CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Tropical Agricultural Research and Higher Education Center

PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, 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 Agroforestería Tropical

Por

Nina Duarte Silveira

Turrialba, Costa Rica, 2005

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

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

FIRMANTES:

Tamara Benjamín Ph.D.
Consejera Principal

Francisco Jimenez Dr.Sc.
Miembro del Comité Consejero

Elias De Melo M.Sc.
Miembro del Comité Consejero

Glenn Galloway Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado

Nina Duarte Silveira
Candidata

DEDICATORIA

A mí eterna y amada hermana Candida…

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer primeramente a todos los productores y productoras de la microcuenca del río Sesesmiles, Copán Ruinas, por su amabilidad y belleza de ser, los cuales tornaron el trabajo mucho más especial y placentero.

Al Programa FOCUENCAS II que me ha dado la oportunidad de esta investigación, al equipo de trabajo del Programa en Copán Ruinas, Josué León, a la MANCOSARIC y a la Municipalidad de Copán Ruinas, por el apoyo brindado.

A la querida consejera Tamara Benjamín, por su siempre estimulante apoyo.

A los miembros del comité, Francisco Jimenez y Elías de Melo, por sus importantes aportes.

Al profesor José Gobbi, siempre disponible y entusiasmado, para aclarar las eternas dudas económicas existenciales.

Al profesor Gustavo Lopez por su disponibilidad y aportes en la parte estadística.

A todos los trabajadores del CATIE, principalmente al personal de la biblioteca y las secretarias de la Escuela de Postgrado y Departamento de Agroforestería.

A los amigos de la promoción 2004, cómplices de intensas alegrías y desesperaciones, especialmente a Karim Musalem.

A mis padres queridos, Telma y Pedro, a quienes debo todo lo que soy, y al amado compañero de todas las horas, Inty Arcos.

BIOGRAFÍA

La autora nació en Río de Janeiro, Brasil en 1977. Obtuvo el título de Ingeniería Forestal en la Universidad Federal Rural del Río de Janeiro en 2003.

Ha participado en proyectos de desarrollo agroforestal en Paraty, Río de Janeiro, como el Proyecto "Desarrollo de sistemas alternativos para la recuperación de áreas degradadas y generación de ingresos en comunidades tradicionales en las zonas de amortiguamiento de unidades de conservación del Bosque Atlántico" actuando más específicamente en el sub-proyecto, responsable por la implantación y monitoreo de Unidades Experimentales de sistemas agroforestales en propiedades familiares. También ha participado en la implementación del proyecto de Agroecoturismo en comunidades rurales de Paraty/RJ.

Realizó investigación en sistemas agroforestales con la EMBRAPA en el proyecto "Desarrollo de sistemas agroforestales para la recuperación y sostenibilidad de áreas del Bosque Atlántico", en el cual fueron originadas tres publicaciones sobre evaluación de crecimiento de árboles y aporte de nutrientes en hojarasca de diferentes tipos de manejo de sistemas agroforestales diversificados.

CONTENIDO

DEDICATORIA ..... **III**
AGRADECIMIENTOS ..... **IV**
BIOGRAFÍA ..... **V**
CONTENIDO ..... **VI**
RESUMEN ..... **VIII**
SUMMARY ..... **IX**
ÍNDICE DE CUADROS ..... **X**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XII**
1 INTRODUCCIÓN **1**
1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO 1
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO 3
1.2.1 Objetivo general ***3***
1.2.2 Objetivos específicos ***3***
1.3 PREGUNTAS ORIENTADORAS 3
2 MARCO CONCEPTUAL **4**
2.1 LA SOSTENIBILIDAD 4
2.2 SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ MULTIESTRATO 6
2.2.1 Sostenibilidad ecológica de los sistemas agroforestales de café multiestrato ***7***
2.2.2 Sostenibilidad socioeconómica de los sistemas agroforestales de café multiestrato ***10***
2.3 MARCOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN 12
3 LITERATURA CITADA **19**
4 ARTICULO 1 ..... **27**
4.1 RESUMEN 27
4.2 INTRODUCCIÓN 29
4.3 METODOLOGÍA 30
4.3.1 Descripción del área de estudio ***30***
4.3.2 Muestreo de fincas de café para la tipificación ***33***
4.3.3 Recopilación de información socioeconómica y ecológica ***34***
4.3.4 Análisis de la información ***35***
4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36
4.4.1 Caracterización de los tratamientos identificados de fincas de café ***36***
4.4.2 Agrupamiento de las fincas ***39***
4.5 CONCLUSIONES 53

4.6 RECOMENDACIONES 54
4.7 LITERATURA CITADA 55

5 ARTICULO 2 59
5.1 RESUMEN 59
5.2 INTRODUCCIÓN 61
5.3 METODOLOGÍA 62
5.3.1 Descripción del área de estudio 62
5.3.2 El análisis de sostenibilidad 63
5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 74
5.4.1 El análisis de las dimensiones de la sostenibilidad 74
5.4.2 Evaluación participativa de los resultados 91
5.4.3 Integración de los resultados e indicadores 95
5.5 CONCLUSIONES 101
5.6 RECOMENDACIONES 103
5.6.1 Sobre los sistemas de producción de café de la microcuenca 103
5.6.2 Sobre la metodología de análisis de sostenibilidad 105
5.7 LITERATURA CITADA 106

6 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ 114
6.1 INTRODUCCIÓN 114
6.2 DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS DE LA SOSTENIBILIDAD 115
6.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE SERÁ EVALUADO 116
6.4 SELECCIÓN DE INDICADORES ESTRATÉGICOS 117
6.5 MEDICIÓN Y MONITOREO DE INDICADORES 119
6.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 121
6.7 INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS 121
6.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 124
6.9 LITERATURA CITADA 124

7 ANEXOS 126

RESUMEN

El manejo sostenible de agroecosistemas se ha convertido en uno de los objetivos a alcanzar por parte de las políticas agro-forestales en muchos países y principalmente en el manejo integrado de cuencas hídricas. Sin embargo, para tornar el concepto de sostenibilidad más operativo y aplicable, es necesario desarrollar un marco de evaluación que caracterice e identifique los principales problemas, potenciales y tendencias de los agroecosistemas con relación a la sostenibilidad. El propósito de este estudio fue analizar participativamente la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de fincas pequeñas y grandes productoras de café en sistemas agroforestal orgánico y convencional en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Fueron estratificadas 50 fincas según el tamaño del área con café y el tipo de sistema de producción. Se tomaron datos socioeconómicos a través de entrevistas semiestructuradas. Los datos ecológicos fueron medidos en parcelas de café a través de metodologías específicas según la variable medida. Se realizaron los análisis de conglomerados para el agrupamiento de fincas y el Discriminante Canónico para identificar las variables que explican la discriminación. Para analizar la sostenibilidad de las fincas, se utilizaron 24 indicadores sociales, económicos y ecológicos. Se construyeron índices de 0 a 10 para cada indicador a partir de valores referencias y se calcularon índices de sostenibilidad social, económica y ecológica para cada finca y para cada tratamiento. Se identificaron tres grupos de fincas estadísticamente distintos (pequeños orgánicos- PO, pequeños convencionales- PC y grandes convencionales GC). Las principales variables que influyen en las diferencias entre las fincas fueron: área de café, relación costo/beneficio, costo de producción, margen bruto/ha, consenso social, precio y diversidad de *Simpson y Shannon*. El tratamiento PO presentó mayor sostenibilidad socioeconómica y ecológica que el sistema convencional debido a los mayores valores encontrados en los indicadores: auto-consumo, precio del café, acceso al mercado, tratamiento del agua miel, y por el uso de prácticas de conservación en el manejo del cafetal. Los GC presentaron menor sostenibilidad socioeconómica debido al alto costo total de producción de café y la dependencia hacia insumos externos y ecológicamente, debido a la compactación, baja densidad de lombrices en el suelo y la baja diversidad florística de la finca de café. Las mayores debilidades del tratamiento PC son el bajo nivel de participación y organización, los cuales influyen en los bajos niveles de sostenibilidad de otros indicadores socioeconómicos (consenso social, acceso al mercado, precio del café, margen bruto/ha). El análisis de sostenibilidad permitió establecer indicadores prácticos, capaces de caracterizar la sostenibilidad de diferentes sistemas de manejo del café e identificar los elementos críticos o amenazas a la sostenibilidad de los sistemas, los cuales fueron traducidos en recomendaciones para el desarrollo sostenible de la actividad cafetalera en la microcuenca.

SUMMARY

Sustainable agroecosystem management has become one of the main objectives of agroforestry and integrated watershed management policies in many countries. However, a more operative and practical concept is needed to develop an evaluation approach related to the identification of problems, potential and tendencies related to sustainability. The main objective of the study was to analyze, in a participative manner, the socio-economic and ecological sustainability of agroforestry coffee farms in organic and conventional systems in the microwatershed of Sesesmiles River in Copan, Honduras. A total of 50 farms were stratified according to the size of coffee areas and by production systems. Socioeconomic data was collected through the use of semi-structured interviews. Ecological information was measured in coffee lots through specific methodologies depending on measured variables. A cluster analysis was used to group farms and Canonic Discrimination was applied to identify discriminating variables that explain such discrimination. Twenty four social, economic, and ecological indicators were used to analyze farm sustainability. An index from 0 to 10 was used for each indicator depending on the different reference values. Social, economical, and ecological sustainability indexes were calculated for each farm and production systems. Three different groups of farms were statistically identified (small organic SO, small conventional SC and large conventional LC). The main variables that influence farm differences were: size of coffee areas, cost/benefit relations, production costs, gross margin per ha, social consensus, price, and Simpson and Shannon diversity indices. SO farms showed higher socioeconomic and ecological sustainability in comparison to conventional systems. LC farms presented lower socioeconomic sustainability and higher coffee production costs. The SC production systems major weaknesses were low participation and organization, which influenced sustainability levels for other socioeconomic indicators. The sustainability analysis allowed for the establishment of practical indicators, characterization of coffee management systems and identification of critical elements or threats to sustainability. Critical elements were translated into sustainable development recommendations for coffee activities in the microwatershed.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas metodológicas para la evaluación de la sostenibilidad de agroecosistemas, en el enfoque MESMIS y MARPS. 14

Cuadro 2. Distribución de uso del suelo en la subcuenca del río Copán, Honduras, 2000. ... 32

Cuadro 3. Criterios de selección del tamaño de la muestra para la tipificación de fincas de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005..... 34

Cuadro 4. Comparación entre los tres conglomerados a través del ANDEVA y prueba de *Duncan* para todas las variables estudiadas, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 41

Cuadro 5. Variables de mayor poder de discriminación entre los grupos de fincas conformados, datos estandarizados con las varianzas comunes, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. 52

Cuadro 6. Descripción de los sistemas de manejo de cultivo de café evaluados en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005..... 64

Cuadro 7. Indicadores socioeconómicos y ecológicos utilizados en el análisis de sostenibilidad, sus respectivos atributos y descriptores, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 66

Cuadro 8. Escala Likert para la medición de evidencias de procesos erosivos microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 69

Cuadro 9. Criterios utilizados para definir el tamaño de la muestra de plantas de café, para el indicador de sanidad del cultivo, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005..... 70

Cuadro 10. Niveles críticos de incidencia de enfermedades en el café, utilizados para determinar el indicador de sanidad de cultivo, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 70

Cuadro 11. Categorización de un indicador único para la sanidad del cultivo de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005 71

Cuadro 12. Escala de puntuación para el beneficiado del café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 72

Cuadro 13. Escala de valoración del nivel de sostenibilidad, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 72
Cuadro 14. Comparación de indicadores económicos en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 74
Cuadro 15. Comparación de indicadores sociales en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 79
Cuadro 16. Comparación de indicadores ecológicos en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 82
Cuadro 17. Resumen de indicadores de sostenibilidad económica, ecológica y social, cuyos valores presentaron diferencias estadísticas significativas en los tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 90
Cuadro 18. Resumen de indicadores de sostenibilidad económica, ecológica y social, cuyos valores presentaron diferencias estadísticas no significativas en los tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 91
Cuadro 19. Comparación del nivel de sostenibilidad entre los tres sistemas de producción de café para las tres dimensiones de la sostenibilidad, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras, 2005. 96
Cuadro 20. Diferentes niveles de ponderación del índice de sostenibilidad (IS) para los tres tratamientos de fincas de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras, 2005. 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subcuenca del Río Copán, su ubicación en el contexto regional y la ubicación de la microcuenca del Río Sesesmiles. 31

Figura 2. Dendrograma de agrupación de las 50 fincas de café muestreadas en tres conglomerados distintos, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, CATIE, 2005. 40

Figura 3. Porcentaje de incidencia de enfermedades y densidad de árboles en los conglomerados de fincas cafetaleras de la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 44

Figura 4. Cobertura muerta del suelo e índices de diversidad Margalef, Simpson, Shannon y Uniformidad para cada conglomerado de fincas de la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 46

Figura 5. Densidad de lombrices y litros de pesticidas y herbicidas utilizados en la finca para los tres conglomerados, GC= grandes convencionales, PC= pequeños convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. I = Error estándar. 47

Figura 6. Costos y beneficios con la producción de café para los tres conglomerados: GC= grandes convencionales, PC= pequeños convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. I = Error estándar. 49

Figura 7. Representación de la distribución de la fincas por tratamientos de acuerdo a todas las variables utilizadas en el estudio, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. En donde los tratamientos son: POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, GC= grandes convencionales. 51

Figura 8. Representación de la distribución de las fincas por tratamientos (POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, GC= grandes convencionales) de acuerdo a las ocho variables de mayor poder discriminante, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. 52

Figura 9. Esquema metodológico utilizado para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agroforestales con café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. 63

Figura 10. Esquema de muestreo de evidencias de procesos erosivos en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. 69

Figura 11. Integración de los indicadores económicos para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO = pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 78

Figura 12. Integración de los indicadores sociales para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 81

Figura 13. Diagrama radial de integración de los indicadores ecológicos para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO = pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005. 85

Figura 14. Representatividad porcentual de los principales problemas de la caficultura local identificados por los productores pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005..... 92

Figura 15. Representatividad porcentual de los principales problemas de la caficultura local identificados por los productores pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005..... 93

Figura 16. Dendrograma de agrupación de los indicadores correlacionados entre si, utilizados en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agroforestales de café microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, CATIE, 2005. Línea de corte= 0,55. 98

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación e importancia del estudio

La evidente crisis de insostenibilidad socioambiental en que se encuentran actualmente muchas comunidades, se caracteriza por la degradación acelerada de los recursos naturales, el aumento de la población y la pobreza rural (Marcon y Sorrentino 2002, CATIE 2004). La deforestación, los incendios, la sobreexplotación y las prácticas agropecuarias no conservacionistas, han sido unas de las principales causas de esta crisis, que ha conllevado a serios conflictos socio ambientales y a la degradación de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas (CATIE 2004).

En Honduras, también se percibe trazas de la crisis de insostenibilidad en que se encuentra algunas regiones, entre ellas la subcuenca del Río Copán. Uno de los principales problemas ambientales de esta subcuenca, es la degradación de los recursos suelo, agua y biodiversidad, debido a las actividades agrícolas frecuentemente poco sostenibles, que no hacen el uso de prácticas conservacionistas, como por ejemplo la aplicación de agroquímicos y el mantenimiento de la cobertura del suelo (Otero 2002).

En esta región está ubicada la microcuenca del Río Sesesmiles, que es una zona donde uno de los usos de la tierra más representativo es la producción de café y también una de las microcuencas prioritarias para el desarrollo de estudios en el Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas (FOCUENCAS II) (Guillén 2002, Otero 2002, MANCOSARIC 2003). En la microcuenca se observan grandes y pequeñas fincas cafetaleras, las cuales cultivan el café bajo la sombra de diferentes especies, en sistema orgánico o convencional, los cuales afectan socioeconómica y ambientalmente las comunidades y los recursos naturales de la cuenca (MANCORSARIC 2003).

Delante de esta coyuntura y considerando que el manejo integrado de cuencas busca identificar y desarrollar sistemas alternativos de producción sostenibles que puedan reducir las pérdidas y contaminaciones de los recursos naturales, así como promover el desarrollo socioeconómico de las comunidades, se torna indispensable evaluar los efectos que los sistemas productivos de café tienen sobre la base de recursos de la cuenca (Ehlers 1996, Ramakrishna 1997).

Los sistemas agroforestales de café, cuando son manejados de forma adecuada, pueden aportar con alternativas eficientes de uso de la tierra, debido a la capacidad de optimizar los

efectos benéficos de las interacciones que ocurren entre los componentes arbóreos y el café, aprovechando al máximo el rendimiento total de un área, disminuyendo el uso de agroquímicos, reduciendo la contaminación de los recursos agua y suelo, y la pérdida de biodiversidad (Nair 1983, Salvesen 1996, EMA 1999, Reijntjes *et al.* 1999, Leal y Navas 2000, Altieri 2002). De esta manera, la caficultura orgánica se fundamenta en la conservación y mejoramiento de las condiciones ecológicas y socioeconómicas del agroecosistema y de los productores, para lograr la sostenibilidad de la producción a lo largo plazo (Boyce *et al*. 1993, Sosa *et al.* 2004, Borin y Pimentel 2003).

Sin embargo, la información que se dispone sobre estos efectos y la sostenibilidad que presentan dichos agroecosistemas en la región, es casi nula. Por lo tanto, es de gran importancia comprender y evaluar las potencialidades y limitaciones que brindan los sistemas de producción de café agroforestal, convencional y orgánico, y sus contribuciones al manejo sostenible de la cuenca (Macedo y Camargo 1994). La información generada también juega un rol importante de retroalimentación para la elaboración de programas de extensión agroforestal, estrategias del Plan de Manejo en la región, además de aportar en la toma de decisiones de los productores involucrados.

No obstante, la gran discusión a cerca de la sostenibilidad se dirige a la construcción de metodologías y selección de indicadores que aborden las dimensiones social, económica y ambiental y que permitan evaluar los diferentes niveles de sostenibilidad de los agroecosistemas, plasmando el concepto de sostenibilidad en la evaluación de las características del agroecosistema (Bossel 1999, Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2002, Ribeiro 2003). Por ser la evaluación un proceso cíclico que busca fortalecer los sistemas de manejo, así como la metodología desarrollada, el presente estudio estará aportando en la generación de una metodología de análisis de sostenibilidad de sistemas de producción que puede ser replicada y adaptada en posteriores evaluaciones de otras cuencas previstas dentro del marco de acción del programa FOCUENCAS II.

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo general

Analizar participativamente la sostenibilidad socioeconómica y ecológica en sistemas agroforestales de café, en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar la tipificación de fincas cafetaleras en la zona media alta de la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras;

2. Medir mediante indicadores y analizar la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de fincas pequeñas y grandes productoras de café en sistema agroforestal orgánico y convencional en la zona alta y media de la microcuenca;

3. Proponer una metodología para evaluar sostenibilidad socioeconómica y ecológica que se pueda adaptar a otras regiones del proyecto FOCUENCAS.

1.3 Preguntas orientadoras

- ¿Las características socioeconómicas y ecológicas de las fincas cafetaleras difieren con el tamaño de la finca y el sistema de manejo de la producción de café?
- ¿La sostenibilidad social, basada en los indicadores utilizados, es mayor en fincas grandes convencionales que en fincas pequeñas orgánicas y convencionales?
- ¿La sostenibilidad económica, basada en los indicadores utilizados, es mayor en fincas de café grandes convencionales que en fincas pequeñas orgánicas y convencionales?
- ¿La sostenibilidad ecológica, basada en los indicadores utilizados, es mayor en pequeñas fincas productoras de café orgánico que en fincas convencionales pequeñas y grandes?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 La sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad surgió en la década de 80, originado por la necesidad de cambiar el modelo de uso de los recursos naturales y por la búsqueda de una nueva forma de desarrollo de la sociedad (Deponti *et al.* 2002). La primera definición internacionalmente reconocida, creada por la Asamblea de las Naciones Unidas en 1987, asocia la sostenibilidad al desarrollo: ¨aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades¨ (Brundtland 1987). Desde la Cumbre de la Tierra, en 1992, el manejo sostenible de agroecosistemas se ha convertido en uno de los objetivos a alcanzar por parte de las políticas forestales y agrícolas en muchos países. Sin embargo, aún no se ha logrado un consenso en su significado exacto u operacional, debido a que el concepto de sostenibilidad puede variar a través del tiempo y tener un diferente significado para cada persona (Rigby y Cáceres 2001, Rigby *et al.* 2001).

La sostenibilidad de la agricultura puede ser definida como la capacidad de un agroecosistema de mantener la calidad y cantidad de los recursos naturales a medio y largo plazo, conciliando la productividad agrícola con la reducción de los impactos al medio ambiente y atendiendo a las necesidades sociales y económicas de las comunidades rurales (Brown *et al.* 1987 citado por Zinck *et al.* 2004, FAO 1989). Otra definición redactada por organizaciones no gubernamentales en la conferencia de Río, define la agricultura sostenible como un modelo de organización social y económica basado en una visión equitativa y participativa del desarrollo, que es ecológicamente segura, económicamente viable, socialmente justa y culturalmente apropiada. Aunque existan innumerables definiciones de sostenibilidad, la mayoría de estas reportan que el concepto aborda tres dimensiones: ambiental, económica y social (Deponti *et al.* 2002, Zinck *et al*. 2004).

Desde el punto de vista ambiental, un agroecosistema puede aumentar su sostenibilidad si el manejo que se realiza en el mismo conlleva a la optimización de los procesos naturales de los ecosistemas, tales como: 1) Disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes, lo que depende del suministro continuo de materia orgánica y de prácticas que aumenten la actividad biológica del suelo; 2) Protección y conservación de la superficie del suelo, a través de prácticas de manejo que minimicen la erosión y que conserven el agua y la capacidad

productiva del el suelo; 3) Preservación y conservación de la biodiversidad, la cual puede ser lograda con la diversificación de la composición de especies y con el aumento de la complejidad del arreglo estructural y temporal en el sistema. 4) Adaptabilidad y complementariedad en el uso de los recursos, lo que implica en el uso de variedades adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales y que respondan a un manejo bajo en insumos externos (Masera *et al.* 1999, Rigby *et al.* 2001, Altieri 2002).

Riechmann (2003) reporta que para lograr la sostenibilidad ambiental es imprescindible que las tasas de explotación de los recursos renovables sean iguales a las tasas de regeneración de estos recursos. Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a la capacidad natural de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos (lo cual implica emisión cero de residuos no biodegradables). Además, deben ser impulsadas las tecnologías que minimicen el uso de insumos no renovables (Rigby *et al.* 2001, Ronchi *et al*. 2002) y aumenten la productividad de los recursos frente a las tecnologías que incrementan la cantidad extraída de los mismos.

Desde el punto de vista económico, los agroecosistemas sostenibles son aquellos que presentan una producción rentable y estable a lo largo del tiempo, haciendo el uso eficiente de los recursos naturales y económicos, sin desperdicio (Masera *et al*. 1999, Rigby *et al.* 2001). Estos agroecosistemas deben ser robustos para enfrentar choques y dificultades socioeconómicas y ambientales, adaptables a estos cambios, así como capaces de recuperarse de estos, manteniendo su productividad (Masera *et al*. 1999). En este sentido, el grado de dependencia externa de la producción puede jugar un rol importante en la sostenibilidad de los sistemas. Según Conway (1998) la dependencia hacia recursos externos (tales como fertilizantes sintéticos y herbicidas) puede significar altos costos al productor y vulnerabilidad de la producción, principalmente porque los productores no pueden controlar los cambios en los precios o en el acceso a los insumos externos a la finca.

Complementariamente, desde la perspectiva social, los agroecosistemas deben poseer un nivel aceptable de dependencia a insumos y recursos externos, para poder controlar las interacciones con el exterior y responder a los cambios, sin poner en riesgo la continuidad de la producción. Deben buscar una división justa y equitativa de los costos y beneficios brindados por el sistema entre las personas o grupos involucrados (Rigby *et al.* 2001) y preocuparse por el rescate y protección del conocimiento tradicional sobre prácticas de manejo adaptadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas locales (Masera *et al.* 1999).

En este contexto, la institucionalidad también juega un rol muy importante en el sentido de que reduce la vulnerabilidad e inseguridad a través del establecimiento de una estructura que fortalece la interacción humana (Bastiaansen 2002, Prins 2004). La institucionalidad puede facilitar procesos de coordinación y cooperación entre los actores humanos, que impulsan la capacidad de convergir objetivos, potencialidades, concertar la percepción de la problemática local y de una visión común del desarrollo. En este sentido, el fortalecimiento de las organizaciones es necesario para mejorar la capacidad de participación, negociación, formulación de propuestas y administración de recursos para la gestión del desarrollo sostenible local (Carnea 1993, Bastiaansen 2002, Prins 2004).

2.2 Sostenibilidad de los sistemas agroforestales de café multiestrato

En su estado silvestre, el café (*Coffea spp*.) es un arbusto que crece en el estrato inferior de los bosques húmedos, en un hábitat umbrófilo, es decir, necesita la sombra de numerosos árboles. Los sistemas agroforestales de café bajo sombra multiestrato son sistemas de manejo agrícola, en el cual existen varios estratos o niveles de altura. Frecuentemente el estrato alto es conformado por árboles maderables (*Cedrela odorata, Cordia alliodora*, etc.), seguidos por especies frutales (*Persea americana, Citrus sp*., etc.), en el medio se encuentra el cafeto y el estrato bajo está compuesto por coberturas vivas, tales como *Arachis pinthoi* y *Koelrenteria paniculata* (flor la china) (Salvesen 1996, Bolaños 2001, FNCC 2004).

Sin embargo los sistemas multiestratificados de café pueden estar regidos por diferentes sistemas de manejo, tal como el orgánico o convencional, tecnificado, tradicional, entre otras clasificaciones. El manejo convencional se basa en el uso de agroquímicos inorgánicos, tales como insecticidas, fertilizantes, herbicidas, entre otros, para lograr altas producciones por unidad de área. Frecuentemente este sistema de manejo viene asociado a la presencia de un dosel de sombra monoespecifica o de plantaciones a pleno sol. El uso excesivo de insumos como herbicidas, pesticidas y fertilizantes sintéticos conlleva a un bajo nivel de calidad ecológica de los agroecosistemas, debido a que generan contaminación del suelo, agua, animales, resistencia a plagas, erosión de suelos e intoxicación humana (Boyce *et al.* 1993).

La caficultura orgánica, se fundamenta en la conservación y mejoramiento de las condiciones ecológicas del agroecosistema, tal como la conservación de los recursos suelo, agua y biodiversidad, para lograr la sostenibilidad de la producción a largo plazo (Boyce *et al*.

1993, Sosa *et al.* 2004, Borin y Pimentel 2003). Los principales objetivos del sistema orgánico son eliminar la contaminación proveniente del uso de insumos sintéticos inorgánicos, utilizando recursos renovables en un sistema cerrado que busca mantener el reciclaje de nutrientes en el sistema; la diversidad genética; proveer hábitat para animales silvestres y tomar en cuenta el impacto socioeconómico del agroecosistema (Sosa *et al*. 2004). Por lo tanto el sistema orgánico se caracteriza por el uso de insumos producidos muchas veces con materiales de la propia finca, y por el uso intensivo de mano de obra en el manejo del cafetal (Boyce *et al*. 1993, Najera 2002, Sosa *et al.* 2004, Borin y Pimentel 2003).

Los sistemas agroforestales de café orgánico bajo sombra diversificada son frecuentemente presentados como sistemas de producción que pueden llenar muchos requisitos de la sostenibilidad, incluyendo aspectos ecológicos y socioeconómicos de los sistemas (Salvesen 1996, Reijntjes *et al.* 1999, Moguel y Toledo 2004, Saito 2004, Somarriba *et al*. 2004). Estos generalmente tienen como objetivo optimizar los efectos benéficos de las interacciones que ocurren entre los componentes arbóreos y los cultivos, aprovechando al máximo el rendimiento total de un área, a fin de obtener la mayor diversidad de productos, disminuir las necesidades de insumos externos y reducir los impactos ambientales (Nair 1983, Salvesen 1996, Reijntjes *et al.* 1999, Leal y Navas 2000).

2.2.1 Sostenibilidad ecológica de los sistemas agroforestales de café multiestrato

En los sistemas agroforestales de café multiestrato, la simple existencia de un componente arbóreo, trae numerosos efectos positivos sobre el reciclaje de nutrientes, fertilidad del suelo, sobre las características físicas del suelo (estructura, compactación) y control de procesos erosivos. Las raíces profundas de los árboles pueden absorber los nutrientes que se acumulan en el subsuelo y los retornar a la superficie en forma de hojarasca (Gotsch 1996, Schroth *et al.* 2001, Altieri 2002, Saito 2004). La hojarasca que se produce, forma una espesa capa de desechos orgánicos, reduciendo la evaporación, protegiendo el suelo de procesos erosivos y controlando la proliferación de hierbas invasoras (Salvesen 1996, Snoeck y Vaast 2004, Moguel y Toledo 2004). Sumado a esto efecto, la asociación de algunas especies de árboles con bacterias fijadoras y hongos micorrízicos, también pueden aumentar el aporte de nitrógeno y fósforo en el sistema y la disponibilidad de los mismos para la absorción de otras plantas (Vaz 2000, Ribaski *et al.* 2001, Schroth *et al*. 2001, Altieri 2002, Snoeck y Vaast 2004).

Plantaciones de café bajo sombra de *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana* pueden aportar de 15,7 – 17,2 t/ha/año de biomasa en forma de hojarasca y residuos oriundos de la poda de los árboles. Este aporte de biomasa significa en términos nutricionales, un promedio de 348 kg/ha/año de nitrógeno, 26 de fósforo, 213 de potasio y 285 de calcio (Glover y Beer 1986). Por lo tanto, la introducción de árboles complementarios en los cafetales puede contribuir para la fertilización, recuperación y conservación de suelos, así como en la reducción de costos de producción relacionados a la compra de fertilizantes. Bermúdez (1980) en un estudio realizado en Turrialba, Costa Rica, señala que el sistema agroforestal café-poró (*Erythrina sp.)* redujo perdidas de suelo en un 70-85% con respecto al cafetal a pleno sol, debido a la cobertura del suelo por el aporte de biomasa de la poda del poró. En donde las perdidas por erosión en el sistema bajo sombra fue de 0,058 t/ha en seis meses, mientras que en el sistema a plenos sol fue de 0,36 t/ha en el mismo periodo de evaluación.

La diversificación de cafetales además de aportar en la conservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo también contribuye para el incremento en la calidad del café (componentes aromáticos) y en la protección y conservación de la biodiversidad (Saito 2004, Sosa *et al.* 2004). La similitud estructural con los bosques naturales presentada por los cafetales multiestratos, brinda un gran potencial de conservación de la biodiversidad a estos agroecosistemas, en donde la diversidad vegetal y la mezcla de diferentes estratos juegan el rol fundamental de proveer condiciones para la sobrevivencia de diferentes animales y plantas (Schroth *et al*. 2001). En estas condiciones, también se puede observar mayor polinización, control biológico de plagas y enfermedades y conservación de hábitat para especies amenazadas de extinción (Salvesen 1996, Moguel y Toledo 1997, 2004).

Por ejemplo, investigadores del Centro de Aves Migratorias del Smithsonian, encontraron plantaciones de café bajo sombra diversificada con más de 150 especies de pájaros, número excedido solamente por los bosques tropicales primarios (Salvesen 1996). Adicionalmente, en términos de conservación de la diversidad florística, estudios realizados por Moguel y Toledo (2004) demuestran que una hectárea de café bajo sombra diversificada contiene entre 40 y 140 especies de plantas útiles, tanto para el uso familiar y local como para su venta en los mercados nacional e internacional.

Sin embargo, los sistemas agroforestales de café multiestrato pueden ser manejados de diferentes maneras e intensidades. Una de las principales diferencias entre el manejo orgánico y el convencional con relación a la sostenibilidad ecológica es el uso de agroquímicos, tales

como herbicidas, pesticidas y fertilizantes sintéticos. El uso de agroquímicos tóxicos puede causar innumeras impactos ecológicos en el agroecosistema. Estudios realizados en cafetales de Brasil han verificado que el uso de herbicidas a lo largo plazo causó la disminución de los niveles de materia orgánica en el suelo, aumentó de la densidad, compactación y desestructuración del suelo, generando erosión laminar y encostramiento superficial del suelo (Alcántara *et al*. 2003). El uso de herbicidas también tiene efecto de carácter biológico en el suelo, como se ha verificado por Dos Santos *et al*. (1999), en donde se encontró una mayor diversidad de fauna edáfica y densidad de lombrices en el sistema orgánico (145 a 309 ind./m^2) que en el convencional (3 a 40 ind. /m^2), probablemente debido al aporte de materia orgánica y no utilización de herbicidas en el sistema.

De esta manera, el control de malezas constituye una práctica que diferencia el sistema orgánico del convencional en términos de sostenibilidad ecológica. En el manejo orgánico el control es realizado manualmente y selectivamente, para mantener la cobertura del suelo proporcionada por especies benéficas, que no causan competencia con el café. Además no es permitido el uso de herbicidas y la eliminación total de la maleza, la cual deja el suelo expuesto a la ocurrencia de procesos erosivos (Sosa *et al*. 2004). En contraste, el manejo convencional realiza el control de malezas con el uso de herbicidas, el cual elimina todas las especies asociadas en el cafetal, sean árboles de regeneración o especies complementarias al café, además de causar diferentes niveles de contaminación en los recursos hídricos, la perdida de biodiversidad de la fauna edáfica y disminución de hábitat para animales silvestres que transitan por los cafetales (Rice y Ward 1997, Reijntjes *et al.* 1999, Wilson y Tisdell 2001, Saito 2004, Sosa *et al.* 2004).

Debido al no uso de fertilizantes de alta solubilidad, el sistema de manejo orgánico frecuentemente utiliza diferentes prácticas de manejo que buscan mantener la calidad del suelo, tales como el mantenimiento de la cobertura del suelo, barreras vivas o muertas, la presencia de árboles leguminosos para fertilización, elaboración y aplicación de abonos orgánicos, el control manual de maleza, control biológico de plagas y enfermedades, entre otras (Sosa *et al.* 2004). Uno de los aspectos más importantes en el manejo orgánico es la reposición al suelo de los nutrientes exportados con la cosecha del café, a través del aporte de materia orgánica proveniente de la poda de los árboles en el sistema (Sosa *et al.* 2004). Estudios sobre los efectos de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo han demostrado que el sistema de producción orgánica presentó mayores cambios positivos en las

características químicas del suelo, que el sistema convencional, disminuyendo la acidez y el Al intercambiable del suelo e incrementando los niveles de Ca, Mg, K, P, Zn, B, CTC (Theodoro *et al.* 2003). Por lo tanto, el manejo orgánico presenta un mayor potencial de mantenimiento de la capacidad productiva del suelo a lo largo plazo.

2.2.2 Sostenibilidad socioeconómica de los sistemas agroforestales de café multiestrato

Desde el punto de vista socioeconómico, los sistemas agroforestales de café bajo sombra diversificada presentan algunos requisitos de la sostenibilidad. En algunos de estos sistemas es posible aumentar las fuentes de ingresos (venta y auto-consumo) cuando se optimizan los efectos ecológicos y benéficos, proporcionados por la asociación del café con maderables y frutales (Salvesen 1996, Muschler 2004), los cuales representan un recurso extra durante épocas de precios bajos del café (Salvesen 1996, Hernandez *et al*. 1997, Saito 2004). Asimismo, el aumento de los ingresos, debido a la diversidad de rubros de producción asociados al café, puede significar también la mejoría de la calidad alimentaría de las familias rurales, en el sentido de mayor diversidad de alimentos consumidos. Al mismo tiempo, la producción puede ser comercializada, en un mercado diferenciado y más valorizado, por internalizar las externalidades positivas, como el secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad, suelo y agua.

Normalmente los rendimientos del cultivo de café por hectárea bajo sistemas orgánicos son menores en comparación con la producción convencional, la cual puede presentar una productividad superior al sistema orgánico en 10 a 50% (Sosa *et al.* 2004). Esto se debe principalmente al uso de agroquímicos para controlar los problemas de baja fertilidad del suelo e incidencia de enfermedades y plagas. Estas diferencias en la productividad del café entre los sistemas de manejo también fueron reportados por Sosa *et al.* (2004), en donde la producción convencional fue de 1.265 kg/ha mientras en las fincas orgánicas intensivas se alcanzó 870 kg/ha. También se ha reportado en Costa Rica, una productividad/ha 22% mayor (1.372 kg oro/ha) en fincas convencionales que en fincas orgánicas (1.062 kg oro/ha) (Lyngbaek *et al.* 2001); y en Nicaragua se verificó que la producción convencional fue 25,5% mayor (1.094 kg oro/ha) que la producción orgánica (815 kg oro/ha) (Zuñiga 2000).

El costo de producción en el sistema orgánico puede ser mayor principalmente debido al uso intenso de mano de obra para el control de malezas y fertilización (Saito 2004, Sosa *et al.* 2004). Sin embargo, el alto costo de mano de obra y la baja productividad relativa pueden

ser compensados con los menores costos relacionados a la compra de agroquímicos sintéticos y por el sobreprecio atribuido al café orgánico en el mercado (Sosa *et al.* 2004). El sobreprecio del café orgánico contribuye en la mayoría de los casos para la mayor rentabilidad financiera de la producción (Boyce *et al.* 1993, Rice y Ward 1997, Saito 2004). El precio por saco de 46 kg del café orgánico puede alcanzar un sobre precio de 40% (130 dólares) relativo al café convencional (52 dólares) (Sosa *et al.* 2004).

La rentabilidad de la producción orgánica se incrementa aún más cuando se analiza la situación a lo largo plazo, tomando en cuenta también la sostenibilidad ecológica del sistema en comparación a la producción convencional. En un estudio comparativo entre la producción de café convencional y orgánico, Boyce *et al*. (1993) reportan que la rentabilidad de la producción convencional de café en Costa Rica fue negativa, dejando perdidas de 42 dólares/ ha, mientras que para el sistema orgánico la rentabilidad fue positiva estimada en 35,4 dólares / ha. En el mismo estudio, cuando incluyen los costos provocados por externalidades ambientales, el sistema convencional de producción presentó una perdida total de 103,5 dólares/ha. Las perdidas se deben principalmente al alto costo de producción, bajos precios en el mercado y mayores costos ambientales originados por el sistema de producción convencional. En otro estudio sobre los costos de la producción convencional, se observó que el costo relacionado a la compra de insumos puede alcanzar de 9 a 31% del costo total de producción, variando con el nivel de productividad de la finca (Da Silva y Pereira 2001). Por lo tanto, aunque los sistemas de producción orgánica presenten menor productividad que los sistemas convencionales, pueden mostrar mejor desempeño económico en general, traducido por mayores relaciones costo-beneficio, ingresos efectivos y estabilidad de la rentabilidad del sistema (Theodoro *et al*. 2003, Sosa *et al.* 2004).

Las ventajas ecológicas del sistema orgánico de producción presentadas anteriormente representan una excelente alternativa para los productores que buscan un mercado más estable y de mayor valor. Aunque el mercado de cafés especiales (orgánico, comercio justo y amigable con las aves) es incipiente, representando cerca de 1% de las 5.104.000 toneladas. exportadas por la OIC en 2003 (Ponte 2005), hay un creciente interés en la producción orgánica, y principalmente de consumidores dispuestos a pagar altos sobreprecios por un producto de mayor calidad y menor impacto ambiental, además de apoyar el desarrollo de pequeños productores de los países en desarrollo (Sosa *et al.* 2004). El precio alcanzado en el mercado internacional por estos cafés especiales y la tendencia de crecimiento de esto nicho

en los países principales consumidores (EUA, Japón e Europa) constituye una oportunidad óptima para el desarrollo de la caficultura de calidad en el mercado internacional (Caixeta 2000).

No obstante, para lograr los beneficios provenientes de la comercialización en este nicho de mercado es necesario enfrentar algunos obstáculos que se presentan en el proceso. El primer de ellos, es alcanzar los estándares de calidad del café, para los cuales una cuidadosa cosecha, selección del café, procesamiento, almacenamiento y transporte, juegan un importante rol. Muchos de estos criterios excluyen productores debido a la localización geográfica (inapropiada altitud, difícil acceso), bajo conocimiento sobre los aspectos de la calidad del café y la falta de infraestructura para el adecuado procesamiento del mismo (Saito 2004). Otros obstáculos muy relevantes son: la necesidad de organización de los productores, frecuentemente en cooperativas y el costo de certificación de la producción (Rice y Ward 1997, Saito 2004). Según Borin y Pimentel (2003), unos de los principales problemas reportados para la producción de café orgánico es la alta demanda de mano de obra para el manejo, la complejidad del conocimiento de los procesos ecológicos que involucran el manejo, la disminución de la productividad inicial, los costo para la certificación y el acceso al mercado.

Los distintos elementos mencionados desde el punto de vista económico, social y ambiental hacen que el café deba ser considerado como un elemento clave en el análisis del desarrollo sostenible de Centro América y que se discuta ampliamente sobre los elementos de ventajas comparativas y competitivas que pueden mostrar para una región que se desarrolla hacia el futuro. Sin embargo, uno de los mayores retos que enfrentan la discusión a cerca del tema, es el diseño de marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sostenibilidad de diferentes agroecosistemas. Para plasmar este concepto y evaluar los diferentes niveles de sostenibilidad de agroecosistemas, son necesarios identificar indicadores adecuados a los objetivos del análisis y a las características socioeconómicas y biofísicas locales (Bossel 1999, Ribeiro 2003).

