

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA  
VICERRECTORIA ACADEMICA  
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
Programa de Maestría en Manejo de Recursos Naturales

**METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LA SUSTENTABILIDAD  
DE SISTEMAS AGRICOLAS DE FINCAS ECOLOGICAS  
Y CONVENCIONALES EN COSTA RICA**

Tesis sometido a la consideración  
del tribunal examinador del Programa de Maestría de Recursos Naturales  
de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales para optar  
al grado de:

Magister Scientiae  
en Manejo de Recursos Naturales con Mención en Gestión de la Biodiversidad

Por

Greivin Fallas Bonilla

San José, Costa Rica

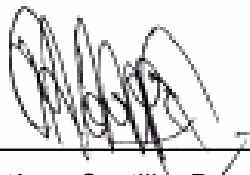
2009

Esta tesis ha sido aceptada y aprobada en su forma presente, por el Tribunal Examinador del programa de Estudios de la Maestría Académica respectiva de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la UNED, como requisito para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES  
CON MENCION EN GESTION DE LA BIODIVERSIDAD**

---

Nidia Lobo Solera, Ph.D  
Director (a) del Sistema de Estudios de Posgrado

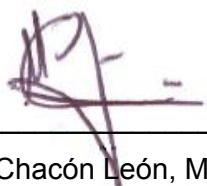


---

Róger Martínez Castillo, Dr.  
Director de Tesis

---

Olman Díaz, MSc.  
Director (a) de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales

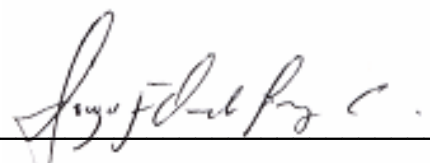


---

Mario Chacón León, MSc.  
Lector

---

Zaidett Barrientos, MSc.  
Coordinador del Programa de Maestría en Manejo de Recursos Naturales



---

Jorge Loiza Cárdenas, Dr.  
Lector



---

Greivin Fallas Bonilla

Estudiante

## DEDICATORIA

*Soy feliz, un hombre feliz y quiero que me perdonen por este día los muertos de mi felicidad.*

Silvio Rodríguez

*A mi madre Zoraida, amor hecho mujer*

*A mi esposa Dunnia, amor absoluto*

*A mis hijos Janis y Ebandry, mi presente*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi comité de tesis:

Róger Martínez, por su asesoría, confianza y amistad de años.

Mario Chacón, por su apoyo extra y calidad humana en transmitir sus conocimientos.

Jorge Loaiza, por su apoyo y colaboración.

A Jonathan Castro, investigador de CEDECO, por su apoyo y tiempo para que este documento sea de calidad científica.

A las familias propietarias de las fincas analizadas, por su colaboración en la toma de datos y por abrir sus conocimientos al sector productivo y agrícola del país.

A CEDECO que depositó la confianza en mi persona para el desarrollo de la investigación.

A todas las personas que de una u otra manera se identificaron con la tesis y que gracias a su colaboración este documento es una realidad.

## INDICE DE CONTENIDO

<u>Título</u>	<u>Página</u>
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE CONTENIDO .....	v
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1    Objetivo general .....	4
2.2    Objetivos específicos .....	4
III. MARCO TEORICO .....	5
3.1    Servicios de los ecosistemas y agricultura.....	5
3.2    Agricultura convencional .....	6
3.3    Agricultura ecológica .....	8
3.4    Desarrollo sustentable.....	10
3.5    El uso de indicadores de sustentabilidad .....	12
3.6    Sistemas de Información Geográfica como herramienta para el análisis de sistemas agrícolas.....	15
IV. METODOLOGIA.....	18
4.1    Descripción de la zona de estudio .....	18
4.2    Información de base para el inicio de la investigación .....	22
4.3    Caracterización del sistema agrícola de la finca .....	23
4.4    Valoración de los indicadores de sustentabilidad en las Fincas .....	25
4.5    Diseño del Sistema de Información geográfica .....	29
4.6    Análisis del nivel de sustentabilidad para cada finca .....	31
4.6.1 Asignación del valor para los indicadores .....	31
4.6.2 Diagramas de sustentabilidad .....	32
4.6.3 Análisis geográfico .....	34

V	RESULTADOS.....	36
5.1	Caracterización del sistema agrícola de las fincas por cultivo.....	36
5.2	Valoración de la sustentabilidad para cada finca según indicadores.....	38
5.2.1	Análisis de los atributos de eficiencia y productividad por cada finca.....	38
5.2.2	Análisis de los atributos de adaptabilidad.....	40
5.2.3	Análisis de los atributos de estabilidad.....	40
5.2.4	Análisis de los atributos de participación y capacidad de innovación.....	41
5.2.5	Análisis de los atributos de servicios de los ecosistemas.....	42
5.3	Índice de sustentabilidad para cada finca.....	44
5.4	SIG y diagramas de sustentabilidad según la valoración de los indicadores en cada finca.....	44
5.4.1	Análisis de sustentabilidad en las fincas del cantón de Alfaro Ruiz.....	45
5.4.2	Análisis de sustentabilidad en las fincas de los cantones de Aserri y Acosta.....	53
5.4.3	Análisis de sustentabilidad en las fincas del cantón de San Ramón.....	61
5.4.4	Análisis de sustentabilidad en las fincas de los cantones de Pococí, Guácimo y Siquirres.....	64
VI	DISCUSION.....	69
6.1	Los tipos de sistemas ecológico y convencional presentes en las fincas analizadas con base en los capitales establecidos.....	69
6.2	El valor en los atributos mediante los indicadores analizados para cada finca.....	70
6.3	El valor del índice de sustentabilidad para cada finca según los indicadores establecidos.....	73
6.4	El SIG como herramienta novedosa en el análisis de la sustentabilidad de sistemas agrícolas.....	75
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	<u>777</u>
VIII	BIBLIOGRAFIA CITADA.....	<u>80</u>
IX	ANEXOS.....	<u>888</u>
9.1	Anexo 1: Formularios de campo.....	<u>888</u>
9.2	Anexo 2: Fotos.....	<u>911</u>

## INDICE DE CUADROS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
<b>Cuadro 1:</b> Características principales de las fincas a analizar según tipo de manejo agrícola .....	20
<b>Cuadro 2:</b> Criterios establecidos para la selección de las fincas de la investigación .....	21
<b>Cuadro 3:</b> Capitales, variables a medir y las fuentes de información disponibles para la caracterización de la finca. ....	24
<b>Cuadro 4:</b> Formularios diseñados en la base SIG CEDECO para los diferentes capitales y el tipo de información que suministran para cada finca. ....	25
<b>Cuadro 5:</b> Atributos, indicadores y valores establecidos para el análisis de las actividades agroproductivas en las fincas.....	27
<b>Cuadro 6:</b> Caracterización del sistema agrícola por cultivo y por cantón de las fincas en estudio mediante los capitales.....	37
<b>Cuadro 7:</b> Valoración de indicadores en los atributos de eficiencia y productividad por cada finca .....	38
<b>Cuadro 8:</b> Valoración de indicadores en el atributo de adaptabilidad por cada finca. ....	40
<b>Cuadro 9:</b> Valoración de indicadores en los atributos de estabilidad por cada finca. ....	41
<b>Cuadro 10:</b> Valoración de indicadores en los atributos de participación e innovación por cada finca .....	42
<b>Cuadro 11:</b> Valoración de indicadores en el atributo de servicios de los ecosistemas por cada finca.....	43

## INDICE DE FIGURAS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
<b>Figura 1:</b> Ubicación de las 17 fincas que formaron parte de la investigación por cantón.....	19
<b>Figura 2:</b> Desarrollo metodológico de CEDECO bajo las influencias de variables sociales, económicas y biológicas (Fuente: Castro y Amador, 2006). .....	22
<b>Figura 3:</b> Base de datos SIG CEDECO, con los diferentes paneles de control y formularios para la visualización e ingreso de datos de las Fincas. ....	26
<b>Figura 4:</b> Diseño del sistema de información geográfico para el análisis de sustentabilidad de las fincas.....	31
<b>Figura 5:</b> ejemplo para la valoración de los indicadores de participación mediante los formularios en la base SIG CEDECO. ....	33
<b>Figura 6:</b> Representación del análisis geográfico por medio de la superposición de capas representadas por el Índice de sustentabilidad, utilizando Spatial Analyst.....	35
<b>Figura 7:</b> Índice de Sustentabilidad para cada finca según el promedio obtenido de la valoración de los indicadores.....	44
<b>Figura 8:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Fincas J&B (AE), Jaime Chavez (AE) y Hnos Rodríguez (AC) del cantón de Alfaro Ruiz (cultivos: hortalizas). ....	45
<b>Figura 9:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) Uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Jaime Chavez.....	47
<b>Figura 10:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) Uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de las fincas J&B, Hnos Rodríguez y La Esperanza. ....	48
<b>Figura 11:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Fincas El Guerrero (AE) y Delfín Alfaro (AC) del cantón de Alfaro Ruiz (cultivos: lechuga y culantro) .....	49
<b>Figura 12:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de las fincas El Guerrero y Delfín Alfaro.....	50
<b>Figura 13:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Fincas Guadalupe (AE) y La Esperanza del cantón de Alfaro Ruiz (AC) (cultivos: lechuga y culantro) .....	51
<b>Figura 14:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Guadalupe.....	52
<b>Figura 15:</b> Diagrama de sustentabilidad de las La Loma (AE) y Olman Díaz (AC) del cantón de Acosta (cultivos: café).....	53
<b>Figura 16:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca La Loma. ....	54
<b>Figura 17:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Olman Díaz .....	55



<b>Figura 18:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Marcos Vindas (AE), Los Bobos (AE) y Bernardo Naranjo del cantón de Aserrí (AC) (cultivos: café).....	56
<b>Figura 19:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Marcos Vindas.....	58
<b>Figura 20:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Bernardo Naranjo .....	59
<b>Figura 21:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) Uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Los Bobos. ....	60
<b>Figura 22:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Fincas Jesús María y La palma del cantón de San Ramón (cultivos: caña de azúcar).....	61
<b>Figura 23:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Jesús Maria .....	62
<b>Figura 24:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la Finca La Palma .....	63
<b>Figura 25:</b> Diagrama de sustentabilidad de las Fincas de los cantones de Guácimo (AC), Pococí (AE) y Siquirres (AE) respectivamente de la zona atlántica de Costa Rica (cultivos: varios).....	64
<b>Figura 26:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca LTVA .....	66
<b>Figura 27:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Rancho Alegre.....	67
<b>Figura 28:</b> Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca La Amistad .....	68

## **Metodología para el Análisis de la Sustentabilidad de Sistemas Agrícolas de Fincas Ecológicas y convencionales en Costa Rica**

Greivin Fallas Bonilla, *Magister Scientiae* en Manejo de Recursos Naturales con Mención en Gestión de la Biodiversidad, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica,  
[jipifallas@yahoo.com](mailto:jipifallas@yahoo.com)

### **RESUMEN**

Esta investigación desarrolló y validó una metodología para el análisis de la sustentabilidad en 17 fincas ubicadas en 7 cantones de Costa Rica. El tamaño de las fincas osciló entre 1.40 Ha y 17.2 Ha, el uso de la tierra esta dado por sistemas agrícolas ecológicos y convencionales en cultivos de café, caña de azúcar, hortalizas y ganadería.

La metodología consistió en la caracterización del sistema agrícola ecológico y convencional, valoración de indicadores de sustentabilidad y análisis geográfico mediante el Sistema de Información Geográfico (SIG). Para la caracterización de las fincas, se analizó la información recopilada por CEDECO entre los años 2004 al 2007, mediante cinco capitales: humano, social, natural, económico y físico.

El análisis de sustentabilidad permitió establecer 15 indicadores bajo atributos de estabilidad, adaptabilidad, productividad, eficiencia, participación, organización y servicios de ecosistemas. El SIG permitió incorporar criterios establecidos en los indicadores para mostrarlos a nivel geográfico para cada finca y sus colindancias.

El resultado permite apreciar mediante índices de sustentabilidad, en una escala de 1 a 3, que las fincas ecológicas son sustentables y las fincas convencionales no logran ser sustentables. Por medio de los diagramas tipo AMEBA, se apreció que las fincas ecológicas poseen más valores altos en los indicadores con respecto a las fincas convencionales y el SIG mostró como estas fincas están diseñadas para producir de una forma sustentable o no sustentable, mediante su uso de la tierra y como se puede ver afectada positiva o negativamente con respecto a las colindancias.

**Palabras Clave:** Desarrollo sustentable, indicadores de sustentabilidad, agricultura ecológica, agricultura convencional, Sistemas de Información Geográfica.

## **Methodology for Analyzing the Sustainability of Agricultural Systems on Ecological and Conventional Farms in Costa Rican**

Greivin Fallas Bonilla, Master of Science in Natural Resource Management with a mention in Biodiversity Management, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, [jjpifallas@yahoo.com](mailto:jjpifallas@yahoo.com)

### **ABSTRACT**

This research developed and validated a methodology to analyze sustainability in 17 farms located in 7 Costa Rican municipalities. Farm size varied between 1.40 hectares and 17.2 hectares; the land was in use in ecological and conventional cultivation systems in coffee, sugar cane, vegetables, and cattle ranching.

The methodology was developed in three stages: characterization of management systems, evaluation of sustainability indicators, and geographic analysis by means of a Geographic Information System (GIS). In order to characterize the management system, the information compiled by CEDECO between the years of 2004 and 2007 was analyzed in five major aspects: human, social, natural, economic, and physical.

