

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de
cafeticultores del Corredor Biológico Volcánica Central
Talamanca, Costa Rica**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Por:


Carlos Roberto Cerdán Cabrera

Turrialba, Costa Rica, 2007


Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

FIRMANTES:



Gabriela Soto Muñoz
Consejero Principal



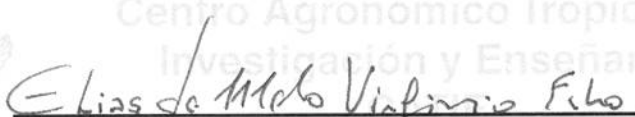
Philippe Vaast

Miembro del Comité Consejero



Fabrice DeClerck

Miembro del Comité Consejero




Elías de Melo Virgínio
Miembro del Comité Consejero



Glenn Galloway

Decano de la Escuela de Posgrado



Carlos Roberto Cerdán Cabrera
Candidato

DEDICATORIA

A Dios Nuestro Señor, por colmarme de bendiciones día con día.

A mis padres, quienes con su ejemplo me han comprometido a ser lo que soy.

A mi tía Lucha, ¡¡qué onda!!

A mis hermanos: Benja, Ana y, ahora, Juan. Siempre estaremos juntos.

A toda mi familia, porque han hecho que toda mi vida sea placentera y feliz.

A toda la gente valiosa que en estos dos últimos años he conocido en CATIE
y de los que he aprendido mucho.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México por haberme brindado, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el financiamiento para realizar mis estudios.

A los productores de café de Turrialba, quienes me ofrecieron su tiempo, hospitalidad y conocimiento; esperando que este trabajo sea de utilidad para ellos.

A Buenaventura Gamboa de APOT y a Guillermo Ramírez por haberme apoyado desinteresadamente en la realización de este estudio.

A mis compañeros José, Cliserio y Natalia por haberme ayudado en la recolección de datos y análisis de la información.

A Gabi, por ser más que una “profesora-consejera” y ser literalmente mi profesora y mi consejera. Muchísimas gracias por su apoyo en todo momento.

A los miembros de mi comité: Philippe, Fabrice y Elias, por su acompañamiento y dirección durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Fergus Sinclair por su apoyo en las diferentes fases de este trabajo y el apoyo brindado en el aprendizaje de la metodología usada, así como por haberme motivado a escoger el tema de este trabajo.

BIOGRAFÍA

Carlos Roberto Cerdán Cabrera nació en Xalapa, Veracruz, México, el 25 de enero de 1982. Se graduó como ingeniero agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana en 2004, donde se especializó en agroecología y microorganismos benéficos. En enero de 2006 inició sus estudios de maestría en Agricultura Ecológica en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, donde obtuvo el grado académico a finales de 2007.

Su tesis de agronomía trata sobre bacterias promotoras de crecimiento como alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas en plantas de cítricos. En su trabajo social universitario colaboró en programas de producción de abonos orgánicos, desarrollando técnicas de implementación y capacitando a personal de campo. También ha trabajado en la formación de mercados orgánicos y en la asesoría en producción agroecológica, principalmente con pequeños productores.

El desarrollo de su tesis de maestría fue dentro del proyecto CAFNET, siendo el principal objetivo vincular los beneficios ambientales que los cafetales proveen con una apropiada remuneración para los productores.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis del estudio	3
2 MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 Conocimiento local	4
2.1.1 Conocimiento local en cafetales	4
2.2 Servicios ecosistémicos.....	5
2.2.1 Servicios ecosistémicos en cafetales.....	6
2.3 Cafecultura en Costa Rica.....	7
2.3.1 Cafecultura en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca	8
3 Bibliografía	9
4 APRENDIENDO SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: ¿QUÉ SABEN DE ELLOS LOS PRODUCTORES DE CAFÉ?	12
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
6 ANEXOS	50
6.1 Anexo 1: Disminución de la superficie cafetalera en el CBVCT	50
6.2 Anexo 2: Tipología de productores del CBVCT	52
6.3 Anexo 3: Formato de entrevista para la compilación de conocimiento local	55
6.4 Anexo 4: Formato de encuesta para la generalización del conocimiento local	59
6.5 Anexo 5: Metodología para la comparación de fincas orgánicas y convencionales....	64
6.6 Anexo 6: Comparación de fincas de café orgánicas y convencionales en el CBVCT.	68

RESUMEN

Con la intención de caracterizar el conocimiento que los productores de café tienen sobre el rol de sus fincas en la provisión de servicios ecosistémicos, se entrevistó a 50 productores de café, tanto convencionales como certificados orgánicos. El análisis del conocimiento se hizo por medio de la metodología AKT (Agroecological Knowledge Toolkit). Los productores demostraron tener un amplio conocimiento en servicios ecosistémicos como formación de suelos, protección del recurso hídrico, reducción de la erosión así como estrategias para propiciar la conservación de la biodiversidad. También se encontró conocimiento sobre otros servicios ecosistémicos como polinización, regulación del clima y control biológico de plagas y enfermedades. *Erythrina poeppigiana* es la especie arbórea mejor considerada por los finqueros para asociar con café y la provisión de servicios ecosistémicos. Se validó la generalización del conocimiento encontrado a través de 91 encuestas a productores de café siguiendo la metodología bola de nieve. Se determinó la relación entre el conocimiento local y las prácticas de manejo en los cafetales, por medio del análisis en 22 fincas (11 certificadas orgánicas y 11 convencionales) sobre cobertura arbórea, cobertura de suelos, prácticas agrícolas y rendimiento de café. Se desarrolló un índice que cuantifica el conocimiento y lo hace una variable numérica comparable entre grupos de productores.

Los productores de café tienen clasificaciones arbóreas para la provisión de servicios ecosistémicos; las sombras catalogadas como “frescas” se relacionan con la protección del recurso hídrico y el mantenimiento de la fertilidad de los suelos. La cantidad de materia orgánica es el determinante más importante que ellos observan en la fertilidad de los suelos. El amplio conocimiento sobre la provisión de servicios ecosistémicos por los sistemas agroforestales que los productores tienen fue significativamente mayor en los productores orgánicos.

Se encontró que la riqueza de especies arbóreas dentro de las fincas y el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos se correlacionan negativamente con el

rendimiento de café. A pesar de que las variables que inciden en la provisión de servicios ecosistémicos fueron mayores en las fincas orgánicas, se encontró que el rendimiento de café por hectárea fue mayor en las fincas convencionales. Se recomienda incorporar el conocimiento local en los estudios que traten diseñar sistemas agroforestales cafetaleros orientados al suministro de servicios ecosistémicos.

SUMMARY

In order to characterize local knowledge of ecosystem services among conventional and organic coffee growers, interviews with 50 key informants were done in the Central Talamanca Volcanic Biological Corridor of Costa Rica. Local knowledge was analyzed using AKT methodology (Agroecological Knowledge Toolkit). The interviews showed that farmers have a detailed and broad understanding about ecosystem services such as soil formation, water protection, and soil erosion reduction. They also know many and different ways to increase biodiversity conservation. Knowledge about pollination, climate regulation, and biological control was found among the coffee growers. Knowledge generalization was done through 91 surveys in rural areas where coffee production is socio-economically important. The relationship between local knowledge and farming practices was determined through data collection on shade, soil cover, coffee management practices and yield in 22 farms (11 organic farms and 11 conventional ones). An index that assesses local knowledge was developed in order to analyze knowledge among groups of coffee growers.

Farmers have local tree classifications related to the provisioning of ecosystem services. Shade trees that are considered as “fresh” are related to water protection and soil fertility conservation. Organic matter is the most important element that people observe to determine soil fertility. Detailed and broad knowledge that coffee growers have was significantly higher in the organic group.

Much of the local knowledge of ecosystem services is not applied in farming practices because it is thought to decrease yield, and consequently farmers’ economic income. Although variables related to the provisioning of ecosystem services was higher in organic farms, coffee yield was in fact higher in conventional farmers. It is recommended to take into account local knowledge in order to design coffee agroforestry systems that could provide and enhance ecosystem services.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estratificación de productores de café del CBVCT por factores que influyen potencialmente en su conocimiento.....	14
Cuadro 2. Características de las bases de conocimiento sobre servicios ecosistémicos en el CBVCT elaboradas por medio del software AKT.....	17
Cuadro 3. Atributos arbóreos relacionados a las diferentes clasificaciones funcionales.....	19
Cuadro 4. Listado sobre los atributos de especies arbóreas y clasificaciones funcionales percibidos por los productores de café del CBVCT.....	20
Cuadro 5. Empalme entre categorías de árboles frescos, benéficos para el suelo y para el agua.....	21
Cuadro 6. Utilidades de las arvenses percibidas por los cafeticultores del CBVCT (%)......	23
Cuadro 7. Conocimiento de los cafeticultores sobre la provisión de servicios ecosistémicos..	25
Cuadro 8. Andeva entre las variables que influyen en la provisión de servicios ecosistémicos.	42
Cuadro 9. Variables correlacionadas significativamente con el rendimiento de café.	43
Cuadro 10. Disminución de superficie de café por productor y por área dentro del CBVCT...	51
Cuadro 11. Escala de erosión de suelos utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.	65
Cuadro 12. Escala de apariencia del cultivo utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.	65
Cuadro 13. Escala de crecimiento del cultivo utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.	65
Cuadro 14. Comparación entre el impacto del manejo en las fincas y el conocimiento local de los finqueros.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de servicios ecosistémicos según el MEA (2005).....	6
Figura 2. Ubicación del área de estudio.....	13
Figura 3. Temática abarcada con los cafeticultores del CBVCT durante las entrevistas semi-estructuradas.	15
Figura 4. Jerarquías de árboles “no frescos”, malos para el suelo y para el agua creadas en el programa AKT.....	22
Figura 5. Causas, consecuencias y adaptaciones al cambio climático desde la percepción de los cafeticultores del CBVCT	32
Figura 6. Consecuencias percibidas del cambio climático por los cafeticultores de los diferentes distritos del CBVCT.....	33

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

AKT: Agroecological Knowledge Toolkit (programa computacional para el análisis de conocimiento local)

Andeva: análisis de varianza

APOT: Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba

CBVCT: Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

d.a.p.: diámetro a la altura del pecho

ECL: explicación de conocimiento local

EU: enunciados unitarios

has.: hectáreas

ICL: índice de conocimiento local

ICAFE: Instituto Costarricense del Café

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje

m.: metros

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

N: nitrógeno

R: riqueza de especies

SE: servicios ecosistémicos

1 INTRODUCCIÓN

En su búsqueda por maximizar la producción de alimentos, la industrialización de la agricultura, incrementada en las últimas cinco décadas, ha generado importantes efectos negativos al ambiente. Como ejemplo de esto podemos señalar pérdidas en la biodiversidad –la diversidad genética a nivel mundial ha disminuido, principalmente entre especies cultivadas–; contaminación de mantos freáticos, mediante el exacerbado uso de fertilizantes nitrogenados que provocan eutrofización; disminución de la fertilidad del suelo, causada tanto por erosión como por toxicidad por productos sintéticos; cambios en los flujos biogeoquímicos, especialmente por el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos; así como una disminución de las zonas forestadas debido a la presión por aumentar el área de cultivos agrícolas (MEA 2005). Además de todos estos problemas ambientales, la agricultura industrializada ha generado una pérdida del conocimiento obtenido por los productores como resultado de muchos años de experiencia, coevolución con los cultivos y herencia de sus antecesores (Altieri 2004).

A pesar de estos impactos, existen sistemas de producción agrícola que tienen el potencial de proveer servicios ecosistémicos de manera eficiente. Un ejemplo son plantaciones de café (Perfecto *et al* 1996) que, debido a su manejo y composición arbórea, mantienen la fertilidad de los suelos y evitan su erosión, suministran agua, capturan carbono con lo que regulan el clima y la calidad del aire, y suministran hábitat para la conservación de la biodiversidad (Beer *et al* 2003).

Existen trabajos que indican que dentro de las matrices agrícolas de los trópicos, aquellas que proveen más servicios ecosistémicos coinciden con las zonas donde hay un profundo conocimiento local sobre prácticas ambientalmente amigables (Harvey *et al* 2006, Moguel y Toledo 1999); considerando esto se hace necesario estudiar si los productores de café tienen claro que sus sistemas productivos están brindando servicios ecosistémicos en beneficio de sus fincas, comunidades y globalmente, así como si conocen que sus prácticas de manejo pueden alterar la prestación de estos servicios ecosistémicos.

Estudiar el conocimiento local es de suma importancia para apoyar la toma de decisiones al planificar la investigación y la extensión agrícola. Debido a las condiciones actuales de degradación en los sistemas de producción agrícola se requiere un fomento de prácticas agrícolas amigables con el ambiente. Este tipo de prácticas son comúnmente complejas, por lo que para su realización se requiere de un uso efectivo de todo el conocimiento disponible.

Los objetivos de estudiar el conocimiento local son generar reportes sintetizados del estado actual de conocimiento, explorar la base del conocimiento para identificar discrepancias entre el conocimiento local y el científico, correlacionar la información científica con la descripción local y conocer prioridades de investigación (Walker *et al* 1995), así como conocer la relación entre el conocimiento y el sistema de manejo. Es por esto que con la idea de mejorar los agroecosistemas cafetaleros se plantearon los siguientes propósitos:

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Identificar y sistematizar el conocimiento local en relación con servicios ecosistémicos en cafetales del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT), Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de los cafecultores del CBVCT.
- Determinar la relación entre el conocimiento local y el impacto de las prácticas de manejo en el suministro de servicios ecosistémicos en cafetales dentro del CBVCT.

1.2 Hipótesis del estudio

1.- Los cafeticultores del CBVCT tienen conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que brindan los cafetales.

2.- El conocimiento local sobre la diversidad arbórea influye en la selección de sombra en los cafetales del CBCVT.

3.- El conocimiento local de los cafeticultores influye en las prácticas de manejo de los cafetales del CBCVT.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Conocimiento local

El conocimiento local se entiende como el aprendizaje, razonamiento y percepción que tienen en común los habitantes de una localidad y que sirve como base para predecir eventos futuros; este conocimiento debe explicarse lógicamente y ser generalmente válido, aunque no siempre es verdadero (Joshi *et al* 2004). Este conocimiento generalmente se crea al combinarse la educación con la experiencia; aunque existen muchos factores contemporáneos que están modificándolo en respuesta a factores demográficos, culturales, tecnológicos o económicos, como son los vínculos con nuevos mercados, la adopción de nuevas tecnologías, el aumento en la densidad de población, el acceso a medios de información o nuevas formas de organización política (Toledo *et al* 2003).

Los agricultores aplican su conocimiento en la toma de decisiones de las prácticas de manejo. Es por esto que los investigadores deben considerar el conocimiento local para generar respuestas a los problemas actuales de la investigación agrícola (Sinclair y Walker 1999); esto debido a que este conocimiento utiliza recursos locales adaptados a las condiciones específicas de cada zona.

2.1.1 Conocimiento local en cafetales

Los trabajos pioneros sobre conocimiento local en cafetales forman parte del área llamada etnopedología, donde se encontró que los finqueros tienen clasificaciones de suelos y entendimiento en la relación planta-suelo. Grossman (1998) reporta que indígenas en Chiapas tienen un amplio conocimiento sobre composteo, formación de materia orgánica, biología del suelo e incluso sobre fijación biológica de nitrógeno, la cual pueden percibir a través de los nódulos en las leguminosas; aunque señala que hay carencia de conocimientos en procesos imperceptibles a la vista como son la mineralización de nutrientes o elementos de microbiología del suelo. En Etiopía, Asfaw y Agren (2007) encontraron que la percepción de los productores sobre el efecto de diferentes especies de árboles en la fertilidad y las propiedades físicas del suelo es determinante para la selección del dosel de sombra.

Igualmente, Toledo *et al* (2003) reportan que, en el sur de México, productores indígenas utilizan diferentes especies de arboles de acuerdo a las diferentes etapas de sucesión ecológica en que se encuentre el cafetal. Además, el conocimiento local que ellos tienen sobre diferentes atributos como son la fenología de la hoja, la densidad del follaje o la forma de la copa va a ser determinante en la composición florística del dosel.

En cuanto a servicios ecosistémicos, Soto-Pinto *et al* (2007) observaron que finqueros en Chiapas mantienen dentro de su cafetal algunas especies arbóreas debido al conocimiento que tienen sobre el rol de estas en la provisión de servicios ecosistémicos, independientemente de la importancia comercial que tengan o el servicio que le presten al café.

2.2 Servicios ecosistémicos

Los seres humanos recibimos provecho, ya sea bienes o servicios, de todos los ecosistemas existentes en el planeta; sin embargo, tradicionalmente sólo los bienes han sido justipreciados, razón por la cual los servicios no habían sido percibidos como algo importante. Es por esto que se acuñó el término “servicios ecosistémicos”, los cuales serían todos los beneficios para la vida humana que por medio de diversos procesos los ecosistemas brindan (Daily *et al* 1997). Como ejemplos de estos servicios se puede citar la provisión de alimentos, la regulación del agua y del clima, la dispersión de semillas, la provisión de hábitat para refugio de la biodiversidad o la belleza escénica.