2.3 Marcos de la evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción

Un primer paso para definir el marco de evaluación de la sostenibilidad es la discusión y definición de los principales atributos asociados a la sostenibilidad y la definición de adecuados criterios e indicadores (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2005). Varios

autores han establecido atributos o propiedades generales de agroecosistemas sostenibles, las cuales están relacionadas a aspectos socioeconómicos y ecológicos. Según Conway (1994) un agroecosistema debe poseer cuatro atributos para ser sostenible: productividad (relación costo/beneficio), estabilidad (constancia en la productividad), sostenibilidad (capacidad de respuesta a los disturbios y mantenimiento de la productividad frente a estos) y equidad (distribución de los beneficios entre los individuos involucrados).

De la misma manera, el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS), tomando como base las propiedades identificados por otros autores, propone los siguientes atributos de sostenibilidad: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad o flexibilidad y equidad (Masera *et al.* 1999).

La productividad corresponde a la capacidad del agroecosistema de brindar el nivel requerido de bienes y servicios, y representa el valor de rendimientos, ganancias entre otros atributos, en un determinado periodo de tiempo. La estabilidad implica que el agroecosistema pueda mantener los beneficios generados en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo, sin degradación de los recursos involucrados que comprometan la propia funcionalidad del agroecosistema. La resiliencia es la capacidad del agroecosistema de responder rápidamente a disturbios y perturbaciones graves (caídas de precios, desastres naturales, etc) retornando y manteniendo un estado de equilibrio del potencial productivo frente a estos. A su vez, la confiabilidad se refiere a un nivel de seguridad con que el sistema es capaz de mantener su productividad frente a los choques y perturbaciones. La flexibilidad es la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio ante cambios a largo plazo en el ambiente, a través de una búsqueda activa por nuevas estrategias de producción. Por fin, la equidad está relacionada a una distribución justa de los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales (Masera *et al*. 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2002, Lopez-Ridaura *et al*. 2005).

La definición de los atributos es uno de los pasos de la estructura metodológica del análisis de sostenibilidad, sin embargo, se han desarrollado diferentes arreglos metodológicos de evaluación, que varían en el orden y tipo de las etapas utilizadas. El Cuadro 1 resume las principales etapas metodológicas utilizadas en el marco de evaluación MESMIS y en el Mapeo Analítico, Reflexivo y Participativo de la Sostenibilidad (MARPS).

Cuadro 1. Etapas metodológicas para la evaluación de la sostenibilidad de agroecosistemas, en el enfoque MESMIS y MARPS.

MESMIS (Masera *et al*. 1999, Lopez-Ridaura *et al.* 2002)	MARPS (Imbach *et al.* 1997)
1. Determinación del objeto de evaluación (características biofísicas, de manejo, socioeconómicas y culturales);	1. Definición del nivel de complejidad de resolución del análisis (parcela, finca, comunidad, cuenca, etc.);
2. Determinación de los puntos críticos (relacionados a los atributos) que pueden incidir en la sostenibilidad de los sistemas;	2. Ordenamiento jerárquico de los aspectos a evaluar; caracterización del nivel de complejidad seleccionado; preparación de mapas base;
3. Selección de criterios e indicadores.	3. Identificación y selección de variables e indicadores;
4. Medición y monitoreo de los indicadores;	4. Estimación de valores para los indicadores y su confiabilidad; mapeo de los valores de los indicadores;
5. Presentación e integración de los resultados (comparación e identificación de los principales limitantes hacia la sostenibilidad);	5. Identificación de vacíos de información; y formación de juicios.
6. Conclusiones y recomendaciones de mejora de los sistemas de manejo así como de la metodología.	

Un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa, que auxilia en la transmisión y síntesis de informaciones sobre complejos procesos, eventos o tendencias de una dada realidad (Abbot y Guijt 1999). Cada indicador de sostenibilidad es una herramienta para la toma de decisiones y cuando son evaluados en una unidad común permiten brindar informaciones integradas para el análisis de la situación actual y así poder identificar los puntos críticos. Estos constituyen un verdadero sistema de comunicación global, al aplicar el mismo lenguaje, conceptos y paradigmas (De Camino y Muller 1993, FAO 2000, Prabhu 2000).

Los indicadores deben reunir una serie de características para que cumplan de manera efectiva con el fin para que fueran planteados. Deben fornecer informaciones importantes y significativas para la evaluación del sistema, y al mismo tiempo, ser sensible a los cambios en el tiempo y espacio. Estos deben ser aplicables en un amplio rango de ecosistemas y condiciones, para que pueda haber comparaciones, y analizables de manera integrada con otros indicadores, posibilitando una visión más compleja de los sistemas. También, es muy importante que sean indicadores objetivos, centrados en aspectos claros y que reflejen realmente el atributo de sostenibilidad que si quiere evaluar (Lopez- Ridaura *et al*. 2002, Rigby *et al.* 2001).

De esta manera, para facilitar la participación de las personas involucradas en el monitoreo y en el entendimiento de los análisis, es necesario que los indicadores sean prácticos, de fácil medición y bajo costo (Ayales *et al.* 1995, Ávila 1989 y Torquebiau 1989, ambos citados por Hunnemeyer *et al.* 1997; De Camino y Müller 1993, Bakkes *et al.* 1994, citado por Masera *et al.* 1999). La definición operacional de indicadores contribuye para la discusión de la agricultura sostenible de una manera más práctica y orientada, y consiste en un pre-requisito para lograr incidencia a nivel político, con relación a las acciones propuestas e implementadas que conlleven a la sostenibilidad (Rigby *et al.* 2001).

Los indicadores ecológicos pueden estar relacionados a varios aspectos edafoclimáticos y ecológicos, y cuando son monitoreados y evaluados, establecen relaciones de causa y efecto entre la producción del agroecosistema y los procesos ecológicos. Estos muestran los posibles impactos de los diferentes modelos de producción sobre los ecosistemas y consecuentemente las tendencias de sostenibilidad de los mismos (Lewis 1995). Los ejemplos de indicadores de sostenibilidad ecológica son, la producción de biomasa, la dinámica de la hojarasca, el reciclaje de nutrientes (Adlard 1990), eficiencia energética, nivel de erosión del suelo (Taylor *et al.* 1993 citado por Rigby *et al.* 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 2002, 2005), nivel de contaminación del suelo y agua, uso de agrotóxicos (Ronchi *et al.* 2002, Lopez-Ridaura *et al*. 2005), índice de diversidad de especies (Rigby et al. 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 2002, Hani *et al.* 2005), índice de complementariedad, incidencia de plagas y enfermedades (Taylor *et al.* 1993 citado por Rigby *et al.* 2001, Rigby *et al.* 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 200, Hani *et al*. 2005), regeneración de especies, entre otros (UICN 1997, Masera *et al*. 1999, Daniel 2000).

En el área económica existen varios indicadores convencionales que normalmente se dirigen a evaluar la rentabilidad de fincas o proyectos agrícolas y forestales. Algunos indicadores utilizados son: productividad (Lopez-Ridaura *et al*. 2002, 2005, Goméz *et al.* 1996 citado por Rigby *et al.* 2001), margen bruto (Goméz *et al.* 1996 citado por Rigby *et al.* 2001), ingreso neto, costos de producción (Lopez-Ridaura *et al*. 2002), relación costo/beneficio (Lopez-Ridaura *et al*. 2002, 2005), demanda por mano de obra, valor estimado de la tierra, valor de auto-consumo, entre otros (Masera *et al.* 1999, Daniel 2000). Unos de los principales atractivos de estos indicadores son la objetividad y practicidad, sin embargo cada indicador financiero no puede ser analizado por separado, con relacion a la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya que son indicativos de aspectos parciales del problema. En este sentido, es

recomendable utilizar algunos indicadores económicos que asociados brinden la información más completa y necesaria para el análisis de sostenibilidad.

Los indicadores sociales tienden a ser cualitativos y difíciles de medir con precisión, por lo que no es sencillo ubicarlos en el marco de evaluación de tipo cuantitativo. Aunque estos indicadores están mucho menos desarrollados que los biofísicos y económicos, es muy importante dedicar esfuerzos a fin de cubrir de la mejor manera posible está dimensión del análisis (Masera *et al.* 1999). Uno de los indicadores más complejos y abarcadores es el indicador de calidad de vida, el cual representa la forma más real y compleja de evaluar el nivel de desarrollo. Otros indicadores más sencillos que pueden proveer informaciones consistentes sobre la sostenibilidad social de las comunidades cuando estan integrados son: índice de nutrición; índices de exposición a plaguicidas; número, tipo y frecuencia de capacitación de los productores; grado de dependencia por insumos externos (Rigby *et al*. 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 2005), nivel de organización, potencial de consenso social (nivel de relación entre productores), institucionalidad (bases para la concertación), conocimiento local, el grado de satisfacción de los productores, entre otros (Masera *et al.* 1999).

Posteriormente a la definición de los indicadores es necesario definir los procedimientos para la medición y monitoreo de los mismos, donde la escala de medición (parcela, finca, comunidad, cuenca) determina el tipo de indicador más apropiado para la evaluación. Para la medición se puede utilizar diferentes métodos, revisiones bibliográficas, mediciones directas, modelos de simulación, encuestas, entrevistas formales e informales y técnicas de grupo, las cuales generan datos cualitativos y cuantitativos (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2002). Las principales precauciones en cuanto a los datos cuantitativos se refieren a la actualidad, la metodología utilizada y su representatividad. Mientras que para las observaciones cualitativas, es importante identificar y registrar los criterios que se han de considerar de tal forma que se gane transparencia y replicabilidad (Imbach *et al.* 1997).

Finalmente, los resultados obtenidos deben integrarse para poder emitir un juicio de valor sobre los agroecosistemas analizados que refleje la comparación entre si en cuanto a su sostenibilidad (Masera *et al.* 1999). Sin embargo, la mayor dificultad en esta etapa es la integración de indicadores con diferentes unidades de medida, principalmente cuando se busca combinar indicadores de diferentes dimensiones (económica, social y ecológica) (Morse *et al*. 2001, Rigby *et al.* 2001). En este proceso es muy importante conjuntar los resultados de cada indicador en una sola matriz, determinar valores de referencia para cada indicador y construir

índices para estos (para que se pueda comparar indicadores con unidades disímiles). Para la presentación e integración existen varias posibilidades de análisis: multicritério; técnicas cuantitativas, cualitativas o graficas mixtas (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2002).

Un procedimiento muy utilizado es la obtención de un índice agregado (o de sostenibilidad) (Taylor *et al.* 1993). Estos índices son obtenidos con la normalización de los datos en escalas de 0-1, 1-5, 1-10 0 1-100, los cuales pueden agregarse mediante promedios simples o ponderados, atribuyendo pesos diferentes a cada indicador. Como resultado cada sistema evaluado tiene un índice de sostenibilidad, lo cual permite la comparación entre ellos (Masera *et al*. 1999). Este tipo de procedimiento puede ser utilizado en diferentes escalas y enfoques de análisis, como se observa en los estudios desarrollados por Rigby *et al*. (2001), Lopez-Ridaura *et al*. (2002), Ronchi *et al.* 2002, Zinck *et al*. (2004), Hani *et al*. (2005). Sin embargo, la agregación de las diferentes dimensiones de la sostenibilidad en un único valor o índice puede causar la simplificación del problema y la perdida de información, además de no tomar en cuenta y ilustrar la interrelación de los diferentes valores de los indicadores (Rugby et al. 2001).

Un método para disminuir los problemas de la agregación de indicadores en uno único índice es el gráfico amiba (Rigby *et al.* 2001). Este método, bastante popularizado, es de gran utilidad en la presentación de los resultados, (Brink Ten *et al.* 1991), en el cual cada uno de los indicadores corresponde a un eje de un diagrama radial, y los valores atribuidos representan un porcentaje del umbral establecido (valor de referencia). Esto permite la visualización comparativa de potencialidades y limitaciones de los agroecosistemas, lo que puede constituir una herramienta útil para la planeación de estrategias que fortalezcan el perfil socioeconómico y biofísico evaluados (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2002).

Considerando las experiencias de diferentes autores con el análisis de sostenibilidad, es posible identificar algunos elementos que requieren mayor profundidad de abordaje en futuras evaluaciones, los cuales son: a) Discusión sobre los atributos de sostenibilidad, b) Integración y interrelación entre indicadores, c) Determinación de valores referencia y pesos para cada indicador, y d) Desarrollo de técnicas participativas para incorporar las perspectivas y prioridades de los campesinos en el proceso de evaluación (Masera *et al*. 1999) y e) Desarrollo de metodologías para la validación del índice de sostenibilidad (Rigby *et al.* 2001). Mass Ibarra (1996) utilizó el método MARPS de evaluación y resaltó la importancia de que el evaluador conozca bien la realidad en estudio, y consideró que lo ideal es disponer de un

equipo multidisciplinario para que los atributos, indicadores, factores de ponderación, valores de juicio y la escala de evaluación sean lo más adecuados a la zona y que puedan generar información de calidad, que realmente ayude en la toma de decisiones.

De la misma manera la mayoría de los trabajos con evaluación, reportan en sus recomendaciones, la importancia de la participación directa de los productores involucrados en todo el proceso, principalmente en la definición de los indicadores que serán evaluados. Otro aspecto resaltado, es que la definición de los factores de ponderación, valores de juicio y las escalas de evaluación se basan en criterios subjetivos, los cuales dependen de la experiencia anterior del evaluador (Mass Ibarra 1996, Reyes 1995).

En una propuesta de investigación aplicada, donde los sistemas productivos serán evaluados, es muy importante que además del conocimiento técnico, se valorice el saber local de los productores, el que generalmente influye en la toma de decisiones del manejo de los sistemas. Por lo tanto, es necesario incorporar metodologías que promuevan la participación y el empoderamento de los productores involucrados en el proceso de evaluación (Deponti *et al*. 2002), por las cuales ellos pueden obtener una percepción más amplia de los problemas y de las soluciones potenciales (Cano Flores 1997).

Las conclusiones generadas por el análisis de sostenibilidad ayudan a los productores a aprender a cerca de las consecuencias que tienen sus manejos en la cantidad y calidad de los recursos y los hace capaces de controlar el proceso de cambio hacia una sistema más sostenible, lo que también fortalece el grupo para relacionarse con otras organizaciones ajenas, tales como autoridades locales y agencias del gobierno (Cano Flores 1997, Lee Smith 1997).

El análisis de sostenibilidad no es utilizado para determinar la sostenibilidad propiamente dicha de los agroecosistemas, pero, constituye una herramienta buena para la comparación entre uno o más sistemas de manejo, o para analizar la evolución de un agroecosistema a lo largo del tiempo. Los resultados son válidos para un específico sistema de manejo en determinada ubicación geográfica, con una escala espacial predefinida en un determinado periodo de tiempo (Lopez-Ridaura *et al*. 2002). Por lo tanto, solo se deben hacer comparaciones entre diferentes sistemas de manejo, tomando en cuenta estos criterios y siempre cuando la metodología de medición de los indicadores y el proceso de agregación sean iguales.

3 LITERATURA CITADA

Abbot, J.; Guijt, I. 1999. Changing views on change: participatory approaches to monitoring the environment (Sarl working paper series - draft document). London: International Institute for Environment and Development (IIED).

Adlard, P.G. 1990. Monitoring. London: SIPC/WWF, 1990. 46p. (Study Shell/WWF Tree Plantation Review No 11.

Alcántara, E.N.; Ferreira, M.M.; Mercer, J.R. 2003. Efeito de metodos de controle de plantas daninhas em um Latossolo Distroferrico em cafeeiro adulto sobre os indicadores fisico de qaulidade do solo. III Simposio de Pesquisa dos cafés do Brasil. Bahia. EMBRAPA – Café.

Altieri, M. 2002. Agroecologia: Bases Científicas para uma Agricultura Sustentável. Guaíba, BR. Agropecuária, 592 p.

Bastiaansen, J. 2002. Institucionalidad, Finanzas y Desarrollo Rural. *In:* Crédito para el Desarrollo Rural en Nicaragua. Un enfoque institucional sobra la experiencia del fondo de desarrollo Local. UCA. 9-23 p.

Bermudez, M. 1980. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café (*Coffea arabica*), poro (*Erythrina poeppigiana*) y laurel (*Cordia alliodora*) en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE, 74 p.

Bolaños, M.O. 2001. El café y su impacto ambiental en Nicaragua. Agroforestería en las Ameritas 8(29): 46- 47.

Borin, P.O.C.; Pimentel, D.C. 2003. Discussing ecological, economic and social sustainability of the Brazilian organic coffee growers. Thesis Ms. Sc. University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands. 13 p.

Bossel, H. 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. Canadá: International Institute for Sustainable Development. 124 p.

Boyce, J.; Fernandez, A.; Furst, E.; Segura, O. 1993. Crisis e innovación cafetalera en Costa Rica: el café orgánico como opción de desarrollo sostenible. Simposio Internacional Modernización tecnológica, cambio social y crisis cafetalera. Universidad nacional-ICAFE 20 p.

Brink Ten, B.J.E.; Hosper, S.H.; Colin, F. 1991. A quantitative method for description and assessment of ecosystems: the AMOEBA – approach. Marine Pollution Bulletin 23:265-70.

Brundtland, G.H. 1987. "Our common Future". Oxford, Oxford University Press. (Traducción en castellano, Nuestro Futuro Común, Madrid, Alianza, editado 1988).

Caixeta, I.F. 2000. A produção de café orgânico: Alternativa para o desenvolvimento sustentado – o exemplo do Sul de Minas. *In*: Zambolim, L. (ed). Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia. 323-331 p.

Cano Flores, M. 1997. Investigación participativa: inicios y desarrollo. Ciencia Administrativa. Nueva Época, Xalapa, (1):86-91.

Carnea, M.M. 1993. El sociólogo y el desarrollo sostenible. Finanzas y Desarrollo, Dic. 11-13.

CATIE. 2004. Programa FOCUENCAS II: Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas. (Resumen ejecutivo). CATIE, Turrialba, CR. 24 p.

Conway, G.R. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. Journal for Farming Systems and Research-Extension 4(2): 1-14.

_____.1998. Sustainable Agriculture. *In:* The Doubly Green Revolution: food for all in the 21 st Century. New York. Cornell University Press. Ch 9.

Daniel, O. 2000. Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais. 150f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

Da Silva, J.M.; Pereira, R.R. 2001. Custos de produção do café na região de Lavras – MG: estudo de casos. Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil. Consultado 10 oct. 2005. Disponible en http://www.editora.ufla.br/revista/25_6/art04.pdf.

De Camino, V.R.; Muller, S. 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores. Serie de documentos de Programas No. 38. San José, CR. IICA – GTZ.

Deponti, C.M; Eckert, C; Azambuja, J.L.B. 2002. Estratégia para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, BR. 3 (4): 44-52.

Dos Santos, M.F.R.; Aquino, A.M.; Ribeiro, E.M.S.; Pereira, J.C.; Massena, V.R. 1999. Transformaçoes biologicas e microbiologicas ocorridas no solo de um cafezal convencional em conversao para organico. Comunicado Tecnico No. 31. EMBRAPA – Agrobiologia. Rio De Janeiro, Brasil 10 p.

Ehlers, E. 1996. Agricultura Sustentável. Origens e Perspectivas de um Novo Paradigma. São Paulo: Livros da Terra.178 p.

EMA, Energía Medio Ambiente y Desarrollo. 1999. Situación actual del café certificado. Guatemala, PROARCA/CAPAS. V1, 111 p.

FAO. 1989. Agroecological and Economic Zoning of the Amazon Region. Roma: FAO.

_____. 2000. Informe sobre el progreso alcanzado en la aplicación del proceso de Montreal sobre los criterios e indicadores para la conservación y el manejo sustentable de los bosques templados y boreales. 22-54 p.

FNCC – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2004. Servicios al caficultor. Consultado 9 nov. 2004. Disponible en: http://www.cafedecolombia.com/servcaficultor/extensionytransferencia/glosariocafetero I.html

Glover, N.; Beer, J. 1986. Nutrient cycling in two tradicional Central American agroforestry systems. Agroforestry Systems 4: 77-87.

Gotsch, E. 1996. Break-thropugh in Agriculture. Rio de Janeiro: AS-PTA, 22 p.

Guillén, R.I.Z. 2002. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 90 p.

Hani, F.; Stampfli, A.; Tello, J.R.; Braga, F. 2005. Sustainability assessment of six Brasilian coffee farms in Bahia and Minas Gerais. Swiss College of Agriculture, University of Applied Sciences Bern, University of Guelph. 8 p.

Hernandez, O.G; Beer, J.; Von Platen, H. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones

con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. Agroforestería en las Américas 4(13):8-13.

Hünnemeyer, AJ.; De Camino, R; Müller, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Ed. M Araya. San José, CR, GTZ. P. 19-27. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible no. 4).

Imbach, A.; Dudley, E.; Ortiz, N.; Sánches, F. 1997. Mapeo Analítico, Reflexivo y Participativo de la Sostenibilidad. MARPS. Unión Mundial para la Naturaleza, Cambridge, UK.55 p.

Leal, F.; Navas, J.A. 2000. Cultivos Multiestrata: un modelo de desarrollo agrícola para el área de barlovento. Revista de la Facultad Agronómica Maracay. 26:67-77.

Lee Smith, D. 1997. Indicadores Generados por la Comunidad. Guía técnico de campo que realizan monitoreo y evaluación a nivel comunitario. Unión Mundial para la Naturaleza, Cambridge, UK.16 p.

Lewis, T.E. 1995. Selecting and testing indicator of forest health. *In:* Aguirre-Bravo, C. (ed.) Proceedings of the North American Workshop on monitoring for ecological assessment of terrestrial and aquatic ecosystems. México: USDA, Forest Service. RM general technical report (284): 140-156.

Lopez-Ridaura, S.; Masera, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. Ecological Indicators (2): 135-148.

_____; Van Keulen, H.; Van Ittersum, M.K.; Leffelaar, P.A. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. Environment, Development and Sustainability 7:51–69.

Lyngbaek, A.E.; Muschler, R.G.; Sinclair, F.L. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. Agroforestry Systems 53: 205 -213.

Macedo, R.L.G.; Camargo, I.P. 1994. Sistemas agroflorestais no contexto do desenvolvimento sustentável. In: Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais, 1. 1994, Porto Velho. Anais Colombo: EMBRAPA-CNPF. 43-49 p.

MANCORSARIC (Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo). 2003. Manejo de la Subcuenca del Río Copán para la Protección del Parque Arqueológico de Copán Ruinas (perfil de proyecto). MANCOSARIC y CATIE. Tegucigalpa, Honduras. 32 p.

Marcon, M.; Sorrentino, M. 2002. Fatores relacionados a sensibilização de agricultores de Barra da Turvo/SP na adoção de agroflorestas. *In* Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais, 4. (2002, Ilhéus). Cd-rom trabalho 4-021. CEPLAC / CEPEC / UESC. 3.

Masera, O.; Astier, M.; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.

Mass Ibarra, R.E. 1996. Caracterización de la sostenibilidad de ocho unidades productivas en el área del pueblo Teribe, provincia de Bocas del Toro, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 241 p.

Moguel, P.; Toledo, V.M. 1997. Searching for sustainable coffee in Mexico: the importance of biological and cultural diversity. *In* Rice, R. *et al*. (eds.). Sustainable Coffee. Smithsonian Institution, Washington, D.C.

_____. 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. Biodiversistas, México. (55): 2-7.

Morse, S.; McNamara, N.; Acholo, M.; Okwoli, B. 2001. Sustainability indicators: the problem of integration. Sustainability Development (9): 1-15.

Muschler, R.G. 2004. Shade Management and its effect on coffee growth and quality. *In* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 339 – 354.

Nair, P.K.R. 1983. Tree integration on farmlands for sustained productivity of small holdings. *In* Hockeretz, W. Environmentally Sound Agriculture. New York. Praeger Scientific, 333-350 p.

Najera, O. 2002. El café orgánico en México. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural (48): 59 – 75.

Otero, S.A.C. 2002. Creación y diseño de organismos de cuencas en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 119 p.

Ponte, S. 2005. Estándares y sostenibilidad en el sector cafetero: una aproximación global a la cadena de valor. Consultado 5 set. 2005. Disponible en http://www.cafedecolombia.com/economiacafetera/documents/EstandaresySostenibilidadenelSectorCafetero.pdf.

Prabhu, R. 2000. El potencial de los indicadores: indicadores con sensibilidad social. Revista Forestal Centroamericana, Turrialba, CR. 6: 29-52.

Prins, K. 2004. Síntesis de los conceptos de instituciones (sociales) y (nueva) institucionalidad rural. Articulo del curso Desarrollo y Creación de Institucionalidad Rural. CATIE, Costa Rica. 7 p.

Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. San José, C.R., IICA-BMZ-GTZ. 319 p.

Reijntjes, C., Haverkort, B., Waters-Bayer, A. 1999. Agricultura para o Futuro: uma introduçao a agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. AS-PTA, Leusden, Holanda: ILEA. 324 p.

Reyes, R.R. 1995. Caracterización y evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 171 p.

Ribaski, J.; Montoya, L.J.; Rodigheri, H. R. 2001. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 22 (212): 61-67.

Ribeiro, A. L. 2003. Sistemas, Indicadores e Desenvolvimento Sustentável. Turrialba, CR. Consultado 2 feb. 2004. Disponible en: http://www.mdic.gov.br/tecnologia/.

Rice, R. A.; Ward, J.R. 1997. El café, la conservación ambiental, y el comercio en el hemisferio occidental. Centro de Aves Migratorias (SMBC) y Consejo para la Defensa de lo Recursos Naturales (NRDC).51 p.

Riechmann, J. 2003. Cuidar la tierra. *In* Políticas agrarias y alimentarías sostenibles para entrar en el siglo XXI. Barcelona. Icaria.

Rigby, D.; Cáceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. Agricultural Systems 68: 21-40.

Rigby, D.; Woodhouse, P.; Young, T.; Burton, M. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. Ecological Economics 39: 463 – 478.

Ronchi, E.; Federico, A.; Musmeci, F. 2002. A system oriented integrated indicators for sustainable development in Italy. Ecological Indicators 2: 197-210.

Saito, M. 2004. Sustainable coffee production. *In* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 384 – 390.

Salvesen, D. 1996. Un dilema: El café de sol. ABECAFE. San Salvador, El Salvador. 8-12.

Schroth, L.; Lehmann, J.; Rodrigues, M.R.L.; Barros, E.; Macêdo, J.L.V. 2001. Plant-soil interactions in multiestrata agroforestry in the humid tropics. Agroforestry Systems. Netherlands, 53: 85-102.

Snoeck, D.; Vaast, P. 2004. Importance of organic matter and biological fertility in coffee soils. *In*: Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 370 – 381.

Somarriba, E.; Harvey, C.; Samper, M.; Anthony, F.; Gonzaléz, J.; Staver, C.; Rice, R.A. 2004. Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. *In* Schroth e*t al.* 2004. Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Island Press. Washington, Covelo, London. 198 – 226.

Sosa, L.M.; Escamilla, E.P.; Diáz, S.C. 2004. Organic coffee. *In* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 339 – 354.

Taylor, D.C.; Abidin, M.Z.; Nasir, S.M.; Ghazali, M.M.; Chiew, E.F. 1993. Creating a farmer sustainability index: a Malaysian case study. American Journal of Alternative Agriculture 8 (4):175-84.

Theodoro, V.C.A.; Alvarenga, M.I.N.; Guimaraes, R.J.; Souza, C.A.S. 2003. Alteraçoes quimicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cefeeiro. Revista Brasileira de Ciencias do Solo 27: 1039 – 1047.

Torquebiau, E. 1989. Sustainability Indicators in Agroforestry: the example of homegardens. *In* Views and Issues on Agroforestry and Sustainability. Nairobi, Kenya. The international Council for Research in Agroforestry (ICRAF). s.p.

UICN- Unión Mundial para Naturaleza. 1997. Barómetro de la Sostenibilidad: Medición y Comunicación del Bien Estar y el Desarrollo Sostenible. Prescott-Allen, R. (ed). UICN, Cambridge, UK. sp.

Vaz, P.P. 2000. Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 21(207): 75-81.

Wilson, C.; Tisdell, C. 2001. Why farms continue to use pesticides despite environmental, health, and sustainability cost. Ecological Economics 39: 449-462.

Zinck, J.A.; Berroterán, J.L.; Farshad, A.; Mamen, A.; Wokabi, S.; Van Ranst, E. 2004. Approaches to assessing sustainable agriculture. Journal of Sustainable Agriculture, 23(4): 87 – 109.

Zuñiga, C.P. 2000. Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la Reserva Natural Miraflor-Moropotente, Estela, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE, 68 p.

4 ARTICULO 1

Duarte, N.S. 2005. Caracterización y tipificación de fincas cafetaleras en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Tesis M.Sc. CATIE.

4.1 Resumen

Palabras clave:, análisis discriminante, análisis multivariado, café, *Coffea arabica*, sistemas agroforestales, sistemas multiestratos, sombra, sostenibilidad.

Uno de los principales desafíos que enfrentan los proyectos de desarrollo rural, es tomar en cuenta, en el proceso de planificación, los distintos contextos socioeconómicos y ecológicos de fincas agrícolas. En este sentido, es importante identificar los diferentes tipos de productores en una zona, sus intereses y las condiciones del entorno que influencian la toma de decisión hacia cambios futuros. El propósito del estudio fue caracterizar socioeconómica y ecológicamente las fincas de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras, agruparlas en conjuntos semejantes cuanto a la estrategia de producción, e identificar las principales variables responsables por dicho agrupamiento. La información generada puede ser utilizada para identificar acciones prioritarias para cada tipología de café, las cuales sean apropiadas a las condiciones socioeconómicas y ecológicas de los productores. Las fincas fueron estratificadas según el tamaño (grande o pequeño) y el sistema de producción (orgánico o convencional). Fueron seleccionadas aleatoriamente 50 fincas distribuidas en los diferentes estratos para realizar la toma de datos socioeconómicos y ecológicos, a través de entrevistas semiestructuradas a los productores (as) y mediciones dentro de las parcelas de café. Para el agrupamiento de fincas se realizó un análisis de conglomerados (*cluster analysis*), se empleó ANDEVA y la prueba de *Duncan* para comprobar la significancia de cada variable dentro del conglomerado, y se realizó el análisis Discriminante Canónico para identificar las variables de mayor poder de discriminación. Se identificaron tres grupos estadísticamente distintos (pequeños orgánicos y convencionales y grandes convencionales) y las principales variables que influyen en las diferencias entre las fincas fueron: área de café, relación costo/beneficio, costo de producción, margen bruto/ha, consenso social, precio, y diversidad de *Simpson y Shannon*. Las características de las fincas cafetaleras difieren con el tamaño de la finca y el sistema de manejo adoptado. Acciones de carácter ecológico deben ser orientadas hacia la tipología de fincas convencionales, las cuales presentaron menores valores en las variables relacionadas a la conservación del suelo y agua. Los productores orgánicos presentaron mejores condiciones ecológicas y socioeconómicas, aún así, se recomienda el apoyo en el fortalecimiento institucional, con énfasis en la comercialización del café.

Duarte, N.S. 2005. Characterization and coffee farm typologies in the microwatershed of Sesesmiles River, Copán, Honduras. M. Sc. Thesis CATIE.

Abstract

Keywords: agroforestry systems, coffee, *Coffea Arabica,* discriminate analysis, multivariate analysis, multistrata systems, shade.

One of the main challenges faced by rural development projects is to consider the different socioeconomic and ecological contexts of farms during the planning stage of a project. Hence, it is important to identify the different types of farmers in an area, their interests, and factors that may influence their decision-making. The objectives of this study were: a) to characterize coffee farms in the microwatershed of Sesesmiles River, Copán, Honduras, according to their socioeconomic and ecological qualities, b) group farms based on their production strategy, and c) identify the main variables that drive the grouping of farms. This information will be critical to develop actions that are suitable for the socioeconomic and ecological qualities of farms and to prioritize actions for each farm typology. Coffee farms were stratified according to their size (large or small) and their production system (conventional or organic). A total of fifty farms were randomly selected. The socioeconomic and ecological data for each farm was gathered using semi-structured interviews of farmers and field measurements in the coffee farms. A cluster analysis was performed to group farms. ANDEVA and Duncan's test were used to verify the significance of each variable in the cluster, and Canonical Discriminant analysis was used to identify which variables had the highest discrimination power. Three statistically distinct groups (small organic, small conventional and large conventional) were identified. The main variables that drove the grouping of farms were: coffee area (ha), cost/benefit relationship, production cost, gross margin/ha, social consensus, price, local knowledge and Simpson's diversity index value. Coffee farm properties differ according to their size and management system employed. Actions intended to improve the ecological qualities of farms should focus on conventional farms, which had lower values in the variables related to soil and water conservation. Even though organic producers showed better ecological and socioeconomic conditions, institutional strengthening with emphasis on coffee commercialization is needed.

4.2 Introducción

La gran diversidad de características socioeconómicas y ecológicas que determinan los sistemas de producción agrícola a nivel de finca es uno de los principales desafíos que enfrentan los proyectos de desarrollo rural y generación de tecnologías apropiadas (Escobar y Berdegué 1990, Ávila *et al.* 2000). Muchas veces las propuestas y acciones identificadas por los proyectos no corresponden a las condiciones socioeconómicas, culturales y ecológicas que determinan la estructura y funcionamiento de la agricultura local, lo que repercute en poca efectividad en los resultados y altas pérdidas de recursos y tiempo para los actores involucrados. En otras ocasiones, la definición de la población objetivo de un proyecto se basada a nivel de zonas geográficas, sin considerar las acentuadas diferencias entre tipos de unidad de producción (Cornelia *et al*. 2001).

Ante esta problemática, se han desarrollado metodologías para lograr una mejor clasificación o agrupamiento de los productores, las cuales están basadas en la aplicación de técnicas de análisis multivariado (Andrade 1985, Escobar y Berdegué 1990). La tipificación de fincas puede ayudar en el entendimiento de la dinámica de desarrollo agrícola de determinada región, así como en la selección de zonas o poblaciones prioritarias, en donde se busca conocer las principales limitaciones y oportunidades que influyen en el cambio positivo. De esta manera, la información generada apoya en la elaboración de diseños de políticas agrícolas, estrategias de extensión, experimentación, así como en la gestión de proyectos de desarrollo e investigación agrícola que buscan fomentar la sostenibilidad de la producción (Escobar y Berdegué 1990).

La actividad cafetalera en Honduras se desarrolla en unidades productivas heterogéneas que pueden variar con el tamaño de la producción, el sistema de manejo, el nivel de organización, y otros factores (Escobar y Berdegué 1990, Ávila *et al.* 2000). Conocer las características de las unidades productivas de café y agrupar las fincas en conjuntos semejantes cuanto a la estrategia de producción, facilita la planificación de acciones que fortalezcan la sostenibilidad de la actividad cafetalera. Asimismo, para lograr un manejo integrado y participativo de cuencas hidrográficas se requiere identificar los diferentes tipos de productores que coexisten, tomando en cuenta sus intereses, el acceso a los recursos productivos y las condiciones socioeconómicas y ecológicas del entorno que influencian la toma de decisiones de los agricultores (as) con relación a cambios futuros.

La falta de información sobre las características de la producción de café en Copán, Honduras, dificulta el entendimiento de la dinámica de funcionamiento de la caficultura local, lo que influye directamente en la eficacia de las acciones propuestas por el Programa FOCUENCAS II Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas (CATIE- ASDI) y consecuentemente en los resultados esperados con relación al desarrollo sostenible. De esta manera, la información generada por el proceso de tipificación de fincas de café puede ser utilizada por todos los actores involucrados en la región de estudio, para identificar acciones prioritarias para cada tipología productiva de café, las cuales sean apropiadas a las condiciones socioeconómicas y ecológicas de los productores. Adicionalmente, la metodología desarrollada puede ser utilizada como un modelo de agrupamiento de fincas de café en otras microcuencas prioritarias del Programa FOCUENCAS II.

El propósito de este estudio fue realizar la tipificación de fincas cafetaleras, identificar cuales son las principales variables responsables por el agrupamiento de las fincas y caracterizar socioeconómica y ecológicamente las tipologías productivas en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras.

4.3 Metodología

4.3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca del Río Sesesmiles, perteneciente a la subcuenca del Río Copán, localizada en el occidente de Honduras, en una región fronteriza entre Honduras y Guatemala. La microcuenca está ubicada en el municipio de Copán Ruinas, Departamento de Copán, con altitudes que varían de 600 a 1.600 msnm y entre las coordenadas 14° 43’ y 14° 58’ Latitud Norte, y 88° 53’ y 89° 14’ Longitud Oeste (MANCOSARIC 2003) (Figura 1).

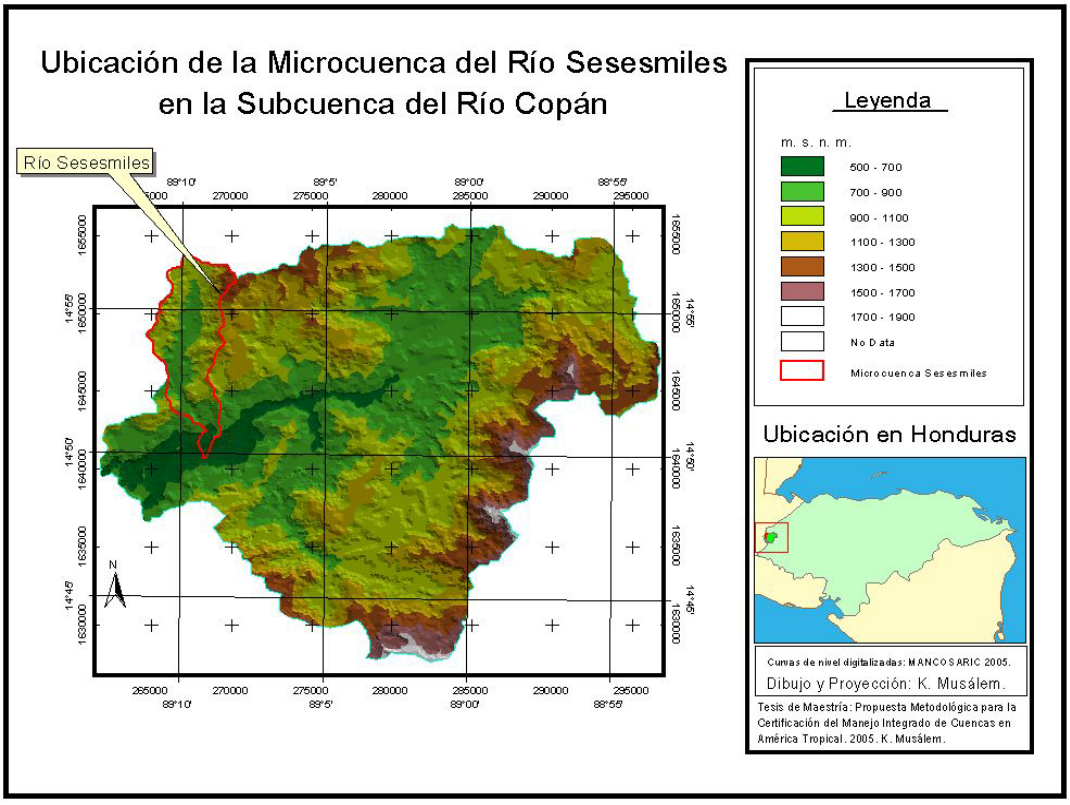

Figura 1*. Subcuenca del Río Copán, su ubicación en el contexto regional y la ubicación de la microcuenca del Río Sesesmiles*[1].

La subcuenca del Río Copán tiene una superficie de 619 km^2, con 28 comunidades y un total de 115.751 habitantes; el municipio de Copán Ruinas tiene una densidad poblacional de 83,46 habitantes/km^2 (INE 2000). La microcuenca del Río Sesesmiles tiene un área de 38 km^2, con un total de 303 productores en la zona alta y media (Pro-Norte 2003). En esta zona están ubicados las comunidades Sesesmil Primero, El Tigre, La Vegona, Sompopero, Sesesmil Segundo y Malcote, las cuales corresponden a la región más expresiva de producción de café.

La totalidad de la microcuenca se encuentra en condiciones de alta pobreza, con un índice de pobreza rural para la región de Copán Ruinas de 0,61, referente a la clasificación muy mala (CIAT – Banco Mundial 1998, citado por Otero 2002). El índice de desarrollo

[1] Fuente: Musalem, K.C. 2005. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. proyección WGS. Programa FOCUENCAS II. Turrialba, Costa Rica. Esc origen 1:50.000 color.

humano del municipio de Copán Ruinas es de 0,36, lo cual representa un bajo nivel, que si sitúa por debajo de la media del departamento de Copán (0,43), que a su vez, ocupa el antepenúltimo lugar al nivel nacional de Honduras (Otero 2002).

El clima de la región es de tipo Sabana Tropical con rangos de precipitación de 1.375 a 1.760 mm/año. El área se caracteriza por presentar un comportamiento bimodal de precipitaciones, siendo septiembre el mes más lluvioso (promedio de 229 mm) y el menos lluvioso marzo (promedio de 11 mm); la duración del periodo seco es de cinco meses. La temperatura varia en un rango de 12-24 ^{o}C según la altitud y la humedad relativa promedio es de 76% (Guillén 2002, Otero 2002).

En el año 2000, el uso actual de la tierra en la subcuenca mostraba un predominio del uso forestal, seguido de cultivos anuales y café (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de uso del suelo en la subcuenca del río Copán, Honduras, 2000.