The sustainability analysis allowed 15 indicators to be organized under the attributes of: stability, adaptability, productivity, efficiency, participation, organization, and ecosystem services. The GIS allowed criteria established in the indicators to be incorporated at the geographic level and demonstrated for each farm and its neighbors.

The result allows an appreciation by means of a scale from 1 to 3, that the ecological farms are sustainable and the conventional ones do not achieve sustainability. By means of radar diagrams, the ecological farms could be seen to have higher values on the indicators than the conventional farms and the GIS showed how these farms are designed to produce in sustainable and unsustainable forms through their use of the land. It also showed how their neighbors can affect them positively or negatively.

**Keywords:** Sustainable Development, Sustainability Indicators, Ecological Agriculture, Conventional Agriculture, Geographic Information Systems.



## I. INTRODUCCION

Los ecosistemas son de suma importancia para el ser humano dado que aportan una serie de servicios y recursos. Estos servicios y recursos los podemos clasificar en servicios de suministro (como alimentos, leña, fibra y recursos genéticos), de regulación (del clima, de enfermedades, de agua o polinización) y culturales (religión, agro ecoturismo, educativos y patrimonio cultural). El ser humano se ha servido de estos servicios de los ecosistemas para vivir, sin embargo, en los últimos 50 años la humanidad ha modificado los ecosistemas con mayor rapidez y amplitud que en ningún otro momento en su historia. Si bien esta modificación ha generado ganancias económicas y desarrollo, esto ha sido a expensas de la degradación de los ecosistemas naturales (WRI, 2005).

Entre los problemas principales generados por el manejo y la degradación de los ecosistemas naturales, se encuentran una serie de problemas relacionados con la agricultura. Problemas como la deforestación, la contaminación de aguas por insumos químicos, la pérdida de biodiversidad, la degradación de suelos y el cambio climático debido, este último, debido al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). Todos estos problemas ya han sido reconocidos mundialmente y esto queda registrado en los más recientes informes presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2007) y por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007). Dichos informes además hacen un llamado para buscar prontas soluciones a la degradación de los ecosistemas y además de implementar estrategias para mitigar el cambio climático.

En estos informes se recomiendan el desarrollo de opciones de manejo de los sistemas agrícolas con el objetivo de reducir, mitigar y corregir el impacto ambiental generado por la modificación de los ecosistemas. Entre las opciones de manejo, se menciona la mejora en el manejo de los cultivos que contribuyan al almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal y mediante materia orgánica en los suelos, la restauración de tierras degradadas, la protección de bosques y la mejora de la eficiencia energética, así como, el empleo de una agricultura que genere un desarrollo sustentable con el ambiente (IPCC, 2007; FAO, 2007).

Se hace necesario por lo tanto, crear nuevos modelos de producción agrícola de manera que estos aporten a disminuir los actuales problemas ambientales. Una de estas opciones es cambiar el manejo convencional de los sistemas agrícolas por un manejo con enfoque ecológico. La agricultura convencional es un enfoque de producción agrícola que nació a mediados del siglo pasado con el movimiento internacional llamado la Revolución Verde. Este movimiento buscaba solucionar el problema del hambre mundial mediante el uso de un

paquete tecnológico basado en la sobre-utilización de los recursos naturales y el uso de insumos externos del sistema (Armiño, 2000). Si bien se logró aumentar la productividad agrícola, el impacto ambiental y social en ciertos sectores fue negativo.

Como una manera alternativa a la revolución verde, nace la agricultura ecológica (llamada a veces agroecología, agricultura orgánica, agricultura biológica, agricultura biodinámica o ecología de los cultivos) que tiene la particularidad de incorporar aspectos ecológicos a la producción agrícola, permitiendo el desarrollo de enfoques de manejo alternativos en la finca (ILEA, 2007). En muchos países del mundo, la agricultura ecológica ha sido adoptada por muchos agricultores y Costa Rica no es la excepción.

En Costa Rica, la agricultura forma parte del desarrollo de las comunidades y es el sustento para la mayoría de las familias costarricenses. Se estima que para alrededor de un 15% de la población económicamente activa es la principal fuente de ingresos y trabajo en más de 70 cantones del país (Arias, 2005). El área sembrada en las diferentes actividades agrícolas para el año 2007 fue de aproximadamente 458.000 ha, distribuidas en 251.000 ha de cultivos industriales (café, caña de azúcar, palma africana entre los más importantes), 108.000 ha de frutas frescas (banano, piña, melón y sandía), 76.000 ha de granos básicos (arroz, maíz, frijol), 5.700 ha de hortalizas (papa, cebolla, tomate, lechuga) y 15.900 ha de raíces tropicales (yuca, ñame, tiquizque) (SEPSA, 2008). No existen datos actualizados sobre cuanta de esta área corresponde a áreas bajo agricultura ecológica, aunque se estima que para el año 2005, unos 6000 agricultores habían realizado el cambio de la agricultura convencional a la agricultura ecológica, alcanzando un área de aproximadamente de 11.000 ha (Granados, 2005).

Se presume que la agricultura ecológica logra un manejo sostenible de los recursos naturales, sin embargo aun existen vacíos de información y metodologías de monitoreo y evaluación que permitan comprobar esto a nivel de sistema de producción como a nivel de finca. Se hace necesario entonces analizar fincas que se encuentran implementando técnicas de la agricultura ecológica para determinar si realmente logran hacer un manejo sostenible de los recursos naturales. Entender esto, permitiría brindar recomendaciones y llenar muchos vacíos de información relacionados con aquellos aspectos donde el agroecosistema tiende a generar un desarrollo sustentable para la comunidad y sus familias. Sin embargo, en la literatura se encuentran pocos esfuerzos científicos relacionados a resolver estos problemas.

Una manera de llenar estos vacíos de información y de metodologías, puede ser el evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas mediante una comparación multi-criterio mediante el uso de indicadores en la parte social, económica y ambiental. Los indicadores son “algo que hace claramente perceptible una tendencia o un fenómeno que no es inmediatamente ni fácilmente detectable, y que permiten comprender, sin ambigüedades, el estado de la sustentabilidad de un agroecosistema o los aspectos críticos que ponen en peligro la misma” (Sarandón, 2002).

Estudios de análisis de la sustentabilidad en sistemas agrícolas con uso de indicadores (Altieri y Nicholls, 2000; Astier *et al*, 2004; Astier *et al*, 1997; Cárdenas *et al*, 2007; Gomero y Velásquez, 2004; Maser y López, 2000), evidencian la eficiencia de los agroecosistemas que utilizan un manejo más sustentable con el medio y en general los autores concuerdan en que no existe un conjunto de indicadores universales para cualquier sistema en cualquier parte del planeta, con lo cual recomiendan que se adapten a las condiciones ambientales, culturales y económicas de las comunidades agrícolas. Si a la utilización de indicadores le sumamos la utilización de herramientas tecnológicas como las que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se podría entender aún más como funcionan estos agroecosistemas.

El objetivo de la presente investigación fue el de analizar 17 fincas, de las cuales 10 aplican manejo ecológico y 7 aplican manejo convencional, distribuidas en siete cantones de Costa Rica, mediante una metodología que conjugó el uso de indicadores sociales, económicos y ambientales y el uso de sistemas de información geográfica. Se buscó con esto aportar nuevos conocimientos sobre el manejo de fincas mediante el uso de técnicas en agricultura ecológica, además de generar una metodología que permita evaluar fincas ecológicas desde un punto de vista integral. Se espera que la información generada por este estudio, motive a la comunidad científica a seguir evaluando la agricultura ecológica y se espera además que influya a los decisores en la creación de políticas ambientales que resuelvan los problemas nacionales e internacionales.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Diseñar y validar una metodología para analizar la sustentabilidad de sistemas agrícolas ecológico y convencional en diversas fincas de Costa Rica, mediante la integración de indicadores económicos, sociales, ambientales y la aplicación de Sistemas de Información Geográfica.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar el sistema agrícola ecológico y convencional por cultivo de las fincas en estudio.
2. Valorar los indicadores de sustentabilidad necesarios para analizar cada una de las fincas en estudio.
3. Diseñar un Sistema de Información Geográfico para el análisis geográfico del sistema agrícola en las fincas en estudio.
4. Analizar el nivel de sustentabilidad de cada finca mediante indicadores de sustentabilidad y el Sistema de Información geográfica.



### III. MARCO TEORICO

#### 3.1 Servicios de los ecosistemas y agricultura

Un ecosistema se define como un sistema formado por una comunidad natural estructurado en componentes bióticos (seres vivos) y componentes abióticos (ambiente físico). Hay diferentes tipos de ecosistemas: bosques, marinos, agrícolas, urbanos, cada uno con diferentes interacciones entre la parte biótica y abiótica. Estas interacciones crean una relación de dependencia por parte de los seres humanos, debido a los servicios que éstos proporcionan, como alimentos, agua, regulación del clima, satisfacción espiritual y placer estético (WRI, 2005).

La humanidad, depende para el desarrollo de sus actividades y supervivencia, de los ecosistemas, los cuales se han gestionado para cumplir servicios de suministro de alimentos, transporte, infraestructura, agua e industria, sin embargo, en los últimos 50 años, se han degradado los ecosistemas más rápidamente que en ningún otro período de tiempo, precisamente con el objetivo de suplir las necesidades de una sobrepoblación que cada día aumenta (WRI, 2005). Este cambio se ha visto en la aplicación de la agricultura, donde ha aumentado no solamente la producción de alimentos, sino también el cambio de uso de la tierra.

La FAO señala en su más reciente informe sobre la El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación que la demanda de los servicios de los ecosistemas por la agricultura aumentará, para lo cual se deberá suministrar una mejor combinación de servicios de ecosistemas para satisfacer las demandas de la sociedad (FAO, 2007). Pero ¿cómo pueden generar servicios ambientales los productores agrícolas?, la FAO enfatiza que se debe hacer un cambio en los sistemas de producción, programas de reconversión de tierras y el mantenimiento del uso de la tierra para evitar la transformación del bosque en campos agrícolas.

Sin embargo, la agricultura está generando un impacto ambiental, social, económico y cultural importante. En el informe del IPCC señala que la agricultura en conjunto con el uso de energía fósil son las principales causas del cambio climático, debido al aumento en las concentraciones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxidos nitrosos (N<sub>2</sub>O), aunado al aumento en la deforestación, contaminación con agroquímicos, desertificación y contaminación del agua potable (IPCC, 2007). De igual forma en la Evaluación de ecosistemas del Milenio, recalca que el cambio de uso de tierra puede dar lugar a una mayor carga de nutrientes, aumento en concentración de GEI y un aumento del número de especies invasoras (WRI, 2005). En el campo económico, la reducción y degradación de los ecosistemas conlleva una pérdida

de capital natural, que no se ve reflejado en el producto interno bruto (PIB) de un país, como es el caso de talar los bosques para sembrar piña, lo que daría un aumento en el PIB por exportación a pesar de la pérdida del bosque. De la misma forma la actual producción de alimentos no se ha visto reflejada en una disminución de la pobreza, aumentan las diferencias sociales y mucha gente sigue sin suministro o acceso a ciertos servicios básicos. Por último, para muchas comunidades, los aspectos espirituales y culturales de los ecosistemas son tan importantes, como el paisaje, la recreación, la satisfacción artística y espiritual o el desarrollo intelectual, lo cual se ha visto disminuido cuando se ha despojado de sus territorios a comunidades indígenas, eliminación de áreas naturales por minería, agricultura e industria (WRI, 2005).

Entre los efectos a futuro que se señalan en la evaluación de los ecosistemas, debido al uso excesivo de los ecosistemas agrícolas, están: seguridad alimentaria comprometida para el 2050, deterioro en los servicios de agua potable, una pérdida de hábitat y cambios en ecosistemas claves en el equilibrio de especies de flora y fauna. Por lo tanto, el desafío es revertir la degradación de los ecosistemas pero a su vez satisfacer las demandas de servicios de la población (WRI, 2005).

La FAO habla de incentivar a los agricultores mediante pagos de servicios ambientales (PSA) por medio de políticas institucionales y económicas justas, así como, prácticas ambientales más amigables con el ambiente, que conlleven a que los ecosistemas agrícolas disminuyan los GEI, conserven la biodiversidad y aporten al desarrollo de la comunidad (FAO, 2007). Para el IPCC, la agricultura debe enfocarse en incentivos y reglamentaciones financieros para mejorar la gestión de tierras, el mantenimiento del contenido de carbono en el suelo, la utilización eficiente de los fertilizantes y la irrigación son medidas para mitigar el impacto generado. Al respecto, existen dos tipos de agricultura, una convencional que es la dominante y conlleva a la generación de todos los problemas sociales y ambientales y otra, la ecológica, que es la alternativa y debe de enfatizarse su desarrollo (IPCC, 2007).

### **3.2 Agricultura convencional**

La agricultura convencional esta basada en la utilización de tecnologías que reúnen el mejoramiento genético, monocultivo e insumos de origen industrial para el aumento de la producción y la productividad (Castro y Amador, 2007). Su origen se dio por la llamada Revolución Verde, nombre con el que se bautizó en los círculos internacionales al importante crecimiento de la producción agrícola que se dio a partir de 1943, como consecuencia del empleo de técnicas de producción modernas, concretadas en la selección genética y la explotación intensiva permitida por el regadío y basada en la utilización masiva

de fertilizantes, pesticidas y herbicidas (Armiño, 2000). La importancia de esta revolución radicó en que mostraba perspectivas muy optimistas con respecto a la erradicación del hambre y la desnutrición en los países en vías de desarrollo.