En la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés) se manifiesta que los ecosistemas han sido severamente modificados, por causas antropogénicas, sobretodo en los últimos 50 años; lo cual ha provocado un efecto negativo en la mayoría de los servicios ecosistémicos. Estos servicios pueden dividirse en cuatro categorías (Figura 1) (MEA 2005):

- Soporte: aquellos servicios fundamentales para el sustento de la vida como formación de suelo, ciclaje de nutrientes y conservación de la biodiversidad¹.
- Provisión: bienes que satisfacen necesidades humanas como agua, alimento, madera, fibras, leña o recursos genéticos para el desarrollo de otros bienes.
- Regulación: tanto climática, del aire, del agua, de las plagas y enfermedades en los cultivos, de la polinización, dispersando semillas o regulando disturbios y riesgos.
- Culturales: serían aquellos relacionados con el raciocinio y espíritu humano como la belleza escénica de un paisaje, la recreación y el ecoturismo, así como aspectos de orden religioso o místico.

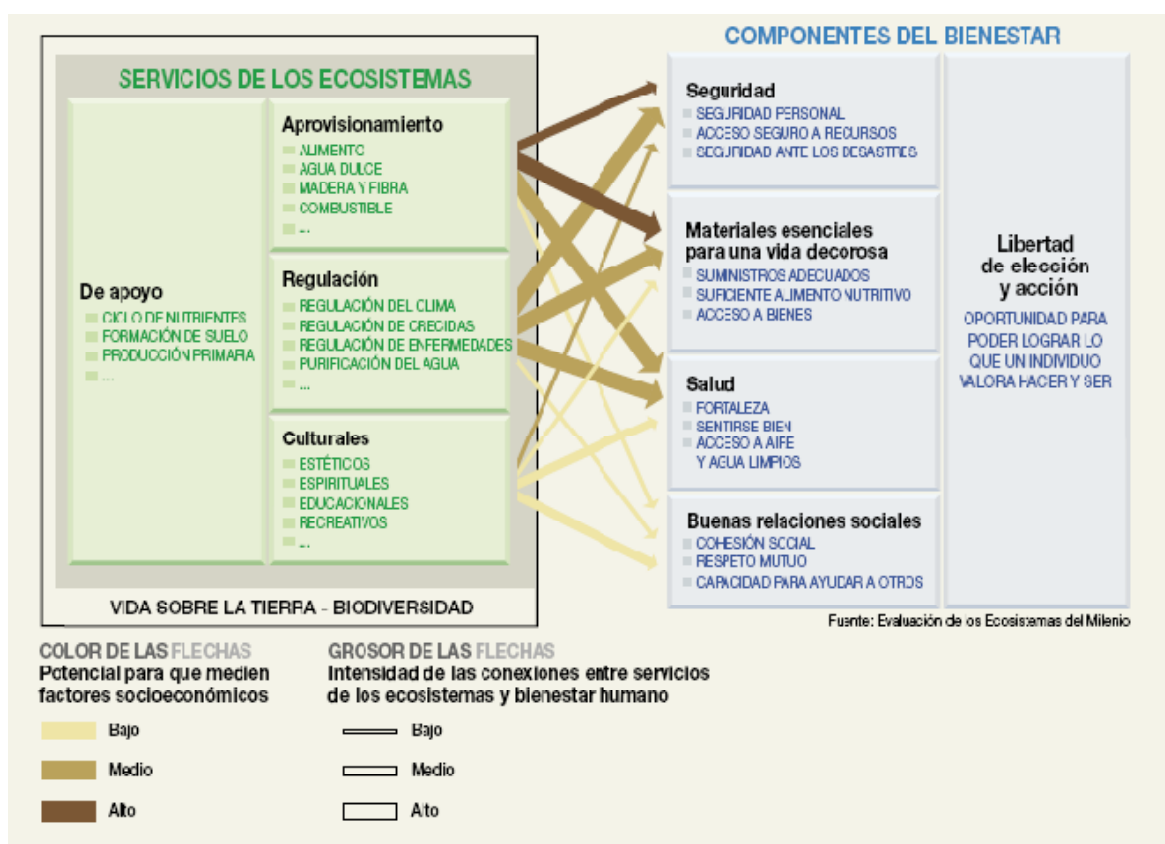


Figura 1. Clasificación de servicios ecosistémicos según el MEA (2005).

2.2.1 Servicios ecosistémicos en cafetales

En los sistemas agroforestales, los árboles de sombra ayudan al mejoramiento de los suelos, extrayendo los nutrientes a la superficie de las capas más profundas del suelo;

¹ El MEA no considera a la biodiversidad como un servicio ecosistémico, sino como el elemento imprescindible para la consecución de todos los servicios.

aportando materia orgánica a través de la hojarasca; ayudando a mantener la permeabilidad y la aireación y a proteger el suelo de la erosión, reducen las temperaturas, interceptan las lluvias y dan longevidad a la plantación (Muschler 2000).

Asimismo brindan otros beneficios ecológicos como el mantenimiento de la biodiversidad, la polinización de cultivos (Klein *et al* 2003, Ricketts *et al* 2004), la provisión de agua y el secuestro de carbono. También permiten la conservación de la flora y la fauna, así como la conectividad entre paisajes, la producción de madera y la obtención de leña, medicinas, ornamentales, alimento humano y animal, y materiales para la elaboración de artesanías y rituales (Beer *et al* 2003).

2.3 Caficultura en Costa Rica

En el año 2006 Costa Rica fue el decimotercer productor mundial de café, con una superficie cultivada estimada en 97,614 hectáreas por 55,247 cafecultores que producen 2,333,648 fanegas de café, equivalentes al 1.63% del mercado mundial. Económicamente el café es muy importante para Costa Rica ya que se estima que en 2005 generó una entrada de divisas por 222 millones de dólares ya que se exporta el 80% de su producción (ICAFE 2006).

Existen diversos tipos de cafetales en Costa Rica, los cuales pueden ir desde sistemas bajo sombra hasta plantaciones a pleno sol. Galloway y Beer (1997) clasificaron la caficultura en Costa Rica bajo tres sistemas de manejo:

- Manejo tradicional que correspondía al 10 % de los cafetales del país con densidades bajas (1400 a 1580 planta ha⁻¹), trazo irregular, variedades de porte alto Bourbon, Híbrido, Mundo Novo o Típica. El manejo poco intensivo (escaso manejo técnico, exceso de sombra), niveles bajos de fertilización, poco uso de productos químicos.
- El 50 % de los cafetales tenía un manejo semitecnificado con variedades de porte bajo como Catuai y Caturra, siembra de más de 4.260 plantas ha⁻¹, sombra regulada o plena

exposición, trazo uniforme, mayor grado de control sanitario y uso de fertilizantes, pero menos intensivo que en el caso de las fincas tecnificadas.

- Manejo tecnificado correspondía al 40 % de la producción, donde se usan variedades de porte bajo como Catuai y Caturra, generalmente a plena exposición, densidades de siembra de 5.700 plantas ha⁻¹, trazo en curvas a nivel cuando es necesario, eficiente control sanitario, uso intensivo de fertilizantes (500 a 1000 kg ha⁻¹ año⁻¹) y control químico de malezas.

2.3.1 Cafeticultura en el Corredor Biológica Volcánica Central Talamanca

En el año 2006, se reportó que había 10,000 hectáreas con café en la región de Turrialba, área donde se encuentra el Corredor Biológica Volcánica Central Talamanca, siendo la sexta zona productora de café de Costa Rica al aportar el 6.5% de la producción nacional (ICAFE 2006). En esta zona existen cuatro tipos de fincas cafetaleras: 1) cafetales de baja diversidad y manejo intensivo; 2) cafetales diversificados y con manejo intensivo; 3) cafetales diversificados con manejo intermedio y 4) cafetales con manejo deficiente, estas tipologías se asocian directamente con las condiciones socioeconómicas de los productores (Llanderal 1998). A esta clasificación, Porras (2006) agrega un nuevo tipo de cafetales que incluye a fincas que han sido convertidas a orgánicas como una alternativa para disminuir los costos de producción.

Las principales especies usadas como parte del dosel de sombra en los cafetales son poró (*Erythrina poeppigiana*) y laurel (*Cordia alliodora*). El banano y el plátano (*Musa* spp.) son también encontrados en los sistemas agroforestales de café, ya sea usándose como sombra o para suplementar el ingreso de los productores.

3 BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Front Ecol Environ* 2 (1): 35-40

Asfaw, Z; Agren, G. 2007. Farmers' local knowledge and topsoil properties of agroforestry practices in Sidama, Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems* 71: 35-48

Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38): 80-87

Daily, G; Alexander, S; Ehrlich, P; Goulder, L; Lubchenco, J; Matson, P; Mooney, H; Postel, S; Schneider, S; Tilman, D; Woodwell, G. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1- 16

Grossman, J. 1998. Exploring farmer knowledge of soil processes in organic coffee systems of Chiapas, Mexico. *Geoderma* 111: 267-287

Harvey, C; González, J; Somarriba, E. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forest, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 15: 555-585

ICAFFE Instituto del Café de Costa Rica. 2006. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, CR. 51 p.

Joshi, L; Arévalo, L; Luque, N; Alegre, J; Sinclair, F. 2004. Local ecological knowledge in natural resource management. *En línea:*

<http://www.millenniumassessment.org/documents/bridging/papers/joshi.laxman.pdf>

Consultado el 17 de octubre de 2007

Klein, A; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2003. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 90 (1): 153-157

Llenderal, T. 1998. Diversidad de dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 59 p.

MEA Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: current state and trends*. Island Press. Washington, US.

Moguel, P; Toledo, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* (13): 11-21

Muschler, R. 2000. Árboles en cafetales. Módulo de enseñanza agroforestal 5. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, CR. 139 p.

Perfecto, I; Rice, R; Greenberg, R; Van der Voort, M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46 (8): 598-608

Porras, C. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 112 p.

Ricketts, T; Daily, G; Ehrlich, P; Michener, C. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *PNAS* 101: 12579-12582

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

Soto-Pinto, L; Villalvazo, V; Jiménez, G; Ramírez, N; Montoya, G; Sinclair, F. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16: 419- 436

Toledo V; Ortíz-Espejel, B; Cortés, L; Moguel, P; Ordoñez, M. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous people in Mexico: a case of adaptive management. *Conservation Ecology* 7(3): 9

Walker, D, Sinclair, F; Thapa, B. 1995. Incorporation of indigenous knowledge and perspectives in agroforestry development Part 1: review of methods and their application. *Agroforestry Systems* 30: 235-248

4 APRENDIENDO SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: ¿QUÉ SABEN DE ELLOS LOS PRODUCTORES DE CAFÉ?

Introducción

En los últimos años, se ha reconocido que los sistemas agroforestales pueden llegar a ser de vital importancia en la provisión de servicios ecosistémicos; esto ha aumentado el interés y la necesidad de estudiar la cantidad y valor de estos servicios, con lo que el número de publicaciones sobre este tema en los sistemas agroforestales de café se ha incrementado (McNeely y Schroth 2006).

La cantidad y calidad en la provisión de servicios ecosistémicos por los sistemas agroforestales de café dependerá de cómo sean establecidos y manejados. Un manejo que se oriente hacia la sustentabilidad de un sistema de cultivo está determinado por la percepción y las necesidades de los productores, así como diversas presiones que los mercados imponen (Toledo *et al* 2003).

Es común que en los trópicos haya traslape entre las áreas que más servicios ecosistémicos proveen con las zonas donde hay un profundo conocimiento local (Harvey *et al* 2006, Moguel y Toledo 1999); considerando esto se hace necesario estudiar si los productores de café tienen claro que sus sistemas agroforestales están brindando servicios ecosistémicos en beneficio de sus fincas, comunidades y globalmente, así como si conocen que sus prácticas de manejo pueden alterar la prestación de estos servicios ecosistémicos.

Metodología

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT), el cual consta de 72,000 hectáreas y se encuentra en la provincia de Cartago, Costa Rica (Figura 2). Esta área ha sufrido una disminución en su superficie cafetalera debido a la caída los precios de café, su cercanía con áreas urbanas, el incremento en el valor del precio de la tierra; así como por ser considerada zona marginal para la producción

de café. Entre los años 2001 y 2005 hubo una reducción en la superficie cafetalera de 11,900 a 10,000 hectáreas (ICAFE 2006).

Se estimó una pérdida de superficie de café en 2643 hectáreas para el CBVCT, siendo los potreros aproximadamente la mitad del nuevo uso dado a la tierra. El 64% de los productores han reducido área con café, siendo la pérdida de 2.5 hectáreas por finquero en promedio (Anexo 1).

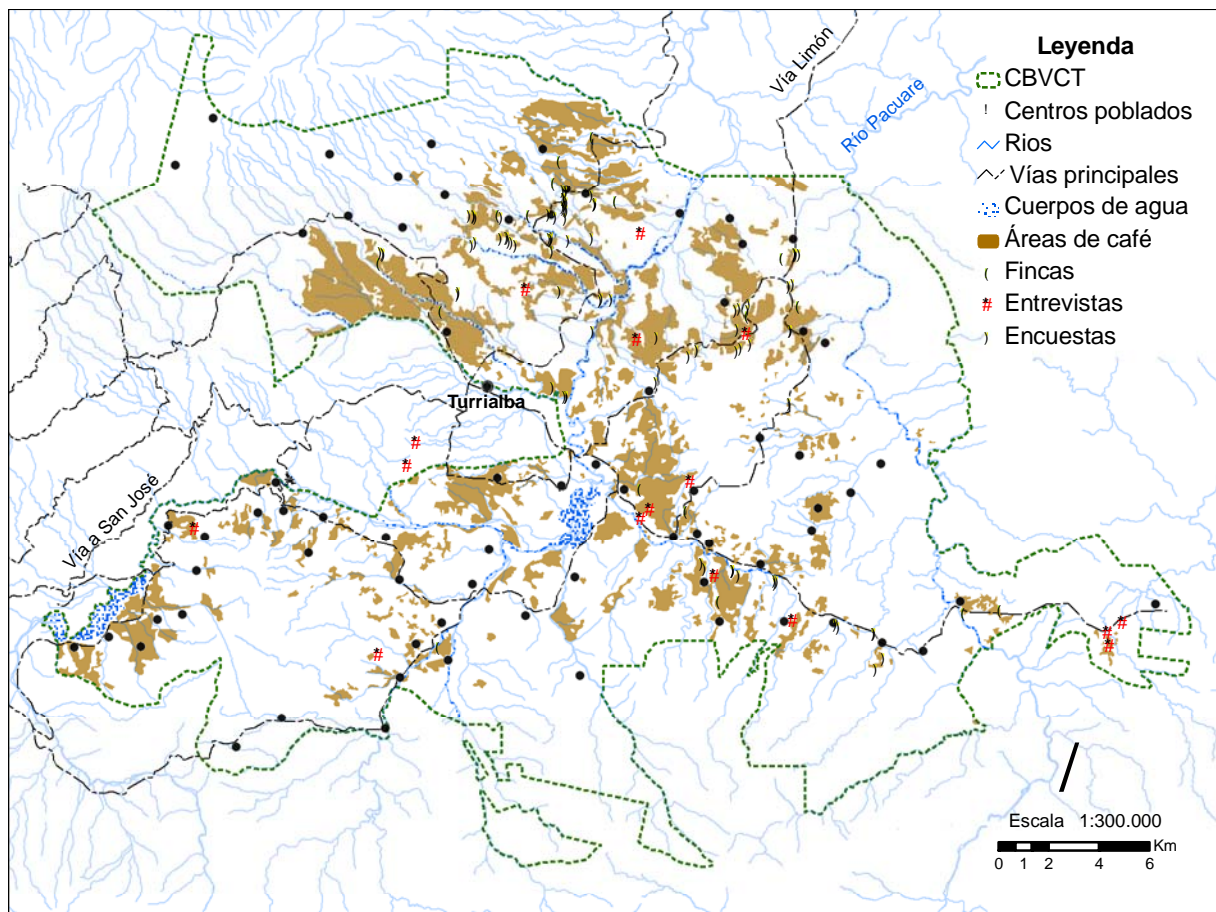


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

Dentro del CBVCT existen aproximadamente 2614 cafeticultores, con un promedio de 2.33 hectáreas de café por productor. La edad promedio de los cafeticultores es de 54 años. El 94% tiene como máximo de estudios la primaria y menos del 25% han recibido capacitación en el manejo del café. La gran mayoría no se encuentran bajo algún esquema de certificación, exceptuando el grupo de aproximadamente 150 finqueros orgánicos miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT).

Se elaboró una tipología de productores de acuerdo a su manejo y condiciones socioeconómicas (relacionadas al área de la finca), así como una caracterización de edad, escolaridad y capacitaciones recibidas por los productores (Anexo 2).

Creación de una base de conocimiento local mediante la metodología “Agroecological Knowledge Toolkit” (AKT)

La creación de una base de conocimiento local involucra cuatro etapas: 1) la obtención de conocimiento mediante entrevistas a informantes claves; 2) convertir la información obtenida en enunciados sencillos y faltos de ambigüedad (enunciados unitarios); 3) registrar esos enunciados en el programa computacional AKT; y 4) generalizar el conocimiento obtenido por medio de encuestas a una muestra estadística dentro de la comunidad (Walker *et al* 1995).

En el presente estudio se entrevistó a 50 informantes claves, los cuales son representativos de los factores que dentro del CBVCT pueden hacer que el conocimiento local difiera (tipo de manejo –relacionada a capacitaciones recibidas–, condición socioeconómica –relacionada al área con café– y pertenencia a grupos indígenas) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estratificación de productores de café del CBVCT por factores que influyen potencialmente en su conocimiento.