Uso del suelo	Área (ha)	%
Áreas agrícolas, cultivos anuales	6484	10,47
Bosque latifoliado denso	13819	22,32
Bosque latifoliado intervenido con cultivos agrícolas	1179	1,91
Bosque mixto	3070	4,96
Bosque pinar de densidad rala	14939	24,13
Bosque seco	1592	2,57
Bosques pinar de densidad media	2655	4,29
Cultivos de café	**5786**	**9,35**
Matorrales	9424	15,22
Pastizales, ganadería extensiva	2960	4,78

Fuente: CIEF-AFE COHDEFOR 2000, citado por Otero 2002

La explotación forestal legal es muy reducida y su producto va esencialmente a cubrir las necesidades domésticas de leña y construcción local de viviendas. Las explotaciones agrícolas están dedicadas a la producción de subsistencia en laderas, predominando café sobre todo en la parte sureste de la subcuenca. La productividad promedio de café para esta zona es de 1244 kg/ha (IHCAFE 2004), lo que representa una producción relativamente alta, cuando comparada al promedio nacional de Honduras que es de aproximadamente 700 kg/ha. En la microcuenca del Río Sesesmiles, el uso del suelo está conformado predominantemente por ganadería, cultivos anuales (fríjol, maíz y hortalizas), cafetales y pinar. La caficultura, es una

de las actividades económicas de mayor importancia, con 108 productores de café ubicados en la zona media alta de la microcuenca (Pro-Norte 2003).

4.3.2 Muestreo de fincas de café para la tipificación

Se recompiló información de fuentes secundarias sobre las características socioeconómicas de la producción de café en la zona, tal como el área destinado al café, sistema de manejo, entre otras, facilitadas por el Proyecto NORTE y la Municipalidad de Copán Ruinas. Luego, se realizó un reconocimiento de la zona de estudio y de las organizaciones de productores de café en la región, para validar la información recolectada y definir los criterios relevantes para la determinación del muestreo de fincas. En el recorrido de campo también se realizó el reconocimiento de la zona alta y media de la microcuenca, tomando la delimitación establecida por la Municipalidad de Copán Ruinas y por el Programa FOCUENCAS, la cual toma en cuenta además de la posición geográfica, las características socioeconómicas locales.

El análisis de la información secundaria obtenida contribuyó para la identificación de las variables claves (tamaño de la finca de café y sistema de producción orgánico o convencional) a ser consideradas para la estratificación y orientó la toma de la información de fuentes primarias. Se elaboró una lista de productores de café de la zona media y alta de la microcuenca, con sus respectivas áreas de producción de café y el sistema de manejo utilizado (orgánico o convencional). Las fincas fueron estratificadas según el tamaño y el sistema de producción y aleatoriamente, se seleccionaron 50 fincas considerando el tamaño de las respectivas poblaciones (Cuadro 3). El tamaño de la muestra para la tipificación fue establecido de acuerdo a la limitación de tiempo, recursos, y considerando la necesidad de un muestreo eficiente y representativo.

Cuadro 3. Criterios de selección del tamaño de la muestra para la tipificación de fincas de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.

Tipologías de fincas	Número total de fincas	Tamaño de la muestra	% del total de fincas
Pequeñas y orgánicas certificadas (POC)	16	14	87,5
Pequeñas y orgánicas no certificadas (PO)	4	4	100
Pequeña convencional (PC)	84	28	33,3
Grande convencional (GC)	4	4	100
Total	108	50	46,3

4.3.3 Recopilación de información socioeconómica y ecológica

Por general las variables socioeconómicas y ecológicas cualitativas o categóricas fueron obtenidas a través de entrevistas semiestructuradas a los productores (as) (Anexo 1). Las entrevistas fueron aplicadas de manera consistente de productor a productor, buscando siempre la homogeneidad en la forma de hacer las preguntas. Las mismas fueron realizadas conjuntamente con todos los miembros de la familia que manejan el café y que estaban presentes en el momento de la visita. En el caso de las fincas grandes convencionales se procedió a la triangulación de la información proveniente de los propietarios con los trabajadores y administradores de la finca, además de observaciones realizadas en el campo.

Las variables socioeconómicas recompiladas o calculadas fueron: Área total de la finca, área del cultivo de café, productividad del café (kg de café pergamino seco/ha/año), número de subsistemas de producción en la finca, productividad del trabajo (jornales/qq), precio (US$/saco de 45 kg ps), costo unitario del quintal de café, costo total de producción, número de especies utilizadas para el autoconsumo y para la venta, relación costo/beneficio, margen bruto de la producción (ganancia), nivel de acceso al mercado, dependencia externa, grado de satisfacción del productor con relación a las necesidades básicas, nivel de consenso social, institucionalidad y participación en la comunidad.

Las variables ecológicas y de caracterización del cafetal fueron medidas dentro de las parcelas de café y a través de observaciones en el campo: diversidad florística (índice de diversidad de *Shannon, Simpson, Margalef* y *Uniformidad*), espesor de la capa de hojarasca, erosión del suelo, compactación del suelo, porcentaje de cobertura muerta en el suelo, sanidad del cultivo (incidencia de las enfermedades *Hemileia vatatrix*, *Cercospora coffeicolla*, *Colleototrichim coffeeanum*, y *Mycena citricolor*), densidad de lombrices en el suelo, prácticas

de conservación utilizadas, litros de herbicidas y pesticidas aplicados/ha, tipo de beneficio de café, tratamiento de las aguas mieles, número de estratos en el cafetal, densidad de árboles, densidad de la plantación, tipo de sombra, pendiente y altitud de la plantación, edad y variedades del café.

4.3.4 Análisis de la información

Para el agrupamiento de fincas, se realizó un análisis de conglomerados (*cluster analysis*), por el método Ward (Andrade 1985, Escobar y Berdegué 1990, Hardiman e Yang Mu Yi 1990, Funes y Mótola 1998). El método de Ward conforma grupos utilizando el ANDEVA, donde la variabilidad dentro de grupos es la mínima y entre grupos es la máxima. Se aplicó el análisis de varianza multivariado, considerando las variables del conglomerado, para determinar la diferencia entre los grupos identificados por el mismo. Se empleó ANDEVA a las variables para caracterizar los grupos y con la prueba de *Duncan* se comprobó la significancia de cada variable seleccionada dentro del conglomerado (Díaz de Rada 2002). Además, se realizó un análisis de estadística descriptiva para identificar posibles inconsistencias en los datos.

La selección de las variables principales para el análisis de conglomerados fue basada en la revisión bibliográfica (Leiva y Lopez 1984, Escobar y Berdegué 1990, De Camino y Muller 1993, Reyes 1995) y tomando en cuenta las características generales de la producción de café local. El análisis de conglomerado fue realizado con 24 variables cuantitativas: área de café, productividad del café, número de subsistemas en la finca, costo unitario, autoconsumo, precio US$/ qq ps, costo/beneficio, margen bruto/ha, acceso al mercado, dependencia externa, consenso social, nivel de participación en la comunidad, grado de satisfacción, tratamiento de agua miel, índices de diversidad (*Uniformidad, Margalef, Simpson* y *Shannon*), espesor de hojarasca, densidad de lombrices, cobertura muerta del suelo, prácticas de conservación, número de estratos en el cafetal y sanidad del cultivo.

El análisis Discriminante Canónico fue realizado tomando en cuenta la división previa de los tres tratamientos y no con relación a los conglomerados formados anteriormente. Fueron realizadas sucesivos análisis discriminantes con el fin de reducir la dimensión del problema, excluyendo en cada nuevo análisis realizado las variables de bajo poder discriminante, siempre observando la acumulación de autovalores y la tabla de clasificación

cruzada, los cuales indican el porcentaje de la variabilidad explicada por el análisis, y la capacidad predectiva de la función.

4.4 Resultados y Discusión

4.4.1 Caracterización de los tratamientos identificados de fincas de café

La actividad cafetalera en la microcuenca del Río Sesesmiles se desarrolla en unidades productivas heterogéneas en término de extensión del área destinada al café y al sistema de producción utilizado, lo que influye directamente en otras variables socioeconómicas y ecológicas. En este sentido, se percibe *a priori* la composición de tres tipos de fincas en la zona, fincas grandes convencionales, pequeñas orgánicas certificadas y pequeñas convencionales, las cuales se describen a continuación, cuanto a las características biofísicas del cafetal, características socioeconómicas y del manejo de la finca.

1. Fincas grandes convencionales

Características socioeconómicas: este tratamiento está compuesto por cuatro fincas, lo que corresponde a la población total en la microcuenca. Las fincas presentan en promedio 2,5 subsistemas de producción, los cuales varían entre café, ganadería y bosque. Los productores no viven en la finca, mantienen un administrador local, pero hacen visitas frecuentes.

Caracterización general de cafetales: el tamaño del área dedicado a café oscila entre 21 a 42 ha, con un promedio de 30,6 ha. Las fincas están ubicadas entre 815 a 918 msnm. Las pendientes son variables presentando un promedio de 32,5%. La edad promedio del cafetal es de 11,6 años y las variedades más utilizadas son Catimor, Caturra, Catuaí, Costa Rica 95. La densidad promedio de la plantación es de 3700 cafetos ha^{-1} y 362 árboles ha^{-1} distribuidos en dos estratos. La riqueza promedio de especies es de 3,5, con el predominio de Inga sp.

Manejo de los cafetales: se realizan en promedio ocho prácticas de manejo del cafetal, no considerando las actividades *post* cosecha, tal como beneficiado y secado del café. Las prácticas de manejo utilizadas y el porcentaje de productores que las utilizan son: control de maleza (100%), poda del café (100%), deshijado (100%), arreglo de la sombra (75%), fertilización (100%), control de la broca del café (75%), aplicación de abono foliar (100%) y cosecha (100%). El control de maleza es realizado manualmente y utilizando herbicidas, con

un promedio de 6,12 litros ha^{-1}. La fertilización es realizada por el 100% de los productores, con un promedio de 140 kg ha^{-1} de urea y 567 kg ha^{-1} de fórmula cafetalera y en algunos casos aplican cal y foliares. El control de la broca del café es realizado con el plaguicida endosulfan (Thiodan) y manualmente a través de la recolecta de todos los granos dañados en el final de la cosecha, de manera que no se quede ningún grano en los cafetos. La productividad anual promedio de café es de 1.275 kg pergamino seco (ps) ha $^{-1}$. El café es secado en secadoras a base de leña; se vende a un precio promedio de US$ 81,62 el saco de 45,5 kg de café ps. La pulpa originada del proceso de beneficiado generalmente es separada del agua, sin embargo el agua miel es desechado en zanjas, las cuales frecuentemente desaguan en el cause principal de la microcuenca.

2. Fincas pequeñas y certificadas orgánicas

Características socioeconómicas: este grupo está conformado por 14 fincas, las cuales son parte de la Cooperativa Agrícola de Productores de Copán Limitada (COAPROCL), exportadora de café orgánico, con siete años de actuación en el mercado. Actualmente el precio del saco de 45,5 kg ps es de 131 dólares, la mitad del precio es establecida por el mercado justo y los 50% restantes varían con la bolsa de Nueva York. Las fincas presentan en promedio cuatro subsistemas de producción, variando además del café, entre ganadería, cultivos anuales, huerto casero, plantación de maderables y bosque.

Caracterización general de cafetales: el área del cultivo de café tiene en promedio 3,3 ha. La pendiente promedio de las fincas es de 38% y la altitud varia entre 855 a 1210 msnm. Las variedades de café más utilizada son: Catimor, Caturra y Catuaí. La edad promedio del cafetal es de 8,9 años, con una densidad de plantación de 4.387 plantas ha^{-1}, y una densidad promedio de 406 árboles ha $^{-1}$ distribuidas en tres estratos verticales. La riqueza promedio de especies en el cafetal es de 11 especies diferentes, sendo las más predominantes: *Inga sp., Gliricidea sepium, Lonchocarpus rugosus, Chamaedorea tepejilote, Erythrina berteroana, Thouinidium decandrum, Cecropia sp*., además de *Musa sp.* (guineo) y plátano.

El manejo de los cafetales: el manejo de la finca incluye en promedio 6,2 labores de cultivo. Las prácticas de manejo utilizadas y el porcentaje de productores que las utilizan son: control manual de maleza (100% de los productores), poda del café (71%), deshijado (64%), arreglo de la sombra (71%), fertilización con gallinaza (100%), preparado de abonos y foliares (43%) fumigación con foliares orgánicos (43%) y cosecha (100%). Además de las prácticas de

manejo del café, también se realizan prácticas de conservación del suelo, en un promedio de 3,8 prácticas diferentes, tales como terrazas, cobertura muerta del suelo, abonos orgánicos preparados con la pulpa de café, y la plantación siguiendo curvas a nivel. Los productores no hacen uso de agroquímicos y la fertilización es realizada con gallinaza, en promedio 1.467 kg/ha y en algunos casos aplican cal y foliares preparados en la propia finca. La productividad anual de café varia de 450 a 1.755 kg pergamino seco ha $^{-1}$, con un promedio de 923 kg/ha. Como son fincas certificadas, en el tratamiento de las aguas mieles siempre se separa la pulpa del café y el agua del lavado es orientado hacia lagunas de oxidación.

3. Fincas pequeñas convencionales

Características socioeconómicas: este tratamiento está compuesto por 31 fincas (62% de la muestra). Las fincas presentan en promedio tres subsistemas de producción, los cuales varían entre café, anuales, ganadería y bosque. El café es vendido por lata mojada o a pergamino seco a compradores intermediarios que llegan a las fincas, a precios que varían de US$ 38 a 98 el saco de 45,5 kg de café ps, para la cosecha de 2005.

Caracterización general de cafetales: el tamaño del área dedicado a café oscila entre 0,7 a 7 ha, con un promedio de 2,4 ha. Las fincas están ubicadas entre 603 a 1057 msnm. Las pendientes son variables, presentando un promedio de 28%. La edad promedio del cafetal es de 11 años y las variedades más utilizadas son Catimor, Caturra, Catuaí y Villa Sarchi. La densidad promedio de la plantación es de 4.390 cafetos ha^{-1} y 361,5 árboles ha^{-1} distribuidas en tres estratos. La riqueza promedio de especies en el cafetal es de 8 especies diferente, con el predominio de *Inga sp., Magnolia yoroconte, Gliricidea sepium, Cedrela odorata, Cordia alliodora, Citrus sp., Erythrina berteroana, Swietenia humilis, Calophyllum brasiliense*, entre otras.

Manejo de los cafetales: se realizan en promedio 5,5 prácticas de manejo del cafetal. Las prácticas de manejo utilizadas y el porcentaje de productores que las utilizan son: control de malezas (100%), poda del café (81%), deshijado (72%), arreglo de la sombra (41%), abonado (63%), control de la broca del café (23%) y cosecha (100%). El control de malezas es realizado manualmente y con uso de herbicidas, (en promedio de 2,6 litros ha-1). Para la fertilización son utilizados en promedio de 238 kg ha^{-1} de urea y 216 kg ha^{-1} de fórmula cafetalera, en algunos casos se aplican cal y foliares. El control de la broca es realizado con el plaguicida endosulfan (Thiodan). La productividad anual promedio de café es de 774 kg ps ha

$^{-1}$. El café es secado en el patio o en secadoras solares construidas en la finca. Usualmente, con excepción de algunos casos, la pulpa que se origina del proceso de beneficiado del café es separada del agua y el agua miel es desechado en tierra, carretera o en las zanjas, los cuales desaguan en el cauce principal de la microcuenca.

4.4.2 Agrupamiento de las fincas

1. Análisis de conglomerado

El análisis de conglomerados de las fincas de café identificó claramente los tres grupos de fincas: grandes convencionales (conglomerado 1: 8%), fincas pequeñas orgánicas (conglomerado 2: 30%) y fincas pequeñas convencionales (conglomerado 3: 62%) (Figura 2). Según la prueba de análisis de variancia multivariada *Hotelling Bonferroni,* estos tres grupos son estadísticamente diferentes entre si ($p<0,0001$). Es importante resaltar, que las fincas orgánicas no certificadas presentan características variables, que en algunos casos, se asemejan a las fincas orgánicas certificadas, y en otros casos, a las fincas convencionales pequeñas. Por ejemplo, las fincas orgánicas no aplican fertilizantes sintéticos o hacen uso de herbicidas, lo que hace con que se asemejen a las demás fincas orgánicas certificadas. Sin embargo, estas fincas no están organizadas, no son certificadas y por lo tanto reciben bajos precios del café y consecuentemente bajo ingreso por la producción, haciendo con que se asemejen a las condiciones socioeconómicas de las fincas convencionales.

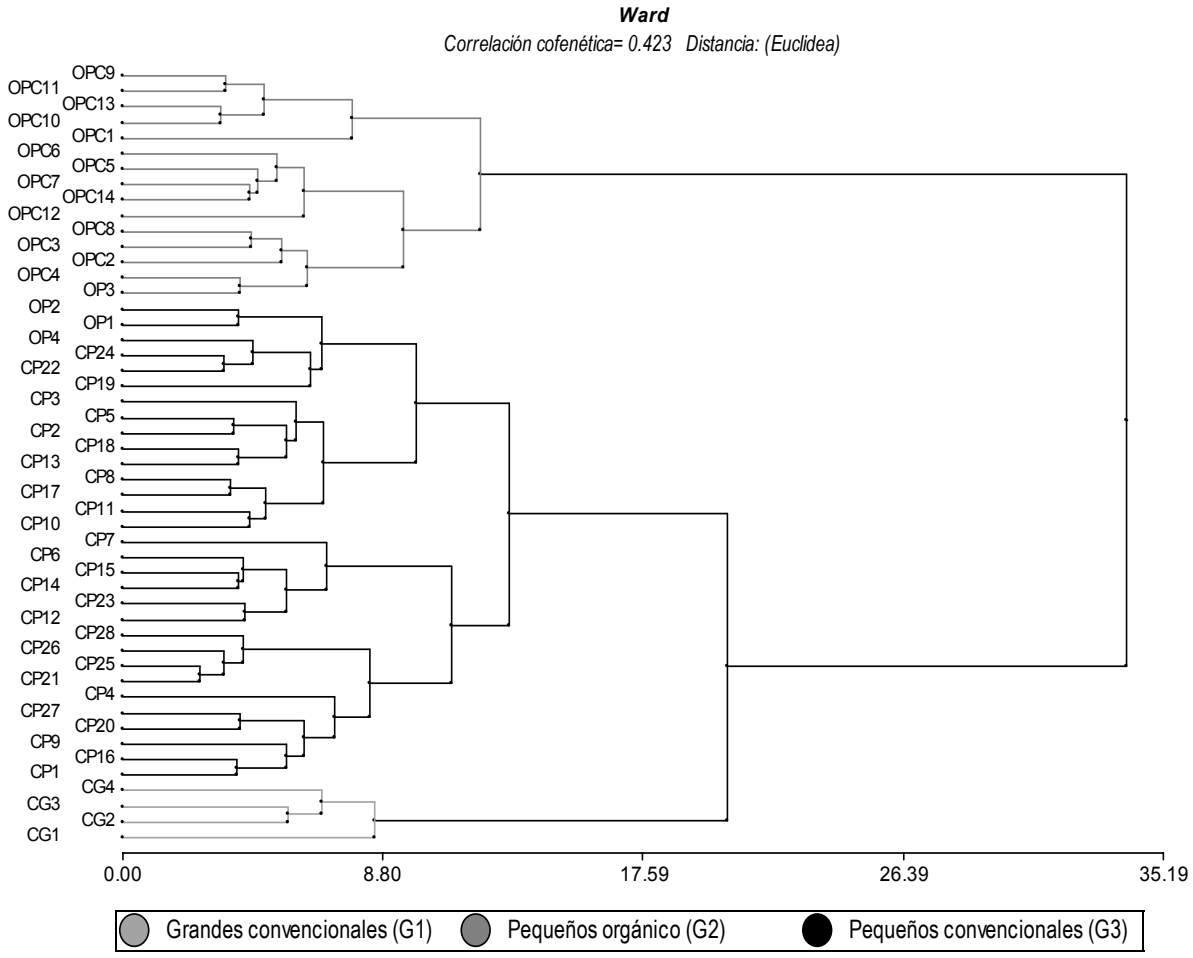

Figura 2. *Dendrograma de agrupación de las 50 fincas de café muestreadas en tres conglomerados distintos, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, CATIE, 2005*[2].

Según el análisis de variancia univariada y la prueba de *Duncan*, los conglomerados solamente se difieren completamente entre si en las variables: nivel de acceso al mercado y espesor de hojarasca (Cuadro 4).

[2] Las abreviaturas significan la clasificación a priori: OPC= orgánico pequeño certificado, OP= orgánico pequeño no certificad, CP= convencional pequeño y CG= convencional grande.

Cuadro 4. Comparación entre los tres conglomerados a través del ANDEVA y prueba de *Duncan* para todas las variables estudiadas, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Variable	Prueba F	Conglomerados		
		1 GC (n= 4)	2 PO (n=14)	3 PC (n=32)
Área de café ha	**<0,0001**	30,6 b	3,2 a	2,4 a
No. de subsistemas de producción	0,0782	2,5 a	4,0 a	3,5 a
Productividad del café (sacos de 45,5 kg ps /ha/año)	0,0849	28,3 a	20,5 a	17,2 a
Precio (US$/45,5 kg ps)	**<0,0001**	81,6 a	131 b	78,7 a
Margen bruto US$/ ha (MB = Producción bruta -costos variables)	**0,0006**	1156 ab	1747 b	693 a
Relación Costo/Beneficio	0,0905	1,98 a	3,17 a	2,44 a
Costo unitario (US$ / 45,5 kg ps)	0,5380	41,9 a	34,8 a	33,8 a
Costo de Producción (US$/ha)	**0,0011**	1081 b	650,5 a	530,5 a
Mercado (escala)	**<0,0001**	5,00 b	6,7 c	3,4 a
Autoconsumo (No. especies)	**0,0006**	3,25 a	6,1 b	4,16 a
% de la producción bruta en café	0,0443	96,35 b	91,63 ab	85,3 a
Auto - consumo US$/ha	0,0429	54 a	275 b	155 ab
Dependencia externa (%)	**0,0091**	41,3 b	13,7 a	15,1 a
Productividad del trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	**0,0035**	10,85 ab	13,71 b	8,04 a
Nivel de participación (escala)	**0,0001**	3,25 b	3,57 b	1,25 a
Nivel de consenso social (escala)	**0,0001**	6,50 a	9,64 b	7,1 a
Nivel de Institucionalidad (escala)	0,1312	6,75 a	7,36 a	6,34 a
Grado de satisfacción (escala)	**0,0003**	12,75 b	8,86 a	9,6 a
Tipo de Beneficio del café (escala)	0,3485	3,00 a	2,5 a	2,63 a
Tratamiento -agua miel (escala**)**	**<0,0001**	3,25 a	5,00 b	3,29 a
Índice de Uniformidad	0,0159	0,56 a	0,78 b	0,80 b
Índice de *Margalef*	0,1116	0,93 a	2,29 a	1,89 a
Índice de *Simpson*	**0,0084**	0,58 b	0,26 a	0,27 a
Índice de *Shannon*	0,0644	0,76 a	1,51 a	1,58 a
Espesor hojarasca (cm)	**<0,0006**	2,13 a	3,86 c	2,96 b
Cobertura muerta (%)	**0,0004**	46,7 a	80,2 b	74,2 b
Densidad de lombrices/m2	0,0459	102,8 a	182,5 b	130,9 ab
Compactación del suelo	0,1016	4,02 a	3,5 a	3,95 a
Erosión (escala)	0,4635	1,7 a	1,4 a	1,6 a
Sanidad del cultivo (escala)	0,0104	3,5 ab	3,9 b	2,9 a
Estrés del café (escala)	0,6615	1,00 a	1,29 a	1,22 a
No. de practicas de conservación	**<0,0001**	2,25 a	3,67 b	2,00 a
Uso de pesticidas (l/ha)	0,0475	4,62 b	0,00 a	2,91 ab
Densidad de árboles/ha	0,6567	362 a	405 a	361 a
Número de estratos en el cafetal	0,0181	2,00 a	3,00 b	2,97 b
Densidad de plantas/ha	0,7165	3777 a	4357 a	4403 a

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Aunque para la mayoría de las variables, los conglomerados no hayan sido separados en tres grupos distintos (a, b y c), se nota una tendencia coherente en los promedios de las variables, agrupando los conglomerados de acuerdo a la similitud presentada para cada variable. Por ejemplo, para la variable área de café, es previsible que las fincas pequeñas tengan promedios parecidos a pesar del sistema de manejo utilizado. De la misma manera, ocurre con la variable, dependencia externa y costo de producción, en donde las fincas pequeñas se difirieron de las grandes.

Los conglomerados dos (PO) y uno (GC) si asemejan entre si y difieren del conglomerado tres (PC) en la variable nivel de participación. Los grandes productores convencionales y los pequeños orgánicos presentaron mayor grado de participación en grupos organizados que los pequeños convencionales. Cada productor orgánico certificado participa en promedio en 3,3 grupos, los cuales varían en: cooperativa orgánica, APROCAFE, proyectos de desarrollo de la comunidad (agua, energía y escuela), iglesia, comités de medio ambiente, patronato, sociedad de padres de familia y juntas de agua. Son generalmente líderes, y debido al trabajo en la cooperativa, ya están acostumbrados a la labor colectiva. Los grandes productores están más involucrados en la política (partidos políticos y alcaldía) y en asociaciones de café AHACAFÉ, APROCAFE y ANACAFE, no expresando mucha participación personal en grupos o proyectos de desarrollo de la comunidad en la cual están ubicadas sus fincas. En el caso de los pequeños productores convencionales, el grado de participación es bastante heterogéneo, variando desde la participación en el patronato y en las demás actividades de la comunidad, hasta ningún involucramento externo a la finca y a su hogar.

La variable margen bruto (MB/ha) no presenta diferencia significativa entre los productores convencionales ni entre los orgánicos y grandes convencionales, hay mayor similitud entre los promedios de los dos últimos grupos mencionados. El margen bruto de la producción orgánica llega a ser más elevado que lo de los grandes productores, debido al sobreprecio del café orgánico en el mercado internacional, así como por el menor costo variable que tienen las fincas pequeñas, en comparación a las grandes. Un estudio sobre la rentabilidad de fincas orgánicas de café en Nicaragua, también reporta que el mayor precio del café orgánico hizo con que casi todas las fincas puedan producir de manera rentable (Van Glist 1994). Esto sugiere que la producción orgánica certificada tiende a obtener ganancias a un nivel competitivo con las fincas grandes convencionales. En el conglomerado tres, el

margen bruto resultó inferior porque algunas fincas no presentaron una producción rentable y algunas demostraron una mínima retribución del capital que solamente les permite continuar operando.

La variable sanidad del cultivo presentó similitud entre las fincas grandes convencionales y pequeñas orgánicas, sin embargo, los grupos convencionales no se difieren entre si. La similitud observada entre el grupo uno y el dos está relacionada al empleo de prácticas de control de enfermedades y plagas en el manejo del cafetal, lo que contrasta con el manejo dado por los pequeños productores de café en sistema convencional, que no siempre realizan esto tipo de control. No obstante, la sanidad es aún mayor en las fincas orgánicas, dentro de las cuales solo una finca presentó valor por encima del nivel critico de la enfermedad, que en este caso fue la *Mycena citricolor* (ojo de gallo), que a su vez está relacionada a mayores densidades de sombra en el cafetal. La enfermedad que se encuentra por encima del nivel critico en las fincas grandes es la *Cercospora coffeicolla* (mancha de hierro), la cual es más influenciada por el exceso de sol en la plantación (Figura 3). Estos resultados son consistentes con otros estudios que reportan la mayor incidencia de *M. citricolor* en cafetales orgánicos sombreados y de *C. coffeicolla* en sistemas convencionales con mayor exposición al sol (Bonilla 1999, Omar y Sánchez 2000[a], Omar y Sánchez 2000[b], Guharay *et al*. 2001, Haggar y Staver 2001, Xavier 2002).

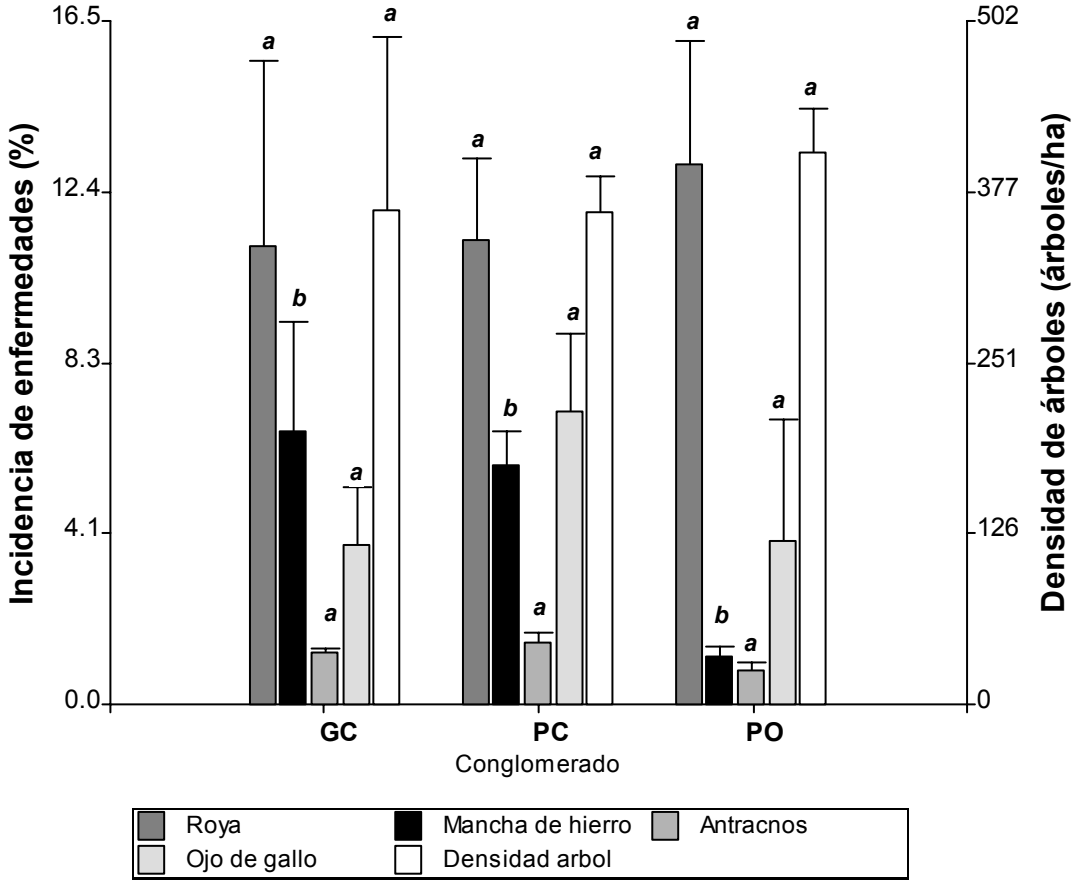

Figura 3. *Porcentaje de incidencia de enfermedades y densidad de árboles en los conglomerados de fincas cafetaleras de la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005*[3].

Los conglomerados dos (PO) y tres (PC) son similares entre si y difieren del conglomerado uno (GC) con relación a las siguientes variables: área de café, costo de producción, dependencia externa, grado de satisfacción, índices de diversidad (Uniformidad y *Simpson*), número de estratos y cobertura muerta. La analogía presentada por los dos grupos es en parte explicada por variables que son relacionadas con el tamaño de la finca de café (área, costo de producción y dependencia externa), ambas son fincas pequeñas con menor costo de producción de café, que difieren de las fincas grandes.

[3] GC = grandes convencionales, PC= pequeños convencionales y PO= pequeños orgánicos. I = Error estándar.

El costo de producción promedio de las fincas pequeñas orgánicas presenta, en tendencia, mayor valor, en comparación a las fincas pequeñas convencionales. Esto se debe al alto costo destinado a la mano de obra, ya que el manejo orgánico es más intensivo y hace el control de maleza manualmente, mientras el manejo convencional lo hace con el uso de herbicidas. Además la fertilización orgánica ocupa mayor número de jornales debido al tipo de abono utilizado (gallinaza), que es más pesado y se requiere mayores cantidades para suplir las demandas nutricionales del café. Estos argumentos son consistentes con los resultados reportados por Van Gilst (1994) y Lyngbaek *et al.* (2001). En la segunda investigación citada anteriormente, la preparación y la aplicación de fertilizantes fue el principal componente del costo de producción de fincas orgánicas, lo que representó cinco veces más mano de obra que en el sistema convencional.

Además, son fincas basadas en la economía familiar, en donde la producción de café es más diversificada, la cual representa una estrategia de reducción de la vulnerabilidad de los sistemas productivos frente a los impactos externos, tal como el precio inestable del café (Rice y Ward 1997, Bonilla 1999, Toledo *et al*. 2004). Así mismo, la diversificación de las fincas de café juega un rol importante económico y social, a medida que ayuda en la generación de ingresos adicionales y aporta en el autoconsumo de la familia (Rice y Ward 1997). Otros estudios reportan que la mayoría de las fincas pequeñas buscan diversificar el cafetal con frutales y especies maderables, como una estrategia de reducción del riesgo económico, lo que también conlleva a un mayor nivel de autoconsumo en comparación a las fincas grandes (Llanderal 1998, Bonilla 1999, Lyngbaek *et al.* 2001, Pizzol 2002, Toledo *et al.* 2004). De esta manera, debido a la más alta vulnerabilidad a los cambios externos, las fincas pequeñas presentan relativamente un grado más alto de autosuficiencia, consumiendo una parte sustancial de su propia producción, así como un bajo uso y dependencia de insumos externos, comparadas a las fincas grandes (Toledo *et al.* 2004).

Asociado a esto, se percibe que hay mayor diversidad de plantas en las fincas pequeñas que en las grandes, como se puede verificar en el mayor valor promedio de los índices de diversidad, así como en el número de especies consumidas en el cafetal. La intensidad del manejo y el área de la finca de café tienen una relación inversa con la diversidad de plantas encontradas en el sistema (Bonilla 1999). La mayor diversificación de las fincas pequeñas en comparación a las grandes también ya fue reportada en trabajos desarrollados por Espinoza (1983), Llanderal (1998) y Zuñiga (2000) en Costa Rica, Benacchio (1987) en Venezuela,

Bonilla (1999) en Nicaragua y Villatoro (1986) en Guatemala. Los datos también indican una relación positiva entre la diversidad de plantas y el porcentaje de cobertura muerta en el suelo, de manera que las fincas pequeñas también presentaron mayores valores porcentuales de cobertura del suelo (Figura 4).

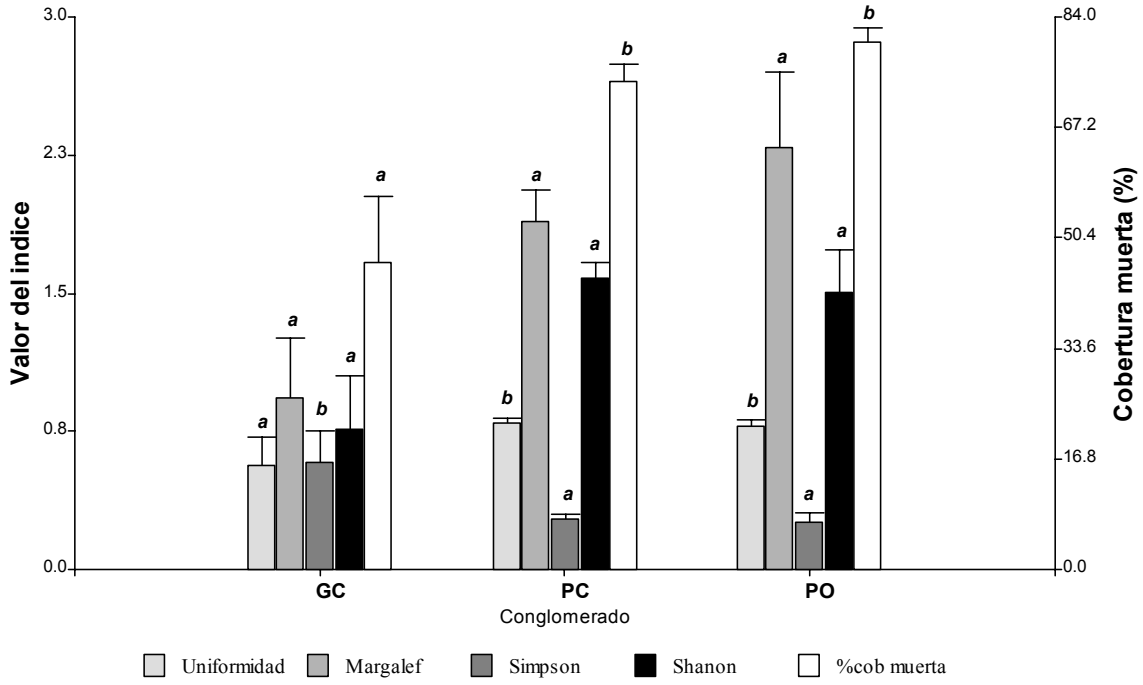

Figura 4. *Cobertura muerta del suelo e índices de diversidad Margalef, Simpson, Shannon y Uniformidad para cada conglomerado de fincas de la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005*[4].

Las fincas convencionales grandes (conglomerado 1) y pequeñas (3) se diferencian del grupo orgánico (2) principalmente en las variables ecológicas como el tratamiento de agua miel y prácticas de conservación, lo que se debe a las diferencias entre el sistema de manejo orgánico y convencional. El manejo orgánico está basado en normas de conservación de los recursos naturales y por lo tanto, presenta variables ecológicas con valores más altos y adecuados (Boyce *et al*. 1993, Sosa *et al.* 2004). El hecho de que el grupo orgánico utilice un mayor número de prácticas de conservación del suelo y no use agroquímicos en el sistema,

[4] Conglomerados: GC= grande convencional, PC= pequeño convencional, PO= pequeño orgánico. I = Error estándar.

puede influenciar la densidad de lombrices en el suelo (Rice y Ward 1996). Esta relación es perceptible aunque el indicador densidad de lombrices no presente grandes diferencias significativas entre los tratamientos, pues el promedio de dicho indicador es más alto en el grupo orgánico (Figura 5).

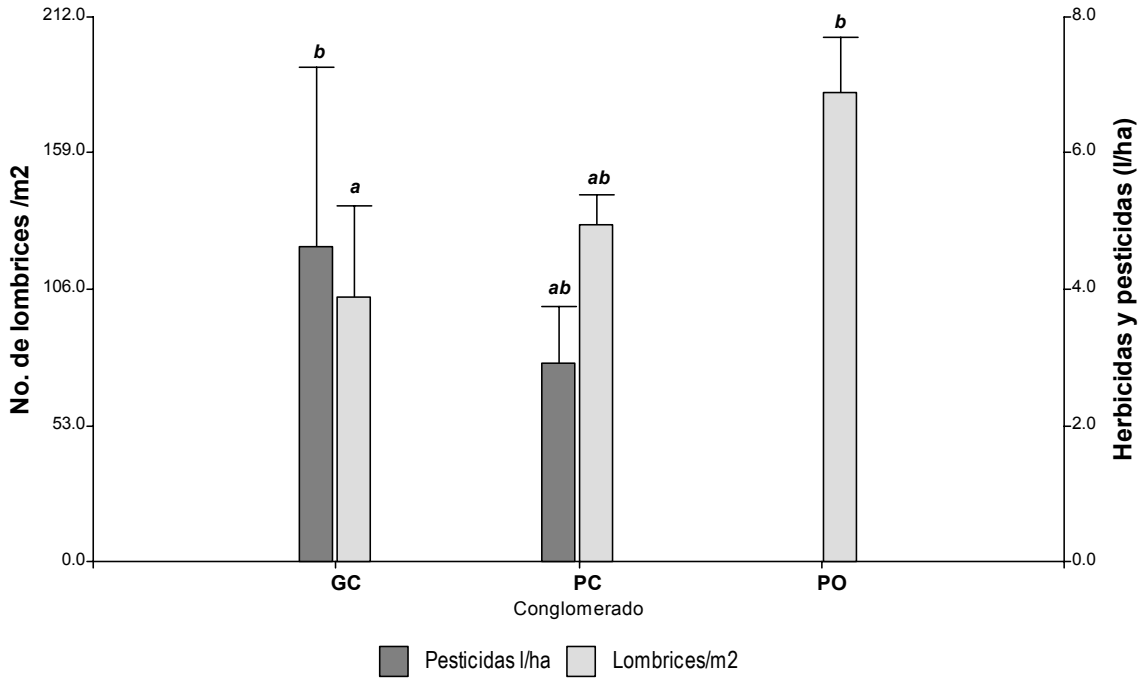

Figura 5. *Densidad de lombrices y litros de pesticidas y herbicidas utilizados en la finca para los tres conglomerados, GC= grandes convencionales, PC= pequeños convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. I = Error estándar.*

Desde el punto de vista socioeconómico, los dos grupos convencionales presentaron menor precio de mercado, autoconsumo y potencial de consenso social. El mayor precio del café orgánico se debe al valor agregado, atribuido por generar externalidades positivas y por el acceso a un mercado justo de exportación. El café orgánico certificado (130 dólares) puede obtener un premio de 10 a 40% por encima del precio del café convencional (52 dólares) (Rice y Ward 1996, Sosa *et al.* 2004). Un estudio realizado en México reporta que los productores orgánicos certificados en el mercado justo recibieron 43% de sobre precio con relación al precio del café convencional (Barton *et al.* 2002). También, productores orgánicos certificados de Costa Rica llegaron a recibir un premio promedio en el precio del café de 20% por encima del precio del café convencional (Lyngbaek *et al.* 2001). No obstante este premio, en algunos

casos no es suficiente para compensar los costos de producción, que en general son más altos, resultando en mínimas diferencias entre la producción orgánica y convencional con relación al ingreso neto (Lyngbaek *et al.* 2001).

Con relación al consenso social, estas diferencias se deben probablemente a la organización instituida en el grupo orgánico, ya que la organización posibilita mayor grado de homogenización y potencial de resolución de conflictos entre los productores. Otro criterio de medición del potencial de consenso social es el intercambio de información entre los productores. Este criterio también fue clave en la distinción entre los conglomerados; se verificó mayor intercambio de información entre los productores asociados que entre los productores convencionales independientes, lo que está relacionado a la necesidad colectiva de mejorar la producción y el funcionamiento de la cooperativa de producción orgánica.