En el caso de Costa Rica, como en la mayoría de los países latinoamericanos, experimentaron en la segunda mitad del siglo XX, la denominada revolución verde, la cual incluyó la tecnificación de la agricultura, ocasionando a su vez una estructuración en el medio rural (García, 2002). Pero es a inicios de la década de los 80, mediante el mejoramiento genético, la utilización de maquinaria, insumos químicos, crédito, investigación, extensión y la intervención directa del Estado en la comercialización de los productos, que se produjeron avances importantes en el sector agrícola, con la agricultura convencional (Arias, 2005). Entre los beneficios directos de la agricultura sobre las zonas rurales están: la educación primaria se generalizó, mejoraron los servicios de salud, cobertura amplia de acueductos rurales, servicios de electrificación y telefonía, debido a una modernización tecnológica, conjuntamente con procesos de cambios sociales en el ámbito rural (García, 2002).

Los principales productos agrícolas y su producción en Costa Rica para el año 2007 están: caña de azúcar con 3.710.000 toneladas métricas (Tm), café con 652.668 Tm, banano con 2.078.579 Tm, piña con 1.968.000 Tm, arroz con 179.577 Tm, papa con 66.050 Tm y yuca con 96.928 Tm. Estos productos agrícolas son básicamente para un mercado de exportación, representando para el país ingresos para el año 2007 por 3.194.524 millones por dólares (SEPSA, 2008).

Sin embargo, en Costa Rica, la agricultura convencional ha generado altos costos humanos y ambientales, debido a prácticas incorrectas en el uso de los insumos químicos para la producción. Las consecuencias principales han sido erosión y degradación de los suelos, contaminación de aguas, pérdida de biodiversidad, resistencia de plagas a los insecticidas, residuos de contaminantes y riesgos en la salud humana. Pero en general, muchos científicos están de acuerdo en que el modelo agrícola propuesto por la revolución verde afronta una crisis ambiental (Altieri, 1997). Debido a que la producción convencional busca satisfacer los intereses de los grandes agro exportadores y las transnacionales, pero no satisface las necesidades sociales de los pequeños y medianos productores, ni de los consumidores en general (Martínez, 2002).

Entre las consecuencias que ha originado la agricultura convencional, se mencionan las siguientes (Romera y Guerrero, 2007):

- Alto coste energético, es decir disminución de la relación energía obtenida/energía utilizada en su producción, debido a que al utilizar energía fósil, ésta no es renovable y agotable en un plazo determinado de décadas, y por otro lado que los fertilizantes sintéticos, son productos de elevado consumo energético.
- Pérdida de fertilidad y erosión de suelos, debido a la excesiva explotación a que están siendo sometidos (erosión, monocultivo, mecanización)
- Problemática del monocultivo, grandes extensiones de tierra dedicadas a un solo cultivo debilitan a éste favoreciendo la aparición de plagas y resistencia, provocando un abuso en el uso de agroquímicos.
- Contaminación de los recursos naturales y el ambiente, problemas como: contaminación de aguas superficiales y subterráneas por agroquímicos, contaminación del aire, disminución de la biodiversidad debido a la deforestación.

Además, a la agricultura convencional se le hace responsable junto con la utilización de combustibles fósiles, al cambio climático, debido al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente en la concentración de óxidos nitrosos ( $N_2O$ ), en parte como consecuencia del cambio de uso de la tierra (IPCC, 2007). Esta situación generará cambios en todas las latitudes del planeta, para el caso de América Latina, se experimentarían pérdidas en la diversidad biológica, la productividad de algunos cultivos importantes disminuiría, así como la producción pecuaria, poniendo en grave situación la seguridad alimentaria de las familias y en general de los países, cambios en la precipitación y desaparición de glaciares afectarían la disponibilidad de agua potable, agrícola y generación hidroeléctrica (IPCC, 2007).

### **3.3 Agricultura ecológica**

La agricultura ecológica se define como aquellos sistemas agrícolas manejados bajo principios ecológicos como la manutención o incremento de la diversidad, el uso no entrópico de los recursos naturales y la no utilización de abonos sintéticos e insumos químicos (Altieri y Nicholls, 2000). La agricultura ecológica es aplicada con diferentes términos: agroecología, agricultura sustentable y agricultura orgánica, pero bajo un mismo principio: el uso sustentable de recursos en beneficio del ambiente, del agricultor y el consumidor. Pero para efectos de esta investigación se utiliza el término de agricultura ecológica para referirnos al tipo de agricultura empleada en los sistemas agrícolas analizados.

Esta agricultura surge como alternativa a una agricultura convencional. Desde el punto de vista ecológico, las diferencias entre agricultura ecológica y convencional son grandes en lo que se refiere al proceso de apropiación/producción y consumo de la base de los recursos naturales. El punto central en las diferencias ecológicas entre sistemas convencionales y ecológicos es el de la contraposición entre simplificación y complejidad. La simplificación abarca la reducción de la biodiversidad y el deterioro de los procesos biológicos y de las cadenas alimentarias (descomposición, sinergias, simbiosis, ciclos biológicos y reciclaje de la materia orgánica, procesos de regeneración del ciclo natural) (Canuto, 1998).

La construcción de la agricultura ecológica pasa por la sistematización, validación y aplicación del conocimiento agrícola tradicional. Esto incluye el respeto a principios ecológicos presentes en las agriculturas tradicionales, lo que les ha proporcionado una sustentabilidad más larga y estable que la agricultura convencional (Toledo, 1997).

Un estudio realizado para determinar los procesos ecológicos y medios de vida agrícolas en seis cooperativas campesinas del El Salvador y Nicaragua, en América Central, donde llevan a cabo la producción de café bajo sombrío en la comunidad el Imposible en El Salvador y un área a 25 K. norte de la ciudad de Matagalpa, Nicaragua, se determinó, mediante una metodología investigación-acción un inventario de la biodiversidad asociada a los cafetales con sombra en las fincas, las cuales se encuentran en procesos de certificación orgánica y agroturismo. Los resultados en tres cooperativas de Nicaragua, fue de 106 especies de árboles utilizadas como sombrío y en las del El Salvador 123 especies, además estas especies están orientadas a la optimización de la producción de café y aprovechamiento máximo de los árboles de sombrío como leña, madera y en algunos casos frutas (Méndez y Bacón, 2007). Por lo tanto, se puede evidenciar que la aplicación de una agricultura ecológica implica mejoras en el campo social, ambiental y cultural, pues integra a la sociedad como un todo funcionalmente en la producción y la conservación de los recursos propios de las comunidades. Otras experiencias se encuentran en Guazzelli *et al*, 2007, Abbona *et al*, 2007.

A nivel Latinoamericano, Argentina es el país con mayor área en producción de agricultura ecológica con 62,7% seguido por Chile, Brasil, México, Perú y Ecuador, que sumados representan el 97% del total del área en producción ecológica en Latinoamérica (García, 2002). En el caso de Costa Rica a partir del año de 1995 se estableció la Legislación sobre agricultura ecológica en la Ley Orgánica del Ambiente (Nº 7554) y la Ley de Protección Fitosanitaria (Nº7664) de 1998. Para el año 2006 se aprueba la Ley de Desarrollo, promoción y fomento de la actividad agropecuaria orgánica (Nº 8542), donde el Estado costarricense, se compromete a facilitar los instrumentos necesarios para el desarrollo, el

fomento, la administración de la agricultura denominada ecológica. Sin embargo esta Ley aún no ha sido reglamentada, por lo que su aplicación no ha surtido el efecto esperado.

Se estima que en Costa Rica, gran cantidad de productores, casi 6.000 según las empresas que certifican agricultura orgánica y diferentes grupos organizados se han posicionado en este subsector productivo y el área alcanza aproximadamente 11.000 ha (Granados, 2005). Los cinco principales productos orgánicos con área certificada de Costa Rica son: banano con 3.430 Ha, naranja con 1.000 Ha, Piña con 180 Ha, cacao con 2.050 Ha y café con 1.650 Ha (CIMS, 2005). La producción de vegetales esta concentrada en unas pocas hortalizas (lechuga, zanahoria, coliflor, apio, chile, tomate) y son agro productores que practican agricultura ecológica pero que no están certificados por diversas razones, por lo que no se ha estimado el volumen ni el área de producción de hortalizas (CIMS, 2005). Por lo tanto, hasta la fecha no se conoce aún con exactitud el área, los volúmenes de producción ni el número de agricultores involucrados en la producción ecológica en Costa Rica (Martínez, 2005).

### **3.4 Desarrollo sustentable**

El desarrollo sustentable, inicia su historia en la década de los años setenta cuando la defensa del ambiente se convirtió en uno de los temas más importantes de las campañas y agencias políticas en distintos países. Fue precisamente en junio de 1972, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, cuando creció la convicción de que se estaba atravesando por una crisis ambiental a nivel mundial (CECADESU, 2007).

Años más tarde en 1987, la Comisión del Medio Ambiente de la ONU emitió un documento llamado *Nuestro futuro común*, también conocido como informe Brundtland. En este texto el desarrollo sustentable se definió como «aquel que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades» (Leff, 2001).

A partir de esta definición, la percepción de la sustentabilidad se ha transformado. Así las nociones de sustentabilidad desarrolladas en los años posteriores al informe Brundtland incluyeron menciones a un conjunto de procesos socio-económicos, políticos, técnicos, productivos, institucionales y culturales que están relacionados con la satisfacción de las necesidades humanas (CECADESU, 2007).

Son varios los autores que han dado sus versiones sobre el concepto del desarrollo sustentable (Leff, 1996 y 2001; Bifani, 1995; Mooney, 1993) y en todos queda plasmado tres objetivos fundamentales que deben complementarse: la ecología, la economía y lo social, es decir producir garantizando el estado natural de los ecosistemas mediante distribución equitativa entre los distintos grupos sociales.

Para efectos de esta investigación se ha utilizado el término sustentable en lugar de sostenible, debido a que dicho término da una visión más amplia de lo conlleva el desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales. Es decir que lo sustentable implica un proceso y que debe ser estable y regenerativo en el tiempo. Hoy en día el término sustentable es más alternativo y el sostenible se ha empleado más oficialmente y conlleva más a un enfoque de producción y sostenimiento de economías (Martínez, 2005).

Por lo tanto, el desarrollo sustentable surge de la necesidad de plantear un modelo alternativo, que supera las limitaciones del modelo convencional. Entre las características están (Masera *et al.*, 1999):

- Concepto multidimensional: económico, social y ambiental.
- Incorpora un enfoque de sistemas (sistema socio-ambiental).
- Incorpora un enfoque transdisciplinario, e integrador.
- Concepto dinámico: contempla los procesos.
- Los medios son tan importantes como las metas.
- Considera importante el papel de los sujetos.
- Parte de una perspectiva global a largo plazo.

El desarrollo sustentable, surge a partir de concebir los recursos (humanos, naturales y bienes producidos) que se emplean en los procesos sociales de producción como diferentes formas de capital. Este capital se entiende como un logro de medios de vida sustentables, así tenemos los siguientes (Flora y Butler, 2007):

- **Capital humano:** la capacidad, el conocimiento, las habilidades, la buena salud y capacidad física importante para trabajar y desarrollar diferentes estrategias para el logro de sus medios de vida. El capital humano puede ser desarrollado en forma consciente a través de la educación formal y la capacitación, e inconscientemente a través de la experiencia.
- **Capital social:** es la organización social (redes, relaciones sociales, asociaciones, normas, confianza, disposición para trabajar por el bien común). El capital social facilita la coordinación, cooperación y acción colectiva para el bien común.

- **Capital económico/financiero:** se refiere a los activos básicos (efectivo, crédito/deudas, ahorros y otros bienes económicos y productivos, incluida la infraestructura básica, los equipos de producción y la tecnología), los cuales son esenciales para desarrollar medios de vida.
- **Capital natural:** es el conjunto de recursos naturales (suelo, agua, aire, bosque, recursos genéticos, etc.) y servicios medioambientales, de los cuales se derivan los recursos y servicios necesarios para el logro de medios de vida.

Es decir, la discusión sobre el desarrollo sustentable implica superar la crisis de relaciones sociales entre los seres humanos y su análisis no puede resultar de la simple extrapolación de los procesos naturales y sociales generados por la racionalidad económica e instrumental dominante (neoliberal en el agro), sino que es producto de la construcción social de la racionalidad ambiental (Leff, 2001).

### 3.5 El uso de indicadores de sustentabilidad

Una estrategia clave de la agricultura ecológica y que tiende hacia la sustentabilidad es restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y en el espacio mediante el uso de rotaciones de cultivos, cultivos de cubierta, policultivos, mezclas de cultivos, cultivos en relevos/ganado (Altieri, 1992). Sin embargo, debido a que no se presentan las mismas condiciones climáticas, edáficas, biológicas, sociales y culturales para el desarrollo de una agricultura ecológica, se debe por tanto, llevar a cabo una evaluación de la sustentabilidad, lo que le permite a un agricultor o investigador tomar decisiones e implementar estrategias de manejo en su finca.

