obtuvieron índices ecológicos intermedios mientras que el sistema de café con sombra maderable es donde se presentó el menor valor (Figura 1).

Los índices de fijación de carbono y conservación de biodiversidad presentan mayor variabilidad, por lo tanto son más discriminantes respecto al valor total, es decir que el índice ecológico para la Amazonía está directamente influenciado por la diversidad de especies y condiciones de las especies forestales como número de árboles, edad o especie que se encuentran en los sistemas de producción agroforestal.

El sistema de producción que presentó el menor valor ecológico fue café con sombra maderable y se le puede considerar como un sistema de producción intensivo, por la densidad de plantas y sobre todo porque en el manejo se incluye el uso de herbicidas sintéticos.



4. Conclusiones

- El 50% de las fincas disponen de fuentes de agua que nacen o cruzan sus áreas y los cuidados a éste recurso son aceptables, pero existen indicios de contaminación por lo que se puede mejorar su conservación.
- En términos de conservación de la biodiversidad el sistema de más alto valor encontrado fue un cacaotal con sistema agroforestal con especies arbóreas remanentes de bosque. El de más bajo valor fue un pasto con poca sombra de leguminosas.
- El almacenamiento de carbono el sistema agroforestal de más alto valor encontrado fue un cafetal con sombra diversa en la finca Cascales (25,12 tC/ha), seguido de un cacaotal con sombra de bosque en la finca Alto Ila (24,5 tC/ha), cacao con sombra diversa en la finca Allyalpa (23,54 tC/ha) y un cafetal con sombra de maderables en la finca Allyalpa (18,43 tC/ha). Los valores más bajos fueron encontrados en un cacaotal con sombra de maderables en la finca Cascales (9,51 tC/ha) y un pasto con sombra de leguminosas en la finca Quillullapu (9,89 tC/ha).
- Para conservación de suelo tres sistemas tuvieron los valores más altos (0,92 en escala que va hasta 1): cacao con sombra de bosque y cacao con sombra de maderables en la finca La Isla; pasto con sombra de leguminosas en la finca Quillullapu. Con valores intermedios: cacaotal con sombra diversa en la finca de Dureno (0,67 de índice); cafetal con sombra diversa en la finca de Cascales (0,61). Con valor más bajo, pero con valor regular (0,50) el cafetal con sombra de maderables en la finca de Sacha.
- En las fincas estudiadas predominaron como especies forestales laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), manzano colorado (*Guarea kunthiana*), bálsamo (*Miroxilon balsamum*) y caoba (*Platymiscium pinnatum*). Otras especies presentes fueron guaba (*Inga spp*), plátano (*Musa spp*), guayaba (*Psidium guajava*) y naranja (*Citrus spp*). El porcentaje de sombra varió de 3% a 76% y el promedio fue de 26,5%.

5. Referencias

- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Cruz, A. 2007. Evaluación experimental sobre la importancia de las epífitas para la conservación de la biodiversidad en plantaciones de café. Tesis PhD. Xalapa, Veracruz, México. Instituto de Ecología AC.
- Chavarría, N; 2010. Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. Tesis de grado en Licenciatura Agronómica con Énfasis en Fitotecnia. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. p.92
- Dayli, G. 1997. Introduction: what are ecosystem services? In: Daily, G, C. Ed. 1997. *Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems* Island Press, Washington, DC. pp.1-10.
- Daily, G.C., T. Soderqvist, S. Aniyar, K. Arrow, P. Dasgupta, P. R. Ehrlich, C. Folke, A. M. Jansson, B. O. Jansson, N. Kautsky, S. Levin, J. Lubchenko, K. G. Mäler, D. Simpson, D. Starret, D. Tilman y B. Walker (2000). The value of the nature and the nature of the value. *Science* 289: 395-396.
- García, J; Toledo, T. 2008. Epífitas Vasculares: Bromelias y Orquídeas. En: *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación*. RH Manson, V Hernández-Ortiz, S Gallina y K Mehlreter (eds) INE/ INECOL AC, México. pp 69 - 93.
- García, R. 1999. Agroforestería. Documento para el Magister: Gestión en Desarrollo Rural y Agricultura Sustentable de la Universidad Católica de Temuco, Chile.
- Ganry F; Feller, C; Harmand, JM; Guibert, H. 2001. Management of soil organic matter in semiarid Africa for annual cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61:105-118.
- Gómez, F. 2010. Hydrological, ecophysiological and sediment processes in a coffee agroforestry basin: combining experimental and modelling methods to assess hydrological environmental services. PhD thesis, spécialité "Eaux Continentales et Société", Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques (Montpellier SUPAGRO); Ecole doctorale "Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosiences, Environnement" (SIBAGHE) p. 249.