No hay diferencias significativas entre los conglomerados para las variables: subsistema de producción, costo unitario, productividad del café, relación costo/beneficio, institucionalidad, tipo de beneficio del café, compactación del suelo, erosión, estrés del café, índices de *Margalef* y *Shannon*, y densidad de árboles y cafetos. Sin embargo, esto no significa que no haya tendencias en los promedios de las variables. Los indicadores ecológicos presentan promedios con mayores valores en las fincas orgánicas en comparación con las convencionales.

La productividad de café, así como el costo unitario del quintal presentan en tendencia valores mayores en las fincas grandes convencionales, seguido por las fincas orgánicas que de alguna manera también presentan un patrón más intensivo de producción, que las fincas pequeñas convencionales (Figura 6). Un estudio de la productividad de fincas de café realizado en Costa Rica, obtuvo como resultado que en promedio las fincas convencionales presentaron una productividad/ha 22% mayor (1.372 kg oro/ha) que en fincas orgánicas (1062 kg oro/ha) (Lyngbaek *et al.* 2001).

Los subsistemas de producción, el beneficio de café y la densidad de cafetos son indicadores que no diferencian los grupos porque son variables que no presentan un patrón distinto asociado al sistema de manejo o al área de cultivo. De esta manera, por ejemplo, se puede encontrar fincas convencionales y orgánicas, que sean pequeñas o grandes con el mismo número de subsistemas de producción o tipo de beneficio de café (propio, alquilado o no tiene). Sin embargo, se percibe en la tendencia de los datos promedios, que las fincas grandes presentan menor número de subsistemas de producción, donde prevalece la caficultura y la

ganadería como principales rubros económicos del sistema finca. Mientras las fincas pequeñas presentan además del café, cultivos anuales (maíz y fríjol), ganadería, plantaciones forestales y huertos caseros (Barton *et al.* 2002).

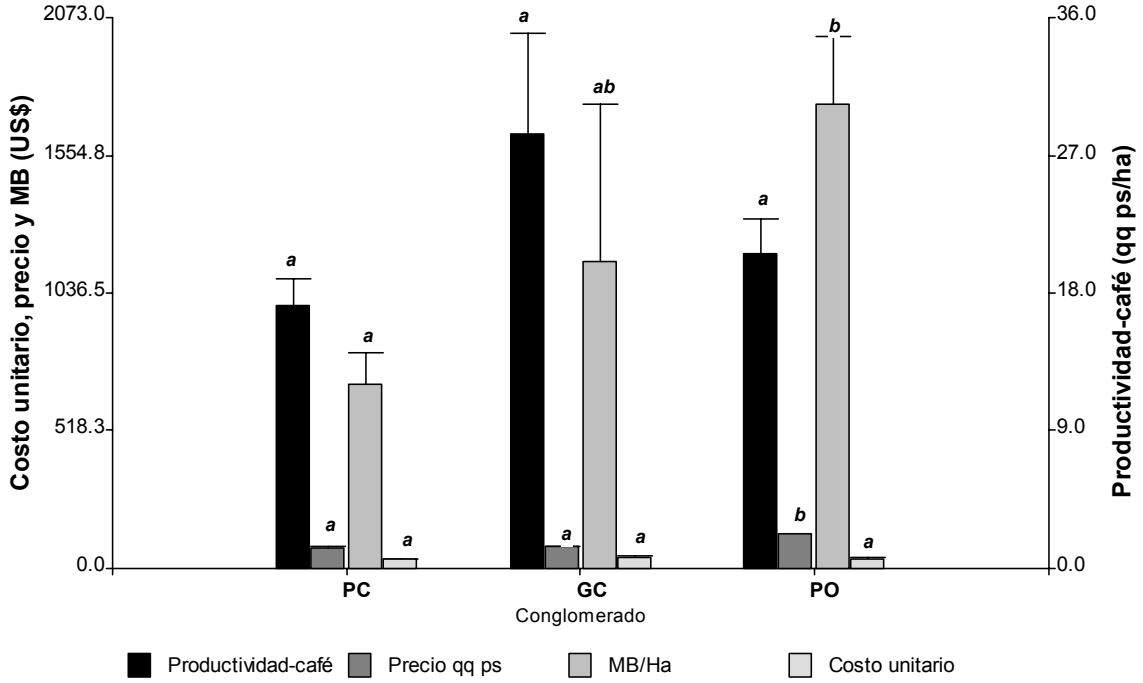

Figura 6. *Costos y beneficios con la producción de café para los tres conglomerados: GC= grandes convencionales, PC= pequeños convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005. I = Error estándar.*

Dado las características socioeconómicas y ecológicas de los sistemas de producción de café en la zona, las cuales son responsables por el agrupamiento de tres tipologías de fincas distintas, es necesario desarrollar estrategias y acciones diferenciadas que correspondan a las necesidades, potencialidades y problemas de cada grupo establecido. Acciones de carácter ecológico deben ser planteadas y orientadas hacia las tipologías de fincas convencionales, las cuales presentaron menores valores en las variables relacionadas a la conservación del suelo y agua, tal como el espesor de hojarasca, el uso de prácticas de conservación del suelo, uso de herbicidas y pesticidas en el cafetal y el tratamiento de las aguas mieles.

El tratamiento del agua miel ejerce gran importancia en el manejo integrado de la microcuenca, porque constituye un expresivo factor de contaminación del recurso hídrico, cuando el agua y los residuos originados del beneficiado del café son destinados a las quebradas que alimentan el cauce principal. En este sentido, la concientización, capacitación y

el apoyo a las fincas convencionales (grandes y pequeñas) en la construcción de lagunas de oxidación y prácticas de manejo de la pulpa del café es una actividad prioritaria, principalmente con relación a los grandes productores que ejercen gran influencia debido a la mayor dimensión del beneficiado. Para esta actividad se puede utilizar el conocimiento práctico y teórico ya desarrollado de los productores orgánicos que conforman la cooperativa, de manera a fortalecer la institucionalidad local.

Los productores pequeños convencionales son los que se encuentran en condiciones más difíciles para la producción de café en la microcuenca, presentando debilidades de carácter socioeconómico y ecológico en el sistema de producción. Desde el punto de vista socioeconómico, la comercialización es uno de los aspectos clave para la viabilidad de la producción, primero porque están desorganizados, producen de manera individual y aislada, lo que aumenta los costos de transacción y disminuye la capacidad de articulación con otras instituciones y por ende la resolución de los problemas de la producción y comercialización. Estos, son bastante vulnerables a la baja del precio del café y son totalmente dependientes del comprador intermediario, lo que disminuye aun más la posibilidad de obtener un precio más alto del café. También la producción depende de recursos externos a la finca, como los agroquímicos, lo que conlleva en muchos casos a una baja producción cuando, por cuestiones financieras, no logran realizar la fertilización o el control de la broca del café como están acostumbrados.

Los productores orgánicos presentaran un manejo del café más conservacionista de los recursos naturales, así como ventajas socioeconómicas relacionadas a la organización instituida, en comparación a la producción convencional. La organización conlleva a un desarrollo más intenso y positivo del grupo de productores, sin embargo, este grupo aun requiere de apoyo en el fortalecimiento institucional, principalmente lo que se refiere a la comercialización del café y la administración de la empresa agrícola.

2. Análisis discriminante

En función de todas las variables utilizadas, las fincas quedaron suficientemente discriminadas en tres grupos distintos entre si, fincas grandes convencionales, pequeñas convencionales y pequeñas orgánicas. El análisis discriminante explica 79,4% de la variabilidad en el primer eje canónico, sin cometer error de clasificación cruzada. Sin

embargo, debido al pequeño tamaño de la población de fincas grandes convencionales (n= 4) se formó una gran elipse de predilección alrededor de los datos de esto tratamiento, indicando gran variabilidad en los mismos (Figura 7).

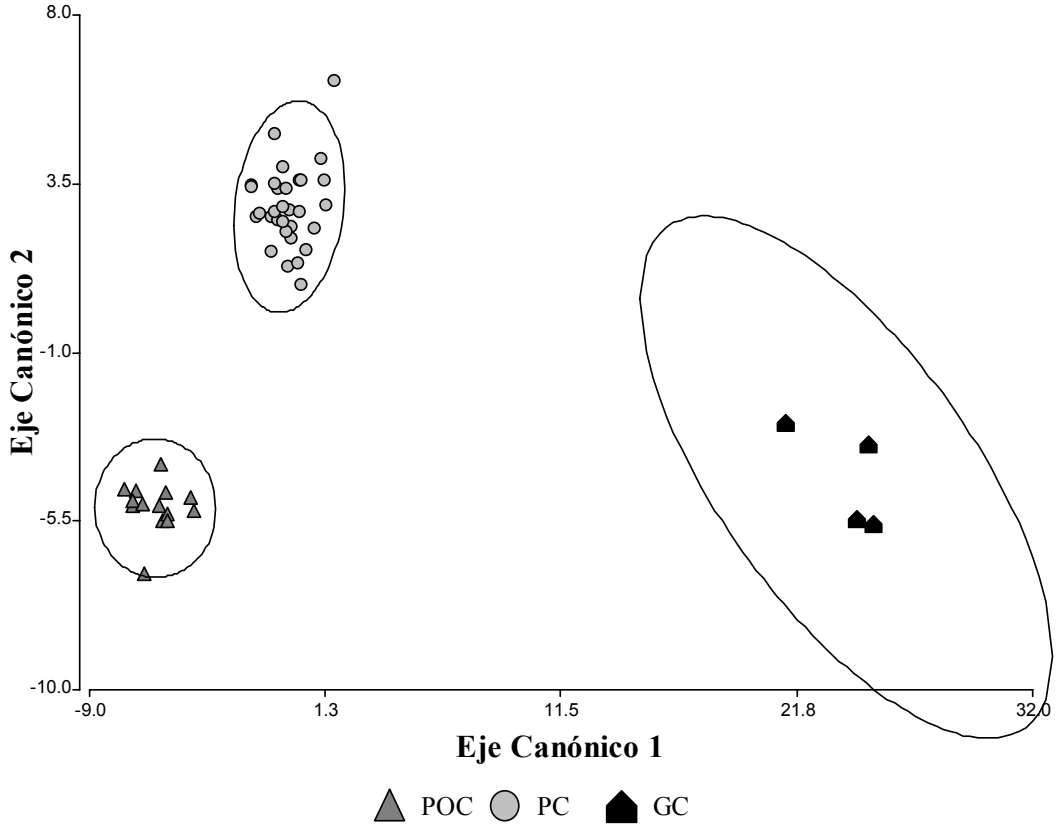

Figura 7. *Representación de la distribución de la fincas por tratamientos de acuerdo a todas las variables utilizadas en el estudio, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005. En donde los tratamientos son: POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, GC= grandes convencionales.*

Las variables identificadas de mayor poder discriminante entre la población fueron: área de café, relación costo/beneficio, costo de producción/ha, margen bruto/ha, consenso social, precio del café, y los índices de diversidad de *Simpson* y *Shannon* (Cuadro 5). Las variables de mayor poder discriminante fueron el tamaño de la finca de café, la cual es responsable por la separación de las fincas grandes de las pequeñas en el primer eje canónico, y la relación costo/beneficio. La mayoría de las variables de gran poder discriminante son de carácter socioeconómico y están muy relacionadas con la producción de café, lo que sugiere que las diferencias entre los tratamientos son más acentuadas en relación a esta dimensión.

Cuadro 5. Variables de mayor poder de discriminación entre los grupos de fincas conformados, datos estandarizados con las varianzas comunes, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005.

Variable	Eje canónico 1	Eje canónico 2
Área de café (ha)	1,04	0,48
Relación costo/beneficio	1,09	-1,25
Costo de producción (US$)	0,86	-0,54
Margen bruto/ha	-0,81	0,85
Consenso social	-0,72	0,19
Precio (US$/qq ps)	-0,66	1,05
Índice de *Shannon*	0,39	0,29
Índice de *Simpson*	0,76	0,39

El análisis discriminante realizado solo con las variables de mayor poder discriminante, explica 73,2% de la variabilidad en el primer eje canónico, sin cometer error de clasificación cruzada y demostró una separación clara de los mismos tres tratamientos identificados anteriormente (Figura 8). En las dos figuras (7 y 8) se observa la formación de grupos de fincas estadísticamente diferentes entre si, sin embargo, se pudo reducir la dimensión del problema y identificar las variables que más explican la discriminación entre fincas que componen la población.

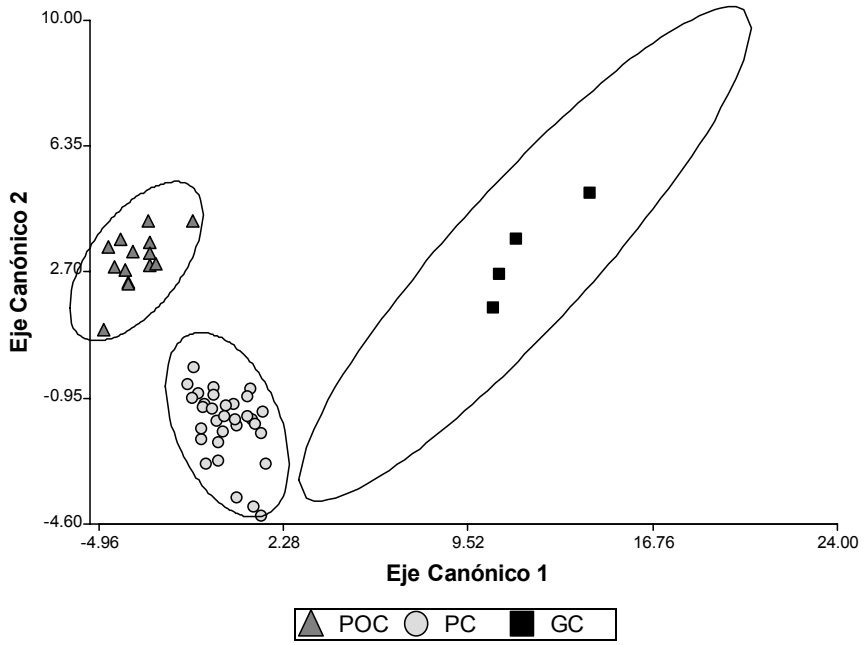

Figura 8. *Representación de la distribución de las fincas por tratamientos (POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, GC= grandes convencionales) de acuerdo a las ocho variables de mayor poder discriminante, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.*

4.5 Conclusiones

Se identificaron tres grupos estadísticamente distintos (pequeños orgánicos, pequeños convencionales, grandes convencionales), en donde cada grupo está constituido por unidades productivas con similares características socioeconómicas y ecológicas, las cuales influyen en la capacidad de desarrollo, evolución y adaptación de la producción.

Las fincas pequeñas orgánicas y convencionales se asemejan y difieren de las fincas grandes con relación a las siguientes variables: área de café, costo de producción, dependencia externa, grado de satisfacción, índices de diversidad (*Uniformidad* y *Simpson*), consumo/ha, número de estratos y cobertura muerta del suelo.

Las fincas convencionales difieren de las orgánicas principalmente con relación a las variables ecológicas (tratamiento del agua miel, prácticas de conservación y uso de herbicidas y pesticidas), pero también en las variables, precio de mercado y potencial de consenso social.

Las fincas pequeñas orgánicas y grandes convencionales presentaron similitud en el margen bruto de la producción, nivel de participación y sanidad del cultivo.

El análisis discriminante canónico pudo identificar y comprobar la clasificación *a priori* de las fincas en tres tratamientos estadísticamente diferentes, fincas grandes convencionales, pequeñas convencionales y pequeñas orgánicas certificadas.

Las principales variables de mayor poder de discriminación entre la población de fincas fueron: área de café, costo/beneficio, costo de producción, margen bruto/ha, consenso social, precio, y diversidad de *Simpson* y *Shannon*.

Las características socioeconómicas y ecológicas de las fincas cafetaleras difieren con el tamaño de la finca y el sistema de manejo adoptado. El tratamiento de fincas grandes convencionales si caracteriza por presentar mayor estabilidad socioeconómica y menor estabilidad ecológica de la producción, las fincas pequeñas convencionales presentan en general baja rentabilidad, vulnerabilidad frente al cambio del precio del café y fragilidad del sistema de carácter ecológico principalmente debido a la utilización intensa de agroquímicos, los cuales contribuyen para la disminución de la biodiversidad, contaminación del suelo y agua.

Dado las características socioeconómicas y ecológicas de los sistemas de producción de café en la zona, las cuales son responsables por el agrupamiento de tres tipologías de fincas distintas, es necesario desarrollar estrategias y acciones diferenciadas que correspondan a las necesidades, potencialidades y problemas de cada grupo establecido. De esta manera, la

información generada puede aportar en el proceso de planificación de todas las instituciones que actúan en la región de estudio, principalmente en las acciones del Programa FOCUENCAS II, para lograr mayor efectividad e impacto potencial en la producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, desde una perspectiva socioeconómica y ecológica.

4.6 Recomendaciones

Un trabajo de zonificación de la población en estudio, basado en un conjunto de características socioeconómicas y ecológicas, previo a la fase de tipificación ayuda en la identificación de variables importantes en el análisis, así como ayuda en la comprensión de la dinámica del desarrollo local.

Se recomienda validar el modelo de clasificación de fincas basado en las variables identificadas por el análisis discriminante, a través de la inclusión en el análisis de otras fincas de café de la región o de otras microcuencas prioritarias en el marco de actuación del Programa FOCUENCAS II, para verificar la robustez del modelo de tipificación y el poder discriminante de las variables.

Se recomienda utilizar el resultado proveniente de las variables que determinan las distintas tipologías de fincas de café existentes, con el fin de mejorar la productividad, la conservación de los recursos y la calidad de vida de los productores, en el marco del manejo integrado de cuencas hidrográficas.

Los pequeños productores convencionales constituyen el grupo más vulnerable y débil de la producción de café en la microcuenca, tanto socio-económicamente como ecológicamente. El primero, por la desorganización y dependencia hacia los compradores intermediarios, y ecológicamente debido a la contaminación del suelo y agua, a través del uso de agroquímicos y el inapropiado manejo de los residuos provenientes del beneficiado del café. Por lo tanto, desde el punto de vista del manejo integrado de cuencas, este es el grupo de productores para lo cual se debería enfocar prioritariamente las acciones con el fin de reducir la degradación ambiental, principalmente del recurso agua, y mejorar la condiciones socioeconómica de la producción.

Para el grupo de grandes productores se recomienda trabajar prioritariamente con la mejoría del beneficiado del café, a través del apoyo a la construcción de beneficiados ecológicos, que reduzcan la contaminación del recurso hídrico de la microcuenca. Para los

productores orgánicos se recomienda el apoyo en el fortalecimiento institucional, con énfasis en la comercialización del café.

4.7 Literatura citada

Andrade, M.A.A. 1985. Metodología para tipificar tecnologías de producción en fincas cafetaleras mediante las técnicas de análisis de componentes principales y clasificación automática jerárquica. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 111 p.

Ávila, L.A.; Muñoz, M.; Rivera, B. 2000. Tipificación de los sistemas de producción agropecuaria en la zona de influencia del Programa UNIR (Caldas). CONDESAN, Universidad de Caldas, Colombia, 18 p.

Barton, D.B.; Plaza, J.L.S.; Contreras, E.M. 2002. Social dimension of organic coffee production in Mexico: Lessons for eco-labeling initiatives. Society and Natural Resources 15: 429 – 446.

Benacchio, S.S. 1987. La diversificación de la producción en áreas cafetaleras: el plan de desarrollo, sus enfoques y perspectivas. FONAIAP Divulga (26):12-16.

Bonilla, G. 1999. Tipologías cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE. p. 1-44.

Boyce, J.; Fernandez, A.; Furst, E.; Segura, O. 1993. Crisis e innovación cafetalera en Costa Rica: el café orgánico como opción de desarrollo sostenible. Simposio Internacional Modernización tecnológica, cambio social y crisis cafetalera. Universidad nacional-ICAFE 20 p.

Cornelia, F.; Larrea, F.; Ordoñez, M.; Chancay, S.; Báez, S; Guerrero, F. 2001. Teniendo puentes entre los paisajes humanos y naturales: La investigación participativa y el desarrollo ecological en una frontera agrícola andina. R. E. Rhoades (ed.). Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador, p. 225 – 250.

De Camino, V.R.; Muller, S. 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores. Serie de documentos de Programas No. 38. San José, CR. IICA – GTZ.

Díaz de Rada, V. 2002. Técnicas de Análisis Multivariante para Investigación Social y Comercial. Ejemplos prácticos utilizando SPSS versión 11. RA-MA Editorial, Madrid, ES. 349 p.

Escobar, G.; Berdegué, J. (eds). 1990. Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola. RIMISP. Santiago del Chile, Chile, 284 p.

Espinoza, P.L. 1983. Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. *In* Heuvelop, J. y Espinoza, L. (eds). El componente arbóreo en Acosta-Puriscal, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 72-84.

Funes, A.R. y Mótola, R.P. 1998. Metodología para la tipificación de la producción lechera de caprinos en santiago del estero, Argentina. Arch. Zootec. 47: 649-658.

Guharay, F.; Monterroso, D.; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las Américas, Costa Rica, 8 (29): 22-29.

Guillén, R.I.Z. 2002. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 90 p.

Haggar, J.; Staver, C. 2001. ¿Cómo determinar la cantidad de sombra que disminuya los problemas fitosanitarios de café?. Agroforestería en las Américas Costa Rica, 8 (29): 42-45.

Hardiman, R.T.; Yang Mu Yi, R.L. 1990. Use of cluster analysis for identification and classification of farming systems in Qingyang County, Central North China. Agricultural Systems 3(2): 115-125.

Instituto Hondureño del Café, IHCAFE. 2004. Informe de cierre de cosecha 2003-2004. Artículo en Pdf 76 p.

Instituto Nacional de Estadísticas Honduras (INE). 2000. Base de Datos Socioeconómicos de 2000. Consultado 9 nov. 2004. Disponible en: http://www.ine-hn.org/

Leiva, J.M; Lopez, J. 1984. Caracterización tipológica preliminar de los sistemas agroforestales existentes en la cuenca del río Polochic, Guatemala. Tikalia. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, 3 (1): 102-111.

Llanderal, O.T. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 59 p.

Lyngbaek, A.E. Muschler, R.G. Sinclair, F.L. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. Agroforestry Systems 53: 205 -213.

MANCORSARIC (Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo). 2003. Manejo de la Subcuenca del Río Copán para la Protección del Parque Arqueológico de Copán Ruinas (perfil de proyecto). MANCORSARIC y CATIE. Tegucigalpa, Honduras. 32 p.

Omar, J.S.; Sánches, V. 2000 a. Enfermedades foliares en café orgánico y convencional. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica (38): 9-19.

Omar, J.S.; Sánchez, V. 2000 b. Importancia de la sombra en la incidencia de enfermedades en café orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 7 (26): 34-36.

Otero, S.A.C. 2002. Creación y diseño de organismos de cuencas en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 119 p.

Pizzol, S.J.S. 2002. Comportamento dos cafeicultores perante o risco: uma análise de três sistemas de produção da região de Marília, SP. Tesis Mag. Sc. Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 150 p.

Proyecto Norte. 2003. Base de datos de encuestas socioeconómicas. Copán Ruinas, Copán Honduras.

Reyes, R.R. 1995. Caracterización y evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE .171 p.

Rice, R. A.; Ward, J.R. 1997. El café, la conservación ambiental, y el comercio en el hemisferio occidental. Centro de Aves Migratorias (SMBC) y Consejo para la Defensa de lo Recursos Naturales (NRDC). 51 p.

Sosa, L.M.; Escamilla, E.P.; Diáz, S.C. 2004. Organic coffee. *In* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 339 – 354.

Toledo, V.M.; Alarcón-Chaires, P.; Barón, L. 2004. ¿Es posible cuantificar la modernización rural de México? una tipología económico-ecológica de productores. Universidad de Michoacana. Occidente, Universidad Autónoma de Chapingo. Consultado 24 ago. 2005 en: http://serpiente.dgsca.unam.mx/rer/toledo.html

Van Glist, E. 1994. Café orgánico y Nicaragua: producción, comercialización y rentabilidad. Serie: Revista de Economía Agrícola (Nicaragua) (7): 3-16.

Villatoro, P.R.M. 1986. Caracterización del sistema agroforestal café- especies arbóreas en la cuenca del Río Achiguate, Guatemala. Tesis Ing. San Carlos, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 152 p.

Xavier, M.C.V. 2002. Microorganismos no patógenos predominantes en la filosfera y rizosfera del cafetal y su relación sobre la incidencia de enfermedades foliares y población de nematodos fitopatógenos en los sistemas convencional y orgánico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 85 p.

Zuñiga, C.P. 2000. Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la Reserva Natural Miraflor-Moropotente, Estela, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Cr. CATIE. 68 p.

5 ARTICULO 2

Duarte, N.S. 2005. Análisis de la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Tesis M.Sc. CATIE.

5.1 Resumen

Palabras clave: indicadores, índice agregado, producción orgánica y convencional, y rentabilidad.

La crisis socio ambiental del manejo de los recursos naturales ha generado la necesidad de consolidar los principios de la sostenibilidad, convirtiéndolos en un marco de evaluación que sea capaz de generar recomendaciones prácticas, que conlleven a cambios positivos en la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de los sistemas de producción agrícola. El objetivo principal del estudio ha sido analizar la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de fincas pequeñas y grandes productoras de café en sistemas agroforestal orgánico y convencional en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Para poder analizar la sostenibilidad, se utilizaron 24 indicadores sociales, económicos y ecológicos. Los indicadores socioeconómicos fueron estimados a través de entrevistas semiestructuradas y los ecológicos medidos en parcelas de café a través de metodologías específicas para cada uno. Se construyeron índices de 0 a 10 para cada indicador a partir de valores referencias, los cuales están relacionados a los niveles de sostenibilidad. A través de un promedio simple, se generó un índice de sostenibilidad social, económica y ecológica para cada finca y para cada tratamiento. El sistema de producción orgánica certificada presentó mayor sostenibilidad socioeconómica y ecológica que el sistema convencional debido a los mayores valores encontrados en los indicadores: auto-consumo de productos de la finca de café, precio del café, acceso al mercado, tratamiento del agua miel, y no. de prácticas de conservación utilizadas en el manejo del cafetal. Los grandes productores convencionales, presentaron menor sostenibilidad socioeconómica debido al alto costo total de producción de café y la dependencia hacia insumos externos, los cuales están relacionados a la utilización intensiva de insumos sintéticos en el manejo de la finca. Ecológicamente, las principales limitantes hacia la sostenibilidad de este tratamiento fueron la compactación y baja densidad de lombrices en el suelo y la baja diversidad florística de la finca de café. Las mayores debilidades del tratamiento de fincas pequeñas convencionales son el bajo nivel de participación y organización, los cuales influyen en los bajos niveles de sostenibilidad de otros indicadores socioeconómicos (consenso social, acceso al mercado, precio del café, margen bruto/ha). El análisis de sostenibilidad permitió establecer indicadores prácticos y objetivos capaces de caracterizar la sostenibilidad de diferentes

sistemas de manejo del café, e identificar los elementos críticos o amenazas a la sostenibilidad de los sistemas de producción en la microcuenca del Río Sesesmiles, constituyendo un instrumento útil para la comprensión y toma decisiones en el marco de proyectos de desarrollo.

Duarte, N.S. 2005. Socioeconomic and ecological sustainability analysis of coffee (*Coffea arabica*) agroforestry systems in the microwatershed of Sesesmiles River, Copán, Honduras. M.Sc. Thesis CATIE.

Keywords: aggregated index, indicators, peasant farming, productivity, organic and conventional production.

The crisis resulting from the mismanagement of social and environmental resources has generated the need to identify sustainability principles, which can be turned into a framework capable of evaluating and generating practical recommendations. These recommendations can be utilized to create positive changes in socioeconomic and ecological sustainability of agricultural production. The main objective of this study was to analyze socioeconomic and ecological sustainability of agroforestry coffee farms in organic and conventional systems at microwatershed of Sesesmiles River in Copán, Honduras. To analyze sustainability, a total of 24 socioeconomic and ecological indicators were used. Socioeconomic indicators were measured by semi-structured interviews. Ecological indicators were measured by specific methodologies in coffee plots. Indices from 0 to 10 were constructed for each indicator depending on the different reference values related to sustainability. A sustainability index for the ecological, social and economic indicators was then generated by following simple average methods for each farm and production systems. Certified organic production systems showed higher socioeconomic and ecological sustainability in comparison to conventional systems. Large conventional producers showed lower socioeconomic sustainability due to higher production costs for coffee and increased external input dependency. Ecologically speaking, the main limitations were soil compactation, lower earthworm density and lower floristic diversity in large conventional coffee farms. Poor organization and participation were the major weaknesses regarding small conventional farms and influenced sustainability levels for other socioeconomic indicators. This analysis of sustainability allowed for the establishment of practical indicators capable of leading to the characterization of sustainable coffee management systems as well as the identification of critical elements or threats to the sustainability of coffee production systems in the Sesesmiles microwatershed. This methodology cored be a useful decision-making and comprehension tool in development projects.

5.2 Introducción

El café es uno de los principales productos agrícolas en el mercado mundial. Se estima que 20 millones de familias viven de la producción de café, en 71 países productores (Rice y MacLean 1999, Lewin *et al.* 2004, Somarriba *et al*. 2004, Mekay 2003). Sin embargo, la producción de café ha enfrentado frecuentemente problemas y desafíos socioambientales, ecológicos y económicos, que reflejan en la alta vulnerabilidad de la producción frente a los cambios de precio en el mercado internacional (Rice y Ward 1997, Dos Santos *et al.* 1999, Rice y MacLean 1999, Borin y Pimentel 2003).

Frente a esta coyuntura, el café cultivado en sistema agroforestal y orgánico, ha sido identificado como una alternativa para la reducción de dichos problemas y promoción de un sistema de producción menos degradante del ambiente, y socioeconómicamente más sostenible. Debido al uso de prácticas de manejo conservacionistas y la eliminación del uso de pesticidas y herbicidas, los sistemas agroforestales de café orgánico pueden ser alternativas eficientes de uso de la tierra, especialmente en las zonas media y alta de las cuencas (Torquebiau 1989, Young 1989, Nair 1997, Altieri 2002).

Aunque existen diferentes definiciones de sostenibilidad, en esta investigación la sostenibilidad agrícola es entendida como la capacidad de un agroecosistema de mantener la calidad y cantidad de los recursos naturales a medio y largo plazo, conciliando la productividad agrícola con la reducción de los impactos al ambiente, y atendiendo a las necesidades sociales y económicas de las comunidades rurales (FAO 1989).

Para hacer el debate y el concepto de sostenibilidad más operativo y aplicable, se han desarrollado metodologías de análisis de la sostenibilidad, mediante las cuales se busca lograr verdaderos cambios en los modelos de desarrollo existentes (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2005). El análisis de sostenibilidad de los sistemas de producción es un método de caracterización, sistematización e identificación de los principales problemas, limitantes, potenciales y tendencias de un sistema, u objeto de estudio con relación a la sostenibilidad (Masera *et al.* 1999), para retroalimentar la toma de decisiones que permitan lograr un cambio positivo en el nivel de sostenibilidad de los sistemas (Mass Ibarra 1996).

Esta información provee una reflexión crítica, el entendimiento de manera integral de las limitantes y potencialidades para la sostenibilidad de los sistemas de producción, las cuales surgen de la interacción de las dimensiones ambiental, social y económica (Mas de Noguera 2003). En la microcuenca del Río Sesesmiles, ubicada en Copán, Honduras, la producción

cafetalera es una de las principales actividades socioeconómicas de la población. El café se cultiva principalmente asociado a especies arbóreas, ya sea bajo la modalidad de producción orgánica o no. El objetivo del estudio fue medir y analizar la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de pequeñas y grandes fincas productoras de café en sistema agroforestal orgánico y convencional en la microcuenca del Río Sesesmiles.

5.3 Metodología

5.3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca del Río Sesesmiles, perteneciente a la subcuenca del Río Copán, localizada en el occidente de Honduras, en la región fronteriza entre Honduras y Guatemala. La microcuenca tiene un área de 38 km^2 y está ubicada en el municipio de Copán Ruinas, Departamento de Copán, con altitudes que varían de 600 a 1.600 msnm y entre las coordenadas 14° 43' y 14° 58' Latitud Norte, y 88° 53' y 89° 14' Longitud Oeste (MANCORSARIC 2003).

El clima de la región es de tipo Sabana Tropical con rangos de precipitación de 1.375 a 1.760 mm/año. El área se caracteriza por presentar un comportamiento bimodal de lluvia, siendo septiembre el mes más lluvioso (promedio de 229 mm) y el menos lluvioso marzo (promedio de 11 mm); la duración del periodo seco es de cinco meses. La temperatura varía en un rango de 12-24 ^oC según la altitud, y la humedad relativa promedio es de 76% (Guillén 2002, Otero 2002).

El municipio de Copán Ruinas tiene una densidad poblacional de 83,46 habitantes/km^2 (INE 2000), con un índice de pobreza rural de 0,61, referente a la clasificación muy mala (CIAT – Banco Mundial 1998, citado por Otero 2002). El índice de desarrollo humano del municipio de Copán Ruinas es de 0,36, lo cual representa un bajo nivel, que si sitúa por debajo de la media del departamento de Copán (0,43), que a su vez, ocupa el antepenúltimo lugar al nivel nacional de Honduras (Otero 2002). La microcuenca del Río Sesesmiles tiene en total 303 productores en la zona alta y media, siendo de estos, 108 productores de café (Pro-Norte 2003). En esta zona están ubicados las comunidades Sesesmil Primero, El Tigre, La Vegona, Sompopero, Sesesmil Segundo y Malcote, las cuales corresponden a la región más expresiva de producción de café.

5.3.2 El análisis de sostenibilidad

La metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas productivos de café en la microcuenca está compuesta de siete etapas consecutivas (Figura 9).

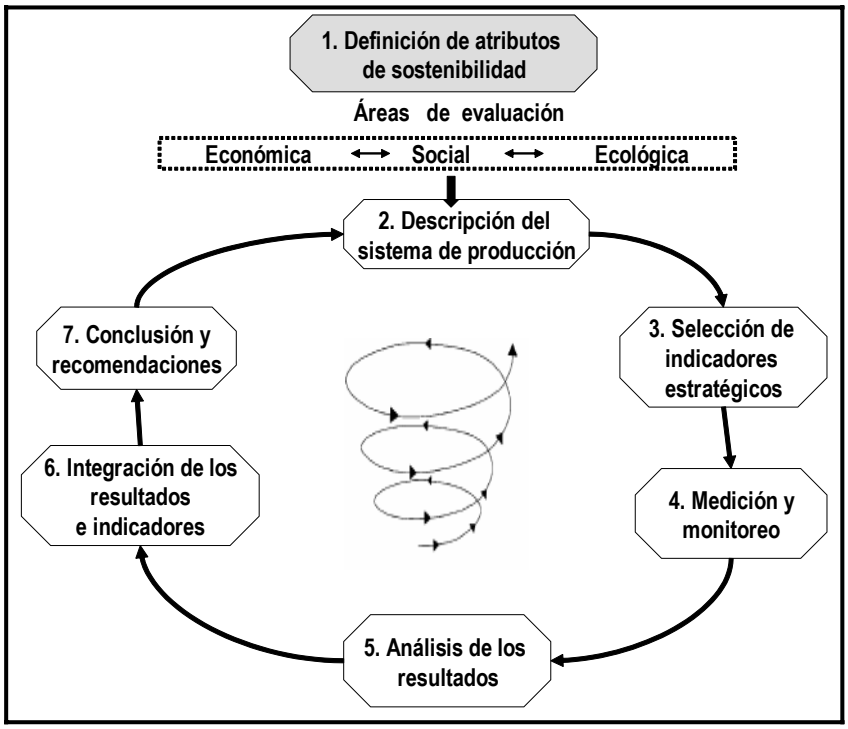

Figura 9. *Esquema metodológico utilizado para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agroforestales con café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005*[5].

Se definieron los siguientes atributos relacionados a las dimensiones social, económica y ecológica de la sostenibilidad (Conway 1994, Masera *et al.* 1999, Bossel 2000, Lopez-Ridaura *et al.* 2005): productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad y autogestión. En el marco de evaluación de este estudio se entiende la productividad como la capacidad de producir bienes y servicios a un nivel requerido para cumplir con los objetivos de los productores involucrados. La estabilidad es entendida como la capacidad de mantener la producción en un estado de equilibrio dinámico no decreciente a lo largo del tiempo, bajo condiciones normales. La resiliencia representa la propiedad de un sistema de retornar a una situación de equilibrio de la producción después de un impacto o perturbación grave, mientras

[5] Adaptado de Lopez-Ridaura *et al*. 2002 y 2005

que la confiabilidad está relacionada a la capacidad de mantener el equilibrio dinámico de la producción frente a perturbaciones normales y corrientes en el sistema. La autogestión es la característica de un sistema capaz de regular y controlar las interacciones con el ambiente externo (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al*. 2005).

1. Descripción de los sistemas de manejo evaluados

El análisis de la sostenibilidad fue realizado con tres tipologías de sistema de producción de café de la microcuenca del Río Sesesmiles, las cuales fueron identificadas y caracterizadas con mayor detalle en el capítulo dos del presente trabajo. Fueron muestreadas aleatoriamente 47% de la población de fincas de café en la zona, distribuidas en 14 fincas pequeñas de producción orgánica certificada, 4 fincas grandes convencionales y 32 fincas pequeñas convencionales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descripción de los sistemas de manejo de cultivo de café evaluados en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005.

Características del sistema	**GC** Rango (promedio)	**POC** Rango (promedio)	**PC** Rango (promedio)
Tamaño de la finca de café (ha)	21 a 42 (31)	0,3 a 10,5 (3,28)	0,7 a 7 (2,4)
Altitud (mnsm)	815 a 918 (878)	855 a 1210 (1056)	603 a 1057 (870)
Pendiente (%)	20 a 45 (32)	20 a 50 (38)	0 a 55 (28)
Cultivos de café	Catimor, Caturra, Catuaí, Costa Rica 90	Catimor, Caturra y Catuaí	Catimor, Caturra, Catuaí y Villa Sarchí
Densidad de la plantación-cafetos ha^{-1}	3300 a 4000 (3777)	2660 a 6600 (4387)	2500 a 8800 (4390)
Productividad kg ps ha^{-1}	819 a 2184 (1288)	455 a 1774 (924)	184 a 1900 (774)
No. de prácticas de manejo	8 a 9 (8,2)	4 a 9 (6,2)	2 a 8 (5,5)
Uso de herbicidas y pesticidas (litros ha^{-1})	0 a 10 (5)	0	0 a 23 (2,9)
Tipo de fertilización	Fórmula completa, urea, micro nutrientes	gallinaza, cal, foliares orgánicos	Fórmula completa, urea
Precio US$/saco 45 kg ps.	77 a 86 (82)	131	38 a 98 (79)
Tipo de mano de obra	Contratada	Familiar y contratada	Familiar y contratada
Mercado	Local y nacional	Exportación	Local

Sistemas: GC= grandes convencionales, POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales) ps = pergamino seco

2. Definición de indicadores estratégicos

Los indicadores socioeconómicos y ecológicos fueron seleccionados con base en la revisión bibliográfica, en los aspectos críticos de la actividad cafetalera, las características de la población local, en la consulta a expertos y en las prioridades del Programa FOCUENCAS II[6]. En el proceso de identificación de los indicadores, se definieron primeramente los descriptores o criterios, que a su vez, están asociados a los atributos de la sostenibilidad identificados previamente. Una vez elaborada la lista de indicadores relacionados a los criterios y atributos de la sostenibilidad, se seleccionaron los indicadores más confiables, de fácil medición y que podrían ser integrados en el posterior análisis de sostenibilidad (Cuadro 7) (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al.* 2005).

3. Medición y monitoreo de los indicadores de sostenibilidad

Indicadores socioeconómicos

Los indicadores socioeconómicos fueron obtenidos a través de entrevistas semiestructuradas a los productores (as) (Anexo 1). Las entrevistas fueron aplicadas de manera consistente a cada productor seleccionado, buscando siempre la homogeneidad en la forma de hacer las preguntas. Las mismas fueron realizadas conjuntamente con todos los miembros de la familia que manejan el cafetal y que estaban presentes en el momento de la visita. En el caso de las fincas grandes convencionales, se procedió a la triangulación de la información proveniente de los propietarios con los trabajadores y administradores de la finca, además de observaciones realizadas en el campo.

[6] Programa Innovacion, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestion Adaptativa de Cuencas (FOCUNCAS II). CATIE – ASDI.

Cuadro 7. Indicadores socioeconómicos y ecológicos utilizados en el análisis de sostenibilidad, sus respectivos atributos y descriptores, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.