En la evaluación de la sustentabilidad, se utilizan indicadores, los cuales deben ajustarse a las condiciones específicas de un sistema y deben servir como base para la elaboración de modelos económicos-ecológicos y para el análisis del impacto ambiental (Astier y Masera, 1997). Los indicadores ayudan a los investigadores a simplificar, cuantificar, analizar y comunicar información a los diferentes niveles de la sociedad sobre fenómenos complejos. Esto con el propósito de reducir el nivel de incertidumbre en la elaboración de estrategias y acciones referentes al desarrollo y al ambiente y para permitir una mejor definición de las prioridades y urgencias (Winograd, 1995).

Para plantear los indicadores, se debe pasar por un proceso de selección, considerando varios criterios de calidad, especialmente los que permiten regenerar el ciclo agro productivo, eficacia/costo, su poder explicativo y significativo en relación con el problema específico (Masera *et al*, 1999):



- Deben ser fáciles de medir y su definición deber ser eficiente desde un punto de vista de costos.
- Debe ser posible repetir las mediciones a lo largo del tiempo.
- Deben dar una explicación significativa con respecto a la sustentabilidad del sistema.
- Deben ser sensibles a los cambios en el sistema

Para analizar la sustentabilidad por medio del planteamiento de indicadores, los investigadores han desarrollado según, tres modelos con distinta metodología, pero con un común denominador, definir variables e indicadores acordes al entorno (Torres *et al.*, 2004).

Los modelos son los siguientes:

- **Modelos en el ámbito regional:** el principal marco metodológico de análisis del desarrollo sustentable regional consiste en el modelo de presión-estado-respuesta, el cual se basa en el establecimiento de variables que permiten medir hasta que punto el sistema regional se ha visto afectado por las variables asociadas con la presión sobre el ambiente.
- **Modelos en el ámbito de unidades de producción:** basado en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales, que incorpora Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS), el cual a su vez, tiene como origen el marco de evaluación del manejo sustentable de de tierras de la FAO, mismo que se sustenta en siete atributos: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autosuficiencia y estos a su vez se dividen en indicadores de sustentabilidad (Maser y López, 1999).
- **Modelos metodológicos integrales:** tiene el propósito de identificar aquellas dimensiones o niveles de los sistemas agrícolas que necesitan atención a diferencia de clasificar el uso de tierras como sustentable o in sustentable. Este marco metodológico intenta integrar los factores biofísicos, económicos y sociales del ambiente, a la vez que las diferentes escalas donde éstos se desempeñan, utilizando medidas de aproximación donde se identifiquen los límites de la sustentabilidad dentro de los sistemas agrícolas (Smith y MacDobald, 1998).

Un estudio regional en Canadá, se propusieron cinco grandes metas para el desarrollo sustentable: 1. mantener la integridad y diversidad del ecosistema; 2. cumplir con las necesidades básicas humanas para el desarrollo social y económico; 3 conservar la distribución intergeneracional; 4. mejorar la distribución intergeneracional: y 5. mejorar la participación en la toma de decisiones de las comunidades, los indicadores que se establecieron fueron principalmente en el ámbito social y económico, en donde la

comunidad fue la que decidió cuales eran acordes a su entorno locales (Gustavson *et al.*, 1999). Los indicadores a nivel regional deben cumplir con los siguientes criterios: relevancia en políticas locales, relevancia para responder a dichas políticas y relación costo-beneficio de dichas políticas (Crabtree y Bayfield, 1998). Además es recomendable el planeamiento de los indicadores mediante la integración de factores sociales, económicos y ambientales (Toledo y Provencio, 1998)

En el caso de modelos metodológicos integrales, la Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) evaluó el estado y tendencias recientes de las condiciones ambientales en la agricultura en sus países miembros, el resultado fue una lista de indicadores basados en la agricultura, tomando en cuenta el contexto social, económico y ambiental, manejo de la unidad productiva y el medio ambiente, uso de recursos naturales y de la unidad productiva y el impacto ambiental y la agricultura (OECD, 1999).

Sin embargo, la metodología que más se ha aplicado en Latinoamérica a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, tiene que ver con el MESMIS, cuya metodología se aplica a unidades de producción. En el MESMIS, se le dan valores numéricos a los indicadores, que por medio de una escala (1 a 10, 1 a 5) se determina si el sistema agrícola es sustentable o no, mediante un *Umbral de Sustentabilidad* (Masera y López, 1999), definido como el valor mínimo de una magnitud a partir de la cual se produce un efecto determinado. Este umbral permite a su vez, establecer *faros agroecologicos* que hacen entender por que el sistema agrícola funciona bien (Altieri y Nicholls, 2002).

El MESMIS se aplicó en un estudio realizado a la agricultura campesina de los mayas en Yucatán, en la comunidad de Xohuayán, cuyas actividades tradicionales están la milpa y la apicultura, para ello se evaluaron cuatro indicadores desde la perspectiva ambiental: eficiencia, estabilidad, rendimiento y adaptabilidad al entorno; en la parte sociocultural se evaluó: unidad y fortaleza comunitaria, identidad colectiva y cambio cultural y en la parte económica se evaluó la rentabilidad de los cultivos. Los resultados fueron que el sistema agrícola de Xohuayán, tiene interesantes elementos que lo hacen sustentable: la eficiencia energética es alta, en la estabilidad se mantiene la fertilidad de los suelos, sin embargo el ataque de plagas y enfermedades es alto, a pesar del control natural establecido y la milpa esta bastante integrada al entorno. La dimensión sociocultural del sistema agrícola está fuertemente relacionada con los aspectos agrarios, la cosmovisión como grupo indígena y las prácticas locales de organización social y tanto en lo sociocultural como en lo económico, el sistema agrícola en Xohuayán está fuertemente ligado al bienestar y a la calidad de vida de sus pobladores (Moya *et al.*, 2004).

Otros estudios (Monterroso *et al*, 2004; Guzmán *et al.*, 2004; Masera *et al.*, 2000; Astier *et al.*, 2004; Gomero & Velásquez, 2004, Cárdenas *et al* 2007) han utilizado el MESMIS para evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción campesino e indígenas, utilizando atributos en la parte ambiental, social y económica, detectando en cada uno los puntos críticos del sistema lo que depara en el desarrollo de los indicadores, que por medio de diferentes herramientas participativas (talleres, diagnósticos, entrevistas, análisis costo/beneficio) permiten definir el grado de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas a través del tiempo.

Dada la diversidad de situaciones en América Latina y el Caribe, así como, las grandes diferencias en la disponibilidad de información ambiental en los diferentes países, la tarea de identificar cuáles son los aspectos más importantes y urgentes en cuanto al ambiente y desarrollo no es fácil. Cualquier categorización de los problemas, las oportunidades y los indicadores seleccionados contendrá inevitablemente un cierto grado de arbitrariedad. Aún así, una primera aproximación permite analizar el proceso de desarrollo en función de su incidencia sobre el medio y desarrollo para la región (Winograd, 1995).

### **3.6 Sistemas de Información Geográfica como herramienta para el análisis de sistemas agrícolas**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se definen como una colección de hardware, software y datos geográficos diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, análisis espacial y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada (Fallas, 1999). Los SIG, poseen la capacidad de poder almacenar y manipular grandes volúmenes de datos relacionados a diferentes factores del terreno, considerándolos como mapas de mapas temáticos, lo cual era una limitante para muchas de las técnicas hasta ahora empleadas. Aún más, parte de las técnicas tradicionalmente utilizadas encontraron en los SIG un medio para su desarrollo y aplicación efectiva (Fallas, 1999).

De esta forma, no se debe considerar un SIG como solamente el equipo y el software, un SIG se compone de cinco elementos fundamentales: equipo de cómputo y sus periféricos, soporte lógico (programas), información, el usuario y el ambiente profesional (Fallas, 1999). Estas características hacen del SIG una herramienta indispensable para muchos sectores de actividad tanto públicos como privados, en aplicaciones tales como: planificación hidrológica, agricultura, geografía empresarial, protección del ambiente, ordenación territorial, administración local, catastro, logística, planes de emergencia, estudios

sociodemográficos, entre otros. En agricultura, las aplicaciones SIG, van dirigidas principalmente en la gestión territorial mediante coberturas digitales del parcelario rústico, análisis del uso de la tierra, aplicación precisa de fitosanitarios y fertilizantes mediante el uso conjunto de los SIG y los sistemas de posicionamiento global (GPS) en explotaciones agrarias (Ageringenieros, 2003).

La FAO ha desarrollado SIG relacionados con la metodología Zonificación Agro-Ecológica (ZAE), a fin de acercarse a la problemática 'tierras-alimentos-personas' a nivel global, nacional y sub-nacional. Hasta ahora las aplicaciones se han dirigido fundamentalmente a relacionar productos del uso de tierras con otros objetivos de desarrollo tales como producción de alimentos, auto-abastecimiento de productos, necesidades de capital o capacidad de soportar población; tomando en consideración limitaciones de fertilidad, salinidad y erosión de suelos y riesgos de degradación de tierras (FAO, 1997).

Otro SIG desarrollado por la FAO ha sido el Sistema de Información de Recursos de Tierras para la Planificación, cuya metodología consistió en desarrollar un sistema que facilitara el manejo de los diferentes tipos de información biofísica y socioeconómica que intervienen en un proceso de planificación agrícola, utilizando para ello SIG como una forma de ser utilizado para generar un sistema de análisis espacial y como sistema de consulta para el proceso de evaluación de tierras (Castillo *et al.*, 2000). Otro sistema desarrollado fue el proyecto denominado: Desarrollo de Indicadores en América Central auspiciado por The International Center for Tropical Agricultura (CIAT) donde se elaboraron y refinaron indicadores para medir y rastrear la sustentabilidad rural en América Central, cuyos objetivos fueron: desarrollar y probar la calidad de la tierra, así como el SIG para la integración de consideraciones de sustentabilidad rurales que permitieran la creación de políticas y la planificación del medio rural y a su vez el manejo eficiente del ambiente a los niveles regional, nacional y local (Segnestam, 2000).

Pero los SIG también son utilizados para llevar a cabo análisis sobre la agricultura. Un estudio sobre el uso actual del suelo de 1970-1997 en el estado de Guanajuato, México, se realizó mediante la utilización de SIG para analizar diferentes mapas de uso de tierra durante los años comprendidos, los resultados mostraron: una disminución del área agrícola, abandono de tierras, urbanización y áreas forestales, lo que permitió aportar elementos de juicio que pueden ser de utilidad para soportar alternativas productivas dentro de propuestas de reordenamiento de uso de la tierra (García *et al.*, 2002). Otros estudios de con el mismo propósito, se utiliza y se crea un SIG para generar mapas que ayudan en la toma de decisiones de determinada comunidad, detectando zonas de cultivo apropiadas,

tipos de suelo, cobertura boscosa y afectación de los recursos naturales de la zona evaluada (Dalgaard *et al*, 2003; Mena *et al*, 2007).

¿Como se puede utilizar un SIG en la agricultura? para la compañía Environmental Systems Research Institute (ESRI) tiene varias etapas: capturar-analizar, almacenar- desplegar, consultar-crear mapas, con base en los datos almacenados en el sistema. Para almacenar los datos en el sistema existen tres maneras (Thomas, 2007):

- Archivos sencillos, .shp, coberturas, .img, etc.
- Base de datos geográficos personal
  - Microsoft Access incluido con ArcGIS
  - Reglas y definiciones de la base de datos
- Base de datos geográficos (*geodatabase*)
  - RDBMS como Oracle, DB2, SQL, etc.
  - Permite versionamiento e historial de los datos

El desarrollo de estas y otras aplicaciones informáticas conlleva el análisis e interpretación de gran cantidad de datos bio-físicos y socio-económicos, estadísticos, espaciales y temporales, con objeto de producir diversas clases de productos informáticos en forma de imágenes, mapas y otros informes necesarios en la toma de decisiones (Arroyo, 1997; Sano *et al.*, 2000; Guerra y Ochoa, 2006; Mena *et al.*, 2007). Para ello son necesarias herramientas informáticas de análisis espacial que faciliten el fácil acceso a los datos y su manipulación y los SIG resultan ser aplicables al conocimiento de áreas geográficas, cuyo fin primordial es la toma de decisiones que conlleva a plantear políticas de manejo acordes con el entorno evaluado.

En este contexto, un SIG es el elemento central en la configuración de un modelo para el aprovechamiento múltiple del recurso tierra, cuya utilidad deriva de su capacidad de funcionamiento dinámico en base a las siguientes características principales (FAO, 1997):

1. capacidad de computación física para manejar datos, incluyendo su superposición, integración y segregación;
2. capacidad de analizar los datos, formulando hipótesis que comprueben supuestos, definiendo relaciones potenciales y desarrollando teorías;
3. capacidad para relacionar posiciones bi-dimensionales y tri-dimensionales en la superficie terrestre, la atmósfera y la litosfera/hidrosfera/ecosfera, así como procesos cuatri-dimensionales dinámicos (espacio/tiempo), representando operaciones funcionales de sistemas de evaluación, planificación y control de recursos naturales.

## IV. METODOLOGIA

### 4.1 Descripción de la zona de estudio

Las fincas seleccionadas se ubican en los cantones de Alfaro Ruiz, San Ramón (provincia de Alajuela); Aserri, Acosta (provincia de San José); y Guácimo, Pococí y Siquirres (provincia de Limón). En total se analizaron 17 fincas (figura 1), las que se caracterizan en el cuadro 1.

Las fincas ecológicas se han denominado de esta manera, debido a que se encuentran (a excepción de dos fincas) certificadas por la agencia certificadora costarricense Eco-LOGICA S.A., la cual tiene como objetivo garantizar que sistemas de producción ecológica cumplan con la agricultura sustentable y buenas prácticas agrícolas. Y las fincas convencionales se denominan aquellas en las cuales el manejo del sistema esta basado en el monocultivo y empleo de insumos agrícolas, así como, no se encuentran certificadas en agricultura ecológica.