Área con café	Menor a 3 hectáreas			Entre 3 y 7 hectáreas		Mayor a 7 hectáreas
	Convencional	Orgánico	Indígena	Convencional	Orgánico	Convencional
Manejo						
Informantes clave entrevistado	15	15	3	7	3	7

Las entrevistas fueron semi-estructuradas (Anexo 3), dando la oportunidad para que los entrevistados expusieron libre y espontáneamente sobre los temas en los que tienen mayor dominio. Los temas tratados fueron las prácticas de manejo de la plantación, manejo del dosel de sombra, conservación de la biodiversidad, interacciones entre árboles y suelos,

y relación entre árboles y agua; estos temas fueron preguntados de acuerdo a su relación con la provisión de servicios ecosistémicos (Figura 3).

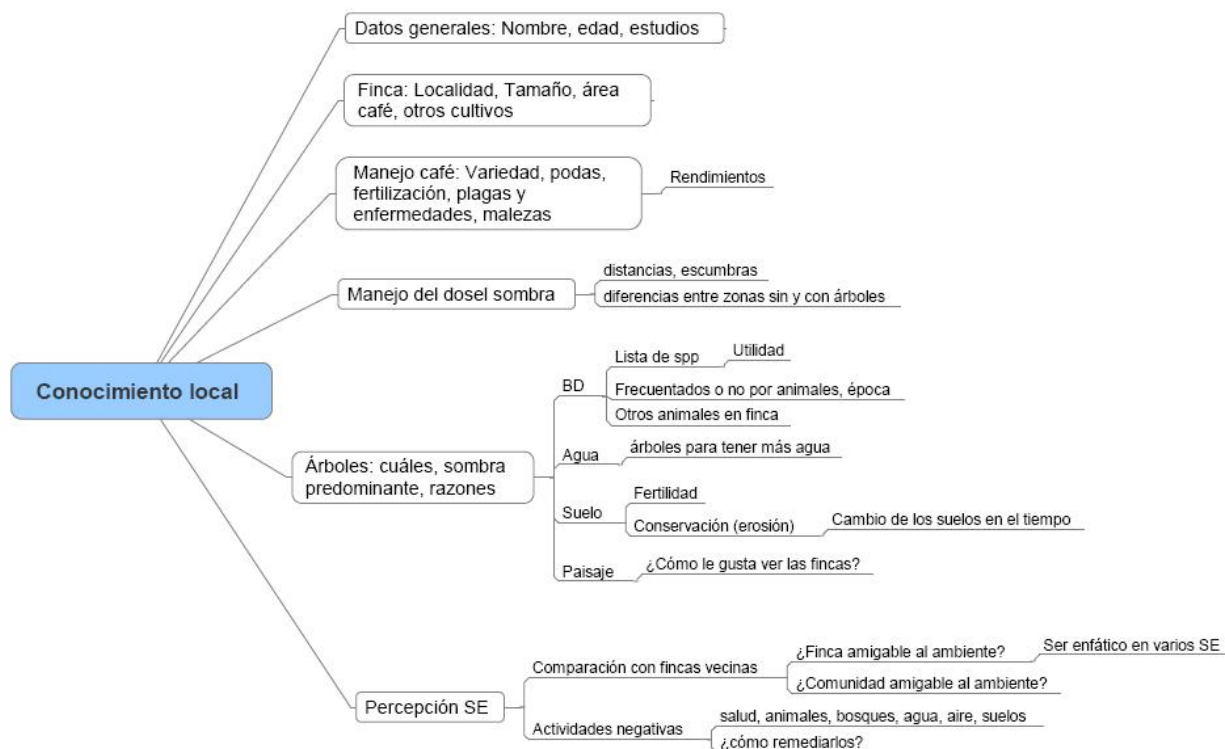


Figura 3. Temática abordada con los cafecultores del CBVCT durante las entrevistas semi-estructuradas.

Las entrevistas se realizaron en los domicilios o en las fincas de los productores. El tiempo de realización varió ya que una entrevista se consideraba terminada cuando los temas habían sido abordados completamente y no se notaba interés del productor en abordar nuevos aspectos. Las entrevistas fueron grabadas cuando se contaba con la aceptación del productor. Siempre se trató de propiciar condiciones confortables y de confianza para poder obtener la mayor información posible.

La información obtenida en las entrevistas fue procesada utilizando el programa AKT5® (Universidad de Gales, Bangor). Este programa consiste en el almacenamiento de enunciados unitarios de conocimiento por medio de una gramática especial. Los enunciados son formados a partir de 3 elementos básicos: “objetos”, “procesos” y “acciones”. La descripción y vinculación de estos elementos se hace por medio de enunciados “causales”, “de atributo-valor”, “de comparación” o “de vínculo” (Dixon *et al* 2001).

Mediante el AKT se crearon dos bases de conocimiento: una para los productores orgánicos y otra para los convencionales. Una vez creadas las bases de conocimiento se procedió a su análisis. Para esto fueron elaborados diagramas donde se representa el conocimiento que tienen los productores sobre diferentes tópicos. La creación de las bases de conocimiento y de los diagramas sirvió para detectar inconsistencias como contradicciones o información que no estaba lo suficientemente bien explicada; por lo cual se regresó con cuatro informantes claves para completar la información.

Generalización del conocimiento local

Durante el análisis de las bases de conocimiento local se identificaron siete temas prioritarios para ser validados en un muestreo estadístico. Para lograr esto se diseñó una encuesta (Anexo 4) dirigida a una muestra al azar de productores (n=91) que se ubicaron por medio de la técnica de bola de nieve. Estas encuestas fueron aplicadas en poblados dentro del CBVCT donde la producción de café es socioeconómicamente importante.

Comparación entre el conocimiento local de los cafeticultores y el impacto de las prácticas de manejo en sistemas agroforestales de café

Se montaron parcelas en 22 fincas (11 orgánicas y 11 convencionales) para evaluar si la diferencia encontrada entre las bases de conocimiento de estos dos tipos de productores tenía algún efecto en las prácticas de manejo realizadas en las fincas. Las parcelas montadas tuvieron una superficie de 1000 metros cuadrados (20 x 50) y en ellas se determinó: densidad, apariencia y crecimiento de plantas de café; erosión y cobertura de suelos, y estructura del dosel de sombra (composición y densidad de especies, así como porcentaje de sombra).

La apariencia y el crecimiento de plantas de café se determinaron por medio de escalas propuestas por Altieri y Nicholls (2002), la erosión del suelo se determinó por medio de una escala Likert con valores numéricos de 1 a 5 (Silveira 2005), así como mediciones realizadas con la metodología de Staver (2001); la estructura del dosel de

sombra por medio de conteo e identificación de especies y un densiómetro esférico (Anexo 5).

Resultados y discusión

Características de las bases de conocimiento sobre servicios ecosistémicos

Se adquirió el conocimiento local asociado al manejo de cafetales con la provisión de servicios ecosistémicos mediante la creación de 2 bases de conocimiento: una para la información dada por los productores orgánicos y otra para los convencionales. Los detalles estructurales de estas 2 bases de conocimiento (Cuadro 2) muestran un total de 513 enunciados causales (76 %), lo cual indica un alto nivel de explicación del conocimiento de los cafeticultores del CBVCT. Esto es de suma importancia porque significa que los productores realizan determinadas prácticas no sólo como una simple repetición de enseñanzas, sino que tienen elucidadas las posibles consecuencias de sus prácticas; además que si las condiciones agroecológicas cambiaran podrían llegar a adaptarse a través del razonamiento ecológico que poseen (Sinclair y Walker 1999).

Cuadro 2. Características de las bases de conocimiento sobre servicios ecosistémicos en el CBVCT elaboradas por medio del software AKT.

Base de conocimiento	Convencional	Orgánica
Enunciados unitarios	265	406
Términos formales	157	172
Enunciados causales	196	317
Enunciados atributo-valor	28	47
Enunciados vínculo	38	35
Enunciados comparativos	3	7
Fuentes	29	21

El término “enunciado unitario” es usado para referirse a las frases más pequeñas de conocimiento y que por medio de razonamiento puede combinarse con otro enunciado. Los enunciados unitarios están constituidos por “términos formales”, los cuales pueden ser objetos (artículos físicos como arboles o plantas de café, o conceptuales como cosecha de

café), procesos (eventos o fenómenos de la naturaleza como llover o germinar) o acciones (eventos humanos como podar, abonar o atomizar).

Los enunciados unitarios pueden ser de cuatro tipos: 1) causales, aquellos que denotan un cambio positivo o negativo, como “la erosión del suelo causa una pérdida en la fertilidad del suelo”; 2) de atributo – valor, donde se describen procesos, objetos o acciones, como “los suelos oscuros son fértiles”; 3) de vínculo, donde se relacionan términos formales, como “las abejas polinizan plantas de café”; o de 4) comparación, donde se confrontan términos formales, como “las hojas de *Inga* forman mantillo más lento que las hojas de *Erythrina*”.

Clasificaciones funcionales locales

Ha sido reportado en múltiples ocasiones que los agricultores elaboran clasificaciones locales de acuerdo a su observación y a las condiciones agroecológicas con las que interactúan. En Nepal, Thapa *et al* (1995) reportan que los árboles son clasificados de acuerdo a los efectos sobre el suelo. Árboles “*malilo*” contribuyen en la fertilidad del suelo a través de una rápida descomposición de hojarasca y de poca competencia en su sistema radicular; mientras que los árboles “*rukho*” tienen raíces competitivas por agua y una tasa de descomposición de materia orgánica lenta.

Los cafeticultores del CBVCT tienen clasificaciones locales tanto para árboles como para arvenses que crecen dentro de los cafetales. Estas ordenaciones están basadas en diferentes atributos que los productores perciben, positivamente o negativamente, de acuerdo al impacto en la competencia con las plantas de café o a su rol en diferentes servicios ecosistémicos tales como: conservación y purificación de agua, conservación de la biodiversidad, ciclaje de nutrientes, mantenimiento de la fertilidad, reducción de la erosión, o incremento en la polinización.

Clasificaciones locales de árboles

Los cafeticultores clasifican a los árboles, tanto los que brindan sombra al café como los que se encuentran en otras áreas de la finca, bajo ordenaciones; como sombras

“frescas” o “no frescas”, altas o bajas, manejables fácil o difícilmente, regeneradores o esterilizadores de suelos, que provocan o no caída de gotas de agua acumuladas en las hojas, así como una categorización en sí podrían servir o no para capturar agua.

Las diferentes clasificaciones funcionales locales son explicadas por varios atributos arbóreos. Algunos de ellos son el tipo de copa, la altura, la tasa de crecimiento, la tasa de producción de biomasa, el tamaño y la textura de las hojas o el tipo de sistema radical (Cuadro 3).

Los productores de café del CBVCT clasifican en sombra “fresca” a una especie arbórea cuando perciben que provee un ambiente agradable para las personas bajo su copa. Staver *et al* (2001) reportan que productores de café en Nicaragua usan esta misma clasificación de sombras “frescas” y “calientes”. Productores ganaderos en Guanacaste, Costa Rica también clasifican las especies arbóreas en “frescas” y “no frescas”, relacionando esto con la cantidad de hojas y ramas que los árboles producen (Muñoz 2004). Para el caso de los cafeticultores del CBVCT, además del tipo y amplitud de la copa, también es importante la textura, tamaño y ángulo de inclinación de las hojas.

Cuadro 3. Atributos arbóreos relacionados a las diferentes clasificaciones funcionales.

Atributo	Clasificaciones funcionales locales					
	Sombra “fresca” o “no fresca”	Alto/bajo	Manejo fácil o difícil	Mejora suelos o “esteriliza”	Provoca “gotera”	Captura agua
Altura	X	X	X		X	
Producción de biomasa	X			X		X
Tasa de crecimiento			X			
Tamaño de hoja	X			X	X	
Textura de hoja				X		
Caída de hojas				X	X	
Sistema radicular				X		
Tipo de copa	X				X	X
Amplitud de copa	X				X	X
Facilidad de poda		X	X			

Adicionalmente los productores del CBVCT clasifican las especies arbóreas bajo diversas categorías de acuerdo a sus atributos (Cuadro 4). Algunos de estos atributos que

los árboles presentan de forma natural pueden ser modificados por el manejo y las prácticas de poda; como en el caso del poró (*Erythrina poeppigiana*) donde se modifica su la altura y el tipo de la copa.

Cuadro 4. Listado sobre los atributos de especies arbóreas y clasificaciones funcionales percibidos por los productores de café del CBVCT.

Especie arbórea	Atributos arbóreos								Clasificaciones funcionales locales					
	Altura	Tasa de crecimiento	Producción de biomasa	Facilidad de poda	Tamaño de hoja	Tipo de copa	Textura de hoja	Sistema radicular	Sombra "fresca"	Alto	Manejo	Esteriliza suelo	Provoca "gotera"	Captura agua
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Bajo	Alta	Alta	Fácil	Grande	Abierta	Muy suave	Suave y abundante	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Musa spp.</i>	Bajo	Alta	Alta	Fácil	Grande	Abierta	Suave	Suave	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Cordia alliodora</i>	Alto	Media	Alta	Media	Chica	Abierta	Áspera	Áspero	No	Si	Difícil	No	Si	No
<i>Inga spp.</i>	Media	Alta	Alta	Media	Medio	Cerrada	Suave	Suave y abundante	Si	Si	Fácil	No	No	Si
<i>Gliricidia sepium</i>	Media	Alta	Alta	Fácil	Medio	Cerrada	Suave	Suave y abundante	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Cecropia spp.</i>	Alto	Alta	Alta	Media	Muy grande	Abierta	Suave	Suave	Si	Si	Medio	No	Si	Si
<i>Pinus spp.</i>	Alto	Baja	Media	Baja	Chica	Abierta	Áspera	Áspero	No	Si	Difícil	Si	Si	No
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Alto	Baja	Media	Baja	Medio	Abierta	Áspera	Áspero	No	Si	Difícil	Si	Si	No
<i>Cedrela odorata</i>	Alto	Alta	Alta	Baja	Medio	Abierta	Media	Medio	No	Si	Difícil	No	Si	No
<i>Mangifera indica</i>	Media	Alta	Alta	Media	Medio	Cerrada	Media	Medio	Si	Si	Medio	No	Si	Si
<i>Theobroma cacao</i>	Bajo	Alta	Alta	Fácil	Grande	Cerrada	Media	Medio	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Psidium guajava</i>	Bajo	Media	Media	Media	Medio	Cerrada	Áspera	Áspero	No	No	Medio	Si	No	No
<i>Citrus spp.</i>	Bajo	Alta	Media	Fácil	Medio	Cerrada	Media	Áspero	No	No	Fácil	Si	No	Si
<i>Bactris gasipaes</i>	Alto	Media	Baja	Nula	Medio	Abierta	Áspera	Áspero	No	Si	Difícil	Si	Si	No
<i>Yucca elephantipes</i>	Bajo	Alta	Baja	Fácil	Grande	Abierta	Áspera	Áspero	No	No	Fácil	Si	No	No
<i>Ricinus communis</i>	Bajo	Alta	Baja	Fácil	Grande	Abierta	Suave	Suave	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Cocos nucifera</i>	Alto	Media	Baja	Baja	Grande	Abierta	Áspera	Áspero	No	Si	Difícil	Si	No	No
<i>Eugenia uniflora</i>	Media	Alta	Alta	Fácil	Medio	Abierta	Media	Suave	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Manilkara zapota</i>	Alto	Alta	Alta	Fácil	Medio	Cerrada	Media	Suave	Si	Si	Fácil	No	Si	Si
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Bajo	Media	Media	Media	Medio	Cerrada	Áspera	Áspero	No	No	Medio	Si	No	No
<i>Tabebuia rosea</i>	Alto	Media	Alta	Baja	Medio	Cerrada	Media	Áspero	No	Si	Medio	Si	Si	No
<i>Cupressus lusitanica</i>	Alto	Media	Alta	Baja	Chica	Cerrada	Media	Áspero	No	Si	Difícil	Si	Si	No
<i>Ficus spp.</i>	Alto	Alta	Alta	Baja	Medio	Cerrada	Media	Suave y abundante	Si	Si	Medio	No	Si	Si
<i>Acnistus arborescens</i>	Alto	Alta	Alta	Media	Grande	Cerrada	Media	Suave y abundante	Si	Si	Medio	No	Si	Si
<i>Zygia longifolia</i>	Media	Media	Alta	Media	Medio	Cerrada	Media	Abundante	Si	No	Fácil	No	No	Si
<i>Syzygium malaccense</i>	Alto	Alta	Alta	Media	Grande	Cerrada	Media	Suave	Si	Si	Medio	No	Si	Si

Las clasificaciones funcionales de las especies arbóreas que los productores de café tienen, están relacionadas con la provisión de servicios ecosistémicos. Se encontró una ordenación de los árboles por los servicios ecosistémicos que brindan, observándose tres servicios prioritarios: la producción de café, el agua y el suelo. Un árbol “fresco” tiene mucha relación con si el productor percibe o no que puede proveer servicios ecosistémicos como provisión de agua y formación del suelo. Al establecer las diferentes jerarquías de árboles con el programa AKT, se observó que existe mucho traslape entre los árboles denominados como “frescos”, los árboles “buenos para el suelo” y los árboles “buenos para el agua” (cuadro 5). Sin embargo, un árbol fresco no necesariamente puede ser apto o no para establecerse dentro de los cafetales. La misma situación de los árboles “frescos” se observó, aunque a la inversa, para árboles “no frescos”, árboles “malos para el suelo” y árboles “malos para el agua” (figura 4).