Atributos	Descriptores	Indicadores
Productividad	Productividad física del cultivo	Rendimiento del café kg/ha/año
	Productividad del trabajo	No. de jornales/ saco de 45,5 kg
	Si el sistema de cultivo paga sus costos de producción / ganancia	Margen Bruto / ha MB = producción bruta - costos variables
Resultado económico	Eficiencia – Retorno por unidad invertida	Relación beneficio/costo
	Costos de producción	Cp (US$/ha) = Insumos + Mano de Obra Total
	Costo unitario del saco de 45,5 kg	Costo de producción/ sacos de 45,5 kg producidos
Autogestión	Grado de dependencia a insumos externos	% del costo total que se gasta en insumos externos
	Participación en organizaciones	No. de organizaciones de las cuales hace parte
	Grado de satisfacción de los productores (as)	Escala de percepción (Anexo 1 – 2.6)
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	Acceso al mercado	Escala de percepción (Anexo 1 – 1.8)
	Potencial de consenso social	Escala de percepción (Anexo 1 – 2.4)
	Institucionalidad	Escala de percepción (Anexo 1 – 2.5)
	Nivel de autoconsumo de productos de la finca de café	No. productos cultivados en la finca de café, que son consumidos por el hogar
	Diversidad florística en el sistema	Riqueza y abundancia de especies, cálculo de índices de diversidad
	Estado de conservación del suelo	Espesor de la capa de hojarasca (cm)
		Cobertura muerta del suelo (%)
		Densidad de lombrices en el suelo (No./m^2)
		Compactación del suelo (kg/cm^2)
		Evidencias de erosión – escala de puntuación
	Sanidad del cultivo	% de incidencia de enfermedad en hojas del cafeto
	Prácticas de conservación asociadas a la producción de café	No. de prácticas conservacionistas en el cafetal
		Uso de pesticidas y herbicidas (l/ha) en el sistema productivo
		Tipo de beneficio del café – escala de puntuación
		Tratamiento de aguas mieles – escala de puntuación

Supuestos y definiciones de los indicadores utilizados en el análisis financiero:

Los indicadores financieros utilizados en el análisis fueron calculados con base en los costos variables (efectivos y no efectivos), debido a la variabilidad existente en la estructura de los costos fijos y semivariables entre los tratamientos, lo que podría afectar el análisis.

Para el cálculo de los jornales utilizados para la producción de café se sumó el costo de todas las actividades de manejo, tanto de mano de obra familiar como contratada, y se dividió por el valor del jornal utilizado por el productor. Debido a la complejidad del tema y a la logística del trabajo, no se tomó en cuenta el valor de depreciación de los materiales utilizados en el manejo de la finca de café y el valor de la tierra, en el cálculo de los costos fijos.

En los presupuestos del sistema de café elaborados para cada finca se utilizó la producción de café y los precios relativos a 2005. Para calcular el precio de venta del café de cada finca, se promedió todos los precios utilizados por el productor durante el periodo de comercialización de la cosecha del año 2005. En el análisis financiero se utilizó las siguientes definiciones de los indicadores:

Margen Bruto (MB/ha): diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos variables (CV). El ingreso bruto es el valor total de la producción aprovechada, tanto para venta como para consumo familiar o en la finca. El MB indica si la producción de café paga sus costos de operación y se refiere a la ganancia obtenida con la producción de café.

$$\mathbf{MB = IB - CV}$$

El MB fue calculado considerando todos los costos variables, en efectivo y no efectivo, tal como la mano de obra familiar, debido a que el objetivo es la comparación entre sistemas de producción y no entre fincas. Considerando que el MB es muy influenciado por el tamaño da la finca, se normalizaron los datos, expresándoles en MB/ha.

Relación Beneficio/Costo (B/C): resulta dividir el Ingreso Bruto (IB) entre el Costo Total de Producción (CP), el mismo indica la retribución que se obtiene por unidad monetaria de inversión.

$$\mathbf{B/C = IB/CP}$$

Costo Unitario (CU): corresponde al costo de producción dividido por sacos de 45 kg de café producidos. En este caso, no se considera los costos originados de actividades *post*-cosecha, tales como beneficiado y secado del café, comercialización, costos fijos y semi-variables.

Indicadores ecológicos

Los indicadores ecológicos fueron medidos dentro de las parcelas de café, a través de metodologías y muestreos específicos para cada indicador, como se describe a continuación.

a) Diversidad florística en el sistema:

Para evaluar la diversidad florística en el sistema de producción de café, se realizó un inventario con conteo total en una subparcela de 20 x 50 m, ubicada en el centro de la plantación (Guiracocha *et al*. 2001, Florez *et al.* 2002, Harvey 2004), en donde se identificó todas las especies con altura ≥ 1 m, tomando los datos de abundancia para cada especie. El tamaño de la parcela fue lo mismo para todas las fincas. Se calculó el índice de *Shannon* (H), *Simpson* y Uniformidad para cada parcela estudiada (McCune y Grace 2002) mediante el Programa *Divers exe*, desarrollado por Franja (1993). El índice de *Simpson* toma como criterio principal la dominancia de especies y cuanto menor es su valor mayor es la diversidad del sistema; en el *Shannon* el valor del índice aumenta a medida que aumenta la riqueza de especies y la distribución homogénea entre todas la especies; el índice de uniformidad es aquel que determina la constancia numérica de una especie dominante al compararla con la diversidad; se lo obtiene de dividir el número de registros de esa especie sobre el del número de especies por el factor de uniformidad (U).

b) Espesor de la capa de hojarasca, cobertura muerta del suelo, densidad de lombrices y compactación del suelo.

Para estos indicadores se utilizó el muestreo aleatorio en zig-zag, a cada 10 m dentro de la plantación, con cinco repeticiones para las fincas de la tipología pequeña y 10 para las grandes. Se utilizó un marco de 0,5 x 0,5 m, en el cual se tomaron las mediciones respectivas para cada indicador. El espesor de hojarasca fue medido con una regla graduada en milímetros; la cobertura muerta del suelo fue estimada visualmente en porcentaje; la compactación del suelo fue medida con un penetrómetro, el cual fue aplicado sobre el suelo en el centro del marco; la densidad de lombrices se midió excavando con auxilio de un machete, un hoyo en el suelo de 12 x 12 x 12 cm (Luters y Salazar 2000); en el volumen de tierra extraído se realizó el conteo total de las lombrices. Los datos fueron expresados en número de lombrices / m^2.

c) Evidencias de erosión

Las evidencias de procesos erosivos fueron observadas en las parcelas de café y medidas a través de una escala Likert, la cual fue validada en el campo. La escala Likert es una medición ordinal, en donde se asigna un valor numérico de 0-4 a diferentes características de erosión (Barrantes 1999) (Cuadro 8). El muestreo fue a juicio, con el objetivo de observar la parcela de forma integral. Fueron realizados dos recorridos en diagonal que se cruzan por la parcela, en donde se tomaron cinco puntos de observación (Jiménez 2004[7]) (Figura 10).

Cuadro 8. Escala Likert para la medición de evidencias de procesos erosivos microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005[8].

Características	Valor
Ausencia de erosión	0
Erosión laminar incipiente	1
Erosión laminar evidente y/o en surcos incipiente (raíces desnudas del café)	2
Erosión en surcos evidente y/o alguna evidencia de formación de cárcavas	3
Erosión con formación de cárcavas (mínimo dos cárcavas individuales)	4

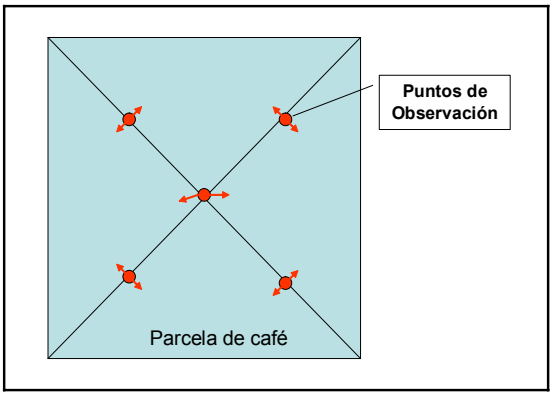

Figura 10. *Esquema de muestreo de evidencias de procesos erosivos en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras 2005.*

d) Sanidad del cultivo

Se utilizó la metodología propuesta por Guharay *et al.* (2001), la cual consiste en el recuento de hojas con incidencia de enfermedades. Se utilizaron los mismos cinco puntos de muestreo dentro de las parcelas de café, tomados para el indicador de evidencias de erosión. En estos puntos se establecieron dos estaciones de recuento ubicadas en sentidos opuestos

[8] Jiménez, F. Información personal. Turrialba, Costa Rica 2004.

(izquierda y derecha). En cada estación, se tomaron cinco plantas, en las cuales, se escogió de manera aleatoria, una rama para hacer el conteo. Se seleccionaron ramas alternas en cada planta. En la primera planta, la rama estaba situada en la parte media-alta, en la segunda, en la parte media baja, y así sucesivamente. Considerando que hay una relación directa entre el tamaño de la parcela y el número de puntos que se debe tomar en el muestreo, se utilizó el siguiente criterio (Cuadro 9):

Cuadro 9. Criterios utilizados para definir el tamaño de la muestra de plantas de café, para el indicador de sanidad del cultivo, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005[9].

Área de la parcela (ha)	No. de puntos	No. de estaciones	No. total de plantas muestreadas
>3	5	10	50
< 3 > 1,5	4	8	40
1,5	3	6	30
< 1	2	4	20

Las variables procesadas fueron: número de hojas con roya (*Hemileia vatatrix*); No. de hojas con mancha de hierro (*Cercospora coffeicolla*); No. de hojas con antracnosis (*Colleototrichim coffeeanum*); No. de hojas con ojo de gallo (*Mycena citricolor*); No. de hojas totales (Anexo 1). Los resultados de porcentajes de incidencia de enfermedades fueron comparados con los niveles críticos establecidos para las mismas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Niveles críticos de incidencia de enfermedades en el café, utilizados para determinar el indicador de sanidad de cultivo, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005[10].

Enfermedad	Nivel crítico %
Roya (*Hemileia vatatrix*)	10 – 30
Mancha de hierro (*Cercospora coffeicolla*)	2 – 10
Antracnosis (*Colleototrichim coffeeanum*)	2
Ojo de gallo (*Mycena citricolor)*	10

[9] De Melo, E.V. 2005. Información personal. Turrialba, Costa Rica 2005.

[10] Fuente: De Melo y Haggar (2004).

Para el cálculo de un indicador único de la sanidad del cultivo, se realizó una categorización considerando en conjunto, para cada finca, los niveles críticos de incidencia de cada enfermedad, para la cual si atribuyó una calificación y un índice, como se observa en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Categorización de un indicador único para la sanidad del cultivo de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005 [11].

Características	Calificación	Índice
Todas las enfermedades bajo del nivel crítico	Muy Bueno	5
Por lo menos 50% de las enfermedades bajo del nivel crítico y las demás dentro del nivel crítico	Bueno	4
Todas las enfermedades dentro del nivel crítico	Regular	3
Por lo menos una enfermedad con nivel de incidencia superior al nivel crítico	Malo	2
Todas las enfermedades arriba del nivel crítico	Muy Malo	1

e) Número de prácticas conservacionistas y uso de pesticidas (l/ha) en el cafetal:

El número de prácticas conservacionistas fue obtenido a través del recorrido y observación de las parcelas de café. Fueron consideradas como prácticas conservacionistas: el plantío en curvas a nivel, el uso de abono verde, terrazas y cobertura viva o muerta del suelo (Anexo 1 – 3.4). El indicador uso de pesticidas fue obtenido a través de entrevistas semi-estructuradas con los productores (as), en donde se registró la cantidad anual aplicada en el cafetal y la clase del insumo utilizado.

f) Beneficiado del café y tratamiento de aguas mieles.

Para estos dos indicadores se utilizó una escala de puntuación, validada en el campo (Cuadro 12). En la zona de estudio se encuentran productores que cuentan con beneficio propio en su finca, otros que alquilan o emprestan el beneficio de otros productores, y aquellos que no benefician el café y lo venden en fruta. El tratamiento dado al agua residual también puede variar con relación a dos aspectos principales: la separación de la pulpa del agua de lavado y el sitio para donde se dirige el agua miel (río, tierra o laguna de oxidación).

[11] De Melo 2005, comunicación personal, Turrialba, CATIE.

Cuadro 12. Escala de puntuación para el beneficiado del café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.

Beneficio	Índice	Tratamiento de la pulpa	Índice	Tratamiento del agua miel	Índice
Propio	3	Separa la pulpa	3	Laguna de oxidación	2
				Deposito en la tierra	1
				Lanza al río	0
Alquilado o Prestado	2	No separa la pulpa	0	Laguna de oxidación	2
				Deposito en la tierra	1
No beneficia	1			Lanza al río	0

4. Análisis de los resultados

Los datos de todos los indicadores fueron conjuntados en una sola matriz, utilizando las unidades normalizadas específicas para cada indicador. Sin embargo, debido a que los indicadores tienen unidades de medición diferentes, la cual no permite la comparación directa entre los mismos, se construyeron índices para cada indicador a partir de valores referencias o umbrales. Los umbrales fueron establecidos tomando el mayor valor encontrado en la muestra para cada indicador, con el objetivo de hacer un análisis comparativo de la sostenibilidad entre los tres sistemas de producción (UICN 2001) (Anexo 2, 3, 4). Los índices fueron establecidos en una escala de 0 a 10, relacionada a niveles de sostenibilidad, para cada indicador a nivel de finca (Masera *et al.* 1999) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Escala de valoración del nivel de sostenibilidad, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.

Nivel de sostenibilidad	Representación	Valor del índice de sostenibilidad
Sostenible	S	10-8
Potencialmente sostenible	PS	6-8
Medianamente sostenible	MS	4-6
Potencialmente insostenible	PI	2-4
Insostenible	I	0-2

Se realizó un promedio por tratamiento con los índices generados para cada indicador al nivel de finca, los cuales fueron sometidos al análisis de variancia y prueba *Duncan*, realizada en el programa estadístico InfoStat (versión 2005 p1.), a fin de evaluar las diferencias entre los indicadores, en las tres dimensiones de la sostenibilidad (social, económica y ecológica).

5. Evaluación participativa de los resultados

Se realizaron dos talleres participativos con una muestra de 24 pequeños productores, orgánicos y convencionales, para validar los resultados encontrados con los indicadores, identificar los principales problemas o limitantes hacia la sostenibilidad de la producción de café y las posibles soluciones que fortalezcan la sostenibilidad de los sistemas cafetaleros de la microcuenca en estudio. Esta información también fue utilizada como criterio para la ponderación del índice de sostenibilidad de las fincas y tratamientos. La metodología utilizada en el taller fue adaptada de las herramientas participativas propuestas por Geilfus (1998): clasificación preliminar de fincas, auto-diagnóstico y análisis de campo de soluciones locales, matriz de plan de acción, y matriz de toma de responsabilidades. Los productores escribieron en tarjetas individuales sus percepciones sobre la problemática de la caficultura local, pero también se realizó una discusión conjunta en el grupo de productores sobre los aspectos resaltados individualmente por ellos.

6. Agregación de los indicadores y cálculo del índice de sostenibilidad

Los indicadores fueron agrupados en sus respectivas dimensiones de sostenibilidad y promediados, generando un índice de sostenibilidad social (ISS), sostenibilidad económica (ISE) y el índice de sostenibilidad ecológica (ISEC) para cada finca y para cada tratamiento, los cuales fueron sometidos a análisis de variancia univariada para verificar las diferencias entre los tratamientos con relación a las tres dimensiones de la sostenibilidad.

Para integrar las tres dimensiones de la sostenibilidad en un índice agregado de sostenibilidad (IS) se realizó primeramente el análisis de conglomerados por el método ¨*Average Linkage*¨ en el programa estadístico InfoStat (versión 2005 p1.), para visualizar los indicadores (económicos, sociales y ecológicos) que están correlacionados entre sí, y que por lo tanto, explican los resultados de manera similar. El procedimiento estadístico agrupó los indicadores correlacionados y se seleccionó de cada grupo la variable más relevante, con el

objetivo de simplificar el cálculo del IS. De esta manera, el IS fue calculado a través del promedio simple de los índices de los indicadores no correlacionados que fueron seleccionados a través de criterios estadísticos y técnicos, y sometido al análisis de variancia univariada y prueba *Duncan* de comparación entre medias para verificar las diferencias entre los tratamientos.

Posteriormente, para evaluar la robustez del IS, se realizaron promedios ponderados, atribuyendo crecientes niveles de ponderación a través de la multiplicación de coeficientes (0,6; 0,7; 0,8) a los indicadores que componen las tres dimensiones de la sostenibilidad (Masera *et al.* 1999).

5.4 Resultados y discusión

5.4.1 El análisis de las dimensiones de la sostenibilidad

1. Dimensión económica de la sostenibilidad de fincas de café

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la mayoría de los indicadores económicos: precio del café, mercado, margen bruto, dependencia externa, costo de producción y productividad del trabajo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de indicadores económicos en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Indicador	Prueba F	Sistemas de producción de café		
		GC (n= 4)	POC (n=14)	PC (n=32)
Precio (US$/ 45,5 kg ps)	<0,0001	6,23 a	10 b	6,02 a
Mercado (escala)	<0,0001	6,25 b	8,39 c	4,33 a
Margen Bruto / ha (MB/ha)	0,0006	3,11 ab	4,7 b	1,87 a
Dependencia externa (%)	0,0091	2,63 b	7,55 a	7,30 a
Costo de producción (US$/ha)	0,0012	1,79 a	5,06 b	5,97 b
Productividad del trabajo (jornales/saco de 45,5 kg)	0,0035	3,77 ab	4,76 b	2,781 a
Productividad del café (kg ps/ha/año)	0,0853	5,95 a	4,31 a	3,61 a
Relación beneficio/costo (B/C)	0,0916	3,49 a	5,58 a	2,42 a
Costo unitario US$/45,5 kg ps	0,5381	4,43 a	5,37 a	5,51 a

CG= grandes convencionales, POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales.
ps = pergamino seco

Estadísticamente el sistema de producción orgánico certificado presentó mayor sostenibilidad económica para los indicadores precio y mercado, diferenciándose de los demás tratamientos. Las fincas orgánicas certificadas presentan la gran ventaja de destinar la

producción al comercio justo de exportación, lo cual conlleva a un sobreprecio del café. Esta situación hace con que el productor no este más dependiente de los precios bajos ofrecidos por los comerciantes intermediarios de la zona (Kees 1993) y pueda invertir más en el manejo de la finca, generando un ciclo positivo y rentable, de estimulo y satisfacción (Boyce *et al.* 1993, Rice y Ward 1997, Saito 2004).

El mercado de café especial (mercado justo, orgánico, café bajo sombra, entre otros) ha crecido rápidamente durante los últimos años y la tendencia indica que este crecimiento se continuará dando en los próximos años, el cual está asociado a la creciente demanda de los consumidores con relación a la calidad del café y del manejo utilizado en el cafetal (EMA 1999, Caixeta 2000). Por lo tanto, considerando la flexibilidad o adaptabilidad como uno de los atributos de la sostenibilidad (Masera *et al.* 1999), las fincas que se adapten a estos cambios en el contexto mundial tendrán potencialmente mayores posibilidades de mantener la actividad productiva, de manera competitiva en el mercado, lo que influirá en el valor de sostenibilidad de otros indicadores como el margen bruto y la relación beneficio/costo.

Además, existe un mercado potencial para la venta de café en Copán Ruinas, debido a la intensa actividad turística del municipio. Sin embargo, solamente uno de los productores grandes convencionales y los productores orgánicos de la cooperativa comercializan sus cafés en las tiendas turísticas de la ciudad. El café de Sesesmiles podría ser vendido con un valor agregado relacionado al potencial de conservación de la biodiversidad que presenta los cafetales de la zona, y en el caso de los pequeños productores, se podría explorar aspectos sociales e ideológicos, tales como el apoyo a la caficultura local de pequeños productores.

El margen bruto, el cual indica si el sistema de producción genera ganancias suficientes para cubrir con los gastos de operación, fue más alto en el tratamiento orgánico, lo que está relacionado principalmente al mejor precio y acceso al mercado, demostrando consistencia entre los indicadores analizados anteriormente y con lo resultados presentados por Boyce *et al*. (1993) Theodoro *et al*. (2003) y Sosa *et al.* (2004). Contrariamente, este indicador representa la mayor debilidad del tratamiento de fincas pequeñas convencionales. En general, estas fincas presentaron el MB/ha positivo, lo que significa que cubren con los costos de producción, pero las fincas están operando en un nivel muy bajo de rentabilidad, con algunas excepciones. Este indicador cumple con apenas 18% del umbral establecido, y es respaldado por el indicador relación costo/beneficio, que también representa una debilidad en el sistema de producción pequeño convencional. Los productores de este tratamiento no presentan costos muy altos,

justamente porque no tienen recursos financieros para invertir en el manejo de la finca, sin embargo tienen un acceso al mercado bastante limitado y dependiente de comerciantes intermediarios, los cuales pagan un precio muy bajo por quintal de café (45,5 kg). De esta manera, la principal debilidad o limitante del sistema de producción de pequeños productores convencionales es la comercialización, lo que genera un círculo negativo de sostenibilidad de la producción: el bajo precio de venta del café resulta en pocas ganancias y baja capacidad de inversión en el manejo de la finca, lo que conlleva a una baja productividad, la cual es vendida a bajos precios en el mercado intermediario.

Los pequeños productores (orgánicos y convencionales) presentaron menor dependencia externa que los grandes productores, lo que conlleva a un mayor grado de sostenibilidad del sistema de producción (Conway 1998). La dependencia de recursos externos significa un alto riesgo para el productor, en medida que incrementa los costos de producción y la vulnerabilidad ante el aumento en el precio de los productos que son adquiridos fuera de la finca (Conway 1998). De esta manera, los pequeños productores con menor capital de transacción e inversión, no pueden sostener una alta dependencia externa, tal como ocurre con el grupo de pequeños productores convencionales, los cuales solo compran agroquímicos sintéticos cuando hay recursos financieros disponibles.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, este indicador es muy importante porque brinda una visión a largo plazo de la sostenibilidad de la producción. Tomando en cuenta la tendencia del aumento del precio del petróleo y de todos los productos de este derivados, la dependencia externa, principalmente de productos agroquímicos sintéticos, representa una amenaza en la sostenibilidad de la producción, al elevar los costos de producción a un nivel no competitivo. De esta manera, la producción convencional basada en el uso intensivo de estos insumos, no tiene la capacidad de controlar estas interacciones con el exterior, y por lo tanto, tendrá la continuidad y estabilidad de la producción comprometida a lo largo plazo.

Los pequeños productores (orgánicos y convencionales) presentaron también menor costo total de producción que los grandes productores. El costo de producción de las fincas grandes convencionales es alto, principalmente debido al alto costo de los agroquímicos utilizados en el manejo del cafetal, lo que también se corroboró con el indicador dependencia externa. Sin embargo, al analizar el indicador MB/ha se verifica que el costo de producción no representa un problema en la producción de este tratamiento, ya que la misma es rentable, pero

indica una posible limitante o amenaza futura, si ocurre una baja fuerte en el precio del café, o en el caso del aumento de precio de los insumos sintéticos o de la mano de obra.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los indicadores: productividad del café, relación costo/beneficio y costo unitario. Sin embargo, para el indicador productividad del café, el tratamiento de fincas grandes convencionales presentó, según la tendencia del promedio, mayor valor que los demás tratamientos, debido a un más intenso manejo de la plantación de café, a través del uso de fertilizantes, foliares y pesticidas. Aunque las fincas orgánicas certificadas también realicen un manejo intensivo de la plantación, la producción fue más baja en comparación a las fincas grandes convencionales. Otros estudios han reportado que con el cambio del sistema de producción convencional al orgánico se percibe una reducción en la productividad de café, y que la capacidad de producción en el sistema orgánico es menor que en el convencional, debido a la no utilización de agroquímicos sintéticos, como la urea, fórmula cafetalera y pesticidas, los cuales son frecuentemente usados en la producción convencional (Lyngbaek *et al.* 2001, Sosa *et al.* 2004). En Costa Rica, se han obtenido resultados que demuestran que la productividad de café oro/ha fue 22% mayor en sistemas convencionales que en orgánicos (Lyngbaek *et al.* 2001) y en Nicaragua la producción de café oro convencional fue 25,5% mayor que la orgánica (Zuñiga 2000).

Con relación al costo unitario, los pequeños productores convencionales presentaron, en tendencia de los promedios, mayor valor de sostenibilidad. Esto se debe al hecho de que estos productores, en muchos casos, están descapitalizados, no tienen recursos financieros para invertir en el manejo del cafetal, lo que influye en menores gastos con mano de obra que los productores orgánicos, y menores gastos con agroquímicos que los productores grandes convencionales. No obstante, este indicador no puede ser interpretado individualmente, pero sí debe ser correlacionado con el costo total y los beneficios originados con la producción; en otras palabras, un productor puede tener alto costo unitario o total de producción, pero es recompensado con una alta productividad o un alto precio en el mercado. Para los grandes productores convencionales, el costo unitario fue, en tendencia de los promedios, más alto, principalmente debido al alto costo de los agroquímicos utilizados en el manejo del cafetal, lo que también se corroboró con el indicador dependencia externa. Sin embargo, al analizar el indicador MB/ha se verifica que el costo de producción no representa un problema en la actividad productiva, ya que la misma es rentable, pero indica una posible limitante o amenaza

futura si ocurre una baja fuerte en el precio del café, o en caso de aumento del precio de los insumos sintéticos o de la mano de obra.

Los indicadores económicos más limitantes para cada tratamiento, así como los que más aportan para la sostenibilidad de los sistemas de producción de café pueden ser visualizados en la Figura 11. Se observa que la mayor debilidad de los tratamientos GC, PO y PC son los indicadores dependencia externa, productividad del café y margen bruto, respectivamente.

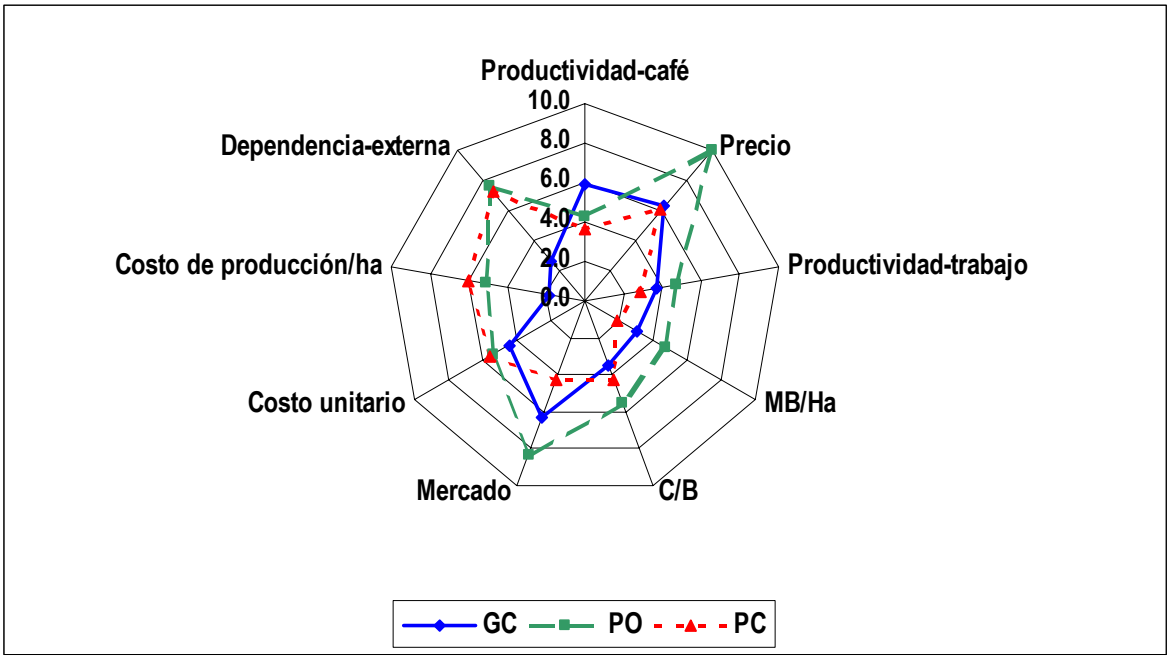

Figura 11. *Integración de los indicadores económicos para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO = pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

El análisis de los indicadores económicos permite concluir que de los nueve indicadores evaluados, el sistema de producción orgánica presentó estadísticamente mayor sostenibilidad, en comparación a los sistemas convencionales, para tres indicadores (precio, mercado y margen bruto); y para los indicadores (costo unitario, relación costo/beneficio, productividad del trabajo y dependencia externa), en los cuales no se presentaron diferencias significativas pero se percibe en la tendencia de los promedios mayor valor en términos de sostenibilidad.

2. Dimensión social de la sostenibilidad de fincas de café

Se encontraron diferencias significativas entre dos o más tratamientos para los indicadores sociales: autoconsumo de productos de la finca de café, grado de participación, de consenso social y satisfacción de los productores (as). El tratamiento de fincas orgánicas certificadas presentó mayor sostenibilidad en los indicadores autoconsumo y potencial de consenso social (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación de indicadores sociales en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Indicador	Prueba F	Tratamientos		
		GC (n= 4)	POC (n=14)	PC (n=32)
Auto-consumo	**0,0006**	2,95 a	**5,58 b**	3,75 a
Consenso social	**0,0001**	5,83 a	**7,38 b**	4,62 a
Participación	**0,0001**	**4,64 b**	**5,10 b**	1,78 a
Grado de satisfacción	**0,0003**	**8,50 b**	5,9 a	6,4 a
Institucionalidad	0,1312	6,75 a	7,36 a	6,34 a

CG= grandes convencionales, POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales

El autoconsumo no es un indicador directo y claro de la sostenibilidad, no hay una correlación única y directa entre el nivel de autoconsumo y la sostenibilidad, debido a que se puede hacer análisis desde diferentes perspectivas. En otras palabras, un productor puede presentar un alto nivel de autoconsumo debido al inadecuado acceso al mercado, lo que puede resultar en baja rentabilidad de la producción. En contraste, el productor puede no consumir nada de la finca, por el motivo que es más rentable vender la producción, principalmente cuando tiene un precio más alto que los demás en el mercado. Sin embargo, si analizamos este indicador desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, puede haber una relación directa entre el nivel de autoconsumo y la sostenibilidad, principalmente en el caso de la producción orgánica.

No depender de la compra de alimentos para el hogar contribuye en la autogestión de la familia y disminuye la vulnerabilidad ante a cambios externos a la finca, sea en el acceso, precio o en la calidad de los alimentos. En muchos casos, los productores orgánicos prefieren destinar los alimentos producidos para el autoconsumo como una estrategia de mantener la calidad alimentaría del hogar, aunque tengan un mercado para los mismos. En este trabajo se analiza la sostenibilidad del indicador grado de autoconsumo, como una estrategia de reducción a la dependencia externa y a la vulnerabilidad ante a cambios que comprometan la

seguridad alimentaria de la familia. Esta perspectiva de análisis corrobora con el resultado encontrado en la comparación del indicador entre los tratamientos. Los productores orgánicos presentan mayor nivel de autoconsumo que los productores convencionales, justamente por el diferencial de calidad de los alimentos orgánicos producidos.

El grado mayor de consenso social demostrado por los pequeños productores orgánicos certificados puede estar relacionado a la organización institucionalizada conformada por los mismos. La organización contribuye para la concertación de ideas, propuesta y principios entre los productores. El acuerdo en común entre los productores que componen un grupo, facilita la articulación y transacciones para lograr beneficios o metas comunes (Prins 1996, Vernooy y Ashbih 2001). Por lo tanto favorece el desarrollo en medida que los productores presentan un potencial más alto de resolución de problemas y reducción de limitantes para la producción de café, a lo largo del tiempo.

El consenso social está muy relacionado al grado de participación en grupos u organizaciones, como se puede verificar por la consistencia entre estos indicadores. Los productores orgánicos y los grandes convencionales presentaron el mayor valor de índice de participación. Ambos grupos ejercen mayor participación en la sociedad, pero en niveles diferentes; los productores orgánicos participan en organizaciones de café y en acciones y proyectos locales de la comunidad en donde habitan, mientras los grandes productores están más involucrados en la política y organizaciones destinadas a la producción de café. De todas maneras, la participación, principalmente en organizaciones de café puede impulsar mejorías en el sistema productivo y proveer ventajas para el desarrollo y solución de problemas para la producción de café.

Los pequeños productores convencionales presentan, en general, un nivel muy bajo de participación, cada uno produce por si solo. Esta individualidad en la producción y comercialización del café, puede reflejar bajos niveles de sostenibilidad en otros indicadores sociales (consenso social) y económicos (mercado, precio del café, MB/ha). Desde el punto de vista de la sostenibilidad social, este es el indicador más crítico para este grupo de productores: cuanto más desarticulados en la producción de café, obtendrán menores ventajas, principalmente en la comercialización. Sin embargo, según los propios productores, ellos no se involucran en organizaciones por ideología propia, debido a la creencia que es más fácil producir individualmente, sin depender de nadie. Por lo tanto, para lograr cambios en esta limitación hacia la sostenibilidad, es importante que los productores tomen la conciencia de

los beneficios que pueden obtener cuando están organizados y que algunas limitantes o problemas de su proceso productivo, pueden ser mejorados con la organización social y productiva.

El indicador grado de satisfacción expresa el contentamiento del productor con relación a aspectos relacionados a la calidad de vida: acceso a infraestructura (agua, luz, y carreteras), salud, educación y alimentación. El grupo de los grandes productores presentó mayor valor del índice de sostenibilidad para este indicador en comparación a los pequeños. Los grandes productores cumplieron con 100% del umbral de grado de satisfacción establecido, debido a que viven en la zona urbana con mejor acceso a agua, energía y carreteras, además cuentan con ingresos adicionales, los cuales permiten un mejor acceso a salud, educación y alimentación (Figura 12).

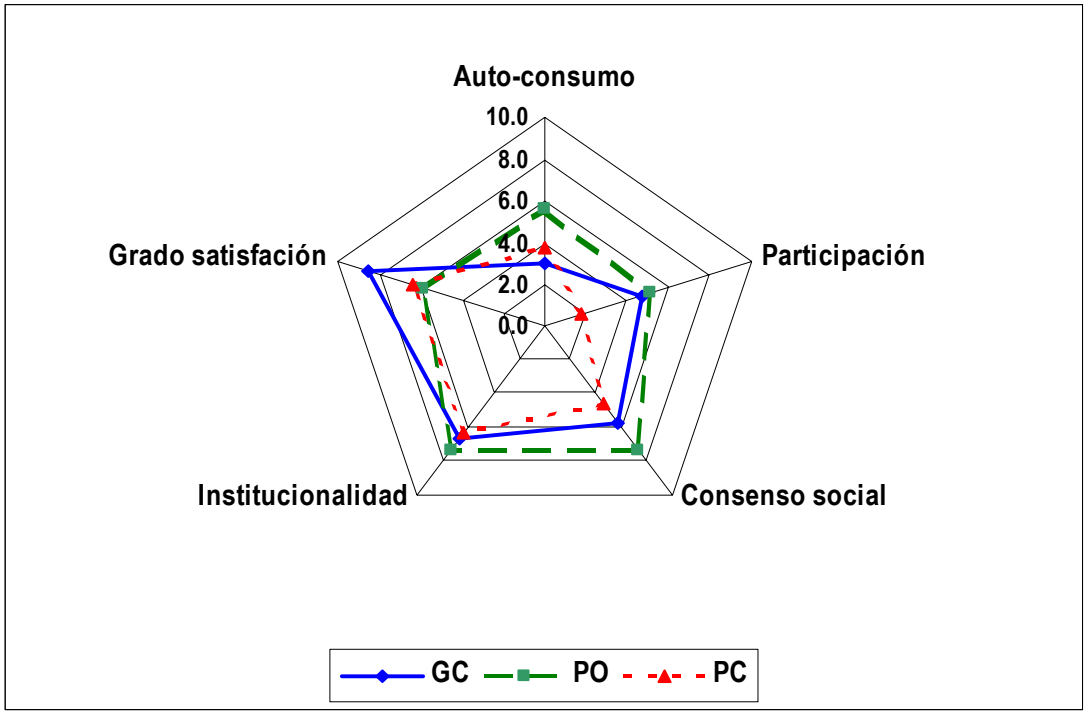

***Figura 12**. Integración de los indicadores sociales para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

De los cinco indicadores sociales evaluados, el sistema orgánico presentó estadísticamente mayor nivel de sostenibilidad que los sistemas convencionales en los indicadores autoconsumo y consenso social, además del indicador institucionalidad, el cual presentó mayor valor en tendencia de los promedios, sin presentar diferencias significativas.

El sistema grande convencional presentó mayor sostenibilidad en el indicador grado de satisfacción y conjuntamente con el sistema orgánico mayor valor en el indicador participación social.

3. Dimensión ecológica de la sostenibilidad de fincas de café

Se encontraron diferencias significativas entre dos o más tratamientos, para los indicadores ecológicos: tratamiento del agua miel, espesor de hojarasca, número de prácticas de conservación, cobertura muerta del suelo, densidad de lombrices, sanidad del cultivo, uso de herbicidas/pesticidas e índice de uniformidad (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de indicadores ecológicos en tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Indicador	Prueba F	Tratamientos		
		GC (n= 4)	POC (n=14)	PC (n=32)
Tratamiento del agua miel (escala)	<0,0001	6,50 a	**10 b**	6,58 a
Espesor de hojarasca (cm)	0,0006	3,81 a	**6,89 c**	5,29 b
No. de prácticas de conservación	<0,0001	3,75 a	**6,31 b**	3,31 a
Cobertura Muerta (%)	0,0004	4,68 a	**8 ,02 b**	**7,42 b**
Densidad de lombrices/m^2	0,0453	2,31 a	4,41 b	2,94 ab
Sanidad del cultivo (escala)	0,0104	7,00 ab	7,86 b	5,88 a
Uso de herbicidas y pesticidas (l/ha)	0,0442	8,00 a	10,0 b	8,87 ab
Índice de Uniformidad	0,0165	6,23 a	8,62 b	8,87 b
Índice de *Simpson*	0,1328	4,58 a	6,76 a	7,03 a
Índice de *Shannon*	0,0656	2,63 a	5,20 a	5,44 a
Compactación del suelo (kg/cm^2)	0,1008	1,97 a	2,99 a	2,10 a
Erosión (escala)	0,4661	4,17 a	5,38 a	4,71 a

CG= grandes convencionales, POC= pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales.

Los productores orgánicos certificados presentaron mayor sostenibilidad que los productores convencionales para los indicadores tratamiento del agua miel, espesor de hojarasca, y números de prácticas de conservación utilizadas en el manejo del cafetal. Para los demás indicadores no se encontraron diferencias significativas entre los tres sistemas de manejo.

El tratamiento del agua miel es una fuerte diferencia entre los productores orgánicos y los convencionales. Debido a las exigencias de la certificación orgánica, las cuales pueden ser verificadas en IFOAM (2003), todos los productores de esto grupo separan la pulpa en el proceso de beneficiado del café, hacen abono orgánico con la pulpa del café y destinan el agua residual a lagunas o hoyos de oxidación, mientras que los productores convencionales, con

algunas excepciones, destinan el agua miel directamente a los cauces de ríos, sin control o tratamiento.

El agua miel presenta un alto potencial de contaminación de los recursos hídricos, principalmente cuando el procesamiento es centralizado o en grande cantidad (Von Eden y Calvert 2005). Tomando en cuenta que para producir 45,5 kg de café oro son necesarios 248 kg de café en fruta, se estima que en el procesamiento de una saca de 45,5 kg de café se genere 202 kg de residuos sólidos (pulpa y casca). Debido a la alta concentración de componentes orgánicos, el agua miel al mezclarse y descomponerse en los cauces naturales puede generar una demanda química de oxigeno (DQO) arriba de 5000 mg/l, una demanda biológica de oxígeno (DBO) de 1986 a 9360 mg/l, y un pH menor a cuatro (Alfaro y Rodríguez 1994, Matos *et al.* 2005, Von Eden y Calvert 2005). Para poder ser depositada en los canales naturales, el agua miel debe reducir la DBO a menos de 200 mg/l y elevar el pH a un valor entre 6 y 8. La degradación microbiana reduce el nivel del oxígeno a las condiciones anaerobias, bajo las cuales se dificulta la permanencia de vida acuática (Alfaro y Rodríguez 1994, Gonzalez y Obando 1994, Rice y Ward 1997, Harner 1997, Barbier *et al*. 2003, Matos *et al.* 2005, Von Eden y Calvert 2005).

El aporte en contaminación del recurso hídrico de la microcuenca es mínimo con la producción orgánica, contrastando con el manejo que es dado por los productores convencionales a los residuos provenientes del beneficiado del café. Algunas alternativas para reducir la contaminación y al mismo tiempo aprovechar los recursos que están siendo perdidos en el procesamiento del café son: el uso de la pulpa de café como abono orgánico y combustible, el cual puede ser utilizado como fuente de energía para la planta de procesamiento del café (Rice y Ward 1997); materiales celulósicos; incorporación en la dieta alimentaría de animales, y el tratamiento químico o anaeróbico del agua residual (Alfaro y Rodríguez 1994). Sin embargo, el desarrollo de tecnologías económicamente viables de aprovechamiento de los residuos originados del beneficiado del café, debe ser respaldado por la aplicación de una legislación rigorosa, que sea compartida y controlada localmente por las organizaciones y productores de café involucrados (Alfaro y Rodríguez 1994).

El espesor de hojarasca en los suelos de los cafetales resultó significativamente mayor en el manejo orgánico certificado que en el manejo convencional. Este resultado puede estar relacionado a la no aplicación de herbicidas en el cafetal, ya que el herbicida tiene una acción de quema de la cobertura viva y muerta del suelo (Alcántara y Ferreira 2000, Alcántara *et al*.

2003). Cuanto más grande es el espesor de hojarasca en el suelo, principalmente en el caso de las especies leguminosas, mayor es el aporte al mantenimiento de la fertilidad del suelo, a través del aumento de la actividad microbiana en el suelo, la disminución de pérdidas de nutrientes y de procesos erosivos (Beer 1988, Primavesi 1999, Altieri 2002).