#### **Selección de fincas**

Las fincas seleccionadas fueron parte de un estudio denominado *Emisión de Gases con Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica* desarrollado por la Corporación Educativa para el Desarrollo (CEDECO), entre los años 2004 y 2007. Los criterios utilizados para seleccionar las fincas, fueron los propuestos y aplicados por CEDECO (Castro y Amador 2006) y se detallan en el Cuadro 2.

CEDECO, fue fundada en 1984, a partir del esfuerzo unificado de un grupo de personas con conocimientos en ciencias sociales y naturales, entre ellos agrónomos, forestales, sociólogos y educadores con experiencia en trabajo comunal y campesino. Es una organización privada, de carácter ecuménico, autónoma y sin fines de lucro.

El objetivo de CEDECO es apoyar la agricultura ecológica como opción alternativa y afirmativa del nuevo modelo de desarrollo rural. Además, contribuir a la sustentabilidad social, ecológica y económica de procesos productivos orgánicos de la pequeña propiedad rural costarricense, estimular nuevas modalidades organizativas, formativas e informativas para los actores orgánicos y establecer relaciones de coordinación, intercambio e incidencia a nivel nacional, centroamericano y latinoamericano (Castro y Amador, 2006).

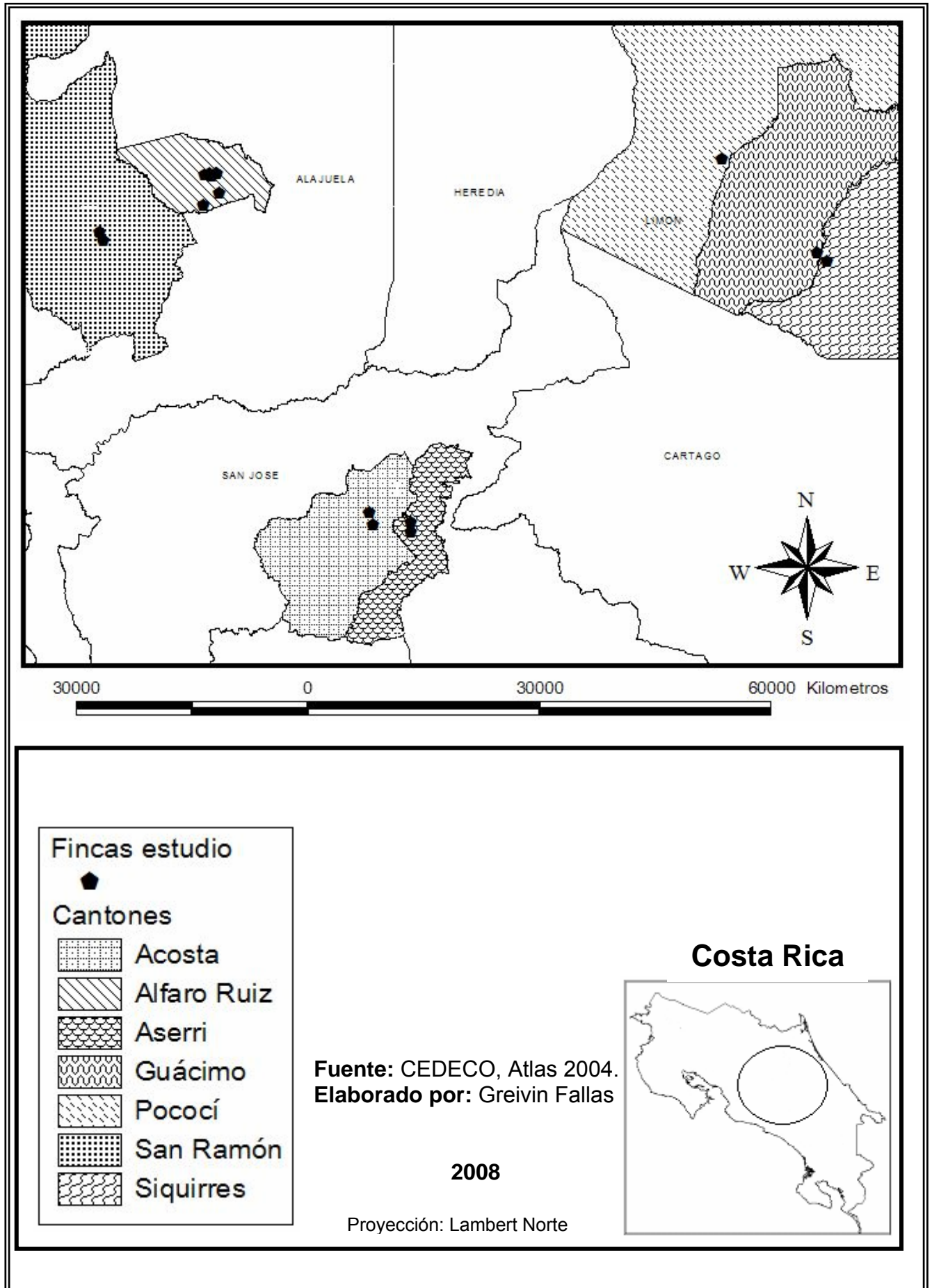


Figura 1: Ubicación de las 17 fincas que formaron parte de la investigación por cantón

**Cuadro 1: Características principales de las fincas a analizar según tipo de sistema agrícola**

Tipo de sistema agrícola*	Finca*	Certificada por*	Zona de vida**	Cantón	Temperatura media (°C)**	Altura** (m.s.n.m)	Precipitación anual (mm)**
<b>Ecológico</b>	La Loma	Eco. Lógica S.A.	Bmh-TP	Acosta	23	1000	3000
	El Guerrero	Eco. Lógica S.A.	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	17	1800	2500
	J & B	Eco. Lógica S.A.	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	17	1800	2500
	Guadalupe	Eco. Lógica S.A.	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	16	1800	2500
	Los Bobos	Eco. Lógica S.A.	Bmh-P	Aserrí	23	1200	2500
	Marcos Vindas	Eco. Lógica S.A.	Bmh-P	Aserrí	25	800	2200
	LTAV	Eco. Lógica S.A.	Bmh-P	Pococí	20	1100	3500
	Jesús María	Eco. Lógica S.A.	Bmh-P	San Ramón	20	1100	3500
	La Amistad	En transición	Bmh-P	Siquirres	24	500	4000
	Jaime Chávez	En transición	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	16	1800	2500
<b>Convencional</b>	Delfín Alfaro	No certificada	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	16	1800	2500
	La Esperanza	No certificada	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	16	1960	2500
	Hnos Rodríguez	No certificada	Bmh-MB	Alfaro Ruiz	16	1800	2500
	Bernardo Naranjo	No certificada	Bmh-P	Aserrí	24	1100	2500
	Oلمان Díaz	No certificada	Bmh-P	Aserrí	23	900	1900
	Rancho Alegre	No certificada	Bmh-TB	Guácimo	23	300	4000
	La Palma	No certificada	Bmh-P	San Ramón	20	1100	3500

(Bmh: bosque muy húmedo; TP: tropical premontano; MB: montano bajo; P: premontano)

Fuente: \* Castro y Amador, 2006; \*\* Valerio, 1999.



**Cuadro 2: Criterios establecidos para la selección de las fincas de la investigación**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>Zona de vida</b>	Costa Rica posee gran variedad de zonas de vida por lo que se intentó cubrir algunas de ellas. Es una unidad ecológica determinada y definida dentro del Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo, desarrollado por Holdridge (1967).
<b>Región social-económica del país</b>	Debido a la diversidad de desarrollo económico y social que presenta Costa Rica, es viable analizar diferentes modos de apropiación del recurso tierra y sus actividades productivas. Para este estudio se eligieron zonas de bajo nivel económico, como Guácimo y zonas de alto nivel económico como Alfaro Ruiz.
<b>Producción agropecuaria primaria</b>	Dentro de la investigación se analizaron fincas con cultivos de caña de azúcar, café, hortalizas y ganadería.
<b>Grado de avance hacia la agricultura ecológica</b>	Se logró ubicar dentro de la investigación fincas con un alto grado de aplicación de la agricultura ecológica y de igual forma aquellas que se encuentran en estado de transición, además de fincas con manejo convencional, que sirvieron como patrones de comparación descriptiva en los diferentes indicadores establecidos.
<b>Vínculo histórico con CEDECO</b>	Las fincas han sido objeto de estudio por parte de CEDECO para diferentes estudios y proyectos, lo que ha permitido un vínculo con el agricultor más cercano.
<b>Distancia entre fincas</b>	Al tener fincas en un mismo cantón, las distancias entre ellas es mínima, lo que permitió una mejor comparación de sus sistemas agrícolas.
<b>Características de suelos</b>	A la variedad de cultivos, hay una variedad de tipos de suelo y en la investigación se le dio un alto grado de importancia con respecto a las técnicas de manejo empleadas en el suelo de cada finca.
<b>Biodiversidad</b>	Al tener fincas en diferentes zonas de vida, tenemos diferente biodiversidad y por tanto fue importante el aporte a la conservación de flora y fauna local, así como la regeneración de bosques.

## 4.2 Información de base para el inicio de la investigación

La información sobre las características de las fincas, proviene de la base de datos del estudio *Emisión de Gases con Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica* desarrollado por CEDECO durante 2004 al 2007. La metodología empleada por CEDECO se encuentra en la publicación *Enfoque metodológico: emisión de gases efecto invernadero, la fijación de carbono y la agricultura orgánica* (Castro y Amador, 2006) (figura 2). Los datos provenientes de la investigación desarrollada por CEDECO están compilados en varios archivos digitales, los cuales fueron empleados en esta investigación, entre los que se utilizaron están: suelos (estructura, textura, materia orgánica y captación de gases de efecto invernadero), producción (registros de producción de los cultivos por año), eficiencia energética, microbiología de suelos (actividad biológica) y la información general sobre la finca (datos familiares, organizaciones y conocimientos adquiridos), los datos se recolectaron mediante la aplicación de diagnósticos preeliminares en las fincas, durante los años 2004-2007.

La información faltante que no fue recopilada por CEDECO, pero que se requirió en esta investigación, correspondió a: infraestructura física (caminos, casas, bodegas, acceso a servicios públicos), comunidades vegetales (densidad, tipo y cobertura de la vegetación) y agro biodiversidad (número de especies agrícolas y manejo de semilla). Para la recopilación de esta información se procedió al desarrollo de varios formularios de campo (Ver anexo 1), estos formularios fueron utilizados y llenados durante entrevistas a los dueños de las fincas en un tiempo establecido entre abril y julio del 2008.

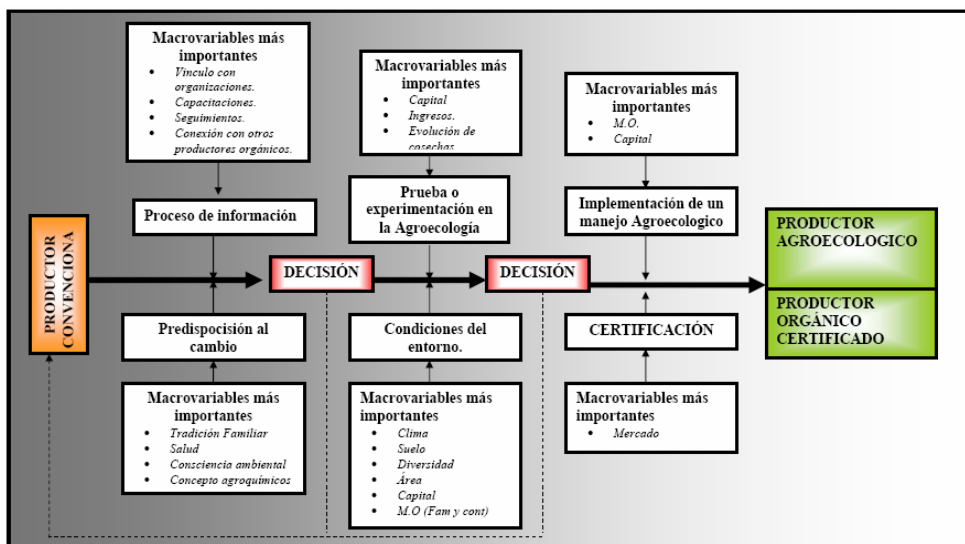


Figura 2: Desarrollo metodológico de CEDECO bajo las influencias de variables sociales, económicas y biológicas (Fuente: Castro y Amador, 2006)

### 4.3 Caracterización del sistema agrícola de la finca

La caracterización de las fincas, consistió en identificar el sistema agrícola ecológico y convencional en las diversas fincas en estudio y el entorno que la rodea. Dicha caracterización se llevó a cabo por medio de cinco capitales: humano, social, natural, físico y financiero propuestos por el Ministerio de Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (DFID), en el contexto de su participación en el Proyecto RUTA (Unidad Regional para Asistencia Técnica) y que han desarrollado el enfoque de medios de vida sustentables desde el año 2001.

La información recopilada por CEDECO durante los años 2004 al 2007, fue utilizada para llevar a cabo la caracterización de las fincas por medio de los capitales, la base de datos estaba conformada por archivos en formato Excel, que no permitieron tener un acceso claro y ordenado sobre la información requerida para la caracterización de las fincas, por lo tanto, se creó una base de datos en Access 2000 de Microsoft, la cual se denominó **SIG CEDECO**. Por medio de la base, se obtuvo la información de cada uno de los capitales, así como: indicadores, mapas e información base de cada finca.