Cuadro 5. Empalme entre categorías de árboles frescos, benéficos para el suelo y para el agua.

Sombra fresca	Bueno al suelo	Bueno para agua
Banano	Banano	Banano
Cacao	Cacao	Cacao
	Cedro	
		Cítricos
Guaba	Guaba	Guaba
Guarumo	Guarumo	Guarumo
Güitite	Güitite	Güitite
Higuerilla	Higuerilla	Higuerilla
Higuerón	Higuerón	Higuerón
Higuito	Higuito	Higuito
	Laurel	
Madero negro	Madero negro	Madero negro
Mango	Mango	Mango
Manzana de agua	Manzana de agua	Manzana de agua
Níspero	Níspero	Níspero
Pitanga	Pitanga	Pitanga
Poró	Poró	Poró
Sotacaballo		Sotacaballo

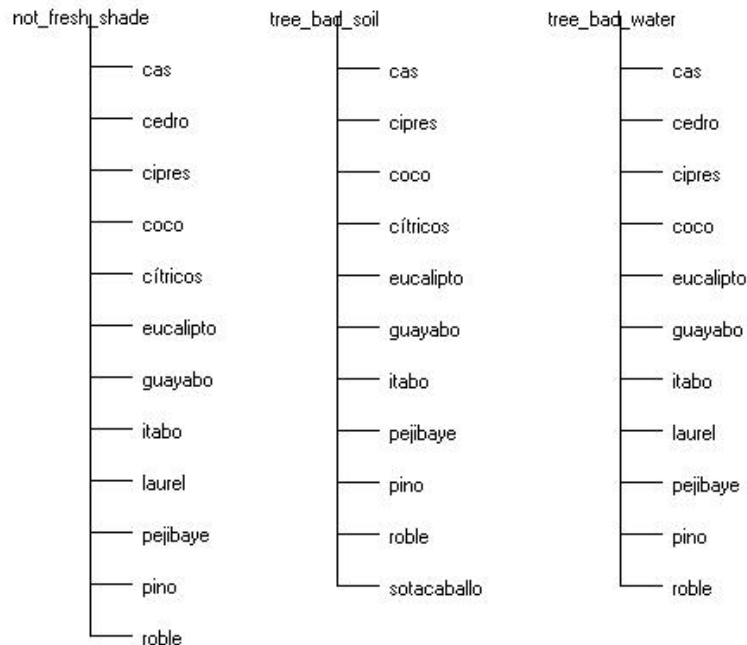


Figura 4. Jerarquías de árboles “no frescos”, malos para el suelo y para el agua creadas en el programa AKT

Esta clasificación arbórea coincide con lo que en huertos de Sri Lanka se conoce como “*sitelaiy*” para los arboles “frescos” y “*seraiy*” para los “calientes”; donde los finqueros describen ciertas interacciones ecológicas como el hecho que *Musa acuminata* (bananas), considerada “fresca” tiene un efecto positivo brindando humedad en el suelo que la rodea, lo que da las condiciones apropiadas para otras especies; mientras que por el contrario, las especies que no son frescas tienen un efecto negativo en las plantas que las rodean (Southern 1994 citado por Joshi *et al* 2004).

Clasificación funcional de arvenses

Tradicionalmente la vegetación asociada que crece en las plantaciones de café ha sido catalogada como maleza y se ha considerado que debe ser eliminada porque compite y dificulta diferentes labores agrícolas. Sin embargo esta consideración no es tan simple o unidireccionalmente negativa. Mora y Acosta (2001) demostraron que los cafecultores de Costa Rica tienen clasificaciones basadas en criterios como la dificultad de erradicación y agresividad, la apariencia externa, el hábito de crecimiento o el uso alternativo que pueda dársele a las plantas. Los cafecultores del CBVCT clasifican en dos categorías a las

arvenses: “malas hierbas” y “buenas hierbas”, y los productores orgánicos llaman “buenazas” a las arvenses con características benéficas.

Dentro del CBVCT, el 87% de los cafeticultores reconocen que ciertas arvenses tienen utilidad dentro de sus fincas; ya sea protegiendo la superficie del suelo de la erosión con sus raíces o su cobertura foliar, manteniendo una adecuada humedad del suelo, reteniendo nutrientes que podrían ser lixiviados, incrementando el contenido de materia orgánica en el suelo o inhibiendo el crecimiento de otras arvenses que sean más difíciles de manejar (Cuadro 6).

Cuadro 6. Utilidades de las arvenses percibidas por los cafeticultores del CBVCT (%).

Atributos de las arvenses	% de productores
Regulación de la humedad del suelo	42%
Incremento en la fertilidad de suelos	18%
Reducción de la erosión	15%
Atraen nematodos (trampas)	4%

Los productores catalogan como “buena hierba” a una arvense cuando cumple con uno o varios atributos que ellos consideran benéficos, como pueden ser: la textura (que influye en que tan fácil es cortar y manejar el crecimiento de la arvense), además la textura y el tipo de raíces (afectan la humedad del suelo); la altura y la tasa de crecimiento (por su influencia en la facilidad de manejo y la competencia con plantas de café), el tamaño de sus hojas y su tasa de descomposición (influyen en el aporte de materia orgánica y el incremento de la fertilidad en el suelo). Por ejemplo, la “china” (*Impatiens walleriana*) es una arvense muy apreciada por su rol en la regulación de la humedad del suelo, su poca competencia con el café y por que algunos productores han observado que disminuye los problemas de nematodos en la plantación.

Por el contrario, los principales atributos por los que los cafeticultores catalogan a una arvense como “mala hierba” son: la tasa y el tipo de crecimiento por su influencia en que tan invasora y difícil de manejar sería la planta, así como el tipo de raíz que influye en

la competencia con el café y en los cambios en propiedades físicas del suelo como la estructura, principalmente porque estos cambios en la estructura son considerados negativos en la infiltración del agua en el suelo. Además otros atributos que son considerados negativos de las “malas hierbas” es que pudieran servir como refugio para organismos no deseados, como pueden ser insectos plaga o incluso serpientes. En relación con el manejo de arvenses, los cafecultores consideran que las “malas hierbas” han provocado un aumento en el uso de herbicidas. Esto a su vez la gente lo percibe de forma negativa por problemas que acarrea como son: contaminación y pérdida de fertilidad en suelos, contaminación de aguas, disminución en la biodiversidad de arvenses e insectos, así como daños a la salud humana.

Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos

El conocimiento local que los productores de café del CBVCT tienen sobre la cantidad de servicios ecosistémicos que las fincas de café suministran, como consecuencia de las prácticas de manejo que ellos realizan, es muy detallado (Cuadro 7). El hecho que los productores de café reconozcan que los sistemas agroforestales que ellos manejan son importantes por bienes y servicios que prestan es de vital importancia para la provisión de servicios ecosistémicos. A continuación se detalla el conocimiento local de los cafecultores del CBVCT en servicios ecosistémicos de apoyo (formación de suelo y ciclaje de nutrientes), servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (agua), servicios ecosistémicos de regulación (clima, plagas y enfermedades, erosión de suelos, y polinización), así como en la conservación de la biodiversidad. El cuadro 7 resume la información de los 50 informantes clave más los 91 productores incluidos en la validación; la información generada con los informantes clave se especifica por tipo de productor (orgánico o convencional) en la columna de la derecha, mientras que la generada en las encuestas se presenta en porcentajes.

Cuadro 7. Conocimiento de los cafeticultores sobre la provisión de servicios ecosistémicos.

SE	Factores que afectan al servicio	Condición que provoca el servicio	Árboles que afectan esa condición	Tipo o % de productores con ese conocimiento
Formación de suelo y ciclaje de nutrientes	Materia orgánica/mantillo	Árboles que favorecen mantillo	<i>E. poeppigiana</i> <i>Inga spp.</i>	Generalizado
		Tasa de descomposición	<i>E. poeppigiana</i> <i>Inga spp.</i>	Orgánicos
	Humedad del suelo		<i>E. poeppigiana</i>	20%
	Menor acidez	Menos mantillo	<i>P. guajava</i>	Convencional
	Uso de herbicida	Sombra reduce arvenses	Más sombra <i>E. poeppigiana</i>	68%
	Diversidad por microorganismos	Diferente tipo de mantillo	<i>Inga spp.</i>	Orgánicos
	Fertilizantes químicos	Alteran las condiciones del suelo	Árboles que aporten materia orgánica / Sustituir fertilizantes	Orgánicos
	Fijación biológica de N	Arboles que fijan nitrógeno	<i>E. poeppigiana</i> <i>Inga spp.</i> <i>G. sepium</i>	18%
Ciclaje de nutrientes	Longitud radical	<i>E. poeppigiana</i> <i>G. sepium</i>	8%	
Provisión de agua	Intercepción de agua	Áreas con cobertura forestal	Arboles nativos y arboles altos	Generalizado
	Protección de cuerpos de agua	Sistema radicular	<i>Ficus spp.</i> <i>Zygia longifolia</i> Árboles nativos	Generalizado
Regulación de clima	Mayor radiación solar	Áreas con cobertura forestal	<i>Bosques</i>	42%
	Fluctuaciones en época de lluvias	Áreas con cobertura forestal	<i>Bosques</i>	34%
	Captura de carbono	Calidad de leña y carbón	<i>Inga spp.</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Psidium guajava</i>	1 productor orgánico

Cuadro 7 (continuación)

SE	Factores que afectan al servicio	Condición que provoca el servicio	Árboles que afectan esa condición	Tipo o % de productores con ese conocimiento
Plagas y enfermedades	Controladores biológicos	Sombra favorece biocontroladores	<i>Cecropia hospeda</i> <i>Azteca spp.</i>	Orgánicos
		Establecimiento de <i>B. bassiana</i>	Más sombra	Orgánicos
	Disminución de nemátodos	Sistema radical	<i>G. sepium</i> <i>R. communis</i>	Conocimiento focalizado
	Tipo y cantidad de arvenses	Luminosidad	<i>E. poeppigiana</i> Más sombra	3%
Erosión de suelos	Infiltración de agua	Sistema radical	<i>P. guajava</i> <i>Zygia longigolia</i>	Orgánicos
	“Gotera”	Árboles altos	<i>E. deglupta</i> <i>C. alliadora</i>	12%
	Estructura de suelos	Aporte de materia orgánica	Árboles que favorecen mantillo	Generalizado
	Reducción de erosión hídrica	Sistema radicular	<i>Yucca elephantipes</i>	Generalizado
Polinización	Cercanía a áreas forestadas	Áreas con cobertura forestal	<i>Bosques</i>	7%
	Uso de insecticidas	Elimina polinizadores		18%
	Ambiente propicio para polinizadores	Resina atrae polinizadores Floración permanente de árboles	<i>C. alliadora</i> Árboles nativos	Convencionales 15%
Conservación de la biodiversidad	Nichos propicios para biodiversidad	Cercanía a áreas con cobertura forestal	<i>Bosques</i>	Orgánicos y convencionales en poca proporción
		Diversidad arbórea	<i>Diversidad de árboles y número de estratos</i>	
	Recursos alimenticios	Árboles nativos o que provean flores o frutos comestibles	<i>Inga spp.</i> <i>Musa spp.</i> <i>Ficus spp.</i> <i>B. gasipaes</i>	Orgánicos
	Diversidad de microorganismos	Diferente tipo de mantillo	<i>Inga spp.</i> <i>Diversidad arbórea</i>	Orgánicos

Servicios ecosistémicos de apoyo:

Formación de suelo y reciclaje de nutrientes

Los cafeticultores del CBVCT consideran que la cantidad de materia orgánica es el determinante más importante en la fertilidad de los suelos. El mantillo formado por la defoliación de las especies arbóreas, así como por el manejo de las arvenses, es la forma en la cual los productores del CBVCT consideran que pueden incrementar la cantidad de materia orgánica. Esto coincide con productores de café en Chiapas, quienes conocen que la descomposición de hojarasca mejora la fertilidad de suelos y, consecuentemente, la apariencia de las plantas de café (Grossman 2003).

Los productores afirman que las hojas de *E. poeppigiana* son las mejores en la formación de mantillo, esto debido a su alta tasa de descomposición. Linkimer *et al* (2002) reportan que los cafeticultores del CBVCT perciben a las hojas de *Inga* spp. como poco benéficas debido a su lenta descomposición. En este estudio se encontró que eso es parcialmente válido ya que, aunque es cierto que consideran más rápida la formación de suelo a partir de *E. poeppigiana*, también reconocen al mantillo formado por hojas de *Inga* como adecuado. Incluso, algunos productores orgánicos afirman que la diversidad de hojas formando mantillo propicia el establecimiento de diferentes organismos benéficos en el suelo.

La percepción sobre los beneficios de *E. poeppigiana* dentro de un sistema agroforestal de café puede ser la razón por la que esta especie es la mayormente usada dentro del CBVCT. El 60% de los productores afirma que usa esta especie por que mejora la fertilidad, más de la mitad (35%) especificó que su uso se debe al nitrógeno que le brinda al suelo.

Los cafeticultores del CBVCT consideran que la fertilidad de suelos esta asociada con la humedad del suelo. Esto puede deberse a que la humedad del suelo incrementa la tasa de descomposición de la hojarasca, sin embargo los productores no tienen un claro entendimiento de esto. El 20% de los cafeticultores comentó que emplean *E. poeppigiana* por que mantiene un adecuado nivel de humedad en el suelo.

La longitud del sistema radical de las especies arbóreas es un atributo que los productores de café del CBVCT consideran puede incrementar la fertilidad de suelos. Sin embargo, sólo el 8% de ellos explicó que esto se debe a que la profundidad de las raíces puede servir para reciclar nutrientes del suelo; de manera similar a como lo reportan Beer *et al* (1998).

A pesar que el 82% de los productores no conoce sobre la fijación biológica del nitrógeno, las raíces de *E. poeppigiana* y de *G. sepium* fueron mencionadas por su contribución a la fertilidad de suelos. Las especies que los cafeticultores consideran perjudiciales para la fertilidad del suelo son *Eucalyptus deglupta*, *Bactris gasipaes* y *Yucca elephantipes*. Sin embargo, esta última es muy usada para evitar la erosión del suelo.

Los productores consideran que la acidez del suelo es inversa a la fertilidad, esto debido a que lo que llaman “suelos ácidos” son percibidos como aquellos con poca materia orgánica. Las hojas de *Psidium guajava* son percibidas en forma negativa debido a que se cree que aumentan la acidez del suelo.

El conocimiento de los cafeticultores del CBVCT sobre la formación de suelos y el reciclaje de nutrientes es muy similar al encontrado en Nepal por Thapa *et al* (1995), donde los productores relacionan la profundidad de las raíces de los árboles y la tasa de descomposición de la hojarasca con la formación de suelo.

El uso de insumos químicos sintéticos, tanto fertilizantes como insecticidas y herbicidas, es un factor que los cafeticultores del CBVCT relacionan con la disminución de la fertilidad de suelos. El 68% de los productores emplea herbicidas a pesar de reconocer que esto causa una degradación en la calidad del suelo de sus fincas.

Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento:

Agua

Los cafeticultores del CBVCT consideran que el rol de los sistemas agroforestales en la provisión y regulación de agua se da principalmente de tres maneras: a) incrementando la intercepción por medio de la cobertura arbórea del agua de la lluvia y la niebla, b) modificando las propiedades físicas del suelo causando una reducción en la erosión y un incremento en la infiltración, y c) protegiendo los cuerpos de agua por medio de la cobertura arbórea.

Entre los productores del CBVCT existe la percepción generalizada de que la conservación de las áreas boscosas es la mejor forma de mantener la provisión de agua. Esta idea coincide con Wilk (2000), quien encontró que el agua es el más mencionado de todos los bienes y servicios que obtienen de los bosques los habitantes de áreas tropicales de India y Tailandia.

A pesar que los bosques son considerados la mejor forma de suministrar agua, los cafeticultores mencionaron especies arbóreas que con su incorporación dentro de las fincas la cantidad de agua puede ser incrementada. Entre las especies más mencionadas se encuentran *Zygia latifolia*, *Ficus* spp., *Syzygium malaccense*, *Musa* spp., *Acnistus arborescens*, *Cecropia* spp. y *Erythrina poeppigiana*. La forma y el tipo de la copa, así como la densidad de la madera, son dos características con las que los productores pueden determinar si una especie es útil para capturar agua o no.

Eucalyptus spp. y *Yucca elephantipes* son especies catalogadas de una forma negativa por los productores en cuanto al servicio ecosistémico de provisión de agua. Además, los cafeticultores perciben que las hojas de *Pinus* spp. al recibir el agua de lluvia pueden causar toxicidad a las plantas de café. Wilk (2000) reporta que habitantes de India y Tailandia consideran a *Eucalyptus* como un árbol que absorbe mucho agua del suelo provocando competencia a otras especies.

Los productores consideran que *E. poeppigiana* es útil para suministro de agua únicamente cuando no se poda en forma severa; esto coincide con Jiménez (1986) quien reporta que dentro del CBVCT, los sistemas agroforestales con esta especie, a una densidad de 555 árboles has^{-1} , tienen el menor porcentaje de intercepción de la precipitación en el período de poda severa.

Los productores de café del CBVCT consideran que varios factores influyen en la infiltración de agua en el suelo y, consecuentemente, en la disminución de la erosión por escorrentía. El más mencionado es el sistema radicular, tanto de especies arbóreas como de arvenses; las raíces amplias y profundas son consideradas benéficas. Esto debido a que los finqueros perciben que este tipo de raíces sirven como barrera que disminuye la erosión hídrica en fincas con pendiente, además de que perciben que las raíces profundas propiciarán una mayor infiltración en las capas profundas de los suelos con lo que el agua en escorrentía disminuye.