- Harmand, JM; Balle, P. 2001. La jachère agroforestière (arborée ou arbustive) en Afrique tropicale. In Floret, C ; Pontanier, R. (eds.). La jachère en Afrique tropicale: Rôles, aménagement, alternatives. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. Libbey, Paris. p. 265-292.
- Harvey, C. 2001. Agroforestería y biodiversidad. In: Jiménez F; Muschler R; Köpsell E. Ed. Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Módulo de enseñanza agroforestal. N° 6, pp 95-138.
- Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell, E. 2001. Módulo de Enseñanza Agroforestal N° 6. Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales. CATIE-GTZ, Turrialba, Costa Rica.
- Kass, D; Thurston, H; Schlather, K. 1998. Sustainable Mulch Based. Cropping Systems with Tree. In Buck, L; Lassoie, J; Fernandez, E. Eds. Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems. USA, Lewis Publishers: 361379.
- Landell-Mills, N. y I. T. Porras. 2002. ¿Bala de plata u oro de tontos? Revisión global de servicios ambientales del bosque y su impacto sobre los pobres. Londres, IIED.
- Linkimer, M. 2001. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 132 p.
- Montagnini, F; Nair, P. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. Agroforestry systems 61. P 281-295.
- Medina, B; Muñoz, C; Haggar, J; Aguilar, R. 2008. Propuesta metodológica para la evaluación de servicios ambientales. Adaptado de: Metodología para la evaluación de servicios ambientales julio de 2006. ANACAFE. CATIE. Octubre 2008.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 86 p.
- Mena, V. 2008. Relación entre el carbón almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en los bosques secundarios del corredor biológico volcánico central. Salamanca, Costa Rica.
- Muschler, R. 2004. Shade management and its effect on coffee growth and quality. In: Wintgens, JN. Ed. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley-VCH verlag. P 339-353.
- Naughton-Treves, L., M. B. Holland, y K. Brandon (2005). The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. Annual Review of Environment and Resources 30:219-252.
- Nesme, T; Bellon, S; Lescourret, F; Senoussi, R; Habib, R. 2005. Are agronomic models useful for studying farmers fertilization practices? Agricultural systems 83. p.297-314.
- Oelbermann, M; Voroney, P; Gordon A. 2004. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment 104. P. 359-377.
- Porras, C. 2006. Efectos de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Quiroga, R. 2001. Indicadores de Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y perspectivas. CEPAL. División de Medio Ambiente y Recursos Humanos. Serie Manuales N°16. Santiago de Chile. Proyecto NET/00/063. Sustainability Assessment in Latin America and the Caribbean, apoyado por el gobierno de Holanda. Consulta en línea, accesado el 10/Sep./2013. Disponible en: http://www.eclac.org/Publicaciones/xml/8/9708/1c11607e_ind.pdf
- Quispe, J. 2007. Caracterización del impacto ambiental y productivo de las diferentes normas de certificación de café en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Retamal, R; Madrigal, R; Alpizar, F; Jiménez, F. 2008. Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán, Ruinas, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie Técnica. Informe Técnico n° 362).
- Rao, MR; Nair, PK; Ong, CK. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. Agroforestry Systems 38: 3-50.
- Solano Castro, F comp; Ginneken, P van. (eds). 2006. Gente, Territorio y Biodiversidad en el Área de Conservación Tortuguero. (en línea). Guápiles, CR. (105 p). Consultado el 25 de sept. 2013. Disponible en <http://www.acto.go.cr/descargas/Gente,%20Territorio%20y%20Biodiversidad.pdf>
- Soto, J; Murillo, J; Mora, A; Mora, E. 2004. Manual del curso manejo y producción de café. Instituto de café. Instituto del café de Costa Rica (ICAFE) Región Coto Brus. 32 p.
- Schroth, G; Sinclair, FL. (eds), 2003. Trees, crops and soil fertility concepts and research methods. CABI, Wallingford, U.K. 437 p.
- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Una revisión bibliográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales N°. 10. 62 p.
- Szott, LT; Palm, CA. 1996. Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. Plant and Soil 186: 293-309.
- Wunder, S., J. Börner, M. Rüginitz Tito y L. Pereira (2008a). Pagamentos por Serviços Ambientais Perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília, Brasil, Ministerio do Meio Ambiente: 136.