Para el capital humano se obtuvo la información familiar y su distribución por edades y género, el nivel educativo y los miembros de la familia que participan en las labores de la finca, así como los conocimientos adquiridos para el manejo de la finca: capacitaciones y experiencia. Para el capital social, se obtuvo el número de instituciones con las cuales tenía vínculos el grupo familiar y su percepción de la institución u organización. En el capital natural, se obtuvo el manejo de la finca, usos del suelo, abonos, presencia de bosques y diversidad biológica y agrícola. Para el capital físico se obtuvo el acceso a infraestructura pública (red vial, servicios públicos) y la infraestructura privada que corresponde a casas, bodegas, silos, salas de ordeño, corrales, secaderos, caminos dentro de la finca. Por último para el capital financiero se obtuvo la información sobre productividad de la finca, la eficiencia energética, mano de obra, financiamiento y comercialización (cuadro 3).

**Cuadro 3: Capitales, variables a medir y las fuentes de información disponibles para la caracterización de la finca**

CAPITALES	VARIABLES	INSUMOS- CEDECO
Físico	Red de caminos públicos, alumbrado, casas, bodegas, caminos	Mapas digitales de la finca y de la comunidad
Natural	Cultivos, abonos orgánicos, manejo de la finca, biomasa microbiana, conteo de artrópodos, comunidades vegetales, agro biodiversidad	Información socioeconómica, eficiencia energética, carbono de suelos, microbiología de suelos
Social	Instituciones, asociaciones y organizaciones de apoyo y participación	Información socioeconómica
Humano	Información familiar y conocimientos adquiridos	Información socioeconómica
Financiero	Eficiencia energética, financiamiento, productividad, mano de obra	Información socioeconómica, eficiencia energética

La organización de la información de los capitales, se logró por medio de formularios diseñados para cada tipo de información, los cuales permitieron hacer las consultas cuando se requería, mediante la base de datos en Access (cuadro 4). Cada formulario por capital, posee información que sirvió de base para el análisis y el llenado del formulario correspondiente en la base SIG CEDECO (figura 3).

Para acceder a un formulario se diseñaron los “panel de control” que son ventanas que permiten abrir un formulario o llegar a obtener un recurso que puede estar fuera de la base, de esta forma el panel de control está compuesto por botones que al darles “clic” permiten el acceso al recurso que se desea obtener.

**Cuadro 4: Formularios diseñados en la base SIG CEDECO para los diferentes capitales y el tipo de información que suministran para cada finca**

CAPITALES	Formularios	información
Físico	Infraestructura física	Cantidad y acceso a los servicios públicos, caminos y construcciones en la finca
Natural	Cultivos, abonos orgánicos, manejo de la finca, características del suelo, biomasa del suelo, artrópodos-suelo, comunidades vegetales y agrobiodiversidad	Prácticas de manejo de suelo, cultivos, semilla, labranza. Manejo y aplicación de insumos químicos y orgánicos. Interacción con el entorno natural
Social	Instituciones involucradas	Instituciones con las cuales esta vinculada la finca y/o mantiene contacto
Humano	Datos familiares y conocimientos adquiridos	Información del núcleo familiar y la aplicación del conocimiento en la finca
Financiero	Eficiencia energética, financiamiento, productividad, mano de obra	Información socioeconómica de la familia. Reciclaje de nutrientes y uso de energía en la finca

#### 4.4 Valoración de los indicadores de sustentabilidad en las Fincas

La valoración de la sustentabilidad se basó en el uso de indicadores propuestos por los siguientes estudios: la metodología MESMIS (Masera et al, 1999; López-Ridaura *et al*, 2001), el *Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café* (Altieri y Nicholls, 2002), *Enfoque metodológico: emisión de gases efecto invernadero, la fijación de carbono y la agricultura orgánica* (Castro y Amador, 2006) y *Metodología para evaluar sistemas campesinos de caficultores orgánicos desarrollada en Colombia* (Cárdenas *et al.*, 2005).

Los indicadores seleccionados se enfocaron principalmente en el aspecto ecológico, basados en los siguientes atributos: productividad (relación entre lo producido y los medios empelados, tales como mano de obra, materiales, energía), eficiencia (capacidad de disponer de algo para conseguir un efecto determinado), adaptabilidad (adecuarse a las condiciones del entorno), diversidad (variedad de especies por área), capacidad de innovación (aptitud, talento para innovar), participación- organización y servicios de los ecosistemas (procesos por los cuales los ecosistemas producen recursos tales como: agua,

semillas, polinización, reciclaje de nutrientes, aire limpio). En total se seleccionaron 15 indicadores para el análisis, los cuales se describen en el cuadro 5.

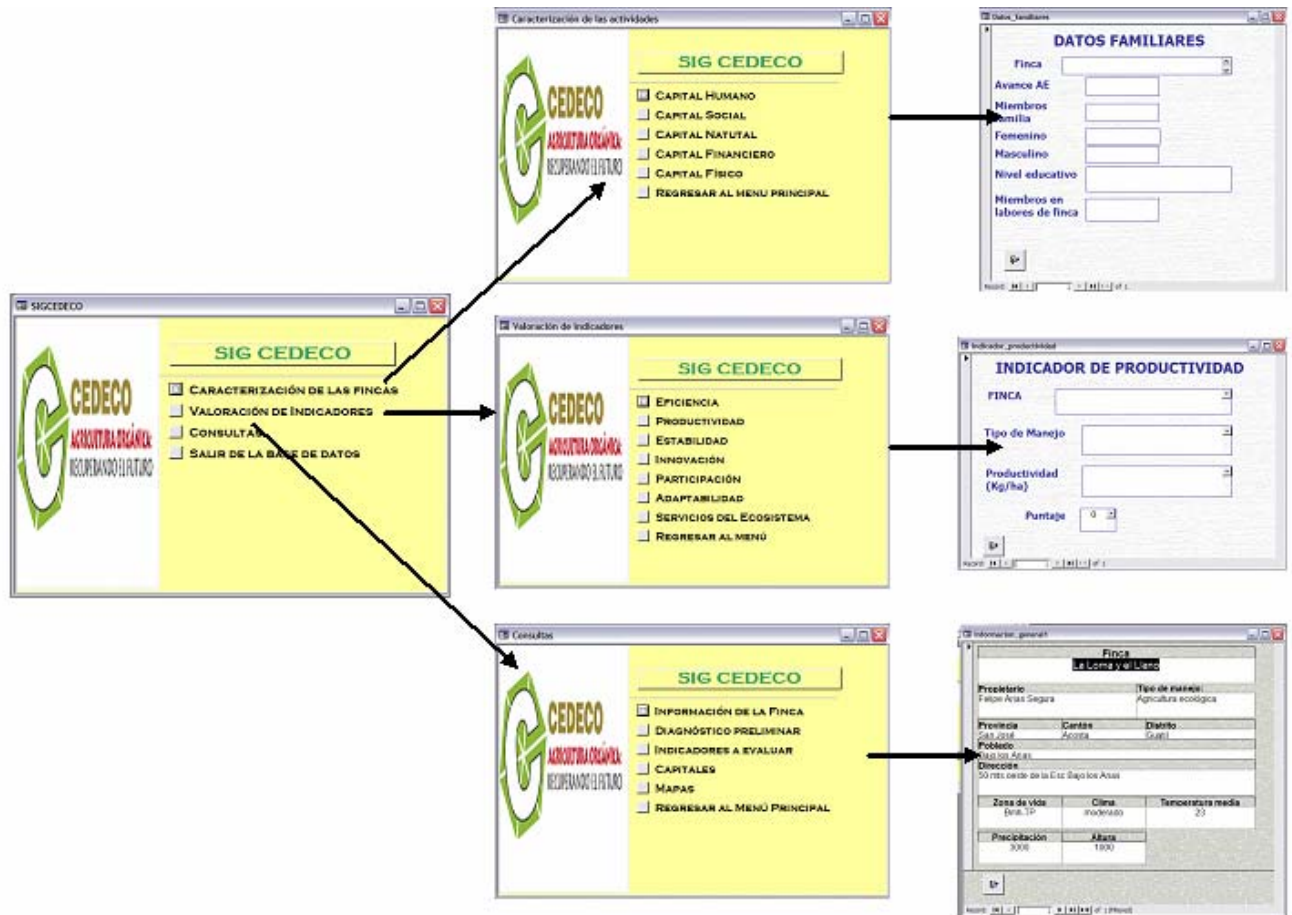


Figura 3: Base de datos SIG CEDECO, con los diferentes paneles de control y formularios para la visualización e ingreso de datos de las Fincas

**Cuadro 5: Atributos, indicadores y valores establecidos para el análisis de las actividades agroproductivas en las fincas**

Propiedad o atributo	Indicadores	Concepto	Parámetros	Valor
Productividad	Productividad de los cultivos *¥	Porcentaje de producción de los cultivos en Kg/ha por año	Menos del 19 % de productividad	1
			De 20 a 60 % de productividad	2
			Más del 60% de productividad	3
Eficiencia	Eficiencia energética * (análisis SEEFI utilizado por CEDECO)	Consumo de energía externa (hidrocarburos, insumos químicos y fertilizantes sintéticos) y consumo de energía interna (reciclaje de nutrientes en la finca)	Alto consumo de energía fósil para maquinaria pesada y de insumos externos como abonos sintéticos	1
			Moderado consumo de energía fósil, así como insumos externos	2
			Uso de energías tradicionales como la tracción animal, trabajo humano y fertilizantes orgánicos	3
	Autosuficiencia alimentaría ***	Porcentaje de alimentos producidos en la Finca para consumo de la familia	Menos de 19% de alimentos producidos en la finca durante todo el año	1
			De 20 a 60% de alimentos producidos en la finca durante todo el año	2
			Más del 60 % de alimentos producidos en la finca durante todo el año	3
Adaptabilidad	Estructura del suelo **	Relación fino-agregados del suelo	Suelo polvoso, sin estructuras visibles	1
			Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave	2
			Suelo friable y granular, agregados mantienen formas después de aplicar presión suave, aun humedecidos	3
	Color, olor y materia orgánica del suelo **	Valoración cualitativa del color, olor y presencia de materia orgánica	Suelo de color pálido, con olor malo o químico y no se nota presencia de materia orgánica o humus	1
			Suelo de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus	2
			Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus	3
	Actividad biológica en el suelo **	Valoración cualitativa de la presencia o ausencia de actividad biológica en el suelo	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o artrópodos (insectos, arañas, centípidos).	1
			Se ven algunas lombrices y artrópodos	2
			Se ve mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos	3
Estabilidad	Implementación de prácticas de conservación de suelos ***	Número de prácticas de conservación de suelos: rotación, abonos orgánicos, biofertilizantes, policultivos, labranza mínima, barbechos, cercas vivas	De 1 a 2 prácticas	1
			De 3 a 4 prácticas	2
			Más de 5 prácticas	3

Continuación Cuadro 5

	Superficie en cultivos diversificados ***	Porcentaje de uso de tierra en la finca en bicultivos, policultivos, sistemas agroforestales	<20 %	1
			20 – 60 %	2
			> 60 %	3
<b>Capacidad de innovación</b>	Aplicación de conocimientos adquiridos ***	Saberes y experiencias en agricultura ecológica aplicadas en la finca para avanzar en el proceso de sustentabilidad	Menos de 2 prácticas agrícolas utilizadas permanentemente	1
			De 4 – 5 prácticas utilizadas agrícolas permanentemente	2
			Más de 8 prácticas agrícolas utilizadas permanentemente	3
<b>Participación y organización</b>	Participación en actividades de capacitación ***	Asistencia del grupo familiar en actividades de seguimiento y capacitación	Poca asistencia en talleres o reuniones de capacitación	1
			Asistencia a invitaciones para dar a conocer su trabajo y participa de las capacitaciones	2
			Es parte de la capacitación y participa activamente	3
	Integración familiar en el manejo de la finca ***	Participación de cada miembro de la familia, haciendo y decidiendo en el manejo de la finca	No hay	1
			Padre y/o madre y algunos de los hijos	2
			Todos participan	3
<b>Servicios del ecosistema</b>	Almacén de carbono orgánico en el suelo *	Toneladas de Carbono/ha/año)	Menos del 39 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad inferior a 30 cm	1
			Entre 40 y 59 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad entre 30 cm y 50 cm	2
			Más del 60 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad superior a 50 cm	3
	Agrobiodiversidad ***	Cantidad de grupos de especies agrícolas establecidas en asociación en la finca	2 grupos con <2 spp cada uno	1
			4 a 6 grupos con 2 spp cada uno	2
			8 grupos con 2 spp cada uno	3
	Diversidad de árboles ****	Porcentaje de cobertura boscosa presente en el área total de la finca	Menos de 20 % de cobertura arbórea por el área total de la finca	1
			Entre 21 y 50 % de cobertura arbórea por el área total de la finca	2
			Más del 50 % de cobertura arbórea por el área total de la finca	3
	Conservación de bosques ****	Presencia de bosques secundarios, ribereños o primarios	No hay presencia de área con bosque	1
			Presencia de al menos un área con bosque	2
			Presencia de más de un área de bosque	3

Fuente: \* Castro y Amador, 2007; \*\* Altieri y Nicholls, 2000; \*\*\* Cárdenas *et al.*, 2007 y \*\*\*\* Masera *et al.* 1999 y López-Ridaura *et al.* 2001. \*\*\*\*\* Sugerencia por este estudio.