Los productores orgánicos relacionan el aporte de materia orgánica, principalmente el causado por la defoliación de especies arbóreas, con cambios en la estructura del suelo que favorecen la infiltración de agua. Este mismo efecto es atribuido a la densidad de lombrices en los suelos, considerando que a mayor densidad de lombrices habrá más espacios porosos con lo que los suelos tardarán más en saturarse de agua.

Servicios ecosistémicos de regulación:

Clima

Los problemas que el cambio climático puede provocar en la producción de café son potencialmente más dañinos que los problemas socioeconómicos debidos a las crisis en los precios de este producto, esto debido a que ante las condiciones climáticas no se pueden crear estrategias o alternativas para enfrentarlas de la misma manera que se hace para los problemas de mercados. En el CBVCT, el 93% de los productores de café siente que el clima de la zona ha cambiado. No hay estudios para el CBVCT que presenten escenarios de cómo podría afectar el cambio climático al cultivo de café. Sin embargo estudios en Veracruz afirman que si no se realizan las medidas de adaptación necesarias, y la tendencia

de aumentos en temperatura y disminución de lluvias continuaran, podría reducirse la cosecha de café un 34% para el año 2020, o hasta un 75% para el año 2050 (Gay *et al* 2006).

La disminución de árboles en las fincas y la reducción del área boscosa es la causa que los productores de café del CBVCT relacionan con el cambio climático, aunque no tienen un claro entendimiento de cómo sucede; sin embargo si han sentido las consecuencias de este cambio en la producción de café y en otros cultivos, incluso hay productores que manifiestan que están desarrollando estrategias de adaptación (Figura 5).

Los tres principales efectos del cambio climático que los productores del CBVCT perciben en sus cafetales: a) el 20% de los productores ha observado fluctuaciones en la época de lluvias que causan un aumento en la duración del lapso de floración de café (llamada localmente “floreada loca”) y, posteriormente, en el tiempo de cosecha; b) 27% de los productores perciben que las lluvias han cambiado los niveles de enfermedades fúngicas (14% percibe más enfermedades y 13% menos); y c) 34 % de los productores siente una mayor intensidad de brillo solar que dificulta las labores de trabajo en sus fincas.

En la última década, ha habido en la región de Turrialba un incremento promedio anual de 500 mm. de precipitación, así como una disminución en el promedio de la radiación solar en el mismo período*. Sin embargo, los cafeticultores perciben que los cambios del clima han sido en la siguiente forma: aumento en la temperatura (por el 34% de los productores), disminución de precipitación (por el 31% de los productores), cambio en las estaciones lluviosas (por el 25% de los productores) y aumento de precipitación (por el 11% de los productores).

* Elias de Melo. 2007. Comunicación personal basándose en un análisis de los datos de la estación meteorológica del CATIE del año 1942 a 2005.

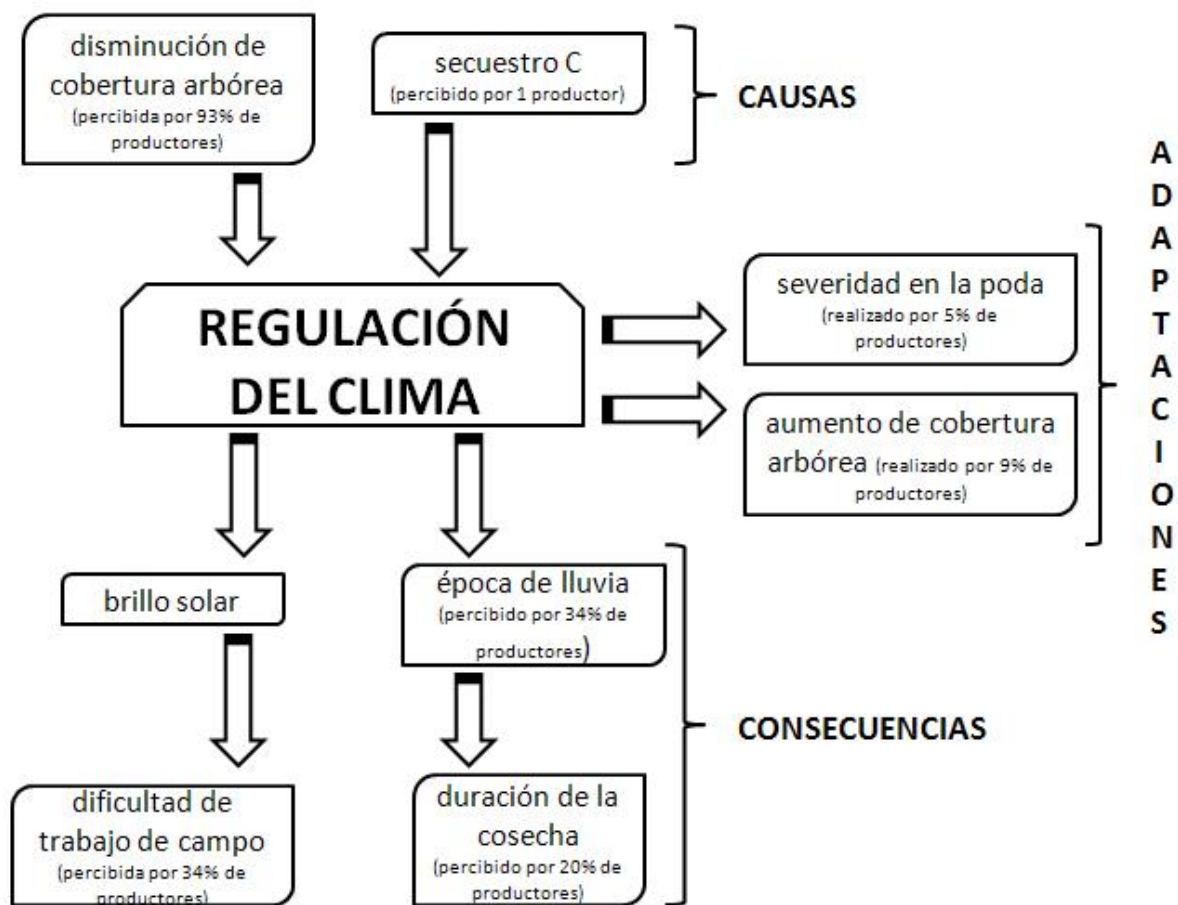


Figura 5. Causas, consecuencias y adaptaciones al cambio climático desde la percepción de los cafeticultores del CBVCT

Se encontraron percepciones opuestas sobre las consecuencias en la producción de café que puede provocar el cambio climático (Figura 6). Esto se debe a que dentro del CBVCT se encuentran diversas condiciones ambientales y biofísicas en los diferentes distritos políticos que lo componen. Por ejemplo, las fincas del distrito de Turrialba se encuentran alrededor de los 600 m.s.n.m., mientras que en el distrito de Santa Teresita se encuentran fincas alrededor de los 1000 m.s.n.m. y en el de Santa Cruz se encontraron fincas hasta los 1300 m.s.n.m.

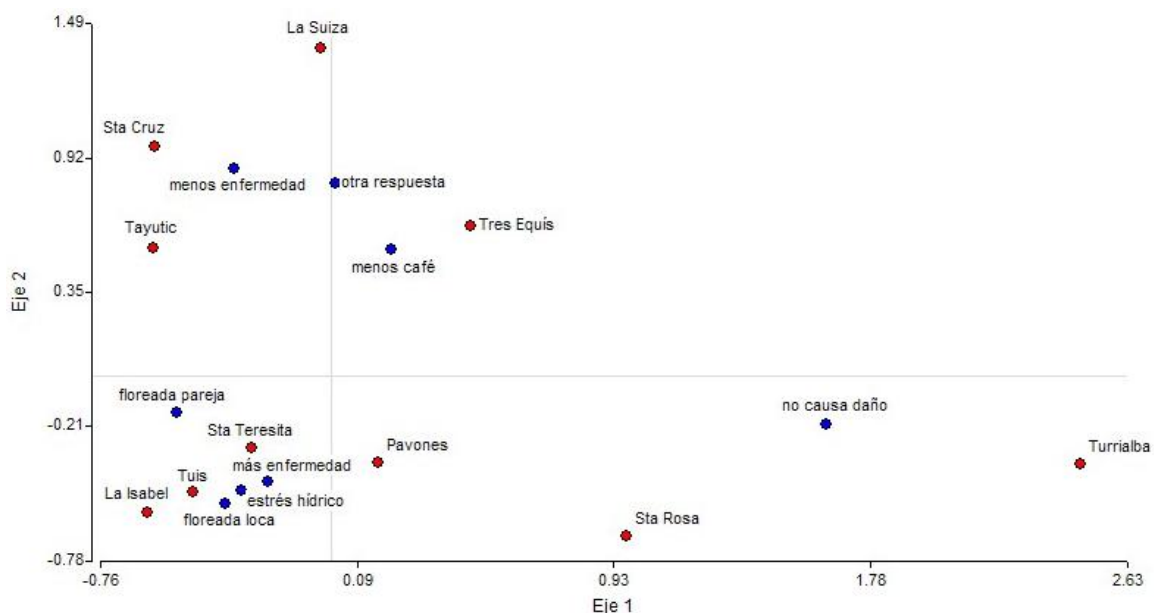


Figura 6. Consecuencias percibidas del cambio climático por los cafeticultores de los diferentes distritos del CBVCT.

La adaptación de los sistemas agroforestales de café al cambio climático es muy importante ya que es una forma en que se pueden contrarrestar los efectos negativos que las nuevas condiciones climáticas puedan provocar. El 80% de los cafeticultores del CBVCT que perciben diferencias en el clima no han desarrollado alguna medida de adaptación; esto puede explicarse por: a) la alteración en la época de lluvias puede beneficiar la producción de café en lugares dentro del CBVCT donde la humedad era excesiva, y b) los productores de café no han percibido que el impacto del cambio climático en el CBVCT sea tan grave para desarrollar medidas de adaptación. Vedwan y Rhoades (2001) reportan que en India, productores de manzana que han sentido aumento en las temperaturas y cambios en las épocas de nevadas han desarrollado un complejo conocimiento sobre la interacción entre el clima y sus cultivos.

El 20% de los productores de café del CBVCT ha realizado adaptaciones en sus SAFC para enfrentar el cambio climático; dentro de las adaptaciones realizadas se encuentran un incremento en el nivel de sombra (14% de los productores), ya sea aumentando el número de especies arbóreas (9%) o realizando adecuaciones a sus prácticas de poda (5%). Este último 5% de los productores no realiza una poda severa y frecuente a

E. poeppigiana, ya que consideran mejor dejarle tres ramas para controlar mejor la temperatura del microclima de la planta de café.

A pesar que los sistemas agroforestales pueden jugar un papel importante en el secuestro de carbono en suelos y biomasa aérea (Beer *et al* 2003), el conocimiento que de esto tienen los productores de café del CBVCT es escaso. Sólo 1 productor orgánico afirmó que las especies cuya leña sirve para producir carbón de manera artesanal (*Inga* spp., *Tabebuia rosea* y *Psidium guajava*) pueden ser útiles para el secuestro de carbono.

Control biológico de plagas y enfermedades

Los productores de café del CBVCT tienen un conocimiento generalizado sobre la relación entre el microambiente en que se encuentran las plantas y la severidad en los niveles de enfermedades y plagas dentro del sistema. Productores afirman que el incremento en el nivel de sombra repercute en la humedad del aire, la cual entre más alta sea, más favorecerá enfermedades fúngicas como *Hemileia vastatrix*. Los cafeticultores consideran que el microambiente esta determinado por la densidad de cafetos por hectárea, la ubicación de la finca respecto al sol y, principalmente, por la estructura y composición del dosel de sombra. Este conocimiento ha fomentado que sea una práctica común el disminuir la sombra con la idea de disminuir problemas de enfermedades fúngicas. Sin embargo, algunos productores consideran que esto ha aumentado la dificultad en el manejo de arvenses.

Las hormigas son un grupo importante por su contribución en el control de plagas dentro de los sistemas agroforestales de café dependiendo de la intensificación del sistema de manejo (Philpott y Armbrrecht 2006). Esto puede ser la causa que algunos productores orgánicos y convencionales con mínimo manejo han encontrado especies de hormigas controlando *H. hampeii*. Barbera *et al* (2004) reportan que en el CBVCT un sistema agroforestal de café orgánico tiene comparativamente más especies y mayor diversidad de hormigas que un cafetal bajo manejo convencional. Aunque no se identificó la especie de hormiga que los productores reportan como controladora de *H. hampeii*, pareciera ser que pertenece al género *Azteca* spp.; ya que los productores afirman que se hospeda en

Cecropia obtusifolia. Este género de hormigas ha sido reportado como biocontrolador de *H. hampeii* (Philpott y Armbrrecht 2006).

Algunos productores de café del CBVCT mencionan que las aves juegan un rol importante en la reducción de artrópodos dentro de los sistemas agroforestales de café. Esto ha sido demostrado por (Perfecto *et al* 2004) quienes encontraron, en sistemas agroforestales de café bajo *Inga* spp. en Chiapas, que las aves pueden disminuir potencialmente la densidad de artrópodos en cafetales con alta diversidad florística.

Los productores orgánicos de café del CBVCT consideran que la cobertura es fundamental para la conservación de microorganismos benéficos. Ellos han percibido que la sombra ha propiciado las condiciones para el establecimiento de *Beauveria bassiana* y *Verticillium* que han aplicado como alternativa para el manejo de problemas fitosanitarios. El uso de *B. bassiana* es preferido a la aplicación de insecticidas por los productores convencionales. Esto es debido a que consideran que ha sido una alternativa más eficiente para el manejo de *H. hampeii*. Algunos productores comentan que *Inga* spp. hospeda a *H. hampeii*, lo que influye en que la consideren una especie inadecuada para su asocio con café.

A pesar que los nematodos no son considerados como un problema preocupante por los cafeticultores del CBVCT, los productores han observado que la incorporación de especies de sombra en los sistemas agroforestales de café, como *Gliricidia sepium* y *Ricinus communis*, o de algunas arvenses como *Impatiens walleriana*, pueden disminuir los daños que los nematodos causan a las plantas de café.

De manera general, los productores orgánicos consideran que la densidad y riqueza de especies arbóreas dentro de su finca tiene una correlación negativa con el nivel de plagas, arvenses no deseadas y enfermedades (exceptuando *H. vastatrix*). Este conocimiento de los productores de Turrialba sobre manejo ecológico de plagas y enfermedades coincide con lo expresado por productores de café en Chiapas, México (Soto-Pinto *et al* 2002).

Erosión de suelos

El 82% de los productores de café del CBVCT considera que los suelos han sufrido erosión y, consecuentemente, disminución de su fertilidad. La principal causa de degradación en los suelos es el uso de herbicidas, de acuerdo a la percepción del 67% de los productores.

Los productores afirman que los herbicidas afectan la estructura de los suelos, volviéndolos más compactos y “*poniéndolos duros*”. Esta percepción puede deberse a que el uso de herbicidas perjudica indirectamente las propiedades físicas de los suelos al afectar las poblaciones de microorganismos e influir esto en la estabilidad de agregados y la densidad aparente (Das y Mukherjee 2000). Además, el uso de herbicidas también disminuye la aportación de materia orgánica debido a la eliminación de arvenses.

Los cafeticultores mencionaron tres especies que debido a características de su sistema radical son consideradas favorables para evitar erosión *Zygia longifolia*, *Yucca elephantipes* y *Tabebuia rosea*. Ya sea porque son especies que tradicionalmente se utilizan en cercos vivos y evitan la erosión, o porque han visto que estas especies se encuentran de manera natural en los bosques riparios, con lo que deducen que sus raíces evitan erosión hídrica.

Thapa *et al* (1995) mencionan que productores de Nepal llaman “*tapkan*” al proceso de erosión causado por la acumulación de agua en los arboles que impacta al suelo al caer, con lo que árboles de hojas grandes no eran apreciados por los productores. El 95% de los cafeticultores del CBVCT consideran que este proceso, llamado localmente “*gotera*”, ocurre en los sistemas agroforestales de café. Sin embargo, los atributos que causan este proceso así como los efectos que produce difieren a lo reportado en Nepal. Los atributos arbóreos que son percibidos causantes de este proceso dentro del CBVCT son: la altura mencionada por el 54% de los productores encuestados, el tipo de copa por el 8% y atributos de la hoja por el 2%. El porcentaje restante comentó que este proceso ocurre en

todas las especies de árboles sin importar sus atributos (31%) o que este proceso no ocurría (5%).

Los efectos que se relacionan a este proceso son: incremento en el nivel de *Mycena citricolor* (roya anaranjada del cafeto) por el 30% de los productores encuestados, defoliación y caída de flores en las plantas de café por el 16% de ellos, caída de frutos de café por el 14% y erosión de suelos por el 12%. El restante 27% de los productores conoce la existencia de este proceso pero no considera que lo afecte de forma alguna.

Ninguno de los productores pudo explicar la relación entre el goteo de los árboles y la aparición de *M. citricolor*. Esta relación puede deberse a que la presencia de una película de agua en las hojas del café incrementa las condiciones propicias al desarrollo de esta enfermedad fúngica (Wang y Avelino 1999); el goteo puede acrecentar el tiempo en que la hoja se mantenga cubierta de agua.