Por otro lado, la densidad, distribución y composición de árboles en el cafetal, así como el manejo realizado, puede contribuir para el incremento de hojarasca en los suelos de cafetales. Doseles diversificados de sombra en cafetales pueden aportar hasta 10.400 kg de biomasa por ha año^{-1}, lo que significa aproximadamente 210 kg/ha año^{-1} de nitrógeno (Aranguren *et al*. 1982, citado por Beer 1988). Las fincas orgánicas poseen mayor densidad de árboles (405 árboles/ha) en el sistema, distribuidas homogéneamente en tres estratos, mientras que las fincas convencionales presentan una densidad promedio de 362 árboles/ha distribuidas en dos estratos abiertos y heterogéneos para las fincas grandes y tres estratos medianamente densos y heterogéneos en las fincas pequeñas. Con relación al manejo de la sombra, el porcentaje de productores que lo realiza son: 71%, 75% y 41% para los productores orgánicos, pequeños convencionales y grandes respectivamente. En este sentido, es posible que la mayor densidad de árboles/ha encontradas en las fincas orgánicas, asociado al manejo de la sombra realizado, contribuyan para los mayores valores del espesor de hojarasca del suelo.

En el tratamiento fincas orgánicas se realiza un número significativamente mayor de prácticas de manejo conservacionistas del suelo y agua, en comparación a los demás tratamientos. Las prácticas conservacionistas utilizadas por los productores orgánicos son: siembra en curvas a nivel, cobertura muerta del suelo, abono orgánico, tratamiento de los residuos del beneficiado del café, terrazas, abono verde y cobertura viva. Cuanto mayor el uso de prácticas de manejo conservacionistas, mayor es la tendencia de estabilidad y sostenibilidad ecológica del agroecosistema. El mayor uso de prácticas de conservación en el manejo orgánico puede estar influenciando también el resultado encontrado en los otros indicadores ecológicos, tales como el espesor de hojarasca, la cobertura muerta del suelo, y la densidad de lombrices, para los cuales las fincas orgánicas presentaron valores de los índices mayores, así como una mejor tendencia de sostenibilidad (Figura 13).

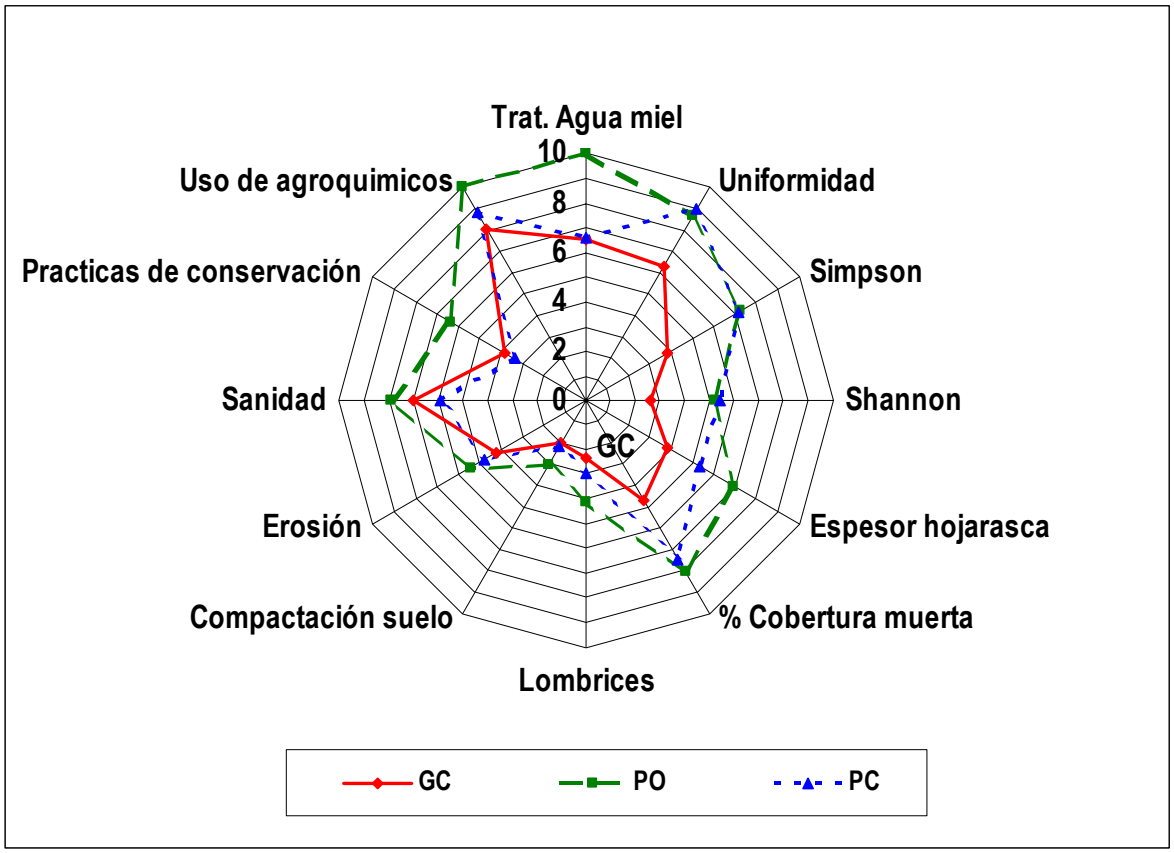

Figura 13. *Diagrama radial de integración de los indicadores ecológicos para los diferentes sistemas de producción de café, GC= grandes convencionales, PO = pequeños orgánicos certificados, PC= pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

Los sistemas de producción de pequeños productores (convencional y orgánico) presentaron mayor porcentaje de cobertura muerta del suelo. La protección que ejerce la cobertura vegetal del suelo, conlleva a una menor pérdida de suelo y un menor volumen de escurrimiento, debido a la intercepción de la lluvia, que minimiza el impacto de las gotas de agua y facilita la infiltración en el suelo (Cubrero 1994, Reijntjes *et al.* 1999, Arrellano *et al.* 2005). El espesor de hojarasca y el porcentaje de cobertura del suelo son factores relevantes en el manejo del cafetal, para el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo y la sostenibilidad productiva a largo plazo.

Para el indicador densidad de lombrices se encontraron diferencias entre las fincas orgánicas (POC) y las fincas grandes convencionales (GC), siendo el primer tratamiento, el que presentó mayor nivel de sostenibilidad. Resultados semejantes fueron reportados por Reganold *et al*. (1993), Gerhardt (1997), Pfiffner y Mader (1997), Brown (1999), Liebig y

Doran (1999), todos los anteriores citados por Hole *et al.* (2005), y Glover *et al.* (2000), en donde se atribuye al uso de abonos orgánicos, cobertura de suelo y no aplicación de herbicidas, como siendo los principales factores que contribuyen a la mayor densidad de lombrices en el manejo orgánico. En este sentido, los árboles presentes en el cafetal, por intermedio de las podas, juegan un importante rol en el mantenimiento de la cobertura del suelo. Las lombrices son indicadores de la estabilidad y calidad del suelo (Decaens *et al.* 1994, Mausbach y Seybold 1998, Glover *et al.* 2000); su presencia está relacionada positivamente con los niveles de materia orgánica en el suelo, y negativamente con el uso de herbicidas, labranza y fertilización sintética intensiva en el sistema (Giller *et al.* 1997, Primavesi 1999, Altieri 2002). La mayor densidad de lombrices en el suelo implica una mejora de los atributos de sostenibilidad: productividad y estabilidad, ya que ayuda a mantener la capacidad productiva y el equilibrio dinámico del agroecosistema (Masera *et al.* 1999, Mausbach y Seybold 1998, Lal 1998. La pérdida conjunta de la abundancia y diversidad de lombrices, así como de otros componentes de la fauna edáfica, conduce invariablemente a una perdida de funciones importantes del ecosistema suelo, como por ejemplo la descomposición de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes, la regulación de la estructura y microclima del suelo, las cuales determinan la fertilidad y el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo (Decaens *et al.* 1994, Lavelle 1997, Giller *et al.* 1997).

De esta manera, algunas alternativas para conservar o estimular las funciones del ecosistema aportadas por la fauna edáfica son: reducción de la intensidad y frecuencia en la labranza, uso mínimo de pesticidas y herbicidas, establecimiento de cultivos leguminosos asociados en la plantación y mantenimiento de la cobertura muerta del suelo (Decaens *et al.* 1994).

En ocho de los 12 indicadores ecológicos evaluados, el tratamiento orgánico presentó un valor significativamente mayor que lo encontrado en las fincas grandes convencionales, lo que confiere al sistema orgánico un mayor nivel de sostenibilidad ecológica, lo cual debe ser incentivado, técnica y socioeconómicamente, para garantizar una producción más sostenible de café en la región. Estadísticamente, las fincas orgánicas solo presentaron mayor sostenibilidad que las fincas PC para cuatro de los 12 indicadores utilizados. Sin embargo, aunque no se ha verificado diferencias estadísticas, en la mayoría de los indicadores, el sistema orgánico presentó, en la tendencia de los promedios de los índices, valores más altos hacia la sostenibilidad.

Para los tres sistemas, la compactación del suelo fue el indicador que presentó el menor valor de índice (sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos), el cual representa un punto crítico de sostenibilidad ecológica de los sistemas productivos estudiados. Los efectos de compactación de muchas prácticas agrícolas suelen ser acumulativos, lo que puede causar reducción de la productividad del sistema a largo plazo, principalmente por problemas en la nutrición de las plantas, debido a la dificultad de penetración de las raíces (Moro *et al*. 2000).

Además, la compactación dificulta la entrada de agua en el perfil del suelo generando escorrentía superficial y pérdidas de suelo y nutrientes (Moro *et al*. 2000). La compactación del suelo puede ser reducida con el aporte de materia orgánica, la cual contribuye en al aumento de la porosidad y mejoría de la estructura del suelo (Primavesi 1999, Alcántara y Ferreira 2000, Moro *et al*. 2000, Altieri 2002). El efecto del aporte de materia orgánica para disminuir la compactación del suelo también ha sido reportado por Dao 1996, Pikul y Zuzel 1994 citados por Alcántara y Ferreira 2000.

La mayoría de los cafetales en la microcuenca están ubicados en zonas de alta pendiente (mayor que 30%), debido a que las zonas bajas están destinadas al cultivo de especies anuales (fríjol, maíz y huerto) y ganadería. Esta característica de las fincas puede agravar aun más la escorrentía superficial y causar contaminación de sedimentos y agroquímicos en las quebradas que componen la microcuenca.

El sistema orgánico (PO) presentó mayor sostenibilidad que el sistema de producción grande convencional (GC) en el uso de herbicidas y pesticidas. Sin embargo, el sistema de producción pequeño convencional (PC) no presentó diferencias significativas con los otros sistemas. La pequeña diferencia en el índice entre los tratamientos se debe al hecho de que en el grupo PC están incluidas algunas fincas que hacen poco o ningún uso, de herbicidas o pesticidas en el sistema, así como influye el pequeño tamaño de la muestra utilizada para las fincas GC. Adicionalmente, según los pequeños productores de la zona, ha habido una reducción en la aplicación de estos insumos, principalmente debido al alto precio en que se encuentran los productos derivados del petróleo.

Aunque no haya habido una fuerte diferencia entre los sistemas de producción convencionales y el orgánico, el indicador no pierde su relevancia en el análisis, ya que el uso de pesticidas y herbicidas contribuye fuertemente para la contaminación del suelo, agua, reduciendo la biodiversidad, la calidad del café y la sostenibilidad de la producción agrícola en

la microcuenca en estudio (Rice y Ward 1997, Reijntjes *et al.* 1999, Wilson y Tisdell 2001). El efecto de este indicador para la sostenibilidad de la producción de café involucra no solo los aspectos de carácter ecológico, pero también tiene una fuerte influencia en la sostenibilidad económica y social de los productores. A lo largo plazo, el uso de pesticidas y herbicidas puede causar daños a la salud humana, reducir la productividad del cultivo, generar costos asociados al tratamiento de enfermedades humanas, pérdida de la producción por infestación de plagas o enfermedades, y aumentar los costos de producción y la dependencia externa (Wilson y Tisdell 2001).

El uso del pesticida endosulfán, comúnmente utilizado por los productores convencionales de la microcuenca para combatir la broca del café, ha sido altamente cuestionado por agencias ambientalistas, e inclusive prohibido por la Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia en 1995, debido a la composición altamente tóxica del producto (Rice y Ward 1997). El uso continuo e intensivo del mismo ha comprometido la salud humana a lo largo del tiempo y el equilibrio del agroecosistema.

Los sistemas de pequeños productores presentaron estadísticamente mayor diversidad florística que el tratamiento GC, para el índice de Uniformidad ($p=0,0165$), sin embargo para los índices de *Simpson* y *Shannon* no se verificaron diferencias significativas entre los tratamientos. Otros estudios han reportado que las fincas más pequeñas presentan mayor riqueza y abundancia de especies, principalmente para satisfacer las necesidades de leñas y frutas (Llanderal 1998, Bonilla 1999). La diversidad de especies asociadas en el cafetal puede aportar en la sostenibilidad ecológica y socioeconómica del sistema productivo, siempre cuando hay una sinergia funcional entre los componentes del sistema (Reijntjes *et al*. 1999).

Las especies complementarias asociadas en el cafetal, además de proporcionar diferentes productos e ingresos, también cumplen varias funciones en el agroecosistema, tales como sombra para el café, cobertura del suelo, regulación del crecimiento de maleza, aporte de materia orgánica, hábitat para animales silvestres, barreras contra erosión y conservación del suelo, agua y biodiversidad (Bonilla 1999, Somarriba *et al.* 2004). Cuanto mayor la diversidad de especies complementarias en un agroecosistema, mayor es la complejidad del mismo (Somarriba *et al*. 2004), mayor tiende a ser la similitud con los ecosistemas naturales, con relación a las funciones fundamentales desempeñadas por estos (Reijntjes *et al*. 1999) y por lo tanto, mayor es el aporte para la sostenibilidad y conservación de la biodiversidad (Somarriba *et al.* 2004). Hay una relación directa entre la complejidad florística del sistema y

la diversidad de insectos, aves y mamíferos (Perfecto y Snelling 1995, Greenberg *et al.* 1997 y Wunderle y Latta 1998, todos citados por Somarriba *et al*. 2004).

El grado de diversidad florística de las fincas de café determina el potencial de conservación de animales que brindan estos agroecosistemas, en donde una gran diversidad de aves, murciélagos, mamíferos y reptiles dependen del componente arbóreo para la alimentación, reproducción y refugio (Somarriba *et al.* 2004). Especies del genero *Inga* son especialmente encontradas en las fincas de café de la microcuenca, las cuales constituyen hábitat para aves nectarívoras, además de producir frutas, leña y servicios ecológicos tales como la fijación de nitrógeno, cobertura y conservación del suelo (Somarriba *et al.* 2004).

De esta manera, cuanto mayor es la diversificación de las fincas de café, con relación a la densidad y riqueza de especies de árboles, mayor es el aporte para la conservación de los recursos suelo y agua, así como de la fauna silvestre, a través del aumento de la conectividad del paisaje, que permite un mayor intercambio genético de poblaciones de fauna y flora así como la disminución del efecto de borde en los parches remanecientes de bosque en la microcuenca (Somarriba *et al.* 2004).

Aunque la diversidad florística sea tomada en este estudio como un indicador ecológico, esta también puede ser analizada desde la perspectiva socioeconómica. La diversidad de plantas en el cafetal puede ofrecer ingresos y rendimientos importantes para la economía y autosuficiencia del hogar (Sosa 1997, Somarriba *et al.* 2004). De esta manera, contribuye para la disminución del riesgo económico frente a la inestabilidad del precio del café en el mercado internacional (Bonilla 1999, Somarriba *et al.* 2004), lo que hoy en día corresponde a una importante estrategia de producción empleada en las fincas pequeñas y vulnerables a la inseguridad del comercio de café. La diversificación del cafetal puede aportar en la seguridad alimentaria del hogar a través de la diversificación de la alimentación familiar y, en el caso de la producción orgánica, este aporte es aún más relevante debido a la seguridad de consumir un producto para el cual se conoce el origen y la calidad.

Las fincas pequeñas orgánicas y las grandes convencionales presentaron mayor sanidad del cultivo de café en comparación a las fincas pequeñas convencionales, lo que se debe principalmente a las prácticas de manejo y control de enfermedades empleadas en estos dos sistemas de manejo más intensivos. En las fincas grandes, los productores utilizan variedades de café resistentes y adaptadas a cada condición edafoclimática específica y aplican pesticidas y funguicidas para el control de plagas y enfermedades. En el manejo orgánico se utilizan

compuestos foliares orgánicos producidos en la propia finca, el manejo de la sombra y el control fitosanitario de los cafetos. Las principales enfermedades que atacan el cultivo de café en el tratamiento pequeño convencional fueron *Hemileia vatatrix* (roya) y *Cercospora coffeicolla* (mancha de hierro), siendo la última relacionada con la menor densidad de sombra en el cafetal y las altas temperaturas (Zuñiga 2000, Haggar y Staver 2001). Para lograr condiciones menos favorables para el desarrollo de esta enfermedad en la zona de estudio, es recomendable mantener en el cafetal un nivel de sombra homogénea entre 30 a 60% (Zuñiga 2000, Guharay *et al.* 2001, Haggar y Staver 2001).

Debido a la gran cantidad de información generada anteriormente en la discusión de los indicadores que componen las tres dimensiones de la sostenibilidad, así como para tener una visión más integrada del conjunto, se resume, a continuación, los resultados significativos y no significativos de la comparación de todos los indicadores presentados anteriormente entre los tres diferentes sistemas de producción (Cuadro 17 y Cuadro 18). Estos resultados ya fueron discutidos.

Cuadro 17. Resumen de indicadores de sostenibilidad económica, ecológica y social, cuyos valores presentaron diferencias estadísticas significativas en los tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Categorías de indicadores	Indicadores	Sistemas de producción		
		Fincas GC	Fincas PO	Fincas PC
Ecológicos	Tratamiento del agua miel	6,50 a	10 b	6,58 a
	Espesor de hojarasca (cm)	3,81 a	6,89 c	5,29 b
	No. de prácticas de conservación	3,75 a	6,31 b	3,31 a
	Cobertura Muerta (%)	4,68 a	8 ,02 b	7,42 b
	Densidad de lombrices/m^2	2,31 a	4,41 b	2,94 ab
	Sanidad del cultivo (escala)	7,00 ab	7,86 b	5,88 a
	Herbicidas y pesticidas l/ha	8,00 a	10,0 b	8,87 ab
	Índice de Uniformidad	6,23 a	8,62 b	8,87 b
Sociales	Auto-consumo (escala)	2,95 a	5,58 b	3,75 a
	Consenso social (escala)	5,83 a	7,38 b	4,62 a
	Participación (escala)	4,64 b	5,10 b	1,78 a
	Grado de satisfacción (escala)	8,5	5,9	6,4
Económicos	Precio (US$/ 45,5 kg ps)	6,23 a	10 b	6,02 a
	Mercado (escala)	6,25 b	8,39 c	4,33 a
	Margen Bruto / ha	3,11 ab	4,7 b	1,87 a
	Dependencia externa (%)	2,63 b	7,55 a	7,30 a
	Costo de producción (US$/ha)	1,79 a	5,06 b	5,97 b
	Productividad del trabajo	3,77 ab	4,76 b	2,781 a

GC = grande convencional, PO = pequeño orgánico certificado, PC = pequeño convencional.

De los 26 indicadores utilizados en el análisis, 18 resultaron significativos y 8 no significativos. La dimensión que resultó con mayores diferencias entre los sistemas fue la social. En siete de los indicadores con resultados significativos, el sistema orgánico presentó mayores valores de sostenibilidad.

Cuadro 18. Resumen de indicadores de sostenibilidad económica, ecológica y social, cuyos valores presentaron diferencias estadísticas no significativas en los tres sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.

Categorías de indicadores	Indicadores	Sistemas de producción		
		Fincas GC	Fincas PO	Fincas PC
Ecológicos	Índice de *Simpson*	4,58 a	6,76 a	7,03 a
	Índice de *Shannon*	2,63 a	5,20 a	5,44 a
	Compactación del suelo (kg/cm^2)	1,97 a	2,99 a	2,10 a
	Erosión (escala)	4,17 a	5,38 a	4,71 a
Sociales	Institucionalidad (escala)	6,75 a	7,36 a	6,34 a
Económicos	Productividad del café (kg ps/ha/año)	5,95 a	4,31 a	3,61 a
	Relación beneficio/costo (B/C)	3,49 a	5,58 a	2,42 a
	Costo unitario US$/45,5 kg ps	4,43 a	5,37 a	5,51 a

GC = grande convencional, PO = pequeño orgánico certificado, PC = pequeño convencional.

5.4.2 Evaluación participativa de los resultados

Dos talleres fueron realizados con los pequeños productores (convencionales y orgánicos) para identificar los problemas que más afectan la sostenibilidad de la producción de café en la microcuenca. En el primer taller realizado con los productores orgánicos, se identificaron cinco problemas socioeconómicos prioritarios y solamente un problema de carácter ecológico. La mitad de los productores orgánicos que asistieron el taller reportaron la falta de recursos económicos para invertir en la finca de café, como el problema de mayor relevancia en la zona (Figura 14).

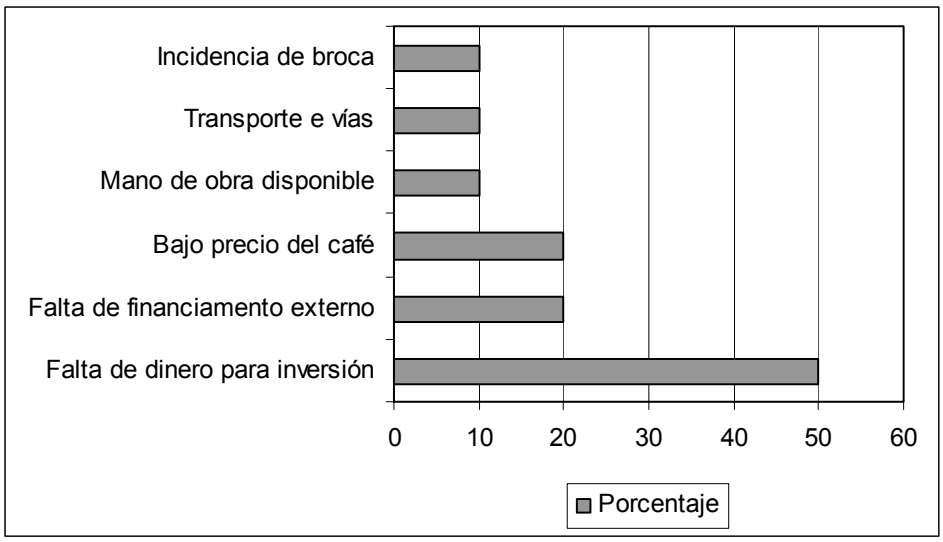

Figura 14. *Representatividad porcentual de los principales problemas de la caficultura local identificados por los productores pequeños orgánicos certificados, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.*

La mayoría de los problemas que los productores orgánicos tienen están relacionados al aspecto económico de la producción, tal como la falta de dinero o recursos económicos para invertir en su finca. La falta de recursos económicos para la inversión en la finca se origina principalmente por el bajo precio retribuido al café orgánico en el mercado. El 50% del café producido por la cooperativa orgánica es vendido a precio del mercado justo y la otra mitad es variable con la bolsa de Nueva York. Según los productores el sobreprecio no es suficiente para invertir en todas las actividades de manejo, que son necesarias para la producción de un café orgánico de calidad, así como para la inversión en el aumento de la calidad de vida del hogar.

Para el tratamiento de productores orgánicos, la dimensión ecológica solo fue resaltada con relación a la incidencia de *Hyprothenemus hampei* (broca del café) en el cafetal, la cual afecta la producción y reduce la calidad del café. Los productores orgánicos de la cooperativa han tenido la oportunidad de participar de muchas capacitaciones relacionadas al manejo orgánico del cafetal, en las cuales los productores pudieron aprender sobre prácticas de manejo conservacionista de los recursos, suelo, agua y sanidad de la plantación. Este aprendizaje se refleja en las condiciones ecológicas de la plantación y en la satisfacción presentada por los productores con relación a la dimensión ecológica de la sostenibilidad de la producción.

Entre las alternativas de manejo de la broca del café están: el mantenimiento de sombra parcial para promover el crecimiento de micelios de *Bauveria bassiana* (hongo controlador

biológico de la broca), la diversificación de los componentes de sombra para aumentar el número de predadores generales de la broca (Guharay *et al*. 2001) y el control cultural de granos infectados con la plaga en el cafetal.

Para los productores pequeños convencionales el bajo precio para la comercialización del café representa el problema principal, reportado por 60% de los productores. De los diez problemas identificados por los productores, cuatro fueron de carácter económico, cuatro ecológicos y dos sociales (Figura 15).

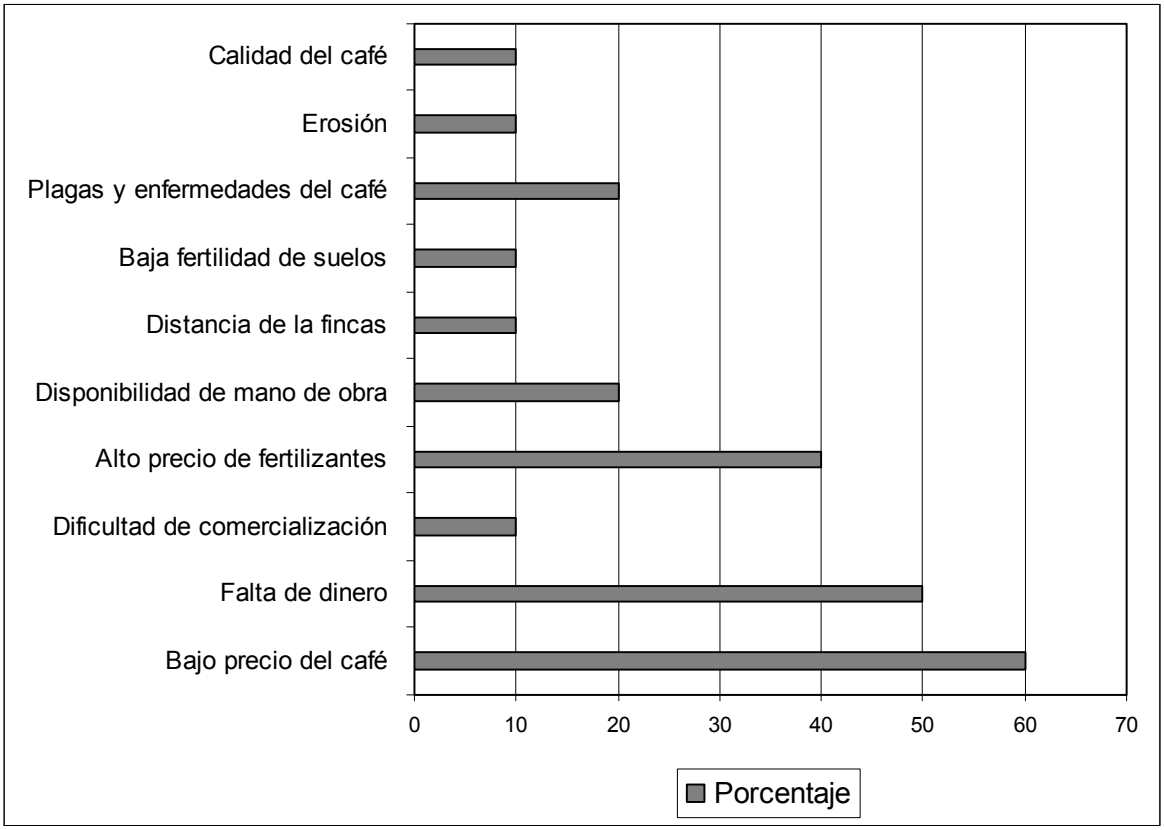

Figura 15. *Representatividad porcentual de los principales problemas de la caficultura local identificados por los productores pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, 2005.*

Las causas del bajo precio de venta del café pueden estar relacionada a: desorganización de los productores; dependencia hacia los comerciantes intermediarios, los cuales ofrecen un precio muy bajo del café; falta de infraestructura para el beneficio y secado del café y baja calidad del producto. El bajo precio del café origina bajos ingresos y la falta de recursos para invertir en la finca, la cual consecuentemente afecta la disponibilidad de recursos

para la compra de fertilizantes, generando un ciclo continúo de descapitalización y descontento con la actividad cafetalera. Las fincas convencionales dependen en gran medida del uso de insumos inorgánicos para la producción, debido a la falta de prácticas de manejo que mejoren la capacidad productiva del suelo, de esta manera, la falta de recursos para la compra de fertilizantes afecta la productividad del café y consecuentemente las ganancias del productor.

Para solucionar el problema del precio bajo, los productores reportan que también sería importante realizar la venta del café directamente a un beneficio grande, evitando así los compradores intermediarios y los bajos precios ofertados por ellos. También exponen la necesidad de apoyo y orientación para hacer contratos con compradores de café, y lograr un mejor precio en la comercialización.

Los productores convencionales están concientes de que es necesario mejorar la calidad del café para lograr un mejor precio de venta y poder ser competitivo en el mercado, cada día más saturado e inestable. Sin embargo, aún no son capaces, por falta de conocimiento, recurso o infraestructura, de poner en práctica los aspectos relevantes para este cambio, tal como la reducción en el uso de agroquímicos. Los productores creen ser necesaria la realización de capacitaciones enfocadas en las mejorías del proceso de beneficio del café, para lograr mayor calidad del producto. Esta actividad también seria de interés del Municipio de Copán Ruinas, ya que se puede mejorar conjuntamente el tratamiento de aguas mieles. Además, creen que el apoyo para la construcción de secadoras solares aportaría en gran medida en la mejoría de la calidad del café, ya que la época de cosecha coincide con la época de mayor humedad en la región.

Con relación a la dependencia a fertilizantes sintéticos y la vulnerabilidad ante a la subida del precio de los mismos, los productores solicitan que las instituciones promotoras del desarrollo rural en la región los apoye con capacitaciones para la elaboración de fertilizantes en la propia finca y la promoción de la siembra de especies leguminosas en asocio con el café. Sin embargo, los productores están concientes que para poder superar todas la dificultades del proceso productivo, tales como la mejora de la calidad y de la estrategia de comercialización del café, se requiere la consolidación de la organización de los productores de café convencional de Sesesmiles.

Los productores de ambos tratamientos han encontrado problemas por la limitación de mano de obra. La creciente actividad turística en el Municipio de Copán Ruinas, contribuye a

la escasez de mano de obra, principalmente en la época de cosecha, que es la de mayor demanda. La escasez de mano de obra conlleva al corte de café demasiado maduro y por lo tanto de baja calidad. En este sentido, las fincas que cuentan con bastante apoyo de mano de obra familiar son menos vulnerables a esto tipo de problema.

Los problemas priorizados por los productores convencionales son consistentes con los resultados encontrados en los indicadores de sostenibilidad, analizados anteriormente, en donde se verificó el alto potencial limitante en la dimensión económica de esto tratamiento. Sin embargo, en el caso de los productores orgánicos, el problema principal identificado por ellos fue la falta de recursos financieros para invertir en el manejo de la finca, mientras que en el análisis de sostenibilidad este tratamiento fue lo que presentó mayor valor promedio en el margen bruto, lo cual se refiere a las ganancias del sistema de producción. Por lo tanto, aunque el margen bruto sea lo más alto entre los tratamientos, tomando en cuenta el umbral establecido, no es suficiente para atender las expectativas y demandas de los productores orgánicos.

5.4.3 Integración de los resultados e indicadores

1. Agregación de los indicadores en las tres dimensiones de la sostenibilidad

Tomando en cuenta que la sostenibilidad debe ser analizada en las tres dimensiones que la componen (Masera *et al.* 1999, Deponti *et al.* 2002), y considerando la evaluación realizada anteriormente para cada indicador y sus interrelaciones, se calcularon los índices de sostenibilidad para las dimensiones social, económica, ecológica.

El tratamiento de fincas pequeñas orgánicas (PO) presentó mayor sostenibilidad que los demás tratamientos en las dimensiones económica y ecológica. En la dimensión social los grandes productores (GC) no se diferenciaron de los orgánicos. Solamente en la dimensión ecológica el tratamiento de pequeños convencionales (PC) se diferenció del GC, presentando mayor valor de sostenibilidad que el primero (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación del nivel de sostenibilidad entre los tres sistemas de producción de café para las tres dimensiones de la sostenibilidad, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras, 2005.

Dimensión	Prueba F	Grande Convencional	Pequeño orgánico	Pequeño convencional
Dimensión Económica	<0,0001	4,18 a ± 0,45	**6,19 b** ± 0,20	4,63 a ± 0,17
Dimensión Social	<0,0001	**5,74 b** ± 0,87	**6,27 b** ± 0,19	4,58 a ± 0,16
Dimensión Ecológica	<0,0001	4,57 a ± 0,54	**6,88 c** ± 0,15	5,70 b ± 0,13

Nivel de sostenibilidad: 10-8 = sostenible; 7,9-6 = potencialmente sostenible; 5,9- 4 = medianamente sostenible; 3,9 -2 = potencialmente insostenible; 2 -0 = insostenible.

El tratamiento orgánico se mostró potencialmente sostenible (PS) en todas las dimensiones, mientras que los tratamientos convencionales presentaron mediana sostenibilidad (MS). El tratamiento GC presentó mayor índice de sostenibilidad en la dimensión social, principalmente debido a la alta contribución de los índices atribuidos a los indicadores: grado de satisfacción (índice = 8,5 – nivel: sostenible) e institucionalidad (6,75 - PS). Las fincas pequeñas (convencional y orgánica) presentaron mayor sostenibilidad en la dimensión ecológica. En el caso de las fincas convencionales, el aporte mayor fue del índice establecido para el indicador de diversidad florística (8,8 - S), mientras que, en el caso del tratamiento orgánico, el aporte fue de los indicadores: uso de herbicidas y tratamiento de aguas mieles, los cuales obtuvieron la puntuación máxima (10) en la escala de medición de la sostenibilidad.

Con relación a los límites hacia la sostenibilidad, el sistema de producción grande convencional presentó menor valor del índice en la dimensión económica, lo cual está relacionado a los indicadores: costo de producción (1,8 - I) y dependencia externa (2,6 - PI), los que fueron los valores más altos encontrados en la muestra entre todos los tratamientos y por lo tanto los más bajos índices de sostenibilidad. Similarmente, pero a través de la utilización de diferente metodología de análisis de la sostenibilidad de fincas de café, Hani *et al*. (2005) reportan que la mayoría de los problemas de la producción encontrados en el estudio de caso de seis grandes fincas en Brasil estaban también relacionados a la dimensión económica, debido al alto uso de insumos, bajo flujo de caja e ingresos.

Ambos los indicadores críticos para el sistema grande convencional, costo y dependencia externa, están relacionadas con el uso intensivo de insumos sintéticos en el cafetal. Delante de las tendencias de crecimiento del precio de estos insumos, derivados del petróleo, se torna indispensable que las grandes fincas de café, reduzcan su dependencia hacia

dichos insumos y promuevan la producción local de fertilizantes y demás insumos necesarios, lo que implicará también en la reducción de los costos de producción. Este hecho se relaciona con dos de los atributos fundamentales para la sostenibilidad de la producción: la autogestión y la adaptabilidad. Fincas que no tienen el poder de controlar las interacciones con el exterior o que no hacen una búsqueda activa de nuevas estrategias de producción que acompañen los cambios globales, no podrán mantener su producción equilibrada y continúa a lo largo del tiempo.

El sistema de producción pequeño convencional presentó menor sostenibilidad en la dimensión social, siendo el principal indicador responsable por el bajo nivel de sostenibilidad el nivel de participación de los productores en organizaciones (1,78 – I). El tratamiento orgánico demostró menor sostenibilidad en las dimensiones social y económica, las cuales fueron influenciadas por los niveles de sostenibilidad de los indicadores: grado de satisfacción (5,9 – MS) y productividad del café (4,3 – MS).

Muchos estudios y publicaciones (Boyce *et al.* 1993, Dos Santos *et al.* 1999, Rice y Malean 1999, Caixeta 2000, Lyngbaek *et al*. 2001, Florez *et al.* 2002, Mekay 2003, Hole *et al.* 2005) reportan que los sistemas agroforestales de café orgánico presentan un gran potencial de sostenibilidad de la producción, sin embargo, analizan este potencial de manera parcial, apartando las dimensiones social, económica y ecológica en el análisis de la sostenibilidad. No obstante, para lograr cambios positivos en los sistemas locales de producción de café, que contribuyan al desarrollo rural sostenible es necesario analizar la realidad de manera más amplia y compleja, integrando las tres dimensiones que componen la sostenibilidad. Además, para atribuir el concepto de sostenibilidad a un sistema de producción es necesario medir, a través de indicadores, el verdadero potencial de sostenibilidad del mismo, y con esto tornar el concepto más operativo y aplicable, y generar recomendaciones basadas en criterios relacionados a la realidad del productor.

2. Selección de los indicadores para el cálculo del Índice de Sostenibilidad

En el análisis de conglomerados se tomó la línea de corte de 0,55 para agrupar los indicadores que están más correlacionados entre si, y que por lo tanto explican de la misma manera los resultados del análisis de sostenibilidad (Figura 16).

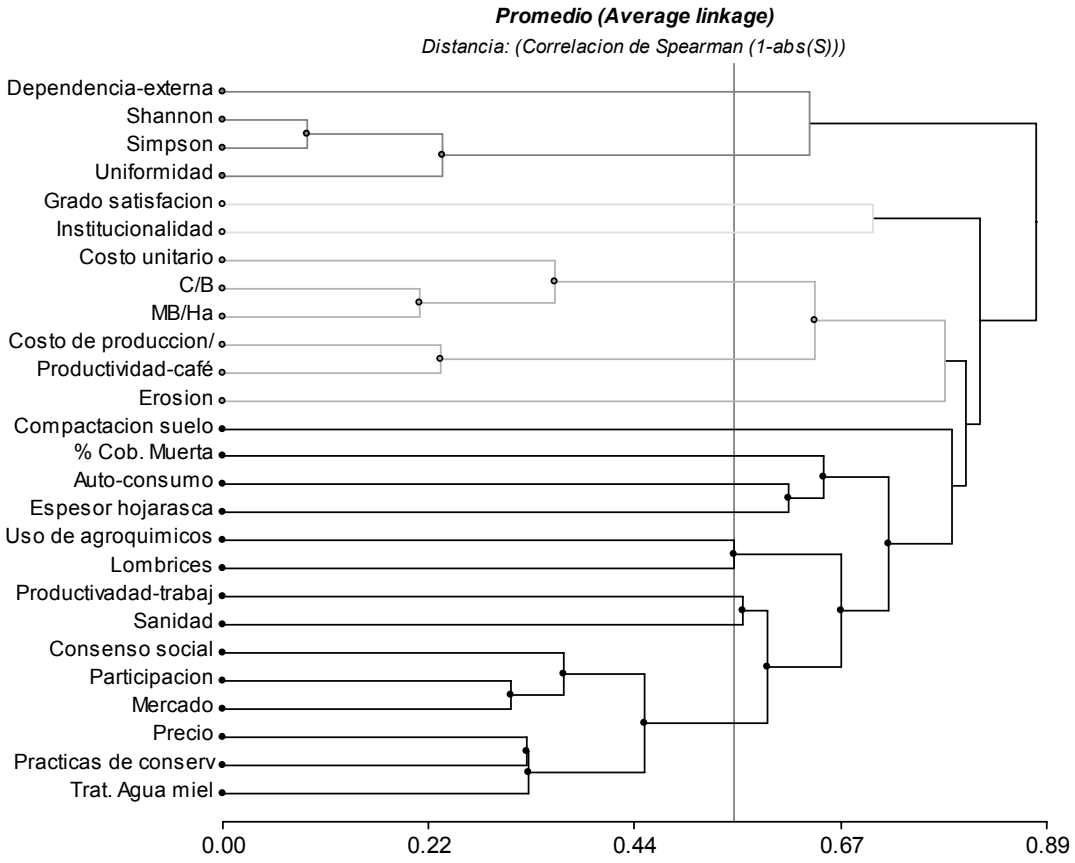

Figura 16. *Dendrograma de agrupación de los indicadores correlacionados entre si, utilizados en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agroforestales de café microcuenca del Río Sesesmiles, Honduras, CATIE, 2005. Línea de corte= 0,55.*

Con el objetivo de simplificar el cálculo del IS fueron seleccionados los siguientes indicadores no correlacionados entre si: dependencia externa, índice de *Shannon,* grado de satisfacción, institucionalidad, margen bruto/ha, productividad del café, erosión del suelo, compactación del suelo, cobertura muerta del suelo, autoconsumo, espesor de hojarasca, uso de agroquímicos, sanidad del cultivo, consenso social y precio. En el caso de los dos últimos indicadores se bajó la línea de corte a 0,45, debido a que se agruparon seis indicadores diferentes y de gran relevancia para la sostenibilidad; por lo tanto, con el corte en 0,45 se escogió dos indicadores de cada grupo correlacionado. En la selección de los indicadores que componen los grupos correlacionados se buscó un balance en la representatividad entre las dimensiones social, económica y ecológica.

De esta manera, se calculó el IS a través del promedio de los índices de sostenibilidad de los 15 indicadores seleccionados, en vez de los 24 indicadores utilizados en el análisis. Se

encontraron diferencias significativas entre el IS del sistema orgánico y el convencional (pequeños y grandes) (F= 33,8; p=<0,0001). El tratamiento de fincas orgánicas presentó mayor índice de sostenibilidad (6,64 ± 0,11) en comparación con las fincas convencionales, para las cuales las pequeños (5,34 ± 0,09) no se diferenciaron de las grandes (4,9 ± 0,45). El indicador que contribuyó para el más bajo nivel de sostenibilidad de las fincas grandes convencionales fueron la compactación del suelo (valor del índice= 1,97) y el auto-consumo (2,95), mientras que para las fincas pequeñas convencionales fue el margen bruto de la producción de café (1,87). Contrariamente, los indicadores que más contribuyeron para el más alto nivel de sostenibilidad de la producción orgánica fueron de carácter ecológico: uso de herbicidas y pesticidas en el sistema (10) y cobertura muerta del suelo (8,02).