¥ Los índices de productividad están dados por el IMAS, 1987 en las hortalizas, en el café por ICAFE, 2008 y la caña de azúcar por LAICA, 2007.

Cada indicador fue valorado e interpretado según una escala que fue establecida de 1 a 3, donde 1 es el valor más bajo y tres el valor ideal. Con estos valores, luego se realizó el análisis de la sustentabilidad, la cual se presentó como índices de sustentabilidad, valorando los indicadores que muestran que el sistema tiende a ser sustentable (valor 3) o por el contrario es potencialmente no sustentable (valor 1). Un valor de 2, indica que el sistema puede ser medianamente sustentable o esta en proceso de transición (valor 2).



Para la valoración general de la finca, se obtuvo por promedio al sumar la totalidad de los indicadores por finca. El promedio de la finca se obtuvo de la suma de los valores obtenidos de los indicadores y se dividió por el número de indicadores observados. Se estableció un umbral de sustentabilidad (valor mínimo de una magnitud a partir de la cual se produce un efecto determinado) a partir de los valores promedios de indicadores iguales a 2, por lo tanto, se consideraron que están por debajo *del umbral de sustentabilidad* indicadores que exhiben valores menores a 2.

La fórmula matemática para sacar el promedio fue la siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_{abcd\dots}}{n}$$

Donde  $X_{abcd\dots}$  corresponde a cada uno de los indicadores  
 $n$  corresponde al total de indicadores a valorar

#### 4.5 Diseño del Sistema de Información geográfica

El diseño del SIG consistió en la integración de la información generada por la base de datos SIG CEDECO, fotos aéreas color infrarrojo, mediciones de campo con GPS y el uso del software que proporcionará: cartografía base, capas de poblados, uso de suelo, ríos, caminos, tipo de suelos y zona de vida de Costa Rica.

La clasificación de las fuentes de información de los datos geográficos utilizados para el SIG se clasificó de la siguiente manera:

- Primaria: imágenes fotográficas en infrarrojo Misión Carta 2005 de las áreas de Miramar, Carraigres, Quesada, Guácimo y Bonilla, y mediciones en GPS tomadas en el campo por personal de CEDECO en las fincas.
- Secundaria: Shapfile de poblados, caminos, distritos y cantones de Costa Rica obtenidos del software Atlas 2004 del Instituto Tecnológico de Costa Rica y los mapas generados por CEDECO durante su investigación.

El software utilizado para el análisis de la información geográfica fue ArcView 3.3 (ESRI, 1992-2002) con el módulo de Análisis Espacial (*Spatial Analyst*), la cual es una extensión del programa y que se puede cargar para darle una funcionalidad adicional. *Spatial Analyst* proporcionó funciones basadas en ráster que incluyeron contornos del paisaje, análisis de distancia y superposiciones de capas de información (ríos, caminos, uso de suelo, infraestructura, imágenes de satélite).

De esta manera el diseño del SIG para el análisis de la sustentabilidad de las fincas en cuanto a su entorno geográfico estuvo conformado por los siguientes elementos (figura 2):

- Hardware: CPU, unidades de memoria, unidades de entrada de datos (CDs, scanner, fotos) y unidades de salida (impresora, pantalla)
- Software: ArcView 3.3, Atlas 2004 para la entrada y verificación de datos, almacenamiento y gestión de la base de datos, presentación y visualización de datos, transformación de los datos e interacción con el usuario.
- Base de datos: SIG CEDECO
- Equipo humano: personal de CEDECO y el autor.

Las variables que fueron modeladas en el SIG son las siguientes:

- Finca
- Caminos
- Poblados
- Suelos (usos y clasificación)
- Cobertura
- Hidrología
- Topografía
- Cultivos
- Cobertura boscosa

Estas variables se modelaron para generar, mediante el software, mapas digitales e impresos, así como, archivos en formato Shapfile (shp), los cuales podrán ser utilizados para integrar otras variables para futuros análisis en las fincas.

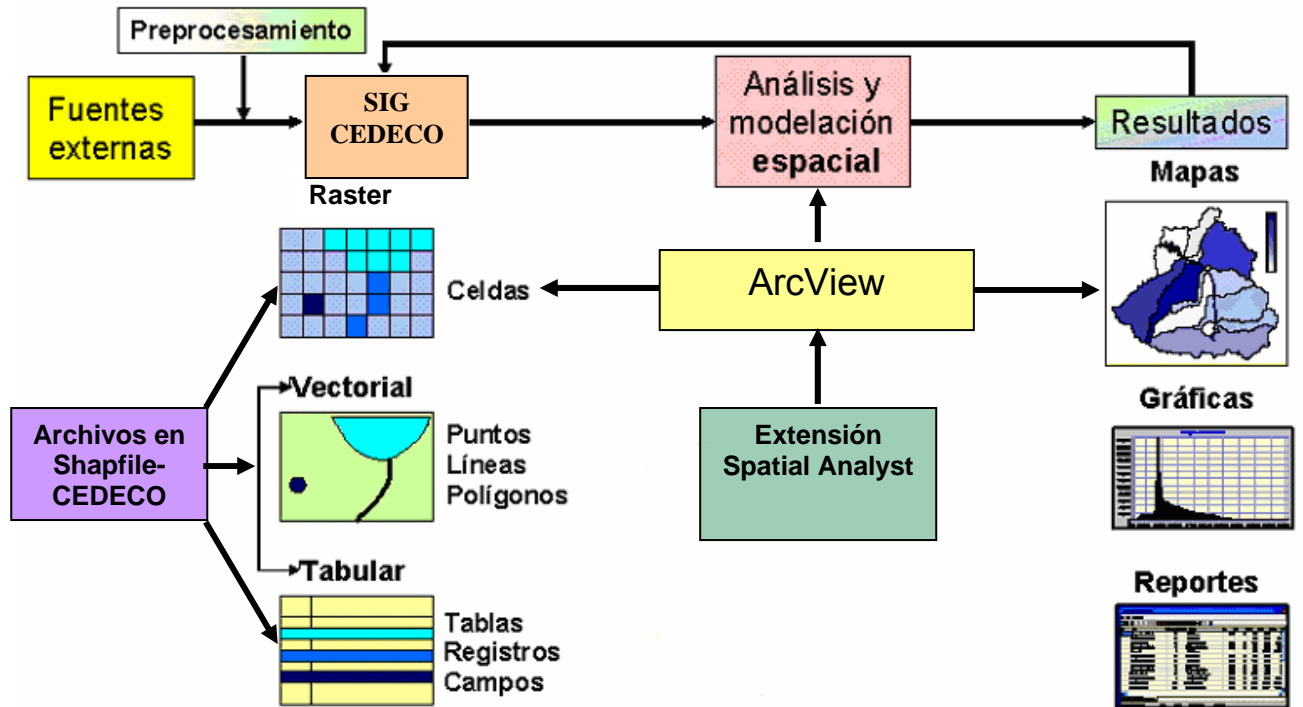


Figura 4: Diseño del sistema de información geográfico para el análisis de sustentabilidad de las fincas

## 4.6 Análisis del nivel de sustentabilidad para cada finca

Consistió en la conjunción de la información proporcionada por los capitales en la caracterización del sistema de la finca, la valoración de los indicadores y el análisis geográfico de las áreas de manejo de la finca, para mostrar por medio de diagramas y mapas el nivel de sustentabilidad que muestran las fincas. A continuación se describen los pasos para validar esta metodología:

### 4.6.1 Asignación del valor para los indicadores

La asignación de los valores de los indicadores, se llevó a cabo por medio de los formularios desarrollados en la base SIG CEDECO. Para determinar el valor del indicador, se analizó la información de los formularios correspondientes a los capitales y así fijarlo mediante la escala numérica establecida (1 a 3) para cada finca.

El análisis de la información proporcionada por los capitales, así como la asignación del valor del indicador, se llevó a cabo en forma conjunta entre el autor y personal de CEDECO, utilizando la base SIG CEDECO.

Una vez que se introdujeron los valores de los indicadores para cada finca en la base SIG CEDECO, ésta se exportó a formato de Excel y fue analizada mediante estadística

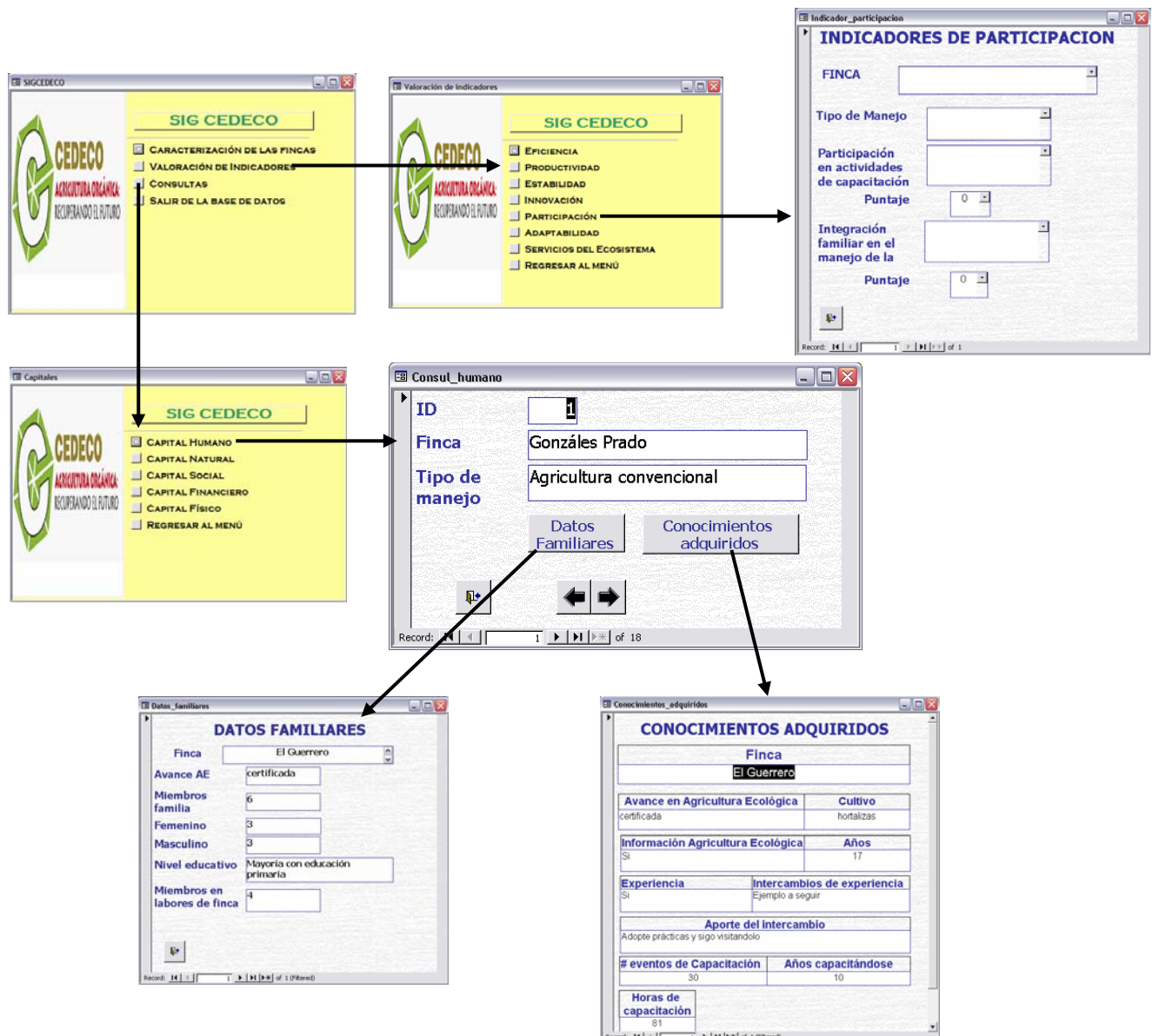
descriptiva, por medio del cual se obtuvieron gráficos que permitieron establecer el grado de sustentabilidad para la finca

Para dar el valor a los indicadores de Participación, se consultaron los formularios **capital social y humano**; para los indicadores de eficiencia energética y productividad, se consultó el **capital financiero**; para los indicadores de estabilidad, innovación, adaptabilidad y servicios del ecosistema, se consultaron: **el capital natural y capital humano**. Aunado a esto se consultó la información proporcionada por los diagnósticos preliminares de cada finca, realizado por CEDECO y que se encuentran incluidos en la base SIG CECDECO (figura 5).

#### 4.6.2 Diagramas de sustentabilidad

Los diagramas de sustentabilidad se construyeron mediante el método AMOEBA (*A general Method for ecological and Biological Assessment*) cuya gráfica se construyó a partir de valores establecidos para cada indicador y que fueron mostrados en forma de telaraña (Brink, et al. 1991; citado por Astier y Masera, 1997).

Los valores que muestra este diagrama AMOEBA, corresponden a los indicadores, es decir, se creó un gráfico por finca, cuyos valores van de 1 a 3, lo que permitió fácilmente observar en cuales indicadores tienen fortalezas y en cuales deficiencias. Para poder obtener el gráfico se utilizó el programa Excel de Microsoft Office XP. Mediante la exportación de los valores generados en la base SIG CEDECO se pasó a la hoja en Excel, la cual fue dividida en dos columnas: indicador y valor, de esta forma se creó una hoja por finca y posteriormente se diseñó el gráfico.