Polinización

El 73% de los cafeticultores encuestados del CBVCT consideran importante la presencia de insectos polinizadores del café dentro de sus fincas. Sin embargo, casi la tercera parte (31%) desconoce en qué forma puede aumentar la cantidad de estos insectos.

De acuerdo con los productores, existen diversas formas de mejorar la polinización por insectos dentro del cafetal. El 7% de ellos cree que un sistema agroforestal de café que se encuentre con mayor cercanía a un bosque, o que mantenga dentro de la finca parches de bosque, incrementara la cantidad de abejas polinizadoras. Esta percepción coincide con trabajos científicos realizados en fincas cafetaleras del Pacífico de Costa Rica, donde se ha demostrado que la lejanía de plantaciones de café respecto al bosque disminuye la cantidad de polinizadores, llegando a afectar el rendimiento de café y, consecuentemente, una reducción en ingresos económicos generados (Rickets *et al* 2004).

Las alternativas para aumentar la cantidad de especies polinizadoras en un sistema agroforestal de café, de acuerdo al conocimiento de los productores, son: reduciendo la

cantidad de herbicidas e insecticidas (mencionado por el 18% de los productores); y manteniendo especies, tanto arbóreas como arbustivas, con flores en diferentes épocas del año (mencionado por el 15% de los productores). La primera alternativa coincide con lo reportado por Ibarra *et al* (1995), quienes encontraron que en cafetales en México hay el doble de especies de insectos en un sistema orgánico que en uno donde se apliquen agroquímicos sintéticos.

Dos productores comentaron que la resina de *C. alliodora* es atractiva para algunas especies de abejas, percibiendo incluso que sistemas agroforestales de café con esta especie se tiene una tasa más alta de polinización de café. Sin embargo, esto no ha sido reportado en literatura científica.

Conservación de la biodiversidad como servicio ecosistémico

A pesar que la literatura científica no reconoce a la conservación de la biodiversidad como un servicio ecosistémico *per se*, sino como la base fundamental de que todos los servicios ecosistémicos se generen (MEA 2005), los productores de café del CBVCT consideran que sus fincas prestan un servicio al conservar especies o hábitats de una mejor manera que otros usos de suelo.

Los cafeticultores del CBVCT están conscientes que los sistemas agroforestales de café, por más diversos y estructuralmente complejos que sean, no pueden proveer los mismos hábitats que proveen los bosques. Sin embargo, consideran que sí contribuyen al mantenimiento y manejo de la biodiversidad en mejor medida que lo haría otro sistema de cultivo, como son los potreros o la caña de azúcar (estos dos son los principales cultivos que han sustituido al café en esta zona).

De acuerdo con la percepción de los productores de café del CBVCT, los sistemas agroforestales que más biodiversidad mantienen son aquellos con mayor riqueza de especies arbóreas y que se encuentran a menor distancia de las zonas boscosas. Esto concuerda con Florian (2005), sobre el hecho que dentro del CBVCT la avifauna es mayor en sistema agroforestal de café con mayor complejidad estructural y la cercanía a áreas con

cobertura forestal aumenta el número de especies de aves dependientes de bosque. El principio, propuesto por Moguel y Toledo (1999), de que a mayor diversidad florística y estructural de los sistemas agroforestales de café se incrementa la conservación de la biodiversidad coincide con la percepción de los cafeticultores. Sin embargo, a pesar de que los productores conocen sobre los beneficios ambientales que tendría una mayor riqueza de especies arbóreas, la principal limitante para que en sus fincas no haya una alta riqueza de especies, ni nivel de sombra, es la disminución en los rendimientos de café que ellos consideran que tendrían.

Los cafeticultores del CBVCT consideran que una manera de aumentar y conservar la diversidad animal es incorporando en las fincas especies de árboles nativos, especialmente aquellas que provean flores o frutos que sirven como recurso o alimento a mamíferos, insectos y otras especies de animales. Linkimer *et al* (2002) reportan que el origen nativo es considerado importante por el 77% de los cafeticultores del CBVCT al seleccionar árboles para su asocio con café.

Existe un amplio conocimiento de los productores de café en cuanto a qué especies arbóreas brindan recursos para la fauna local. Entre las especies más mencionadas por la importancia de sus frutos para la alimentación de mamíferos estuvieron *Inga* spp., *Psidium friedrichthalianum*, *Psidium guajava*, *Ricinus communis*, *Mussa* spp., *Acnistus arborescens*, *Ficus* spp., *Bactris gasipaes* y *Eugenia uniflora*.

Los cafeticultores del CBVCT consideran que las especies exóticas, como *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp, no brindan flores y frutos comestibles que sean atractivos para la fauna local. Es por esta razón que consideran a estas especies como malas para conservar biodiversidad. Además, los productores mencionaron que prefieren árboles que tengan larga temporada de fructificación para proveer recursos a la fauna. Esto coincide con Botero y Baker (2002 citado por Beer *et al* 2003) quienes reportan que los árboles con largas temporadas de floración y fructificación establecidos dentro de un sistema agroforestal de café son importantes para el suministro de aves y murciélagos frugívoros y nectarívoros.

Una práctica de manejo que los productores de café del CBVCT consideran puede influir negativamente en la cantidad de avifauna es la alta frecuencia de podas a *E. poeppigiana*, que consecuentemente causa una disminución en la capacidad como refugio que brinda esta especie. Sin embargo, el 60% de los cafeticultores del CBVCT afirma que si no podan esta especie se reduciría el rendimiento del café.

Los cafeticultores sólo mencionaron a ardillas y yigüirros (*Turdus grayi*) como especies que pueden hospedarse en *E. poeppigiana*. *Turdus grayi* es considerado como una especie de ave que puede disminuir la cantidad de avifauna presente, debido a la competencia por alimento. Sin embargo, *T. grayi* es una especie que se alimenta de larvas y adultos de insectos y sólo ocasionalmente de frutas (Stiles y Skutch, 1989), por lo que esta idea sobre la competencia de alimento puede no ser siempre acertada.

Los productores de café del CBVCT consideran que las aves dispersan epifitas o malezas. Esta idea puede ser complementada con lo reportado por Cruz-Angón y Greenberg (2005), donde se relaciona la presencia de aves de acuerdo a la cantidad de epifitas dentro de los sistemas agroforestales de café, ya que estas plantas brindarían recursos útiles para la avifauna. Debido a que los productores se han enfrentado a problemas fitosanitarios relativamente nuevos, ellos lo relacionan con que la migración de aves puede ser la causa de la dispersión de enfermedades de cultivos.

En los estudios de conocimiento local es poco frecuente encontrar información acerca de microbiología, esto debido a la dificultad que tienen los productores para percibir cosas que no se ven a simple vista (Grossman 1998). Sin embargo, los productores orgánicos expresaron que es importante para ellos tener hojas de diferentes especies en el mantillo del suelo, ya que esto es una manera de favorecer la biodiversidad microbial; es muy probable que este razonamiento tan profundo se deba a la frecuencia en que este grupo recibe capacitación.

Relación entre el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos y prácticas de manejo de los productores de café del CBVCT

Para los cafeticultores encuestados del CBVCT, el criterio más importante para establecer una especie dentro del dosel de sombra de un sistema agroforestal son los beneficios que le brinda a las plantas de café o la competencia que le puede tener. El 31% de los productores considera que *E. poeppigiana* es el único árbol que puede establecerse en un sistema agroforestal, a pesar del conocimiento que tengan sobre otras especies en la provisión de servicios ecosistémicos. Este razonamiento se evidencia al encontrarse esta especie en el 91% de las fincas estudiadas.

A través de las evaluaciones hechas en campo se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en el rendimiento por hectárea entre las fincas orgánicas y las convencionales, así como en variables que inciden en la provisión de servicios ecosistémicos como son: la densidad de especies arbóreas, el porcentaje de cobertura de sombra, el nivel de erosión y la cobertura de los suelos. También se encontraron diferencias en prácticas de manejo como frecuencia en la aplicación de abonos orgánicos, fertilizantes químicos, corte manual de arvenses y aplicación de herbicidas. La riqueza de especies arbóreas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 8).

Para las variables escala de erosión, escala de crecimiento del cultivo y escala de apariencia del cultivo se hizo un análisis de datos categóricos para mostrar diferencias entre el manejo orgánico y el convencional. Se encontró para la variable “nivel de erosión” un valor de $p=0.0148$, lo cual significa que existe una relación entre el tipo de manejo del cafetal y su escala de erosión, siendo esta más alta en las fincas convencionales. En la variable “escala de apariencia del cultivo” se obtuvo un valor de $p=0.3367$, lo cual significa que no se encontraron diferencias significativas en la apariencia de las plantas entre fincas bajo manejo convencional y orgánico. El crecimiento de las plantas de café en los cafetales orgánicos fue menor al de los convencionales ($p=0.0019$).

Cuadro 8. Andeva entre las variables que influyen en la provisión de servicios ecosistémicos.

Variables	Valor P	Fincas orgánicas	Fincas convencionales
Cobertura de sombra (%)	0.0071	64.88 a	33.93 b
Densidad de árboles (#/1000 m²)	0.0205	48.36 a	28.73 b
Riqueza de especies (#) *	0.2062	4.82	3.55
Índice de Conocimiento Local en sombra	0.0098	0.71 a	0.34 b
Aplicaciones de fertilizante químico (#) *	0.0034	0.00 b	1.36 a
Aplicaciones de abono orgánico (#) *	0.0006	1.36 a	0.00 b
Aplicaciones de herbicida*	<0.0001	0.00 b	2.45 a
Deshierbes manuales (#) *	0.0001	3.18 a	0.18 b
Cobertura de suelos (%)	0.0008	96 a	79 b
Índice de Conocimiento Local en suelos	0.1006	0.41	0.23
Rendimiento por hectárea (fanegas/has)	0.0425	10.00 b	15.91 a
Índice de Conocimiento Local *	0.0018	0.58 a	0.19 b

*representa las variables transformadas (los valores de las medias corresponden a las variables originales)

Se desarrolló un índice para poder comparar el conocimiento entre los productores con el manejo que le dan a sus cafetales. Este índice de conocimiento local (ICL) se obtuvo otorgándole un valor máximo (1.00) al productor que en las entrevistas hubiera explicado una mayor cantidad de enunciados unitarios. Se consideró como explicación de los enunciados unitarios a los de tipo “causales”. Se calcularon 3 índices: 1) uno para temas relacionados con suelos; 2) otro para sombra; y 3) uno que incluye todo el conocimiento del productor en diferentes servicios ecosistémicos (Anexo 6).

Se encontró que el conocimiento sobre el rol de los sistemas agroforestales de café en la provisión de servicios ecosistémicos que tienen los productores orgánicos es mayor que los convencionales, así como también una mayor densidad arbórea, cobertura de suelos y porcentaje de cobertura de sombra. A pesar de que la provisión de servicios ecosistémicos

fue mayor en las fincas orgánicas, se encontró que el rendimiento de café por hectárea fue mayor en las fincas convencionales.

Se correlacionó el rendimiento con las variables evaluadas en las fincas, encontrándose una correlación negativa entre el rendimiento, el ICL y la riqueza de arboles (Cuadro 9). Esto porque el conocimiento local sobre la provisión de servicios ecosistémicos se contrapone a las prácticas para obtener altos rendimientos de café. Esta situación coincide con Soto-Pinto *et al* (2007) quienes reportan que productores de café del sur de México mantienen especies arbóreas y arbustivas por la contribución de estas al funcionamiento de los ecosistemas, por encima del interés comercial.

Cuadro 9. Variables correlacionadas significativamente con el rendimiento de café.

Correlaciones de Pearson	Rendimiento de café	Deshierbes químicos	Fertilizantes químicos	Crecimiento del cultivo	Deshierbes manuales	Riqueza de spp. arbóreas	ICL suelo	ICL sombra	ICL
Rendimiento de café	1	0.02	0.03	0.03	0.03	0.0043	0.05	0.19	0.17
Deshierbes químicos	0.48	1	0.0018	0.0007	0.01	0.13	0.21	0.13	0.06
Fertilizantes químicos	0.46	0.63	1	<0.0001	0.04	0.07	0.14	0.03	0.03
Crecimiento del cultivo	0.46	0.67	0.74	1	0.04	0.14	0.20	0.07	0.09
Deshierbes manuales	-0.47	-0.57	-0.44	-0.35	1	0.63	0.29	0.07	0.01
Riqueza de spp. arbóreas	-0.58	-0.33	-0.40	-0.33	0.11	1	0.06	0.11	0.34
ICL suelo	-0.49	-0.32	-0.37	-0.33	0.27	0.46	1	0.0034	0.0001
ICL sombra	-0.34	-0.38	-0.53	-0.44	0.45	0.40	0.80	1	<0.0001
ICL	-0.35	-0.47	-0.52	-0.43	0.59	0.25	0.84	0.67	1

Coefficientes de correlación \ Porcentajes

Acorde con Linkimer *et al* (2002), la tasa de crecimiento, la producción de biomasa, la facilidad de manejo y un sistema radicular que no compita con las plantas de café son atributos arbóreas considerados como altamente prioritarios por los productores del CBVCT en la selección de especies para su asocio con café. La altura del árbol tiene una

prioridad media, mientras que el tipo de copa y el tamaño y textura de las hojas tienen una baja prioridad. Esto significa que los atributos considerados importantes para el asocio con café pueden diferir de los considerados importantes en la provisión de servicios ecosistémicos.

Conclusiones

A pesar del detallado conocimiento local que los cafeticultores del CBVCT poseen acerca del rol que tienen los árboles y sus prácticas de manejo en las fincas sobre la provisión de servicios ecosistémicos, esto no se refleja en la composición y densidad arbórea encontrada en los sistemas agroforestales de café. Se encontró una correlación negativa entre el conocimiento local y el rendimiento de café.

Existen diferencias entre los atributos arbóreos considerados importantes para el asocio con café y los atributos arbóreos favorables para la provisión de servicios ecosistémicos; lo cual se ve reflejado en que el dosel de sombra en la mayoría de las fincas cafetaleras dentro del CBVCT está constituido por un reducido número de especies.

La mayoría de las especies arbóreas consideradas “frescas” son también apreciadas por el rol que pueden tener en servicios ecosistémicos ligados a la protección del recurso hídrico y al mantenimiento de la fertilidad de los suelos.

Erythrina poeppigiana es la especie mayormente usada como sombra en los sistemas agroforestales de café dentro del CBVCT, esto debido a que los productores la consideran benéfica para el desarrollo y crecimiento del café. Sin embargo hay múltiples especies que a pesar que los productores las consideran importantes en la provisión de servicios ecosistémicos no son establecidas dentro de las plantaciones porque se percibe que disminuirían el rendimiento de café. Se recomienda realizar estudios en la zona que investiguen los factores que pudieran influir en que el diseño del dosel de sombra se oriente hacia la provisión de servicios ecosistémicos.