Para conocer la robustez del índice de sostenibilidad (IS) se realizó una ponderación de los índices de las dimensiones social, económica y ecológica (Masera *et al.* 1999), utilizando los 15 indicadores seleccionados anteriormente. El criterio utilizado en la ponderación se basó primeramente en los resultados obtenidos en el taller de evaluación con los pequeños productores convencionales y orgánicos de la muestra. Considerando que de los 14 problemas identificados por los productores, la mitad fue de carácter económico, se atribuyó niveles de ponderación a través de la multiplicación de diferentes coeficientes al índice de sostenibilidad económica. Sin embargo, para verificar la importancia de las dimensiones social y ecológica en el cálculo del índice de sostenibilidad, también se atribuyeron diferentes coeficientes de ponderación (Cuadro 20).

Cuadro 20. Diferentes niveles de ponderación del índice de sostenibilidad (IS) para los tres tratamientos de fincas de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras, 2005.

Valor de ponderación			**Índice de sostenibilidad – IS= (a* ISE) + (b* ISS) + (c* ISEC)**		
ISE	**ISS**	**ISEC**	Grande convencional	Pequeño orgánico	Pequeño convencional
0,6	0,2	0,2	4,54 a	6,51 ab	5,18 a
0,7	0,15	0,15	4,39 a	6,47 ab	5,12 a
0,8	0,1	0,1	4,24 a	6,42 a	5,07 a
0,5	0,3	0,2	4,74 a	6,54 ab	5,22 a
0,5	0,2	0,3	4,63 a	6,59 ab	5,27 a
0,1	**0,8**	0,1	5,69 a	6, 58 ab	5,3 a
0,1	0,1	**0,8**	4,87 a	5,65 ab	**6,92 b**
0,33	0,33	0,33	4,88 a	6,57 ab	5,28 a
Ponderación simples			4,93 a	6,64 ab	5,34 ab
Valor F			0,5745	0,0449	0,4653

ISE= índice de sostenibilidad económica; ISS= índice de sostenibilidad social; ISEC= índice de sostenibilidad ecológica.

Para los tratamientos de fincas grandes convencionales y pequeñas orgánicas el IS resultó robusto, no presentando ninguna diferencia en su valor para diferentes ponderaciones de las dimensiones de la sostenibilidad. Esto significa que los valores encontrados para las tres dimensiones de la sostenibilidad son confiables y que el IS no cambia si se atribuyen diferentes pesos a las dimensiones. En el tratamiento PC el IS resultó diferente cuando se atribuyó mayor coeficiente de ponderación a la dimensión ecológica, presentando un mayor valor. Esto se debe al hecho de que, este tratamiento presentó un valor del índice de sostenibilidad más alto en la dimensión ecológica y por lo tanto fue beneficiado en esta ponderación.

5.5 Conclusiones

El sistema de producción orgánica certificada presentó mayor sostenibilidad socioeconómica que los sistemas convencionales debido a la mayor producción de alimentos para el auto-consumo en la finca de café y el más alto precio del café, asociado al acceso al mercado justo internacional. La organización de este grupo de productores juega un rol importante en el desarrollo de sus sistemas de producción, debido al más alto potencial de resolución de problemas y reducción de limitantes para la producción de café a lo largo del tiempo.

Las fincas orgánicas certificadas también presentaron mayor sostenibilidad ecológica que las convencionales, grandes y pequeñas, principalmente debido al tratamiento adecuado dado a los residuos del procesamiento del café, y por las prácticas de conservación utilizadas en el manejo del cafetal (tales como el mantenimiento de la cobertura del suelo, el uso de abonos orgánicos y la no aplicación de herbicidas) las cuales aportan a la fertilidad y el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo. De los 12 indicadores ecológicos evaluados, ocho fueron significativamente mayores en las fincas orgánicas cuando comparadas con las fincas grandes convencionales (tratamiento de agua miel, índice de uniformidad, espesor de hojarasca, cobertura muerta del suelo, densidad de lombrices, prácticas de conservación y uso de pesticidas), y cuatro fueron significativamente mayores en las fincas orgánicas cuando comparadas con las fincas pequeñas convencionales (tratamiento de agua miel, espesor de hojarasca, sanidad del cultivo y prácticas de conservación).

Los grandes productores convencionales, presentaron menor sostenibilidad socioeconómica debido al alto costo total de producción de café y la dependencia hacia insumos externos, los cuales están relacionados a la utilización intensiva de insumos sintéticos en el manejo de la finca y el alto costo financiero que implica este manejo. Este resultado indica la vulnerabilidad de la producción o una posible amenaza futura, tomando en cuenta la inestabilidad del precio del café y la tendencia creciente en el aumento del precio de los insumos sintéticos y mano de obra. Ecológicamente, las principales limitantes hacia la sostenibilidad de la producción fueron resaltadas por la baja densidad de lombrices en el suelo, la compactación y la baja diversidad florística de la finca de café.

Las mayores debilidades del tratamiento fincas pequeñas convencionales son el bajo nivel de participación y organización, los cuales influyen en los bajos niveles de sostenibilidad de otros indicadores socioeconómicos (consenso social, acceso al mercado, precio del café y margen bruto/ha). Cuanto más desorganizada está la producción de café, menores ventajas, principalmente en la comercialización, obtendrán los productores, lo que conlleva a un círculo negativo de insostenibilidad de la producción.

Los principales problemas de la producción de café en la zona, presentados por los pequeños productores (orgánicos y convencionales), fueron de carácter económico: precio no justo del café, falta de financiamiento y recursos económicos para invertir en la finca, los cuales están estrechamente relacionados entre si. Los pequeños productores convencionales también identificaron como problemas prioritarios de carácter ecológico: la incidencia de plagas y enfermedades del café, la erosión y baja fertilidad del suelo, y la baja calidad del café.

El análisis de sostenibilidad permitió ampliar el debate sobre la agricultura orgánica con el enfoque el la producción de café, así como establecer indicadores prácticos y objetivos capaces de caracterizar la sostenibilidad de diferentes sistemas de manejo del café. Además, permitió definir el sistema potencialmente más sostenible, pero principalmente, fue capaz de identificar los elementos críticos o amenazas a la sostenibilidad de los sistemas de producción de café en la microcuenca del Río Sesesmiles, constituyendo un instrumento útil para la comprensión y toma decisiones en el marco de proyectos de desarrollo. La información generada puede ser traducida en recomendaciones prácticas que aporten en el aumento de la sostenibilidad de la producción de café en la zona, sin embargo, todas las alternativas deben ser discutidas de forma participativa y adaptadas a las condiciones e intereses de los productores (as) involucrados.

Las barreras hacia el desarrollo sostenible de la producción de café deben ser analizadas y enfrentadas de manera integrada, tomando en cuenta las características socioeconómicas y ecológicas locales. Sin embargo, para lograr cambios positivos en el desarrollo sostenible de la caficultura en la microcuenca, es necesario que todos los actores involucrados (gobierno, ONG, consumidores y productores) contribuyan conjuntamente, a través del apoyo mutuo, lo que influenciará no solo las condiciones socioeconómicas de los

productores (as), pero también la calidad y cantidad de los recursos naturales de la microcuenca a largo plazo.

5.6 Recomendaciones

5.6.1 Sobre los sistemas de producción de café de la microcuenca

Dado su importancia socioeconómica y ecológica para los productores y para la gestión de los recursos naturales de la microcuenca, se debe considerar la actividad cafetalera como un componente prioritario dentro del plan de manejo integrado de la microcuenca del Río Sesesmiles, capaz de promover el desarrollo socioeconómico de los productores y mantener la calidad de los recursos naturales.

Los esfuerzos por mejorar las condiciones de sostenibilidad en los componentes del sistema de producción deben encaminarse al mejoramiento de las condiciones económicas de la actividad cafetalera, sin detrimento de las condiciones ecológicas. Sin embargo, hay que establecer estrategias diferenciadas para los tres tipos de sistema de producción de café en la microcuenca, que tomen en cuenta las principales limitantes hacia la sostenibilidad.

Aun que la producción orgánica ha presentado un mejor nivel de sostenibilidad en la zona, todavía hay debilidades que pueden ser superadas para mejorar la calidad de vida de los productores y el manejo de los recursos naturales. Las mejoras prioritarias deben tender hacia la obtención de incrementos en la rentabilidad, productividad y calidad del café, y principalmente hacia el fortalecimiento de la cohesión asociativa y de la actitud empresarial de los productores en la administración y comercialización de la producción de la cooperativa.

Para los productores pequeños convencionales las mejoras deben tender prioritariamente hacia la capacidad organizativa de los productores, para obtener mayores ventajas en la comercialización (la búsqueda de mercados alternativos y mejores precios de venta del café), así como en la resolución de problemas relacionados a la producción de café, que sean comunes a los productores. Los productores juntos con las organizaciones locales, tales como la municipalidad, ONG y el Programa FOCUENCAS II, deben elaborar un programa de comercialización del café para la microcuenca, identificando los eslabones de la

cadena de comercialización, que tome en cuenta el potencial turístico de Copán Ruinas como una estrategia de comercialización que ayude a reducir la dependencia de los pequeños productores hacia compradores intermediarios. El café de Sesesmiles podría ser vendido con un valor agregado relacionado al potencial de conservación de la biodiversidad que presentan los cafetales de la zona, y en el caso de los pequeños productores, se podría explorar aspectos sociales y ideológicos, tal como el apoyo a la caficultura local de pequeños productores.

Se deben elaborar de manera participativa planes de manejo de los cafetales convencionales, que busquen aumentar la productividad de las fincas, optimizar los costos de producción y conservar la base productiva (suelo, biodiversidad y agua), aplicando tecnologías conservacionistas eficientes tales como estructuras de conservación de suelo, abonos orgánicos, abonos verdes, control biológico de plagas y enfermedades, cobertura viva del suelo, el uso de lombricompost, manejo regulado de la sombra, entre otras.

Para incentivar la adopción de prácticas orgánicas en el manejo del cafetal convencional se puede buscar el apoyo de la cooperativa orgánica local, reconociendo y fortaleciendo dicha organización y creando un vínculo positivo de relación entre los productores y las instituciones que apoyan el desarrollo de la microcuenca.

Complementariamente se debe elaborar un plan de capacitación de los productores convencionales (grandes y pequeños) con relación al tratamiento y aprovechamiento de los residuos proveniente del beneficiado del café, los cuales actualmente son responsables por la contaminación del recurso hídrico local.

Es importante elaborar un marco legal que reglamente el adecuado tratamiento de aguas mieles realizado por los productores de la microcuenca, el cual pueda ser utilizado por la municipalidad de Copán Ruinas como una herramienta de control que minimice la contaminación del recurso hídrico, principalmente por su importancia en el abastecimiento de agua potable al municipio.

5.6.2 Sobre la metodología de análisis de sostenibilidad

Es importante extender la discusión sobre los atributos de la sostenibilidad de agroecosistemas, principalmente con relación a los indicadores sociales, tales como grado de satisfacción, conocimiento local, e institucionalidad, ya que falta consenso y existe mucha controversia en sus aplicaciones en los análisis.

En la selección de los indicadores es importante buscar un equilibrio entre el número de indicadores que componen las tres dimensiones de la sostenibilidad, para no generar una tendencia en el cálculo del índice de sostenibilidad agregado y poder cubrir de manera equitativa los aspectos más importantes a nivel social, económico y ecológico de la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La calidad del café es un aspecto muy importante para la sostenibilidad de la producción y por lo tanto debe ser tomado en cuenta en futuros marcos de evaluación, en donde se puede utilizar el análisis de muestras de café como indicador o establecer escalas más generales basadas en las diferentes aspectos que contribuyen para la calidad del café, como por ejemplo, altitud, control de la cosecha, uso de agroquímicos, tipo de beneficiado entre otros.

Se recomienda realizar el análisis de sensibilidad de los indicadores con el fin de verificar las interacciones (complementarias y conflictivas) entre los diferentes indicadores, que pueden aportar en la toma de decisiones para la mejoría de la sostenibilidad de los sistemas de producción. Para esto, es importante poner atención en las correlaciones que existen entre algunos indicadores, que pueden ayudar a verificar el tipo de interacción, como por ejemplo la correlación que existe entre el grado de organización de los productores y el acceso al mercado, precio del café y números de capacitaciones y asistencia técnica.

Probar la metodología utilizando como umbral valores óptimos para la zona con respecto a cada indicador especifico. Estos umbrales pueden ser identificados con base en información secundaria local, con base en la opinión de expertos o de acuerdo a las expectativas de desarrollo sostenible de los actores involucrados en el análisis. Sin embargo, unas de las limitaciones de estos umbrales es que son subjetivos y estáticos, por lo tanto es

importante tener argumentos bien claros para la elección de dichos valores y tomar en cuenta los posibles cambios externos que los puedan afectar.

Es necesario involucrar la participación de los productores (as) durante todas las etapas del proceso de evaluación de la sostenibilidad, para incorporar más intensamente las prioridades y perspectivas de la población local y obtener mayores efectos en los cambios hacia la sostenibilidad de la producción.

De manera general, una de las principales limitantes de la metodología es que el análisis generado es estático, válido para el periodo en que fue realizado. Por lo tanto, para poder tomar en cuenta las tendencias de cambios en el mercado externo y en el entorno, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad para verificar como estos cambios, como por ejemplo del precio del café en los diferentes nichos de mercado o el aumento del precio de los agroquímicos, podrían afectar la sostenibilidad de la producción.

5.7 Literatura citada

Alcántara, E.N.; Ferreira, M.M. 2000. Efeitos de métodos de controle de plantas dañinas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica*) sobre a qualidade fisica do solo. Viçosa, Brasil. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 24: 711-721.

_____; Ferreira, M.M.; Mercer, J.R. 2003. Efeito de metodos de controle de plantas daninhas em um Latossolo Distroferrico em cafeeiro adulto sobre os indicadores fisico de qaulidade do solo. III Simposio de Pesquisa dos cafés do Brasil. Bahia. EMBRAPA – Café.

Alfaro, M.R.; Rodriguez, J.J. 1994. Impacto ambiental del procesamiento del café en Costa Rica. Agronomía Costarricense 18(2):217 – 225.

Altieri, M. 2002. Agroecologia: Bases Científicas para uma Agricultura Sustentável. Guaíba, BR. Agropecuária, 592 p.

Arrellano, R.; Paredes, F.; Vásquez, Y. 2005. Influencia de la cobertura sobre la erosión en agroecosistemas de café. Presentación en Congreso de Suelos. Consultado 19 set. 2005. Disponible en: http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp20/1675-t.pdf

Barbier, B.; Hearne, R.; Gonzales, J.M.; Nelson, A.; Castañeda, O.M. 2003. Trade-offs between economic efficiency and contamination by coffee processing a bioeconomic

model at the watershed level in Honduras. International Conference of Agricultural Economists, 16 a 22 de ago 2003, Durban, South Africa.

Barrantes, R.E. 1999. Investigación. Un Camino al Conocimiento: un enfoque cuantitativo y cualitativo. San José, CR. EUNED. 280 p.

Beer, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. Agroforestry Systems 7: 103-114.

Bonilla, G. 1999. Tipologías cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE. 70 p.

Borin, P.O.C.; Pimentel, D.C. 2003. Discussing ecological, economic and social sustainability of the Brazilian organic coffee growers. Thesis Mag. Sc. University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands. 13 p.

Bossel, H. 2000. Policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development. Ecological Economics 34: 337 – 355.

Boyce, J.; Fernandez, A.; Furst, E.; Segura, O. 1993. Crisis e innovación cafetalera en Costa Rica: el café orgánico como opción de desarrollo sostenible. Simposio Internacional Modernización Tecnológica, cambio social y crisis cafetalera. Universidad Nacional-ICAFE 20 p.

Caixeta, I.F. 2000. A produção de café orgânico: Alternativa para o desenvolvimento sustentado – o exemplo do Sul de Minas. *In* Zambolim, L. (ed). Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia. 323-331 p.

Conway, G.R. 1998. Sustainable Agriculture. *In* The Doubly Green Revolution: food for all in the 21 st Century. New York. Cornell University Press. Ch 9.

_____. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. Journal for Farming Systems and Research-Extension 4(2): 1-14.

Cubrero, D.F. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Universidad Estatal a Distancia (UNED). 278 p.

Decaens, T., Lavelle, P., Jimenez, J., Escobar, G., Rippstein, G., Schneidmadl, J., Sanz, I., Hoyos, P., Thomas, R. 1994. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. European Journal of Soil Biology 30: 157-168.

De Melo, E.V.F.; Haggar, J. 2004. ¿Cómo analizo y manejo los árboles en mi cafetal? Guía para evaluación con productores (as). Versión preliminar julio 2004. Turrialba, CR. CATIE – CEDECO. 42 p.

Deponti, C.M; Eckert, C; Azambuja, J.L.B. 2002. Estratégia para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, BR. 3 (4): 44-52.

Dos Santos, M.F.R.; Aquino, A.M.; Ribeiro, E.M.S.; Pereira, J.C.; Massena, V.R. 1999. Transformaçoes biologicas e microbiologicas ocorridas no solo de um cafezal convencional em conversao para organico. Comunicado Tecnico No. 31. EMBRAPA – Agrobiologia. Rio de Janeiro, Brasil 10 p.

EMA, Energía Medio Ambiente y Desarrollo. 1999. Situación actual del café certificado. Guatemala, PROARCA/CAPAS. v.1. 111 p.

FAO. 1989. Agroecological and Economic Zoning of the Amazon Region. Roma: FAO.

Florez, J.A.; Muschler, R.; Harvey, C.; Finegan, B.; Roubik, D.W. 2002. Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. Agroforestería en las Américas (CATIE). 9 (35-36): 29-36.

Franja. 1993. Programa índice de diversidad (*divers.exe*) (Programa informático). Disponible en: http//www.perso.wanadoo.es/Jp-L/descargas.html.

Geilfus, F. 1998. 80 herramientas para el desarrollo participativo. IICA, Pro CHALATE, San Salvador, El Salvador. p. 86-87.

Giller, K.E.; Beare, M.H.; Lavelle, P.; Isaac, A.M; Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied. Soil Ecology. 6: 3– 16.

Glover, J.D.; Reganold, J.P.; Andrews, P.K. 2000. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State. Agriculture, Ecosystems and Environment 80: 29 – 45.

González B. A.; Obando, S. 1994. El beneficiado húmedo del café, sus residuos y la contaminación ambiental. El café de El Salvador. San Salvador. April -June 1994, p 20-34.

Guharay, F.; Monterroso, D.; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la superación de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las Américas 8(29): 22 – 29.

Guillén, R.I.Z. 2002. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Thesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE. 90 p.

Guiracocha, G.; Harvey, C.; Somarriba, E.; Krauss, U.; Carrillo, E. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en las Américas (CATIE). 8(30): 7-11.

Haggar, J.; Staver, C. 2001. ¿Cómo determinar la cantidad de sombra que disminuya los problemas fitosanitarios de café. Agroforestería en las Américas 8(29): 42 – 45.

Hani, F.; Stampfli, A.; Tello, J.R.; Braga, F. 2005. Sustainability assessment of six Brasilian coffee farms in Bahia and Minas Gerais. Swiss College of Agriculture, University of Applied Sciences Bern, University of Guelph. 8 p.

Harner, C. 1997. Sustainability Analysis of the Coffee Industry in El Salvador. CLACDS, documento en proceso. 33 p. Consultado en 18 sep. 2005. Disponible en: http://www.incae.ac.cr/EN/clacds/investigacion/pdf/cen706filcorr.pdf.

Harvey, C. 2004. Metodologías para la evaluación y monitoreo de la biodiversidad en sistemas agroforestales. Charla en el curso Metodologías para la Investigación Agroforestal. Turrialba, CR., CATIE. 8 p.

Hole, D.G.; Perkins, A.J.; Wilson, J.D.; Alexander, I.H.; Grice, P.V.; Evans, A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity?. Biological Conservation 122: 113 – 130.

IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movement). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Normas básicas y criterios de acreditación de IFOAM. Die Deutsche Bibliothek - CIP Cataloguing-in-Publication-Data. 158 p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Honduras). 2000. Base de Datos Socioeconómicos de 2000. Consultado 9 nov. 2004. Disponible en: http://www.ine-hn.org/

Kees, J. 1993. Café y Formas de Producción en Honduras. Revista Centroamericana de Economía 14(41):58-96.

Lal, R. 1998. Soil quality and agricultural sustainability. *In* Lal, R. (ed). Soil Quality and Agricultural Sustainability. CRC Press Michigan. 3-12 p.

Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. Advances in Ecological Research 27: 93 – 132.

Lewin, B., Giovannucci, D., Varangis, P.. 2004. Coffee Markets; New paradigms in global supplay and demand. Agriculture and Rural Development. The International Bank for Reconstruction and Development Agriculture and Rural Development Department. Washington DC. 149 p.

Llanderal, O.T. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE. 59 p.

Lopez-Ridaura, S.; Masera, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. Ecological Indicators (2): 135-148.

_____; Van Keulen, H.; Van Ittersum, M.K.; Leffelaar, P.A. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. Environment, Development and Sustainability 7:51–69.

Luters, A; Salazar, J.C. 2000. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Área de cartografía de suelos y evaluación de tierras. Instituto de Suelos, CRN-CNIA-INTA. Argentina. 82 p.

Lyngbaek, A.E.; Muschler, R.G.; Sinclair, F.L. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. Agroforestry Systems 53: 205 -213.

MANCORSARIC (Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo). 2003. Manejo de la Subcuenca del Río Copán para la Protección del Parque Arqueológico de Copán Ruinas (perfil de proyecto). MANCOSARIC y CATIE. Tegucigalpa, Honduras. 32 p.

Mas de Noguera (Noguera Asociación de Desarrollo Rural coop). 2003. Aproximación a un sistema de indicadores de sostenibilidad para la ganadería ovina en la provincia de Castellón. Programas innovadores sobre experiencias y desarrollo agropecuario de la excma. diputación provincial de Castellón. 77 p.

Masera, O; Astier, M.; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.

Mass Ibarra, R.E. 1996. Caracterización de la sostenibilidad de ocho unidades productivas en el área del pueblo Teribe, provincia de Bocas del Toro, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 241 p.

Matos, A.T.; Lo Monaco, P.; Pinto, A.; Fia, R.; Fokunaga, D. 2005. Pollutant potential of wastewater of the coffee fruits processing. Consultado en 18 sep. 2005, disponible en: http://scholar.google.com/scholar?hl=en&q=Pollutant+potential+of+wastewater+of+the+coffee+fruits+processing&spell=1

Mausbach, M.J.; Seybold, C.A. 1998. Assessment of soil quality. *In* Lal, R. (ed). Soil Quality and Agricultural Sustainability. CRC Press Michigan. 33-43 p.

McCune, B.; Grace, J.B. 2002. Analysis of Ecological Communities. MJM Software Design. Gleneden Beach, OR. 300 p.

Mekay, E. 2003. Café Sostenible: Espaldarazo del Banco Mundial al comercio justo. Tierra América Noticias. Consultado 4 sep. 2005 en: http://www.tierramerica.net

Moro, E.; Venialgo, C.; Gutierrez, N.; Kolar, M.; Corrales, A. 2000. Efecto de las labranzas y rotaciones sobre la degradación física en suelos de la provincia del Chaco (situación inicial). Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. 4 p.

Nair, P.K.R. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo, México. 540 p.

Otero, S.A.C. 2002. Creación y diseño de organismos de cuencas en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 119 p.

Primavesi, A. 1999. Manejo Ecológico do Solo. Agricultura em Regiões Tropicais. São Paulo, BR. Nobel, 549 p.

Prins, K. 1996. Fortalecimento organizativo de los grupos meta. *In* Prins, K. Proceso y Producto, un balance. Lima, Perú. Escuela para el Desarrollo. 144 p.

Proyecto Norte. 2003. Base de datos de encuestas socioeconómicas. Copán Ruinas, Copán Honduras.

Reijntjes, C.; Haverkort, B.; Waters-Bayer, A. 1999. Agricultura para o Futuro: uma introduçao a agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. AS-PTA, Leusden, Holanda: ILEA. 324 p.

Rice, P.D.; McLean, J. 1999. Sustainable coffee at the crossroads. The Consumer's Choice Council. 193 p.

Rice, R. A.; Ward, J.R. 1997. El café, la conservación ambiental, y el comercio en el hemisferio occidental. Centro de Aves Migratorias (SMBC) y Consejo para la Defensa de lo Recursos Naturales (NRDC). 51 p.

Saito, M. 2004. Sustainable coffee production. *In* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 384 – 390.

Somarriba, E.; Harvey, C.; Samper, M.; Anthony, F.; Gonzaléz, J.; Staver, C.; Rice, R.A. 2004. Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. *In* Schroth *et al*. 2004. Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Island Press. Washington, Covelo, London. 198 – 226.

Sosa, R. 1997. Reconocimiento de sistemas agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo en Rivas, Perez Zeledón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR., CATIE. 87 p.

Sosa, L.M.; Escamilla, E.P.; Diáz, S.C. 2004. Organic coffee. *In:* Wintgens, J.N. Coffee: growing, processing, sustainable production. Wiley – UCH, Weinheim 339 – 354.

Theodoro, V.C.A.; Alvarenga, M.I.N.; Guimaraes, R.J.; Souza, C.A.S. 2003. Alteraçoes quimicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cefeeiro. Revista Brasileira de Ciencias do Solo 27: 1039 – 1047.

Torquebiau, E. 1989. Sustainability Indicators in Agroforestry: the example of homegardens. *In* Views and Issues on Agroforestry and Sustainability. Nairobi, Kenya. The International Council for Research in Agroforestry (ICRAF). s.p.

UICN. 2001. Monitoring and Evaluation Initiative. IUC Resource Kit for Sustainability Assessment. 1 v. 83 p.

Vernooy, R.; Sabih, J. 2001. Matagalpa, Nicaragua: caminos nuevos para el manejo participativo en la cuenca del Río Calico. IDRC, Ottawa 267 – 277.

Von Eden, J.; Calvert, K.C. 2005. Review of coffee waste water characteristics and approaches to Treatment. (PDF). Consultado en 19 sept. 2005, disponible en http://www.coffee.20m.com/CoffeeWasteWater.pdf.

Young, A. 1989. Agroforestry for Soil Management. ICRAF y CAB International. Oxon, UK. 320 p.

Wilson, C.; Tisdell, C. 2001. Why farms continue to use pesticides despite environmental, health, and sustainability cost. Ecological Economics 39: 449-462.

Zuñiga, C.P. 2000. Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la Reserva Natural Miraflor-Moropotente, Estela, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, CR. CATIE. 68 p.

6 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

6.1 Introducción

El análisis de la sostenibilidad tiene como objetivo principal tornar más operativo y aplicable los conceptos de la sostenibilidad de agroecosistemas, de manera que estos conceptos puedan ser útiles para evaluar los impactos en la sostenibilidad socioeconómica y ecológica causados por los sistemas de producción y el manejo de los recursos (Von Wirén-Lehr 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 2005). El análisis de sostenibilidad de los sistemas de producción es un método de caracterización, sistematización e identificación de los principales problemas, limitantes, potenciales y tendencias de un sistema, u objeto de estudio, con relación a la sostenibilidad (Masera *et al.* 1999). Lo que se evalúa es la búsqueda del equilibrio entre la dimensión ecológica y el desarrollo socioeconómico de la población en estudio, que retroalimente la toma de decisiones y permitan lograr un cambio positivo en el nivel de sostenibilidad de los sistemas.

La presente propuesta metodológica fue adaptada del marco de evaluación MESMIS (Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) desarrollado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA) (Masera *et al*. 1999, López-Ridaura *et al*. 2002, 2005).

Esta propuesta fue validada en el estudio de caso presentado en Duarte (2005), en el cual se puede profundizar acerca de las etapas que componen la presente propuesta metodológica. Se presenta a continuación las etapas y consideraciones relevantes para el proceso de análisis de sostenibilidad de agroecosistemas, con enfoque en la producción de café (Figura 1).

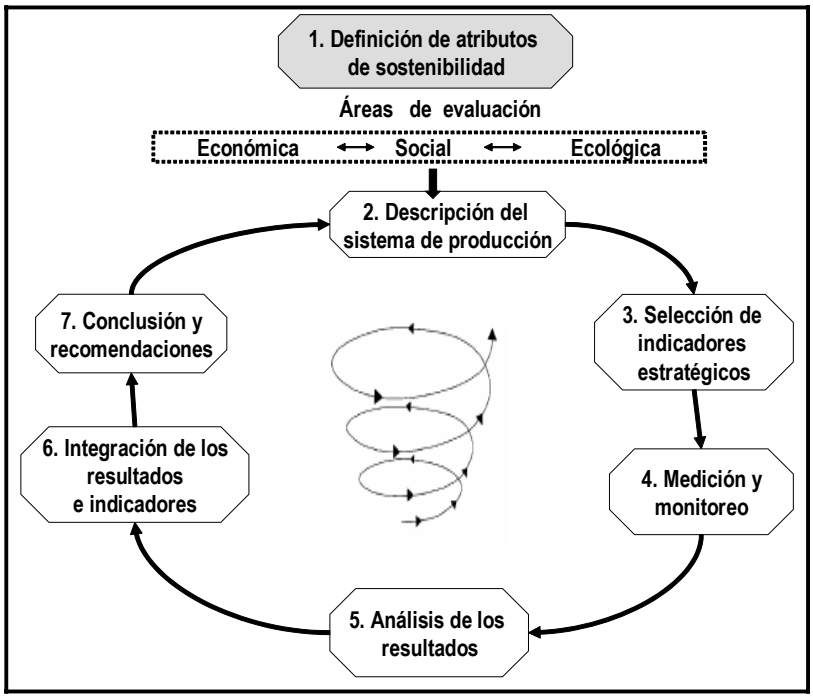

***Figura 1**. Esquema metodológico utilizado para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas de* producción *de café. Adaptado de Lopez-Ridaura et al. (2002, 2005).*

Debido a que la sostenibilidad abarca las diferentes dimensiones social, económica y ecológica de los sistemas productivos, es recomendable que el análisis de la sostenibilidad sea realizado por un grupo multidisciplinario, conformado por profesionales capaces de interpretar y analizar a fondo, las características de los sistemas desde diferentes perspectivas. Sin embargo, la participación de los productores en todas las etapas del análisis es un prerrequisito clave para aproximar el marco de evaluación a la realidad local y lograr impactos expresivos y continuos en la sostenibilidad de los agroecosistemas (Masera *et al*. 1999, Lopez-Ridaura *et al.* 2002).

6.2 Definición de atributos de la sostenibilidad

Debido a la existencia de innumerables definiciones de sostenibilidad, el primer paso en el marco de evaluación es justamente definir el significado del término sostenibilidad y cuáles son las premisas o atributos que la fundamentan. Definir las características de agroecosistemas sostenibles es de suma importancia, ya que servirán posteriormente para la selección de los indicadores y constituyen características en las cuales estarán basados los juicios y decisiones en el análisis (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al.* 2005). Algunos

atributos generales de la sostenibilidad de agroecosistemas que se deben tomar en cuenta, no solo para la caficultura, son: productividad estable y rentable a lo largo del tiempo, resiliencia y robustez para superar choques en el sistema, eficiencia en el uso de los recursos, adaptabilidad para superar cambios en las condiciones externas, autonomía y equidad. Dos preguntas que pueden ayudar en la comprensión del significado de sostenibilidad de sistemas productivos de café son:

- ¿Cómo se puede cubrir las necesidades de esta generación sin perjudicar las futuras generaciones?
- ¿Qué factores contribuyen para en mantenimiento y la continuidad de la producción de café?

6.3 Descripción del sistema de producción que será evaluado

La descripción del sistema de producción que será evaluado es importante para contextualizar la problemática local y conocer las interacciones entre aspectos sociales, económicos y ecológicos, las cuales ayudarán en la selección de indicadores adecuados. En esta etapa primeramente es importante definir el tipo de comparación que se realizará para evaluar las diferencias en el nivel de sostenibilidad. Se puede comparar el nivel de sostenibilidad entre diferentes tipos de sistemas (como por ejemplo: tradicional, convencional, orgánico, efecto de proyectos de innovación tecnológica, entre otros), o comparar el estado de un mismo sistema a través del tiempo. Otros aspectos que se deben tomar en cuenta son:

- La escala de evaluación (cultivo, finca, comunidad, microcuenca etc.).
- El tiempo de evaluación.
- Caracterizar el contexto socioeconómico y ambiental en que están inmersos los sistemas de producción de café.
- Caracterizar el sistema de producción que se evaluará de cuerdo a sus características biofísicas, de manejo, socioeconómicas y culturales.

En la caracterización de los sistemas de producción de café es recomendable tomar en cuenta algunos aspectos que influyen en la sostenibilidad de la producción, tales como: tamaño de la finca de café, altitud, cultivares y productividad del café, tipo del sistema de

manejo, tipo de comercialización, precio del café, tratamiento de aguas mieles, tipo de mano de obra usada en el manejo y organización social.

6.4 Selección de indicadores estratégicos

Para que los indicadores puedan evaluar de manera efectiva la sostenibilidad, deben ser consistentes con los problemas locales identificados anteriormente y con los atributos generales de la sostenibilidad. Para vincular los atributos a los indicadores se utilizan criterios de diagnóstico o descriptores, los cuales describen los atributos relacionándolos con diferentes problemas diagnosticados y dimensiones de la sostenibilidad. Por ejemplo, el atributo productividad puede ser descrito y aplicado, como la eficiencia en la productividad física del cultivo, pero también puede ser descrito como la productividad del trabajo en el manejo del sistema.

Con el objetivo de tornar el marco de evaluación lo más factible y aplicable, es importante incorporar las percepciones de los beneficiarios de la evaluación o los actores locales, sobre los atributos, criterios e indicadores de sostenibilidad. Por lo tanto, se recomienda la realización de un taller con representantes de los grupos locales relacionados con la evaluación para socializar la propuesta y hacer ajustes en el marco de evaluación. De esta manera, los aspectos de la sostenibilidad pueden ser mejor interiorizado por los actores, lo que facilitará la interpretación de los resultados a sí como la implementación de las recomendaciones para incrementar la sostenibilidad de los sistemas.

Tomando en cuenta estas consideraciones se genera una lista de indicadores potenciales para evaluar el sistema de producción en determinada escala y condiciones locales, los cuales serán basados en los problemas diagnosticados y en las características de sostenibilidad de los agroecosistemas. Con el objetivo de simplificar el análisis y evitar una larga lista de indicadores que en muchos casos se sobreponen, se realiza una selección de los indicadores que sean más estratégicos y presenten mejores atributos, siempre buscando un equilibrio entre el numero de indicadores que componen las tres dimensiones de la sostenibilidad. Algunos atributos de los indicadores que se deben tomar en cuenta son: practicidad, facilidad de medición, claridad (que reflejen exactamente lo que se quiere medir), sensibilidad a los cambios, y principalmente que su interpretación sea sencilla y accesible a todos los actores involucrados en el proceso (Torquebiau 1989 citado por Masera *et al.* 1999).

De manera resumida se presenta a continuación las etapas para la identificación y selección de los indicadores del análisis de sostenibilidad (Figura 2).

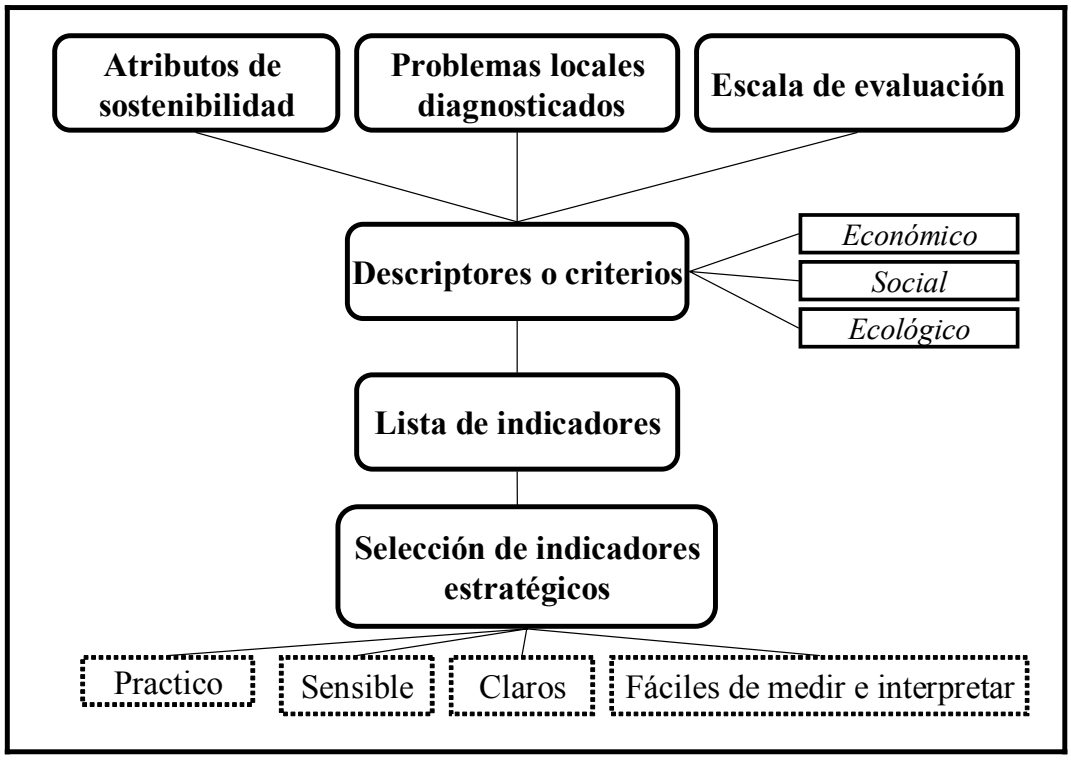

Figura 2. *Fases metodológicas para la derivación de indicadores de sostenibilidad. Adaptado de Masera et al. 1999 y Lopez-Ridaura et al. 2002.*

En el Cuadro 1 se presentan algunos indicadores generales que pueden ser útiles en evaluaciones de la sostenibilidad de la producción de café a nivel de finca, y que pueden ser adaptados a diferentes escalas de análisis. Para la selección de indicadores relacionados a la caficultura centro americana es importante tomar en cuenta las tendencias mundiales del mercado de café para poder incorporar indicadores capaces de identificar las vulnerabilidades de los pequeños productores frente a los cambios en el mercado global, como por ejemplo los cambios en la oferta y demanda de nichos de mercado de café o incremento en el precio del petróleo y agroquímicos.

Cuadro 21. Posibles indicadores socioeconómicos y ecológicos, y sus respectivos atributos y descriptores, utilizados para evaluar la sostenibilidad de la caficultura.

Atributos	Descriptores	Indicadores
Productividad	Productividad física del cultivo	Rendimiento del café kg/ha/año
	Si el sistema de cultivo paga sus costos de producción / ganancia	Margen Bruto / ha MB = producción bruta - costos variables
	Eficiencia – Retorno por unidad invertida	Relación beneficio/costo
Autogestión	Grado de dependencia a insumos externos	% del costo total que se gasta en insumos externos
	Participación en organizaciones	No. de organizaciones de las cuales hace parte
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	Acceso al mercado	Escala de percepción
	Potencial de consenso social	Escala de percepción
	Institucionalidad	Escala de percepción
	Diversidad florística en el sistema	Riqueza y abundancia de especies, calculo de índices de diversidad
	Estado de conservación del suelo	Espesor de la capa de hojarasca (cm)
		Cobertura muerta del suelo (%)
		Densidad de lombrices en el suelo
		Compactación del suelo (kg/cm^2)
		Evidencias de erosión – escala de puntuación
	Sanidad del cultivo	% de incidencia de enfermedad en hojas del cafeto
	Prácticas de conservación asociadas a la producción de café	No. de prácticas conservacionistas en el cafetal
		Uso de pesticidas y herbicidas (l/ha) en el sistema productivo
		Tratamiento de aguas mieles – escala de puntuación
		% Cobertura forestal en nacientes y en cauces de ríos

Es importante dedicar esfuerzos para la selección de indicadores sociales, ya que para está dimensión todavía no existe un consenso sobre la aplicación y análisis de estos indicadores. Algunos indicadores que se podrían añadir en el marco de evaluación de la sostenibilidad de fincas de café son: acceso a crédito, grado de abandono de la zona rural por parte de los jóvenes, distribución de costos y beneficios de la producción de café, estado nutricional de la familia, capacidad de cambio y adopción de nuevas tecnologías, entre otros (Morse *et al*. 2001, Lopez-Ridaura *et al.* 2002).

6.5 Medición y monitoreo de indicadores

Las metodologías de medición varían para cada indicador, con la escala de evaluación y con los recursos humanos y financieros disponibles. Es recomendable la consulta a expertos de cada área específica para desarrollar o identificar la metodología más adecuada para cada indicador y situación. Los datos pueden ser obtenidos de diferentes maneras: información de fuentes secundarias (cuando son de origen confiable), modelos de simulación, mediciones directas, encuestas a productores o instituciones, talleres y visitas de campo (Lopez-Ridaura *et al.* 2002. De manera general los indicadores socioeconómicos pueden ser obtenidos a través de entrevistas semi-estructuradas, talleres o base de datos de fuentes secundarias (Masera *et al*. 1999). El ideal es utilizar metodologías sencillas que puedan ser monitoreadas de manera continua y que sean accesibles a todos los actores involucrados en el análisis.

Algunos indicadores socioeconómicos pueden ser medidos cuantitativamente o cualitativamente a través de la elaboración de escalas de percepción. Para construir dichas escalas se debe identificar las características de sostenibilidad relacionadas al indicador que será evaluado y atribuir números (índices) a cada característica, para cuantificar el nivel de sostenibilidad y facilitar la integración con otros indicadores. Cada escala de percepción propuesta debe ser validada en el campo, para que se adecuen a las características socioeconómicas locales y puedan servir como un instrumento de evaluación de las diferencias en el nivel de sostenibilidad entre los sistemas de producción. En seguida se presenta un ejemplo de escala de percepción desarrollado para medir el indicador acceso al mercado de café de fincas cafetalera de la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán Honduras (Cuadro 2).