REFERENCIAS

- Altieri, M. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Front Ecol Environ* 2 (1): 35-40
- Altieri, M; Nicholls, C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (64): 17-24
- Asfaw, Z; Agren, G. 2007. Farmers' local knowledge and topsoil properties of agroforestry practices in Sidama, Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems* 71: 35-48
- Barbera, N; Hilje, L; Hanson, P; Longino, J; Carballo, M; de Melo, E. 2004. Diversidad de especies de hormigas en un gradiente de cafetales orgánicos y convencionales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 72: 60-71
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38): 80-87
- Cruz-Angón, A; Greenberg, R. 2005. Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology* 42: 150-159
- Daily, G; Alexander, S; Ehrlich, P; Goulder, L; Lubchenco, J; Matson, P; Mooney, H; Postel, S; Schneider, S; Tilman, D; Woodwell, G. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1- 16
- Das, A; Mukherjee, D. 2000. Soil application of insecticides influences microorganisms and plant nutrients. *Applied Soil Ecology* 14: 55-62
- Dixon, J; Doores, J; Joshi, L; Sinclair, F. 2001. *Agroecological Knowledge Toolkit for windows: methodological guidelines, computer software and manual for AKT5*. School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, UK. 181 p.
- Florian, E. 2005. Tropical bird assemblages in coffee agroforestry systems: exploring the relationships between landscape context, structural complexity and bird communities in the Turrialba - Jiménez Biological Corridor, Costa Rica. Thesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 87 p.
- Gay, C; Estrada, F; Conde, C; Eakin, H; Villers, L. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change* 79: 259-288
- Grossman, J. 1998. Exploring farmer knowledge of soil processes in organic coffee systems of Chiapas, Mexico. *Geoderma* 111: 267-287
- Harvey, C; González, J; Somarriba, E. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forest, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 15: 555-585
- Ibarra, G; García, J; Moreno, M. 1995. Diferencias entre un cafetal orgánico y uno convencional en cuanto a diversidad y abundancia de dos grupos de insectos. *In: Memorias de la primera conferencia internacional IFOAM sobre café orgánico*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p. 115-129.
- ICAFE Instituto del Café de Costa Rica. 2005. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, CR. 85 p.
- Jiménez, F. 1986. Balance hídrico de dos sistemas agroforestales: café-poró y café-laurel en Turrialba, Costa Rica. Thesis *Magister Scientiae*. UCR-CATIE. Turrialba, CR. 104 p.
- Joshi, L; Arévalo, L; Luque, N; Alegre, J; Sinclair, F. 2004. Local ecological knowledge in natural resource management. *En línea*: <http://www.millenniumassessment.org/documents/bridging/papers/joshi.laxman.pdf> Consultado el 17 de octubre de 2007

- Klein, A; Steffan-Dewenter, I; Tschamtker, T. 2003. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 90 (1): 153-157
- Llenderal, T. 1998. Diversidad de dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Thesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 59 p.
- Linkimer, M; Muschler, R; Benjamin, T; Harvey, C. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9 (35-36): 37-43
- MacNeely, J; Schoth, G. 2006. Agroforestry and biodiversity conservation –traditional practices, present dynamics, and lessons for the future–. *Biodiversity and Conservation* 15: 549-554
- MEA Millenium Ecosystem Assesment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: current state and trends*. Island Press. Washington, US.
- Moguel, P; Toledo, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* (13): 11-21
- Mora, J; Acosta, L. 2001. Uso, clasificación y manejo de la vegetación asociada al cultivo de café (*Coffea arabica*) desde la percepción campesina en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8(32): 20-27
- Muñoz, D. 2004. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Thesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 206 p.
- Muschler, R. 2000. Árboles en cafetales. Módulo de enseñanza agroforestal 5. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, CR. 139 p.
- Perfecto, I; Rice, R; Greenberg, R; Van der Voort, M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46 (8): 598-608
- Perfecto, I; Vandermeer, J; Lopéz-Bautista, G; Ibarra-Nuñez, G; Greenberg, R; Bichier, P; Landgridge S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology* 85 (10): 2677-2681
- Philpott, S; Armbrrecht, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforestry and the ecological role of ants and ant diversity in predatory functions. *Ecological Entomology* 31: 369-377
- Porras, C. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Thesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 112 p.
- Ricketts, T; Daily, G; Ehrlich, P; Michener, C. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *PNAS* 101: 12579-12582
- Silveira, N. 2005. Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Rio Sesesmiles, Copán, Honduras. Thesis *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, CR. 141 p.
- Sinclair, F; Walker, D. 1999. An utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. In: Buck, L; Lassoie, J; Fernandez, E (eds). *Agroforestry in Sustainable Agriculture Systems*. CRC Press, Londres, UK 245– 275
- Soto-Pinto, L; Perfecto, I; Caballero-Nieto, J. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 55: 37-45
- Soto-Pinto, L; Villalvazo, V; Jiménez, G; Ramírez, N; Montoya, G; Sinclair, F. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16: 419- 436
- Staver, C. 2001. ¿Cómo tener más hierbas de cobertura y menos malezas en nuestros cafetales? *Agroforestería en las Américas* 8 (29): 30-32
- Staver, C; Guharay, F; Monterroso, D; Muschler, R. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. *Agroforestry Systems* 53: 151–170

- Stiles, G; Skutch, A. 1989. A guide to the birds of Costa Rica. Cornell University Press. Nueva York, US. 511 p.
- Thapa, B; Sinclair, F; Walker, D. 1995. Incorporation of indigenous knowledge and perspectives in agroforestry development Part 2: case-study on the impact of explicit representation of farmers' knowledge. *Agroforestry Systems* 30: 249-261
- Toledo V; Ortíz-Espejel, B; Cortés, L; Moguel, P; Ordoñez, M. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous people in Mexico: a case of adaptative management. *Conservation Ecology* 7(3): 9
- Vedwan, N; Rhoades, R. 2001. Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response. *Climate Research* 19: 109-117
- Walker, D, Sinclair, F; Thapa, B. 1995. Incorporation of indigenous knowledge and perspectives in agroforestry development Part 1: review of methods and their application. *Agroforestry Systems* 30: 235-248
- Wang, A; Avelino, J. 1999. El ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). In: Bertrand, B; Rapidel, B (eds). *Desafíos de la caficultura en Centroamérica IICA-PROMECAFE-CIRAD-IRD-CCCR*. San José, CR 243–260.
- Wilk, J. 2000. Local perceptions about forests and water in two tropical catchments. *GeoJournal* 50: 339-347

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hipótesis 1

1. Los productores de café del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca tienen un amplio conocimiento sobre servicios ecosistémicos que sus fincas proveen.
2. Los productores orgánicos tienen un mayor conocimiento que los convencionales sobre la provisión de servicios ecosistémicos por sistemas agroforestales de café, lo cual puede deberse a la frecuencia y el número de capacitaciones que han recibido.

Hipótesis 2

3. *Erythrina poeppigiana* es la especie arbórea más usada en los sistemas agroforestales de café del CBVCT. Esto se debe a que los múltiples beneficios que la gente considera que brinda a las plantas de café.
4. Los productores tienen un amplio conocimiento sobre especies arbóreas y su función en la provisión de servicios ecosistémicos. Sin embargo, esto no se ve reflejado en las especies arbóreas que integran los sistemas agroforestales ya que se prioriza el incremento en el rendimiento de café.

Hipótesis 3

5. Debido a que el rendimiento de café es considerado prioritario sobre la provisión de servicios ecosistémicos, el amplio conocimiento que los cafecultores poseen no influye en las prácticas de manejo orientadas a la provisión de servicios ecosistémicos.
6. A pesar de que las variables que inciden en la provisión de servicios ecosistémicos fueron mayores en las fincas orgánicas, se encontró que el rendimiento de café por hectárea fue mayor en las fincas convencionales.

7. Los productores orgánicos tienen un conocimiento más profundo y un grado de concienciación mayor, lo que influye en que se hayan encontrado mejores prácticas de manejo en las fincas orgánicas.
8. La provisión de servicios ecosistémicos por sistemas agroforestales de café en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca está disminuyendo debido a la reducción de la superficie de café en el área con la sustitución de otros usos con mayor potencial de impacto.

RECOMENDACIONES

1. Incorporar el amplio conocimiento local que poseen los productores de café del CBVCT en los proyectos de desarrollo para así poder incrementar las posibilidades de éxito.
2. Profundizar en estudios que expliquen cómo la provisión de servicios ecosistémicos afecta al rendimiento de café, ya que en este estudio se encontró de manera general que hubo reducción en la productividad, por lo que se hace necesario explicar que servicios la afectan de manera negativa y cuáles en forma positiva.
3. Concienciar a los líderes políticos para desarrollar un esquema de pago por servicios ecosistémicos que propician los sistemas agroforestales para compensar la pérdida económica de producción de café y fomentar la adopción de las prácticas que los favorecen.
4. Ahondar científicamente en el conocimiento local que no está reportado en la literatura (caso de *Cordia alliodora* favoreciendo polinización).

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1: Disminución de la superficie cafetalera en el CBVCT

Como consecuencia de la crisis en los precios internacionales del café, la superficie cafetalera de Costa Rica ha disminuido. Se estima que del año 2001 al 2005 se redujeron a nivel nacional 15,972 hectáreas, quedando finalmente 97,614 has. en el país. Esta pérdida de superficie se ha dado en todas las zonas cafetaleras, no siendo el CBVCT la excepción, donde para el mismo periodo se estima que la reducción fue de 11,912 a 10,006 hectáreas (ICAFE 2006).

En el presente estudio se encontró que el 64% de los productores encuestados han reducido el área con café, el 3% lo piensa eliminar en este año, el 32% permanece con la misma superficie y sólo el 1% aumentó la superficie. La media, entre los productores que han disminuidos área, es de 2.5 has de café; sin embargo el rango de área disminuida va desde las 0.1 hasta las 20 has. El 43% de los productores hizo el principal cambio hacia el establecimiento de potreros, área que representa al 51% de la superficie que ha cambiado (Cuadro 10).

A pesar del aumento en los precios del café vivido en los últimos años, la tendencia en la disminución de superficie cafetalera continúa. Esto puede ser explicado por 3 factores: a) la zona donde se encuentra ubicada el CBVCT es considerada marginal para la producción de café, con una calidad no reconocida por los mercados internacionales; b) el valor de la tierra ha aumentado por su potencial para la construcción de bienes raíces, principalmente casas de descanso para gente de la ciudad o extranjeros; c) no existe la suficiente mano de obra para trabajar en las fincas cafetaleras dado que los productores tienen un promedio de edad alto (54 años) y los hijos de ellos no muestran interés por incorporarse a labores agrícolas.

La reducción de superficie cafetalera puede tener un importante impacto en la provisión de servicios ecosistémicos dentro del CBVCT. Esto debido principalmente a que

los cultivos sustitutos (principalmente pastos y caña de azúcar) requieren la eliminación de las especies arbóreas que se encuentran dentro de los sistemas agroforestales de café.

Cuadro 10. Disminución de superficie de café por productor y por área dentro del CBVCT.

Cultivos sustitutos de superficie cafetalera	% de productores por cultivo sustituto	Has. disminuidas en una muestra de productores (n=91)	% de hectáreas	Extrapolación de has. disminuidas para el CBVCT
Potrero	43.10	73.60	50.99	1347.50
Banano	12.07	15.40	10.67	281.94
Venta terreno	10.35	18.60	12.89	340.52
Caña de azúcar	10.35	11.50	7.97	210.54
Hortalizas	6.90	7.20	4.99	131.82
Café abandonado	6.90	4.25	2.94	77.81
Ornamentales	1.72	10.00	6.93	183.08
Culantro	1.72	3.00	2.08	54.92
Chayote	1.72	1.00	0.69	18.31
Frutales	1.72	0.70	0.48	12.82
Construcción	1.72	0.10	0.07	1.82
Aumentó café	1.72	-1.00	-0.69	-18.31
		144.35	100.00%	2642.77*

*La columna de la derecha muestra la extrapolación hecha para el total de los cafeticultores del CBVCT. Esto muestra una diferencia de 736.77 has. respecto a los datos de ICAFE (2006), con lo que se observa que a pesar de que el precio del café ha aumentado, no ha sido lo suficiente como para revertir la tendencia de la pérdida de superficie con café.

6.2 Anexo 2: Tipología de productores del CBVCT

En los últimos años la superficie cafetalera, así como el número de productores, han disminuido dentro del CBVCT; se estima que del año 2001 al 2005 la reducción fue de 11,912 a 10,006 hectáreas (ICAFE 2006). Acorde con el censo cafetalero publicado por ICAFE (2003) en la región de Turrialba había 2614 cafeticultores. Sin embargo, este número continua disminuyendo, por lo que se realizó este estudio con el objetivo de tener una tipología actualizada de los productores dentro del CBVCT.

La información se analizó a partir de la información recabada en las entrevistas de compilación de conocimiento local, así como encuestas dirigidas a una muestra representativa de los cafeticultores. La formula para estimar el tamaño de la muestra en las encuestas fue la siguiente:

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N - 1) \beta^2 + \sigma^2}$$

μ

N= Total de la población

σ^2 = varianza

N = tamaño de la población

β = error de estimación (10%)

μ = nivel de confianza al 95%

El promedio del área total de las fincas de los productores de café dentro del CBVCT es de 5.21 has, las cuales tienen sólo 2.33 has de café. Esto se debe a que el 64 % de los cafeticultores ha disminuido la superficie con café, más un 3% que aún no lo hace, pero lo tiene planeado hacer el presente año (Anexo 1).

La edad promedio de los productores de café dentro del CBVCT es de 54 años. La gran mayoría no se encuentran bajo esquema alguno de certificación, exceptuando un grupo de aproximadamente 150 productores orgánicos quienes son miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT).

Sólo el 24% de los productores ha recibido capacitaciones en café. Estas capacitaciones han sido dadas por el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) en un 66%, por el Instituto del Café (ICAFE) en un 12%, por los beneficios de café 4% y por la APOT en un 4%; el restante 12% de capacitaciones fue dado por las cooperativas de productores que existieron en la zona años atrás. La APOT brinda capacitaciones 1 o 2 veces por año al total de sus asociados.

La escolaridad promedio es de 4.7 años. El 7% de los productores carece de estudios, un 2% sólo sabe leer, el 85% asistió a la primaria pero únicamente el 43% la terminó, mientras que sólo el 6% recibió educación superior.

Se encontraron seis tipos de productores con diferencias en su conocimiento local. Los factores que dentro del CBVCT provocan diferencias en el conocimiento son: a) el tipo de manejo asociado a las capacitaciones, b) el área de la finca asociada a características socioeconómicas (Llanderal 1998) y c) la pertenencia a grupos indígenas. Estos seis estratos se definen a continuación:

1. *Productores convencionales con menos de 3 hectáreas:* son aquellos con manejo fitosanitario mínimo o deficiente, el control de malezas lo realizan por medio de herbicidas o manualmente, tienen niveles bajos de fertilización química, sus rendimientos pueden ir hasta las 20 fanegas. Los trabajos de la finca son realizados personalmente o con mano de obra familiar.

2. *Productores orgánicos con menos de 3 hectáreas:* son aquellos que no utilizan fertilizantes químicos ni pesticidas y el control de malezas lo realizan manualmente. La mano de obra es propia o familiar. Todos pertenecen a la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT), la mayoría ingreso a esta asociación para obtener la certificación orgánica como una alternativa durante la crisis del café del 2001. La mayoría hace un inadecuado manejo del cafetal, aunque hay casos excepcionales.

3. *Productores orgánicos indígenas:* son aquellos que no utilizan fertilizantes químicos ni pesticidas y que pertenecen a la etnia Cabécar. Viven en poblados cercanos a la comunidad de Grano de Oro. Están afiliados a la APOT siendo su interés central la

comercialización de banano. La mano de obra utilizada en su finca es propia. La densidad de plantas por hectárea es baja y con trazado irregular; la resiembra de cafetos es nula o muy esporádica, el manejo fitosanitario es deficiente.

4. *Productores convencionales con entre 3 y 7 hectáreas:* son aquellos cuyos cafetales tienen una densidad de plantas por hectárea de entre 4000 a 7000 plantas y con trazado uniforme; la resiembra de cafetos es anual o bianual; el manejo fitosanitario se basa en prácticas culturales, control químico, biológico y etológico; el control de malezas lo realizan por medio de herbicidas con un máximo de 4 aplicaciones por año, tienen niveles intermedios o intensivos de fertilización química, regulan la sombra de los árboles y sus rendimientos pueden ir desde las 20 hasta más de 30 fanegas por hectárea.

5. *Productores orgánicos con entre 3 y 7 hectáreas:* Estos difieren del primer grupo en que han logrado obtener rendimientos de café muy superiores al promedio de los productores orgánicos de la zona (18 fanegas por hectárea por año comparadas con el promedio de la producción orgánica que va desde 2.5 a 10.8).

6. *Productores convencionales con 7 o más hectáreas:* son aquellos cuyos cafetales tienen una densidad de plantas superior a las 5000 plantas, el manejo fitosanitario es altamente basado en químicos sintéticos, el control de malezas lo realizan por medio de herbicidas. La mayoría de la mano de obra empleada es contratada. La cobertura arbórea es mínima.

6.3 Anexo 3: Formato de entrevista para la compilación de conocimiento local

Fecha: _____

Nombre: _____

Edad: _____ Años produciendo: _____ Escolaridad: _____ Género: _____

Localidad: _____ Distrito: _____ Coordenadas GPS: _____

Tamaño de finca: _____ Área café: _____ Otros cultivos: _____

Manejo del cultivo

Variedades y porcentaje en la finca _____

¿Qué tanto obtiene de café en la finca? _____ ¿Esta usted conforme con su rendimiento?

¿Cómo compara la producción de café con las fincas vecinas?

¿Existen partes (o plantas) de la finca que le den mayor producción que otras? ¿A qué cree que se deba?

¿Qué haría usted para aumentar su producción?

¿Cuántas podas realiza al año y en qué épocas?

¿Cómo, cuándo y con qué fertiliza?

¿Ha visto diferencia entre los abonos orgánicos y los químicos?

¿Qué problemas tiene de plagas?

Broca _____ Minador _____ Otras _____

¿Cómo maneja las plagas? (incluyendo *Beauveria*)

¿Hay zonas de la finca dónde haya más incidencia de plagas que en otras? (como por sombra, distancia a áreas naturales, controladores biológicos)

¿A qué cree que se deba esto en las diferentes zonas de la finca?

Pensando en plagas ¿cómo compara su finca con las fincas cercanas?

¿Qué problemas tiene de enfermedades?

Roya_____ Antracnosis_____ Ojo de gallo_____ Otras_____

¿Cómo maneja las enfermedades? (incluyendo *Verticillium*)

¿Hay zonas de la finca dónde haya más incidencia de enfermedades que en otras? (por sombra o distancia a áreas verdes)

¿A qué cree usted que se deba esto en las diferentes zonas de la finca?

Pensando en enfermedades ¿cómo compara su finca con las fincas cercanas?

¿Cuáles son las malezas que hay en su finca? (priorizar y si es posible pedir porcentajes)

¿Cómo maneja usted las “malezas”?

¿Ha visto usted diferencias entre las malezas? (invasoras) ¿Cuáles? ¿A qué cree que se deba?

¿Cómo maneja las diferentes malezas?

Manejo del dosel de sombra

¿Qué árboles tiene en su cafetal? ¿Cuál es el principal(es)?

¿Por qué eligió estas especies?

¿A qué distancia las tiene?

¿Usted las poda o son árboles que no necesiten podarse?

¿Cómo realiza estas podas?

¿Cuál es la razón para hacer las podas como usted las hace?

¿Tienen los árboles algún uso? Madera _____ Leña _____ Medicinal _____ Cerca viva _____
Rompevientos _____ Alimento _____ Otros _____

¿Cómo le ayudan los árboles al suelo? Mayor fertilidad _____ Menor erosión _____
Más agua _____

¿Cuáles son las características de los árboles “buenos”?

¿Cómo puede usted clasificar a los árboles? (buenos y malos, etc)

¿Cuáles son las características de los árboles que hacen que estén en diferentes categorías?

Árboles y biodiversidad

¿Ha visto en el cafetal animales o aves?

¿Qué árboles sirven como hábito o alimento a pájaros u otros animales? ¿Cuándo ocurre esto?

¿Cuáles árboles no son visitados por animales y a qué cree que se deba?

¿Le gustaría a usted que en la finca hubiera más animales o aves? ¿Qué haría para esto?

Percepción sobre servicios ecosistémicos

¿Usted cree que los árboles ayuden al café? Si ____ No ____ ¿Porqué?

¿Habría árboles que sirvan más para tener agua? Si ____ No ____ ¿Cuáles serían?

¿Habría árboles que sirvan más para cuidar al suelo? Si ____ No ____ ¿Cuáles serían?

¿Usted cree que sus suelos hayan cambiado de unos años para acá? Si ____ No ____ ¿Por qué?

¿Ve alguna diferencia entre el suelo debajo de diferentes arboles o donde el café esta sin árboles? ¿Porqué?

¿Cómo le gustan más a usted las fincas? (paisaje)

En el entorno de la finca ¿qué actividades afectan a su salud? _____

¿a la cantidad de animales? _____

¿a los bosques? _____

¿al agua? _____

¿al aire? _____

¿a los suelos? _____

¿Qué puede hacer usted o su comunidad para remediar los problemas antes dichos?

¿Considera usted que la forma en que cultiva es amigable con el ambiente? Si ____ No ____

¿Por qué?

¿Considera usted que la forma en que la comunidad cultiva es amigable con el ambiente?

Si ____ No ____ ¿Por qué?

6.4 Anexo 4: Formato de encuesta para la generalización del conocimiento local

En el desarrollo de las entrevistas de compilación del conocimiento local se detectaron temas importantes de estudiar con mayor profundidad, tales como:

1. Utilidad del poró (*Erythrina poeppigiana*). Esta leguminosa es la principal especie usada como sombra en los sistemas agroforestales del CBVCT, sin embargo es común que se maneje bajo podas muy severas, además se encontró que los productores orgánicos hablaron sobre fijación biológica del nitrógeno, por lo tanto se decidió preguntar en las encuestas: razones de uso del poró, razones para realizar la poda severa e información sobre fijación de nitrógeno.
2. Conservación, erosión y fertilidad de suelos. En las entrevistas, los informantes clave manifestaron una disminución de la fertilidad de los suelos en los últimos años, por lo que se preguntó: razones de cambio en los suelos, así como interacciones con 3 especies que manifestaron perjudicaban al suelo (*Cordia alliodora*, *Yucca elephantipes* y *Bactris gasipaes*).
3. Efecto en los suelos del uso de herbicidas.
4. Arvenses: atributos de arvenses benéficas.
5. “Gotera”. Este proceso se ha reportado en trabajos anteriores de conocimiento local, por lo tanto se decidió indagar en qué cuales son las características de los árboles que la provocan y en cuál es la consecuencia de este proceso.
6. Polinización: cómo aumentarla en un sistema agroforestal de café
7. Cambio climático: cómo ha cambiado el clima, qué consecuencias provoca y cuáles han sido las formas de adaptar al cafetal.

Se determinó el tamaño de la muestra en la cuál se aplicaría la encuesta, con base en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N - 1) \beta^2 + \sigma^2}$$

μ

N = Total de la población
 σ^2 = varianza
 N = tamaño de la población
 β = error de estimación (10%)
 μ = nivel de confianza al 95%

Esto dio una $n=93$, para la cual se desarrollo el siguiente formato de encuesta que fue aplicado en poblados donde el cultivo de café tiene importancia a través de la metodología de bola de nieve:

Encuesta de generalización de conocimiento local entre caficultores del CBVCT

Nombre: _____ Edad: ____ Género: __
 Localidad: _____ Distrito: _____
 N _____ W _____ msnm: _____

Área finca: _____ Superficie café: _____ Superficie otros cultivos _____
 ¿Disminuyo café? No__ Si__ ¿cuánto? _____ ¿Porqué cultivo? _____
 Certificación _____ ¿Recibe capacitaciones? No__ Si__ ¿De quién? _____
 Grado de estudios: Primaria__ Colegio__ Bachiller__ Otra: _____

1. PORO

¿Por qué la gente usa poró en los cafetales? Mejora fertilidad _____ “Orgánico” _____
 Da nitrógeno _____ Mantiene humedad _____ Otra _____

¿Qué cree que pase si no “descumbra” el poró? Nada _____ Más “orgánico” _____
 Mucha humedad _____ Mas enfermedades _____ Menos “monte” _____
 Menos café _____ Más aves _____ Otra _____

¿Supo explicar qué es fijación de nitrógeno? No _____ Si _____
 ¿Qué plantas fijan nitrógeno? Todas _____ Sólo el poro _____ Leguminosas _____
 Las que tienen frutos de vaina _____ Otra: _____

2. SUELOS (conservación, erosión y fertilidad)

Además del poró ¿hay otros árboles que le sirvan al suelo? Si _____ No _____

¿Cree usted que el “itabo”, “laurel” y el “pejibaye” afecten al suelo?

Laurel Si ___ No ___ Itabo Si ___ No ___ Pejibaye Si ___ No ___

¿Cómo lo afectan? “Quitan lo fértil” ___ Acidifican ___ “Lo ponen duro” ___ Otra ___

¿Cómo son las raíces de los árboles que ayudan al suelo? No sabe _____

Profundas _____ Húmedas _____ Suaves _____ Cortas _____

Fijan nitrógeno _____ Otra _____

¿Ha visto que los suelos cambien? No _____ Si _____

¿Cómo han cambiado? Menos fértiles _____ Más difícil de trabajarlos _____

Menos “orgánico” _____ Más “orgánico” _____ Erosionados _____ Otra _____

¿Qué es lo que hace que un suelo cambie? Muy trabajados _____ No se “palean” _____

“Venenos” _____ Menos “orgánico” _____ Raíces _____ Árboles _____ Erosión _____

Gotera _____ Otra _____

3. HERBICIDAS

¿Usted aplica “venenos”? Si _____ No _____

¿Ha notado algún problema con el “echar veneno”? No _____ Si _____

“Se endurecen” suelos _____ “Sale el monte más bravo” _____ “Se forma lanita verde” _____

“Mata vida del suelo” _____ “Mata raicitas blancas del café” _____ Contamina agua _____

Otra _____

4. ARVENSES

¿Usted cree que toda la maleza sea mala? Si _____ No _____

¿Cuáles serían diferencias? Uno es “más difícil” cortar _____ “Crece mucho” _____

“Ayuda al café” _____ Mantiene húmedo suelo _____ Atrae nemátodos _____

Evita erosión _____ Otra _____

¿Cómo sería una “planta buena”? Mantiene humedad _____ No compite con café _____

Se “corta fácil” _____ Se “seca sola” _____ No crece alto _____

No invade _____ Textura suave _____ Otra _____

5. GOTERA

¿Qué es lo que hace que el árbol tenga “gotera”? Altura _____ Tipo de hoja _____

Tamaño de hoja _____ Todo árbol “gotea” _____ Árboles no gotean _____

Otra _____

¿Qué hace la gotera? Tira granos del café _____ Tira flores del café _____

Provoca “ojo de gallo” _____ Erosiona suelos _____ Árboles “no gotean” _____

Otra _____

6. POLINIZACIÓN

¿Cree que la polinización sea importante en el café? Si _____ No _____

¿Qué aumenta la cantidad de abejas polinizadoras en café? No sabe _____

Cualquier árbol que “flore” _____ Distancia al bosque _____ Otro _____

7. CAMBIO CLIMÁTICO

¿Usted siente que el clima haya cambiado últimamente? Si _____ No _____

¿Cómo ha cambiado?

Más calor _____ Sol “más duro” _____ Más lluvia _____ Más “verano” _____

Menos calor _____ Sol “menos duro” _____ Menos lluvia _____ Menos “verano” _____

Otra _____

¿Cómo le afecta este cambio de clima al cafetal? No le afecta _____

Perjudica al café, mucha lluvia (“floreada loca”) _____ Más enfermedad _____

Beneficia al café, por el “verano” (“floreada” pareja) _____ Menos enfermedad _____

Árboles pierden hojas en meses que no lo hacían _____

¿De qué otra forma le afecta el cambio de clima?

No le perjudica _____ Difícil trabajar en campo (“calores y sol” más fuerte) _____

Frutas se dan en épocas diferentes a las habituales _____ Otra _____

¿Qué ha hecho usted para que el cambio climático no afecte al café?

Nada _____ Más sombra _____ Poda diferente _____ Otra _____

6.5 Anexo 5: Metodología para la comparación de fincas orgánicas y convencionales

Manejo del cultivo

Se preguntó con qué productos (tanto químicos como orgánicos) se realizan la fertilización, manejo de malezas, enfermedades y plagas; así como la cantidad de ocasiones que estas prácticas se realizan en un año.

Estructura del dosel de sombra

Estratos en cada sistema: visualmente se contaron cuántos estratos conformaban la parcela.

Densidad y riqueza de especies: Se contabilizaron e identificaron los árboles con un d.a.p. mayor a 10 centímetros.

Porcentaje de sombra: Se determinó por medio de un densiómetro esférico. Tomando lecturas en los cuatro rumbos cardinales de cinco puntos de la finca, a 1.2 m de altura para evitar la interferencia por las ramas de los cafetos y a 1 metro como mínimo del árbol más cercano. El densiómetro tiene 24 cuadros, en cada uno de ellos debe determinarse si están cubiertos por el dosel o no, esto nos dará la lectura por rumbo. El promedio de los 4 rumbos será la lectura por punto; y el porcentaje de sombra de la finca se obtuvo promediando las lecturas de los cinco puntos. Los 5 puntos donde se tomó lectura fueron las esquinas y el centro de la parcela temporal.

Cobertura de suelos y escala de erosión

Se cuantificó el porcentaje de cobertura de suelos considerando áreas cubiertas con hierbas de hoja ancha, zacates y hojarasca. Se siguió la metodología propuesta por Staver (2001) donde se cuantifica la cobertura en 200 puntos dentro de la parcela temporal de 1000 metros cuadrados, para posteriormente calcular el porcentaje.

Se evaluó la erosión mediante una escala Likert de 1 a 5 (Cuadro 11). Además se evaluó visualmente las prácticas de conservación de suelos: barreras vivas, barreras muertas y canales de desagüe.

Cuadro 11. Escala de erosión de suelos utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.

Valor	Nivel de erosión
1	No hay evidencias de erosión laminar o de surcos
2	No existen surcos activos, sólo algunas áreas de acumulación de material transportado en las partes bajas de la pendiente
3	Leve erosión laminar focalizada en algunos sectores. Áreas con acumulación de material erosionado y transportado en las partes bajas de las pendientes. Surcos de 1-5 cm
4	Moderada erosión laminar y/o en surcos; se observa áreas con depósitos de sedimentos. Surcos de 1-5 cm de profundidad presentes a distancias cortas
5	Alta erosión laminar con surcos en varias partes del cafetal. Surcos con una profundidad de 5-15 cm a distancias muy cortas

Rendimiento de café, crecimiento y apariencia del cultivo

Se determinó la densidad de de cafetos por hectárea, por medio de la distancia existente entre hileras y plantas y se preguntó el rendimiento de café por hectárea que se tiene. Además, se utilizaron escalas para determinar la apariencia y el crecimiento del cultivo (Altieri y Nicholls 2002) (Cuadro 12 y Cuadro 13).

Cuadro 12. Escala de apariencia del cultivo utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.

Valor	Nivel de apariencia
1	Cultivo clorótico o descolorido con signos severos de deficiencias de nutrimentos
5	Cultivo verde claro con algunas decoloraciones
10	Follaje verde intenso sin signos de deficiencia

Cuadro 13. Escala de crecimiento del cultivo utilizada para determinar el impacto de prácticas de manejo en fincas cafetaleras.

Valor	Nivel de crecimiento
1	Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas
5	Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con tallas y ramas aún delgados
10	Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes

Formato datos de campo

Nombre: _____ **Teléfono:** _____ **Sup. finca:** _____ **Sup. Café:** _____
Localidad: _____ **Distrito:** _____ **GPS N** _____ **W** _____
msnm
Densidad _____ (o distancia entre hileras y plantas) **Rendimiento** _____

Manejo del cultivo

Fertilización _____

“Malezas” _____

Enfermedades y plagas _____

Diversidad arbórea en 1000 m²

Especie	dap	Altura			Comentario
		menor a 5	entre 5 y 10	mayor a 10 m	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
.....					

Porcentaje de sombra

Lectura de puntos					Promedio
Punto 1					
Punto 2					

Punto 3					
Punto 4					
Punto 5					
PROMEDIO					

Comentarios:

ESTRATO PREDOMINANTE: _____

COBERTURA DE SUELOS		Total
Hojarasca		
Suelo desnudo		
Hoja ancha		
Hoja angosta		

Escala de apariencia del cultivo: 1 _____ 5 _____ 10 _____

1. Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrientes
5. Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones
10. Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia de nutrientes

Escala de crecimiento del cultivo: 1 _____ 5 _____ 10 _____

1. Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas
5. Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados
10. Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes

Escala de erosión: 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____

Barrera viva _____ **Barrera muerta** _____ **Hojarasca** _____ **Canal de desagüe:** _____

6.6 Anexo 6: Comparación de fincas de café orgánicas y convencionales en el CBVCT

Para determinar la relación entre el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de los cafeticultores del CBVCT y el impacto del manejo en las fincas sobre la provisión de estos servicios se estudiaron 22 fincas (11 certificadas orgánicas y 11 convencionales) donde se preguntó sobre el manejo de la plantación y se cuantificó la estructura del dosel de sombra (densidad y riqueza de especies, así como porcentaje de sombra), la cobertura de suelos, así como la erosión de suelos y el crecimiento y apariencia del cultivo por medio de escalas (Anexo 5).

El rendimiento de café por hectárea fue significativamente mayor en las fincas convencionales respecto a las orgánicas; sin embargo la cobertura de suelos y el porcentaje de cobertura arbórea fueron mayores en las fincas orgánicas (Cuadro 8). El rendimiento de café por hectárea se correlaciona positivamente con el crecimiento del cultivo, las aplicaciones de herbicida y las de fertilizante químico; mientras que la riqueza de especies arbóreas y el número de deshierbes manuales se correlacionan negativamente (Cuadro 9).

Se contabilizó la cantidad de enunciados unitarios (EU) pronunciados por los finqueros, así como el porcentaje de estos correspondientes al tipo causales, los cuales demuestran explicación del conocimiento local (ECL); con base en esto se determinó el Índice de Conocimiento Local (ICL). Se encontró diferencia significativa ($p=0.0018$) entre el conocimiento local de los productores orgánicos y convencionales.

Se comparó el impacto de las fincas en la provisión de servicios ecosistémicos bajo manejo orgánico y convencional. Esto se realizó contabilizando la riqueza de especies arbóreas (R spp.), la densidad de árboles en 1000 metros cuadrados, el porcentaje de sombra de la cobertura arbórea y el porcentaje de cobertura de suelos. Además se comparó el conocimiento entre estos dos tipos de productores de acuerdo a los enunciados unitarios (EU), la explicación del conocimiento local (ECL) y los tres índices elaborados (ICL, ICL sombra e ICL suelo) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación entre el impacto del manejo en las fincas y el conocimiento local de los finqueros.

Finca	Tipo	R spp.	Densidad	% sombra	ICL sombra	% suelos	ICL suelo	E.U.	E.C.L.	I.C.L.
RSC	Org	3	34	97.21	0.12	96	0.10	14	85.71	0.18
WSR	Org	2	20	39.51	0.78	100	0.57	58	93.10	0.83
VHR	Org	5	42	88.89	0.41	94	0.10	27	88.88	0.37
ACU	Org	5	43	60.78	0.84	100	0.38	42	85.71	0.56
FOT	Org	7	36	40.19	0.94	96	1.00	73	89.04	1.00
ACS^ص	Org	5	33	74.22		90				
CCC^ص	Org	3	52	43.35		100				
MCC^ص	Org	4	43	52.42		90				
JFN	Org	5	78	90.65	1.00	100	0.19	48	75.00	0.56
AMV	Org	4	65	80.97	0.75	96	0.43	55	90.90	0.77
MTC	Org	10	86	45.51	0.84	98	0.52	41	58.53	0.37
JCa	Con	3	19	35.34	0.25	88	0.29	17	47.06	0.12
JAS	Con	2	66	49.60	0.66	68	0.19	36	69.44	0.38
FLo	Con	4	22	33.40	0.37	48	0.29	19	73.68	0.22
CHH	Con	5	45	45.80	0.34	92	0.33	21	90.48	0.29
PNo	Con	6	30	64.50	0.12	98	0.24	0	0.00	0.00
JBS^ص	Con	9	12	22.91		82				
RAS^ص	Con	1	7	20.52		76				
MAA	Con	3	27	5.01	0.12	78	0.14	4	100.00	0.06
FMa	Con	2	29	3.85	0.44	70	0.33	24	83.33	0.31
ESO	Con	1	35	6.46	0.12	88	0.05	4	50.00	0.03
JRC	Con	3	24	85.80	0.66	84	0.29	27	62.96	0.26

^ص En estas fincas no fue posible realizar entrevistas, por lo que sólo se presentan los datos tomados en las parcelas