Cuadro 22. Escala de percepción utilizada para medir el indicador de sostenibilidad acceso al mercado de café, en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005**.**

Atributos	Calificación	Índices	Índices
Precio muy poco satisfactorio Poca disponibilidad de mercado, venta en la finca de café mojado	Muy malo	1 1	2-1
Precio poco satisfactorio Venta en la finca de café pergamino seco	Malo	2 2	4-3
Precio satisfactorio Venta en la finca y en el mercado local, café pergamino seco	Regular	3 3	6-5
Precio más que satisfactorio Venta en la finca, mercado local, regionales y exportación	Bueno	4 4	8-7
Precio más que satisfactorio Mercado de exportación	Muy bueno	5 5	10-9

6.6 Análisis de los resultados

Todos los indicadores deben ser llevados a unidades estandarizadas (para facilitar la comparación entre datos de diferentes estudios) y ordenados en una base única general. Debido a que los indicadores tienen unidades disímiles, lo que dificulta la integración de los mismos, se recomienda ponerlos en una escala sencilla, que puede ser de 0-5, 1-10, 1-100 (Rigby *et al.* 2001). Para transformar los valores brutos de los indicadores en índices se deben seguir las siguientes etapas:

1. Determinar valores referencia o umbrales para cada indicador. Los umbrales pueden ser establecidos de tres maneras: con base en valores estándares ya establecidos por la literatura; con base en valores deseables para cada situación específica de acuerdo a la perspectiva de sostenibilidad de los actores locales; o tomando el mayor valor para cada indicador encontrado en la muestra de datos.

2. Calcular el índice para cada indicador de acuerdo a la proporción que el valor del indicador cumple con el umbral establecido. Por ejemplo, se utilizamos una escala de 0-10, el cálculo del índice para el indicador productividad sería:

Indicador productividad del café: 1200 kg oro/ha

Umbral establecido: 2400 kg oro/ha

Índice de productividad = (1200*10) / 2400= 5

3. Calcular los promedios de los índices para los tipos de sistemas que se quiere evaluar.

4. Se pueden realizar análisis de variancia para comparar los promedios de los índices de cada indicador entre diferentes sistemas evaluados.

6.7 Integración de los resultados

El análisis de los resultados puede ser divido en tres fases de profundidad:

1. En la primera, los índices originados deben ser agrupados en sus respectivas dimensiones: ecológica, económica y social, para realizar un análisis profundizado de los indicadores que componen cada dimensión de la sostenibilidad. En este nivel de análisis se recomienda explorar la interrelación entre los indicadores, como un indicador afecta el valor del otro. Estas interacciones pueden ser complementarias (cuando un indicador aumenta el valor del otro), competitivas (cuando un indicador disminuye el valor del otro, por ejemplo: el

uso de herbicidas disminuye la densidades de lombrices y la cobertura del suelo) o neutrales. Es importante poner atención en las correlaciones que existe entre algunos indicadores, las cuales pueden ayudar a verificar el tipo de interacción.

Algunos ejemplos de indicadores correlacionados son: el precio del café que está influenciado por el tipo de mercado en donde se comercializa, que afecta también el margen bruto de la producción y la relación costo beneficio, en donde, cuanto mayor es el precio mayor son estos indicadores financieros; la compactación del suelo influye en la productividad del café y afecta otros indicadores ecológicos como por ejemplo la densidad de lombrices; y el nivel de organización de los productores influye en el acceso al mercado, en la obtención de mayores precios de venta del café y en el uso de practicas de conservación, ya que cuanto más organizados están los productores mayor es la participación en cursos y capacitaciones relacionadas al manejo de la finca.

Una manera fácil de visualizar el comportamiento de los indicadores dentro de una misma dimensión, es ponerlos en un gráfico radial o amiba, en donde cada indicador corresponde a un eje del diagrama radial, y los valores atribuidos representan un porcentaje del umbral establecido (valor de referencia) (Figura 3). Esto permite la visualización comparativa de potencialidades y limitaciones de los agroecosistemas, lo que puede constituir una herramienta útil para la planeación de estrategias que fortalezcan el perfil socioeconómico y biofísico de los sistemas evaluados (Masera *et al.* 1999, Rigby *et al.* 2001, Von Wirén-Lehr 2001, Lopez-Ridaura *et al*. 2002).

2. En la segunda fase, se calcula, por medio de un promedio simple o ponderado, un índice de sostenibilidad para cada una de las dimensiones, ecológica (ISEC), económica (ISE) y social (ISS). Estos índices pueden ser utilizados para comparar diferentes sistemas de producción y manejo con relación a las condiciones económicas, ecológicas y sociales.

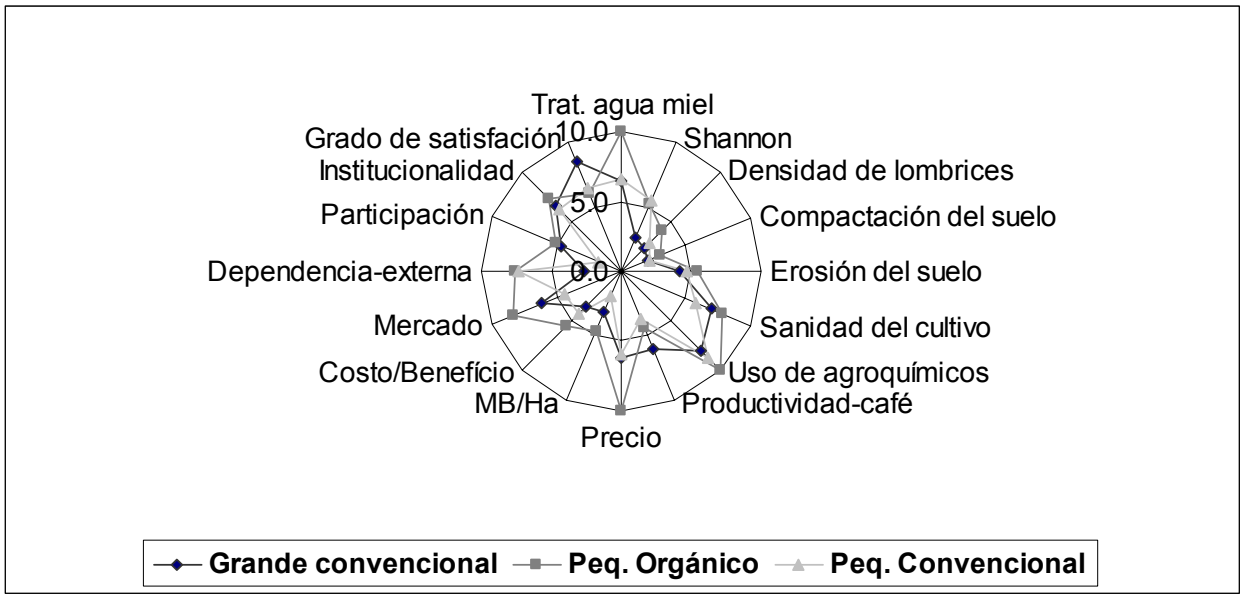

Figura 3. Diagrama radial de integración de indicadores socioeconómicos y ecológicos para diferentes sistemas de producción de café, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005[12].

3. Complementariamente, en la fase tres, los índices de las tres dimensiones deben ser integrados en un índice agregado de sostenibilidad (IS) (Masera *et al.* 1999, Rigby *et al.* 2001, Von Wirén-Lehr 2001, Lopez-Ridaura *et al.* 2002). La agregación también puede ser realizada a través de un promedio simple o ponderado, dependiendo de los resultados encontrados y de las prioridades del equipo evaluador. El equipo evaluador debe reflexionar si hay una dimensión o determinados indicadores con mayor importancia en el análisis, los cuales, en este caso, constituirán el criterio de ponderación. También es válido consultar a expertos sobre las ponderaciones de respectivos indicadores (Rigby *et al.* 2001) De esta manera, la generación del IS es importante para atribuir un juzgamiento a la sostenibilidad del sistema como un todo, sin embargo, este nivel de análisis no debe ser utilizado solo, y si acompañado de los anteriores niveles, para no haya pérdida de información y de transparencia en la presentación de los resultados (Masera *et al.* 1999, Von Wirén-Lehr 2001).

[12] Duarte 2005

6.8 Conclusiones y recomendaciones

Quizás esta sea la etapa más importante del análisis, pues en ella, los conceptos teóricos de la sostenibilidad son traducidos en recomendaciones para la implementación de prácticas agrícolas que buscan mejorar la sostenibilidad de los sistemas. Las recomendaciones pueden estar relacionadas a la planificación de nuevos sistemas más sostenibles de producción o a cambios que se deben hacer en sistemas ya existentes.

Para facilitar este proceso, se recomienda elaborar una lista con los principales problemas de la sostenibilidad de la producción, que deben ser priorizados por el equipo evaluador. Sin embargo, la lista de puntos críticos derivada sirve para generar recomendaciones específicas para cada situación, no pudiendo ser generalizada para otros contextos (Von Wirén-Lehr 2001). Las recomendaciones deben estar basadas en las necesidades y conocimientos del grupo meta, o sea, los actores que deberán implementar tales recomendaciones (Von Wirén-Lehr 2001). Las estrategias recomendadas deben tomar en cuenta de manera integral, las condiciones ecológicas, sociales y económicas en las cuales están inmersos los sistemas, así como el entorno local, nacional y mundial y las tendencias del mercado de café a nivel global.

Finalmente, es importante hacer una evaluación de la metodología utilizada y generar recomendaciones para mejorar el marco metodológico del análisis de sostenibilidad, que será aplicado en el posterior ciclo del análisis. En la evaluación de la metodología se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: la importancia en los resultados de los indicadores seleccionados, la incorporación de indicadores que no fueron tomados en cuenta y que resultaron importantes en la problemática local, la efectividad de la metodología específica utilizada para medir cada indicador, y mejoras en las metodologías participativas que tornen más activa la participación de los actores en todo el proceso (Masera *et al.* 1999, Lopez-Ridaura *et al.* 2002).

6.9 Literatura citada

Duarte, N.S. 2005. Análisis de la sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 154 p.

Lopez-Ridaura, S.; Masera, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. Ecological Indicators (2): 135-148.

_____; Van Keulen, H.; Van Ittersum, M.K.; Leffelaar, P.A. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. Environment, Development and Sustainability 7:51–69.

Masera, O; Astier, M.; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.

Morse, S.; McNamara, N.; Acholo, M.; Okwoil, B. 2001. Sustainability indicators: the problem of integration. Sustainable Development 9: 1-15.

Rigby, D.; Woodhouse, P.; Young, T.; Burton, M. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. Ecological Economics 39: 463 – 478.

Von Wirén-Lehr, S. 2001. Sustainability in agriculture – an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. Agriculture, Ecosystems and Environment 84: 115 – 129.

7 ANEXOS

Anexo 1. Guía de entrevista semi-estructurada para el análisis de sostenibilidad

Fecha: _____

ASPECTOS GENERALES

1.2 Número_____

1.3. Propietario_____

1.4. Comunidad: _____ _____

1.5. Tratamiento _____

1.6. El informante es: 1.6.1 ( ) Dueño 1.6.2 ( ) Administrador 1.6.3 ( )

1.6.4 Otro _____

1.7. Área total: _____ 1.8. Área con café _____

INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

1.8 Producción de café qq/ano - promedio

2001 _____ 2002_____ 2003_____ 2004_____ 2005_____

Precio de venda: 2004 _____ 2005 _____

1.9 Costo/Beneficio

COSTOS			
Tipo de insumo	**Cuantidad ano**	**Precio Unidad**	**Veces por año**

Mano de obra Valor jornal _____

Actividad	**No jornales**	**Costo total**	**Tipo de mano de obra**

1.8 Evaluación del acceso al mercado para la producción de café (escala de percepción)

Atributos	Calificación	Índices	Índices
Precio muy poco satisfactorio Poca disponibilidad de mercado, venta en la finca de café mojado	Muy malo	1 1	2-1
Precio poco satisfactorio Venta en la finca de café pergamino seco	Malo	2 2	4-3
Precio satisfactorio Venta en la finca y en el mercado local, café pergamino seco	Regular	3 3	6-4
Precio más que satisfactorio Venta en la finca, mercado local, regionales y exportación	Bueno	4 4	8-7
Precio más que satisfactorio Mercado de exportación	Muy bueno	5 5	10-9

2.1 No especies consumidas y vendidas en el cafetal

Especie	Cantidad / ano - consumo	Cantidad/ año - venta	Precio de venta

2.2 Cuantas veces / año tiene contacto con agentes de asistencia técnica _____

2.3 No de organizaciones de las cuales hace parte _____

2.4 Potencial de consenso social, el nivel de relación entre productores (escala de percepción)

Características	Índice	Calificación
Hay intercambio de información suficiente	3	BUENA Puntos 9 – 7
La organización de productores es muy buena	3	
No hay conflicto de interés entre los productores de café	3	
Hay intercambio de información pero puede mejorar	2	REGULAR Puntos 6 – 3
La organización de productores es buena, pero debe mejorar	2	
Hay poco conflictos de interés entre los productores de café	2	
Hay muy poco intercambio de información	1	MALA Puntos 2 -1
La organización de productores es insuficiente	1	
No hay intercambio de información	0	NO HAY Puntos Cero
No hay organización de productores	0	
Hay mucho conflictos de interés entre las productores de café	0	

2.5. Indicador: Institucionalidad (base para la concertación): Cómo ve el apoyo de la municipalidad, agencias de extensión para la producción y comercialización de café. (Escala de percepción)

Características	Índice	Calificación
El apoyo de la municipalidad es suficiente	3	BUENA Puntos 12 – 9
El apoyo de las agencias de extensión es suficiente	3	
La opinión de los productores es tomada en cuenta en las deliberaciones de la municipalidad	3	
No hay conflictos de interés entre las organizaciones de café	3	
El apoyo de la municipalidad es insuficiente	2	REGULAR Puntos 8 – 5
El apoyo de las agencias de extensión es insuficiente	2	
La opinión de los productores es poco tomada en cuenta en las deliberaciones de la municipalidad	2	
Hay poco conflictos de interés entre las organizaciones de café	2	
No hay apoyo de la municipalidad	1	MALA Puntos 4 -1
No hay apoyo de las agencias de extensión	1	
La opinión de los productores no es tomada en cuenta en las deliberaciones de la municipalidad	1	
Hay mucho conflictos de interés entre las organizaciones de café	1	

2.6. Grado de satisfacción (escala de percepción)

Características	Grado de satisfacción	Índice	Calificación
Tiene necesidades de alimentación	Satisfactoria	3	BUENA Puntos 12 – 9
	Regularmente satisfactoria	2	
	Insatisfactoria	1	
Tiene acceso a salud	Satisfactoria	3	REGULAR Puntos 8 - 5
	Regularmente satisfactoria	2	
	Insatisfactoria	1	
Tiene o acceso a educación para los niños	Satisfactoria	3	
	Regularmente satisfactoria	2	
	Insatisfactoria	1	
La infraestructura (carretera, luz, agua)	Satisfactoria	3	MALA Puntos 4 – 1
	Regularmente satisfactoria	2	
	Insatisfactoria	1	

INDICADORES ECOLÓGICOS

2.7 Pendiente del cafetal más representativo (promedio) _____2.8 Edad del cafetal_____

2.9 Variedades de café utilizadas _____

3.0 Distancia de siembra del café _____

3.1 Practicas de manejo del café realizadas en la finca

3.1.1 Poda del café ( ) 3.1.2 Poda de sombra ( ) 3.1.3 Deshija ( ) 3.1.4 Fertilización ()

3.1.5 Control de malezas ( ) 3.1.6 Control de enfermedad ( ) 3.1.7 Control de plagas ( )

3.2 Uso de pesticidas (kg/ha) en el sistema productivo _____

3.3 Uso de prácticas conservacionistas

3.3.1Plantío en nivel ( ) 3.3.2. Abono verde ( ) 3.3.3 Terrazas ( )

3.3.4 Cobertura viva del suelo ( ) 3.3.5 Cobertura muerta del suelo ( )

3.3.6 Otras ( ) Cuales _____

3.4 Número de estratos: _____

3.5 sombra: _____

3.6 Erosión: _____

3.7 Beneficio: _____

3.8 Tratamiento de aguas mieles_____

3.9. Diversidad florística en el sistema, riqueza y abundancia Tamaño de la parcela_____

Especie	abundancia	Especie	Abundancia

4.0. Espesor de la capa de hojarasca

No muestra	cm	No muestra	Cm

4.1 Densidad de lombrices

No muestra	No lombrices	No muestra	No lombrices

4.2 Compactación del suelo

No muestra	Cm prof.	No muestra	Cm prof.	No muestra	Cm prof.

4.3 Sanidad del cultivo y potencial de control biológico

Variables		**Punto 1**					**Punto 2**					**Punto 3**				
	Plantas	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Hojas con hoya	Estación 1															
	Estación 2															
Hojas con *verticilum*	Estación 1															
	Estación 2															
Hojas con mancha de hierro	Estación 1															
	Estación 2															
Hojas con antracnosis	Estación 1															
	Estación 2															
Hojas con ojo de gallo	Estación 1															
	Estación 2															
Hojas totales	Estación 1															
	Estación 2															
Nudos totales	Estación 1															
	Estación 2															

***Anexo 2**. Índices de sostenibilidad (0-10) para cada indicador de las fincas del tratamiento grandes convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

Indicadores	Umbral	GC1	GC2	GC3	GC4	Promedio
Tratamiento del agua miel (Escala)	5,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,5
Uniformidad	0,9	9,9	4,1	2,4	8,5	6,2
Simpson	0,9	2,1	8,6	10,0	4,2	6,2
Shannon	2,9	4,9	1,4	0,5	3,7	2,6
Espesor hojarasca (cm)	5,6	4,7	4,5	4,4	1,7	3,8
Cobertura. Muerta (%)	100,0	5,4	6,4	5,2	1,8	4,7
Densidad de lombrices/m^2	444,4	4,7	1,6	1,3	1,8	2,3
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	1,5	2,0	2,6	1,9	2,0
Erosión (Escala)	3,0	3,3	6,7	3,3	3,3	4,2
Sanidad (Escala)	5,0	8,0	8,0	4,0	8,0	7,0
No. practicas de conservación	6,0	5,0	3,3	3,3	3,3	3,8
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	10,0	4,6	0,2	3,0	4,4
Productividad-café (kg/ha/año)	47,6	10,0	5,0	3,7	5,1	6,0
Precio (US$/saco de 45 kg)	131,0	6,5	5,9	6,1	6,5	6,2
Productividad-trabajo (jornales/saco)	28,8	2,6	4,1	4,0	4,3	3,8
MB/Ha	3718,1	7,8	2,5	1,2	1,0	3,1
C/B	5,7	5,6	3,4	2,5	2,4	3,5
Mercado (Escala)	8,0	7,5	7,5	6,3	3,8	6,3
Costo unitario (US$/ saco 45,5 kg)	75,3	6,3	4,5	2,5	4,4	4,4
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	0,0	2,5	2,5	2,2	1,8
Auto-consumo (Escala)	11,0	3,6	2,7	2,7	2,7	3,0
Dependencia-externa (%)	56,1	2,5	3,0	1,8	3,3	2,6
Participación (Escala)	7,0	7,1	10,0	1,4	0,0	4,6
Consenso social (Escala)	12,0	5,8	8,3	3,3	4,2	5,4
Institucionalidad (Escala)	10,0	8,0	7,0	7,0	5,0	6,8
Conocimiento local (Escala)	6,0	6,7	5,0	1,7	3,3	4,2
Grado satisfacción (Escala)	15,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,5

Anexo 3. *Índices de sostenibilidad para cada indicador de las fincas del tratamiento pequeños orgánicos, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

Indicadores	**UMBRAL**	**POC1**	**POC2**	**POC3**	**POC4**	**POC5**	**POC6**	**POC7**	**POC8**
Tratamiento Agua miel (Escala)	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Uniformidad	0,9	10,1	8,7	8,9	8,3	7,0	5,1	6,8	9,0
Simpson	0,9	0,6	4,1	2,0	3,1	4,6	7,0	4,3	3,7
Shannon	2,9	10,0	3,7	6,3	4,6	3,5	2,5	1,0	3,9
Espesor hojarasca (cm)	5,6	5,6	6,1	4,8	7,9	7,3	10,0	6,6	7,5
Cobertura Muerta del suelo (%)	100,0	7,9	8,9	8,7	9,3	7,8	8,4	7,8	8,8
Densidad de lombrices/m^2	444,4	10,0	3,8	5,6	3,4	3,1	4,1	4,1	3,1
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	1,8	2,0	1,6	2,0	5,8	4,8	2,8	1,6
Erosión (Escala)	3,0	6,7	6,7	10,0	3,3	4,3	6,7	6,7	4,3
Sanidad (Escala)	5,0	10,0	4,0	8,0	8,0	4,0	8,0	8,0	8,0
No. de practicas de conservación	6,0	5,0	5,0	5,0	6,7	6,7	10,0	6,7	6,7
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Productividad-café (kg/ha/año)	2166	3,6	4,5	6,8	2,5	2,0	3,0	3,0	8,2
Precio (US$/saco de 45,5 kg)	131,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Productividad-trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	28,8	4,4	4,0	1,8	4,5	4,3	5,0	5,5	3,3
MB/Ha	3718,1	4,3	5,0	9,5	2,8	2,1	4,4	2,1	10,0
C/B	5,7	5,9	5,8	8,9	5,2	4,6	6,1	3,1	7,9
Mercado (Escala)	8,0	10,0	8,8	10,0	6,3	8,8	10,0	7,5	6,3
Costo unitario (US$/saco de 45,5 kg)	75,3	6,0	6,2	8,0	5,5	5,7	5,4	2,0	7,6
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	6,1	5,4	6,2	6,9	7,7	6,2	3,4	4,6
Dependencia-externa (%)	56,1	8,2	7,3	5,1	6,6	6,8	8,0	4,5	9,3
Auto-consumo (Escala)	11,0	2,7	1,8	4,5	4,5	7,3	6,4	6,4	3,6
Participación (Escala)	7,0	5,7	2,9	7,1	2,9	5,7	5,7	8,6	4,3
Consenso social (Escala)	12,0	8,3	6,7	9,2	6,7	9,2	8,3	9,2	8,3
Institucionalidad (Escala)	10,0	8,0	7,0	8,0	7,0	9,0	7,0	9,0	9,0
Conocimiento local (Escala)	6,0	6,7	10,0	5,0	5,0	8,3	3,3	6,7	5,0
Grado satisfacción (Escala)	15,0	6,7	8,0	6,0	6,7	6,7	5,3	4,7	7,3

Indicadores	UMBRAL	POC9	POC10	POC11	POC12	POC13	POC14	Promedio
Tratamiento Agua miel (Escala)	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Uniformidad	0,9	9,0	10,6	9,2	9,4	9,5	9,2	8,6
Simpson	0,9	1,6	0,6	1,7	1,7	1,3	2,7	2,8
Shannon	2,9	7,6	9,1	7,5	0,1	7,8	5,1	5,2
Espesor hojarasca (cm)	5,6	8,2	5,0	5,3	7,1	7,0	8,0	6,9
Cobertura Muerta del suelo (%)	100,0	8,6	6,8	6,9	8,2	7,7	6,6	8,0
Densidad de lombrices/m^2	444,4	3,1	3,1	4,1	3,1	3,1	3,8	4,1
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	1,9	4,8	4,1	3,2	3,2	2,4	3,0
Erosión (Escala)	3,0	6,7	6,7	3,3	3,3	3,3	3,3	5,4
Sanidad (Escala)	5,0	8,0	10,0	10,0	8,0	8,0	8,0	7,9
No. de practicas de conservación	6,0	6,7	6,7	6,7	5,0	5,0	6,7	6,3
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Productividad-café (kg/ha/año)	47,6	6,4	4,1	5,2	4,4	4,5	2,1	4,3
Precio (US$/saco de 45,5 kg)	131,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Productividad-trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	28,8	3,3	10,0	5,0	3,5	6,7	5,2	4,8
MB/Ha	3718,1	5,9	2,3	3,6	6,0	5,5	2,4	4,7
C/B	5,7	6,5	2,9	4,1	7,7	4,7	4,6	5,6
Mercado (Escala)	8,0	7,5	8,8	7,5	7,5	8,8	10,0	8,4
Costo unitario (US$/saco de 45,5 kg)	75,3	7,2	1,6	5,5	6,7	3,9	4,0	5,4
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	5,0	0,6	3,6	6,1	2,5	6,6	5,1
Dependencia-externa (%)	56,1	8,7	9,4	8,1	7,8	8,1	7,9	7,6
Auto-consumo (Escala)	11,0	5,4	6,4	4,5	10	7,2	7,2	5,6
Participación (Escala)	7,0	5,5	6,4	4,5	10,0	7,3	7,3	5,6
Consenso social (Escala)	12,0	4,3	4,3	5,7	5,7	5,7	2,9	5,1
Institucionalidad (Escala)	10,0	6,7	9,2	8,3	6,7	7,5	8,3	8,0
Conocimiento local (Escala)	6,0	8,0	7,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,4
Grado satisfacción (Escala)	15,0	3,3	1,7	5,0	3,3	3,3	5,0	5,1

Anexo 4. *Índices de sostenibilidad para cada indicador de las fincas del tratamiento pequeños convencionales, microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

Indicadores	**UMBRAL**	**PC1**	**PC2**	**PC3**	**PC4**	**PC5**	**PC6**	**PC7**	**PC8**	**PC9**	**PC10**	**PC11**
Tratamiento Agua miel (Escala)	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
Uniformidad	0,9	8,3	6,8	9,7	9,4	8,9	7,9	4,1	10,4	8,0	9,7	9,2
Simpson	0,9	5,1	4,7	1,2	2,5	2,8	4,8	8,6	1,9	3,4	1,2	1,5
Shannon	2,9	2,8	4,4	7,5	4,7	4,9	3,4	1,4	5,8	5,4	7,7	7,6
Espesor hojarasca (cm)	5,6	5,0	6,8	5,4	7,9	6,8	3,2	2,7	6,1	3,8	4,6	5,7
Cobertura Muerta del suelo (%)	100,0	4,7	7,5	5,4	8,7	5,6	6,6	3,7	7,9	8,7	7,8	9,0
Densidad de lombrices/m^2	444,4	4,4	3,4	5,6	3,1	2,8	1,6	0,3	3,1	3,1	2,5	4,7
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	1,6	1,0	1,6	1,5	4,6	2,0	2,6	4,0	3,4	1,3	2,2
Erosión (Escala)	3,0	3,3	3,3	6,7	3,3	3,3	4,3	6,7	3,3	3,3	3,3	6,7
Sanidad (Escala)	5,0	4,0	8,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
No. de practicas de conservación	6,0	3,3	3,3	3,3	5,0	3,3	3,3	1,7	3,3	3,3	3,3	3,3
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	0,2	2,3	0,0	0,1	0,0	2,0	1,2	3,5	1,0	2,4	1,2
Productividad-café (kg/ha/año)	47,6	3,0	5,2	3,0	1,6	6,7	5,5	2,2	7,5	1,2	7,0	2,5
Precio (US$/saco de 45,5 kg)	131,0	5,7	4,4	6,1	3,3	6,9	7,3	7,1	7,1	6,5	6,9	2,9
Productividad-trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	28,8	3,4	2,8	3,6	4,6	3,3	2,0	3,5	3,6	6,9	3,7	3,3
MB/Ha	3718,1	1,3	0,7	2,3	-0,4	2,8	3,4	2,7	7,2	0,0	2,7	0,0
C/B	5,7	3,0	2,3	6,4	1,2	3,7	6,8	9,0	5,9	1,7	3,5	1,8
Mercado (Escala)	8,0	6,3	6,3	6,3	2,5	6,3	2,5	3,8	6,3	3,8	5,0	3,8
Costo unitario (US$/saco de 45,5 kg)	75,3	3,7	5,8	7,0	1,9	6,0	7,7	6,9	5,8	0,0	6,0	5,6
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	4,9	4,0	7,5	6,4	2,7	6,6	8,2	1,4	6,8	2,3	7,0
Dependencia-externa (%)	56,1	0,0	2,0	9,6	0,4	4,3	8,5	8,4	4,4	2,1	5,4	2,9
Auto-consumo (Escala)	11,0	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,8	2,7	3,6	4,5	0,9	3,6
Participación (Escala)	7,0	1,4	5,7	7,1	7,1	5,7	1,4	1,4	0,0	1,4	1,4	0,0
Consenso social (Escala)	12,0	5,8	6,7	7,5	10,0	5,0	6,7	6,7	6,7	5,8	7,5	4,2
Institucionalidad (Escala)	10,0	7,0	7,0	7,0	10,0	5,0	6,0	6,0	7,0	6,0	6,0	9,0
Conocimiento local (Escala)	6,0	5,0	6,7	8,3	8,3	10,0	8,3	6,7	8,3	3,3	5,0	6,7
Grado satisfacción (Escala)	15,0	6,7	6,7	8,0	7,3	6,7	6,7	6,7	7,3	6,0	6,0	6,0

Indicadores	UMBRAL	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18	PC19	PC20	PC21
Tratamiento Agua miel (Escala)	5,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0	0,0	10,0	8,0
Uniformidad	0,9	9,2	9,9	8,0	5,7	7,8	8,8	8,3	10,1	8,7	9,5
Simpson	0,9	2,6	2,4	3,6	6,5	4,6	2,0	2,3	1,3	2,9	1,7
Shannon	2,9	5,1	5,0	4,4	2,8	3,3	6,0	6,2	7,2	5,3	6,5
Espesor hojarasca (cm)	5,6	4,3	7,1	4,5	3,4	6,6	5,0	6,4	5,2	4,1	3,4
Cobertura Muerta del suelo (%)	100,0	8,5	7,6	8,2	4,6	7,6	7,3	8,2	8,8	6,9	5,8
Densidad de lombrices/m^2	444,4	1,6	2,8	2,8	2,2	4,1	1,0	3,1	4,7	5,9	3,8
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	1,4	1,2	1,4	0,4	0,8	0,0	3,0	0,6	3,0	4,0
Erosión (Escala)	3,0	6,7	6,7	0,0	3,3	3,3	3,3	3,3	6,7	3,3	3,3
Sanidad (Escala)	5,0	8,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8,0	4,0	8,0	4,0	4,0
No. de practicas de conservación	6,0	5,0	3,3	3,3	3,3	5,0	3,3	1,7	3,3	3,3	3,3
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	0,5	4,6	10,0	0,7	0,6	1,5	3,5	0,0	0,9	0,0
Productividad-café (kg/ha/año)	47,6	0,9	8,9	5,0	3,0	2,8	3,7	4,5	2,4	5,8	2,9
Precio (US$/saco de 45,5 kg)	131,0	6,2	6,4	6,2	6,2	7,1	7,1	5,8	7,1	6,7	6,2
Productividad-trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	28,8	4,4	3,2	3,7	2,9	4,6	4,4	3,5	0,6	0,6	0,5
MB/Ha	3718,1	0,3	4,1	3,1	1,6	2,0	3,3	1,6	1,0	1,9	0,8
C/B	5,7	3,2	4,5	6,4	5,6	4,1	4,5	3,3	3,5	2,9	2,9
Mercado (Escala)	8,0	5,0	5,0	3,8	5,0	3,8	5,0	3,8	3,8	5,0	3,8
Costo unitario (US$/saco de 45,5 kg)	75,3	5,3	6,9	7,6	7,5	4,5	4,1	6,0	5,0	4,7	5,1
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	8,8	2,6	6,7	7,9	5,8	4,0	5,1	6,8	1,6	6,2
Dependencia-externa (%)	56,1	9,0	7,1	8,7	9,0	4,3	2,8	4,8	10,0	10,0	10,0
Auto-consumo (Escala)	11,0	4,5	4,5	4,5	3,6	4,5	4,5	4,5	3,6	3,6	3,6
Participación (Escala)	7,0	2,9	2,9	0,0	1,4	0,0	1,4	1,4	2,9	4,3	1,4
Consenso social (Escala)	12,0	6,7	6,7	7,5	5,8	3,3	4,2	6,7	3,3	6,7	5,8
Institucionalidad (Escala)	10,0	7,0	7,0	6,0	6,0	8,0	6,0	9,0	9,0	6,0	6,0
Conocimiento local (Escala)	6,0	6,7	3,3	5,0	6,7	5,0	6,7	5,0	5,0	5,0	5,0
Grado satisfacción (Escala)	15,0	4,7	8,0	4,7	6,0	5,3	7,3	8,0	7,3	5,3	6,0

Indicadores	UMBRAL	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27	PC28	PC29	PC30	PC31	PC32	Promedio
Tratamiento Agua miel (Escala)	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0		8,0	6,6
Uniformidad	0,9	11,0	9,7	9,3	10,8	8,5	8,4	10,4	10,5	9,0	7,8	10,0	8,9
Simpson	0,9	1,0	4,4	1,2	1,5	2,3	5,4	1,2	2,2	1,7	4,1	1,0	2,9
Shannon	2,9	7,5	3,3	8,0	6,5	6,1	2,9	7,4	5,3	7,2	4,3	8,2	5,4
Espesor hojarasca (cm)	5,6	5,7	4,6	7,0	4,8	5,4	5,6	3,6	4,3	4,0	9,3	7,1	5,3
Cobertura Muerta del suelo (%)	100,0	8,6	7,0	8,0	7,6	7,8	8,8	6,4	9,2	10,0	8,2	6,8	7,4
Densidad de lombrices/m^2	444,4	3,4	1,6	2,8	0,9	1,9	5,7	1,3	2,5	4,7	1,9	0,9	2,9
Compactación suelo (kg/cm^2)	5,0	3,6	4,5	2,3	0,6	1,0	4,2	1,2	3,4	0,8	3,3	0,8	2,1
Erosión (Escala)	3,0	3,3	3,3	6,7	6,7	3,3	6,7	3,3	10,0	6,7	6,7	6,7	4,7
Sanidad (Escala)	5,0	8,0	8,0	8,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0	4,0	5,9
No. de practicas de conservación	6,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	1,7	3,3
Uso de agroquímicos (l/ha)	23,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Productividad-café (kg/ha/año)	2142	1,7	3,0	4,7	3,7	0,8	2,5	1,5	5,1	2,8	2,0	2,4	3,6
Precio (US$/saco de 45,5 kg)	131,0	6,2	6,2	5,8	5,8	6,1	4,9	3,1	7,5	6,5	6,9	4,5	6,0
Productividad-trabajo (jornales/saco 45,5 kg)	28,8	1,0	0,6	0,9	0,5	0,6	0,4	0,2	2,9	4,1	5,3	3,5	2,8
MB/Ha	3718,1	0,9	0,9	2,6	0,8	0,4	0,3	-0,5	6,6	2,5	1,4	1,5	1,9
C/B	5,7	5,6	3,0	4,7	2,6	3,3	2,4	1,0	10,0	8,1	5,7	5,1	4,3
Mercado (Escala)	8,0	3,8	1,3	5,0	3,8	5,0	5,0	1,3	3,8	5,0	3,8	3,8	4,3
Costo unitario (US$/saco de 45,5 kg)	75,3	7,4	5,8	6,5	4,8	4,0	5,3	1,6	7,1	7,5	6,8	6,5	5,5
Costo de producción (US$/ha)	1316,5	8,8	6,6	5,5	4,7	8,7	6,8	6,6	6,0	8,1	8,3	7,7	6,0
Dependencia-externa (%)	56,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,3
Auto-consumo (Escala)	11,0	4,5	2,7	5,5	3,6	4,5	2,7	2,7	6,4	6,4	4,5	4,5	3,8
Participación (Escala)	7,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
Consenso social (Escala)	12,0	5,0	3,3	5,8	6,7	4,2	5,8	4,2	5,8	6,7	7,5	5,0	5,9
Institucionalidad (Escala)	10,0	6,0	4,0	6,0	7,0	3,0	3,0	6,0	8,0	3,0	5,0	6,0	6,3
Conocimiento local (Escala)	6,0	6,7	8,3	6,7	5,0	5,0	6,7	3,3	6,7	6,7	5,0	3,3	6,0
Grado satisfacción (Escala)	15,0	7,3		6,7	6,7	4,7	5,3	5,3	6,7	5,3	6,7	7,3	6,4

Anexo 5. *Volante informativo del trabajo e invitación para el taller de evaluación realizado con los pequeños productores de la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras 2005.*

CATIE / MANCOSARIC

Programa FOCUENCAS II

SOSTENIBILIDAD SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE FINCAS CAFETALERAS DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SESESMILES, COPÁN

¿De que se trata este estudio?

Es un estudio para saber como las fincas de café están aportando ambiental y económicamente a la conservación de los recursos naturales de la región.

¿Para que sirve esta información?

Esta información será útil para orientar acciones y propuestas de todas las organizaciones que trabajan con productores de café (Municipalidad, IHCAFE, Cooperativas). También estará disponible a todos los productores que tengan interés.

De esta manera podremos conocer cuales son los potenciales y las debilidades de la producción cafetalera y juntos pensar cuales son las posibles soluciones.

Agradecemos por su apoyo y participación!!!

Responsable por la investigación: Nina Duarte

CATIE / MANCOSARIC

Programa FOCUENCAS II

SOSTENIBILIDAD SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE FINCAS CAFETALERAS DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SESESMILES, COPÁN

Se le invita atentamente a participar de la reunión para la entrega de los resultados del estudio sobre las fincas de café de Sesesmiles.

Temas a tratar en la reunión:

1. **Entrega de resultados de cada finca e interpretación de los resultados**
2. **Significado del análisis de sostenibilidad y de finca sostenible**
3. **Identificación de los principales problemas de la producción de café y las posibles soluciones**

Fecha: Sabado 19 junio **Hora:** 13 :30
Local: Casa Comunal, Sesesmil 1

Para los que viven en Sesesmil segundo, un carro saldrá a las 13:30 en frente a la iglesia, para llevarlos de manera gratuita a la sección.

Agradecemos por su apoyo y participación!!!

Responsable por la investigación: Nina Duarte

Anexo 6. Lista de especies encontradas en los cafetales de la microcuenca del Río Sesesmiles, Copan, Honduras 2005.

Nombre científico	Nombre vulgar	No. de individuos encontrados
Simarouba glauca	Aceituno	3
Bixa orellana	Achiote	2
Persea Americana	Aguacate	14
	Aguacate chucho	1
Ficus drupacea	Amate	3
Banbusa sp.	Bambu	2
Guazuma ulmiflora	Cablote	6
Theobroma cacao	Cacao	3
Swietenia humilis	Caoba	37
Cedrela odorata	Cedro	42
Ceiba pentandra	Ceiba	1
Lonchocarpus rugosus	Chaperno	21
	Coetillo	1
Tabebuia chrysantha	Cortez negro	12
Acroconia vinifera	Coyol palma	2
	Cutuyume	4
Thouinidium decandrum	Escobillo	16
Acacia pennatula	Espino blanco	3
Eucalyptus sp.	Eucalipto	13
Inga punctata	Guamo	449
Inga vera	Guamo pepeta	101
Enterolobium cyclocarpum	Guanacaste flor roja	2
Hymenaea courbaril	Guapinol	2
Cecropia sp.	Guarumo	27
Psidium guajava	Guayaba	5
Macrohasseltia macroterant	Guesito	1
Musa sp.	Guineo	139
Musa sp.	Guineo coco	1
Musa sp.	Guineo dactil	9
Musa sp.	Guineo enano	1
	Heron	1
	Higuero	4
Terminalia oblonga	Huesillo	1
Bursera simaruba	Indio desnudo	13
Yucca elephantipes	Izote	9
Spondias purpurea	Jocote	10
	Juniapa	2
Alternanthera mexicana	Lancetillo	9
Citrus sp.	Laurel	45
	Leche verde	10
	Lengua sanate	2
	Lesquín	9
Citrus aurantifolia	Lima	1
Citrus limonum Risso	Limón	6
Liquidambar estaryciflua	Liquidanbar	1

Spathodea campanulata	Llama del bosque	5
	Llorón	2
	Machaste	5
Gliricidea sepium	Madre cacao	293
	Magagua	1
Mammea americana	Mamei	6
	Mamón	12
Citrus reticulata	Mandarina	5
Mangifera indica	Mango	13
Syzygium samaragense	Manzana de agua	7
Calophyllum brasiliense	Marillo	22
	Mariposa	1
	Mashaste blanco	9
	Matilguate	1
	Mecate	5
	Mirasol	6
Byrsonima crassifolia	Nance	2
Citrus sp.	Naranja	55
Terminalia amazonia	Naranjo	8
	No identificada	18
	Oreja de burro	1
Chamaedorea tepejilote	Pacaya	43
	Palmo	1
	Palo de hoja fina	1
Castilla elastica	Palo de hule	1
Dalbergia retusa	Palo negro	16
Inga jinicuil	Paterno	12
Pimienta dioica	Pimienta gorda	4
Pinus oocarpa	Pino	7
Musa parasidiaca	Plátano	50
	Plumagillo	2
Erythrina berteroana	Poro	39
Tabebuia rosea	Roble	1
	Rocoton	1
Tabebuia donnell-smithii	San Juan	10
	Santa Maria	2
	Sapoton	1
	Seibillo	1
	Shimish	1
	Sucte	5
	Suquinai	6
Gyrocarpus americanus	Tambor	3
	Tashiste	24
	Tontolo	3
Ecalipha diversifolia	Vara negra	19
Acacia macracantha	Yaro	2
	Yaro colorado	2
Magnolia yoroconte	Yoroconte	5
Pouteria sapota	Zapote	3
Manikara zapota	Zapotillo	7