**Figura 5: ejemplo para la valoración de los indicadores de participación mediante los formularios en la base SIG CEDECO**

Para realizar un análisis comparativo entre fincas, se generaron gráficos con fincas de un mismo cantón y cultivo, pero con diferente sistema agrícola (ecológico/convencional) y así establecer en cuales indicadores son más fuertes algunas fincas y en cuales presentan deficiencias para ciertos indicadores. Además de este gráfico, se elaboró otro gráfico tipo columna que muestra los promedios de todas las fincas de la investigación, de esta forma se aprecia cuales fincas tienden a ser sustentables y cuales no.

### 4.6.3 Análisis geográfico

El análisis consistió en mostrar geográficamente las áreas tanto dentro como fuera de los límites de la finca y caracterizarlos en su potencial de sustentabilidad, basados también en la valoración de los indicadores. Para eso se utilizaron las imágenes CARTA 2005, proporcionadas por el Programa PRIAS, las cuales fueron georeferenciadas y permitieron visualizar el entorno de la finca, posteriormente se marcó el entorno circundante de la finca, para de esta forma hacer un mapa de colindancias y determinar el uso de tierra, estas colindancias están determinadas ya sea por una finca y sus cultivos, una comunidad o parche de bosque. Seguidamente, se utilizaron los archivos shapfiles generados por CEDECO, para ubicar la finca en la imagen de satélite, así como, diferentes capas (camino, uso de suelo, ríos y poblados) proporcionadas por el programa informático Atlas 2004.

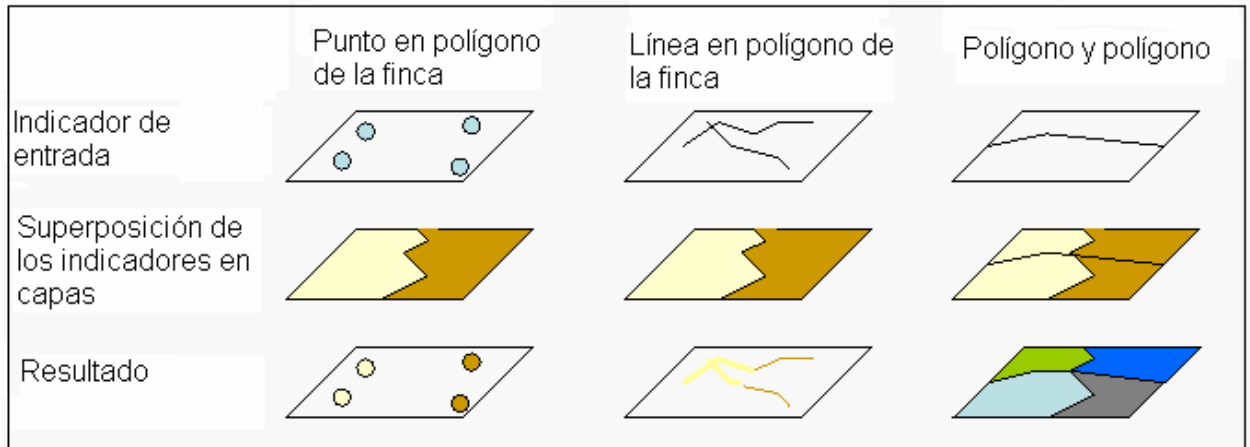
Los mapas digitales generados fueron los siguientes: uso de tierra de la finca, la finca y sus colindancias mostrando el uso de la tierra y por último el mapa de índice de sustentabilidad. En este último mapa se definió un índice de sustentabilidad, pero con una diferencia de valores a los que se utilizaron en los indicadores, la escala fue de 1 a 5, basados en los diferentes usos de la tierra que posee la finca y su entorno, dados de la siguiente manera:

0*	Potencialmente no sustentable		Medianamente sustentable	Potencialmente sustentable	
	1	2	3	4	5
Casas, bodegas, caminos	Potreros y/o parcelas para pastos	Monocultivos, uso de insumos químicos, sin prácticas de conservación de suelos	Cultivos con uso mínimo de insumos químicos y una o dos prácticas de conservación de suelos	Cultivos diversificados (agroforestales, policultivos) uso de abonos orgánicos y prácticas de conservación de suelos	Área de regeneración, bosque secundario o bosque ripario

\*Se da valor de cero a las casas, bodegas y caminos debido a que no representan áreas extensas y no formaron parte del análisis en esta investigación.

Para darle el valor a las áreas de la finca, se trabaja en la tabla originada en el mapa sobre el uso de la tierra, tablas que se encuentran en formato dbf de ArcView (*database file*), agregando un nuevo campo, el cual se denominó **InS** (índice de sustentabilidad), el valor a asignar va a corresponder a lo analizado en los capitales físico y natural, lo que refleja de igual forma en los valores de los indicadores de sustentabilidad

Posteriormente se utiliza la extensión *Spatial analyst* de ArcView, cuya función es integrar diferentes capas y mostrar en colores (Figura 6) las áreas donde se aplica un manejo sustentable en la finca y además como pueden ser afectadas por su entorno (colindancias) y que pueden representar áreas con poco potencial a ser sustentables o áreas con un alto potencial a contribuir en la sustentabilidad de la finca.



**Figura 6: Representación del análisis geográfico por medio de la superposición de capas representadas por el Índice de sustentabilidad, utilizando Spatial Analyst**

## **V RESULTADOS**

### **5.1 CARACTERIZACION DEL SISTEMA AGRÍCOLA DE LAS FINCAS POR CULTIVO.**

El cuadro 6 presenta una sinopsis de la caracterización de los sistemas agrícolas ecológico y convencional por cultivo de las fincas en estudio. La caracterización se realizó en base a los capitales humano, social, financiero, natural y físico, recopilados en la base SIG CEDECO.

Se aprecia, que los sistemas agrícolas ecológicos se caracterizan por la participación total de la familia en las labores agrícolas. También es importante a resaltar es la participación en actividades de capacitación por parte de los agricultores con instituciones relacionadas con la agricultura ecológica. Además, son agroecosistemas donde se produce en policultivos y sistemas agroforestales, lo que hace que el recurso suelo posea abundante materia orgánica y niveles bajos de erosión, así como, presencia de bosque y cercas vivas. En cuanto a la infraestructura, es básica (una bodega por lo general) y se ubican en lugares con fácil acceso a caminos para la comercialización de sus productos.

En el caso de las fincas con sistema agrícola convencional, el jefe de familia es el encargado de realizar las labores de campo con una participación parcial (tiempo de cosecha) de los demás miembros de la familia. Las relaciones con instituciones y empresas relacionadas con la agricultura son mínimas, únicamente para entrega del producto final. Son agroecosistemas donde se produce mediante el monocultivo con escasa presencia de bosque y cercas vivas. El recurso suelo presenta problemas de erosión y escasa presencia de materia orgánica. La infraestructura es básicamente caminos, pues la casa esta distante de la finca, y ésta por lo general sirve para mantener bodegas y herramientas.



**Cuadro 6:** Caracterización del sistema agrícola por cultivo y por cantón de las fincas en estudio mediante los capitales

Cultivo	Sistema agrícola	Capital Humano	Capital Social	Capital Financiero	Capital Natural	Capital Físico
Hortalizas	Ecológico	Grupo Familiar con 5 o más miembros. El grupo familiar se involucra en las labores de la finca. Conocimiento en AE.	Reciben capacitación de instituciones involucradas en agricultura ecológica. Forman parte de red de agricultores ecológicos para la comercialización.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando buenos ingresos económicos. Poco autoconsumo.	Policultivos en el área de la finca. Poseen bosque o área de regeneración. Uso de abonos orgánicos. Suelos fértiles con presencia de materia orgánica y escasa erosión. Cercas vivas	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas.
	Convencional	Grupo Familiar con 5 o mas miembros. Uno o dos miembros de la familia llevan a cabo las labores de la finca. No hay conocimiento en AE.	Escaso apoyo de instituciones relacionadas en el campo agrícola. No hay vínculos con organizaciones o empresas agrícolas.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando buenos ingresos económicos. Poco autoconsumo.	Monocultivos. Con alguna área de bosque. Suelos con escasa presencia de materia orgánica y problemas de erosión. Sin cercas vivas.	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas.
Caña de Azúcar	Ecológico	Grupo familiar con 4 o menos miembros. La familia se involucra en las labores de la finca. Conocimiento en AE.	Reciben capacitación de instituciones involucradas en agricultura ecológica. Forman parte de red de agricultores ecológicos para la comercialización.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando ingresos económicos. Hay autoconsumo.	Policultivos en el área de la finca. Poseen bosque o área de regeneración. Uso de abonos orgánicos. Suelos fértiles con presencia de materia orgánica y escasa erosión. Cercas vivas	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas y caminos.
	Convencional	Grupo familiar con 4 o menos miembros. La familia se involucra en las labores de la finca.	Reciben capacitación de instituciones involucradas en agricultura.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando ingresos económicos. Poco autoconsumo.	Monocultivo. Con un área de bosque. Suelos con presencia de materia orgánica. Con cercas vivas.	Acceso a caminos.
Café	Ecológico	Grupo Familiar con 5 o menos miembros. Al menos 3 miembros participan en las labores de la finca. Conocimiento en AE	Reciben capacitación de instituciones involucradas en agricultura ecológica. Agremiados bajo AFAORCA, la cual procesa el café y lo exporta.	Accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario, sin embargo no poseen crédito. Alta productividad. Hay autoconsumo.	Sistema agroforestal de café, con área de bosque y frutales. Uso de abonos orgánicos. Suelos con presencia de materia orgánica escasa erosión. Cercas vivas.	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas.

Continuación Cuadro 6

	Convencional	Grupo Familiar con 4 o menos miembros. Solo el jefe de familia hace las labores de la finca. Sin Conocimiento en AE	No hay vínculos con organizaciones en capacitación. El producto es llevado a cooperativas.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando ingresos económicos. Poco autoconsumo.	Monocultivo de café, sin presencia de bosque, suelo con problemas de erosión y baja presencia de materia orgánica. Con algunas cercas vivas.	Acceso a caminos.
Varios (ganadería, frutales, palmito)	Ecológico	Grupo Familiar con 5 o menos miembros. Al menos 4 miembros participan en las labores de la finca. Conocimiento en AE	Reciben capacitación de instituciones involucradas en agricultura ecológica. Forman parte de red de agricultores ecológicos para la comercialización.	Hay accesibilidad a créditos por parte del sistema bancario. Alta productividad generando buenos ingresos económicos. Hay autoconsumo.	Ganadería con algunos cultivos y pastos. Presencia de bosque. Suelos con presencia de materia orgánica. Con cercas vivas.	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas y caminos.
	Convencional	Grupo familiar con menos de 3 miembros. Todos participan en las labores de la finca.	Hay vínculo con instituciones del Gobierno en asesoramiento en agricultura.	No hay accesibilidad a crédito. Baja productividad y no hay autoconsumo.	Ganadería y pastos con árboles dispersos. Sin cercas vivas. Suelos con baja presencia de materias orgánicas y compactadas.	Acceso a agua potable, caminos y red eléctrica. Con infraestructura adecuada para el manejo de la finca como bodegas, herramientas.

## 5.2 VALORACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD PARA CADA FINCA SEGUN INDICADORES.

La valoración de la sustentabilidad se realizó para cada una de las fincas del estudio y corresponden a los valores obtenidos en cada indicador, los cuales se presentan en los siguientes apartados de este capítulo.

### 5.2.1 Análisis de los atributos de eficiencia y productividad por cada finca.

El cuadro 7, muestra los resultados obtenidos de la valoración de los indicadores de productividad, eficiencia energética y autosuficiencia alimentaria. En productividad, las fincas muestran valores de dos o tres, es decir, hay rendimiento en la producción de alimentos. En el indicador eficiencia energética las fincas convencionales muestran valor igual a uno, lo que indica que utilizan energía externa de la finca para la producción de alimentos y presentan buenos niveles de productividad, sin embargo, las fincas ecológicas, producen utilizando el reciclaje interno de energía y también presentan buenos niveles de productividad. Esto muestra que la productividad no se ve afectada por los medios en que

se obtiene el recurso energético, ya sean estos externos o internos. Para el caso del indicador autosuficiencia alimentaria los valores son bajos en la mayoría de las fincas, solamente la finca de Jesús María (ecológica) tiene más de un 60 % de autoconsumo (según lo establecido por el indicador).

**Cuadro 7:** Valoración de indicadores en los atributos de eficiencia y productividad por cada finca.

<b>SISTEMA AGRÍCOLA</b>	<b>FINCAS</b>	<b>Autosuficiencia alimentaria</b> 1= Menos de 19% de alimentos producidos en la finca durante todo el año. 2= De 20 a 60% de alimentos producidos en la finca durante todo el año. 3= Mas del 60 % de alimentos producidos en la finca durante todo el año.	<b>Eficiencia energética</b> 1= Alto consumo de energía fósil para maquinaria pesada y de insumos externos como abonos sintéticos. 2= Moderado consumo de energía fósil, así como insumos externos. 3= Uso de energías tradicionales como la tracción animal, trabajo humano y fertilizantes orgánicos.	<b>Productividad de los cultivos</b> 1= Menos del 19 % de productividad. 2= De 20 a 60 % de productividad. 3= Más del 60% de productividad.
<b>Ecológico</b>	El Guerrero	1	3	2
	Guadalupe	1	2	3
	J & B	1	3	3
	Jaime Chávez	1	2	2
	Jesús María	3	3	3
	LTVA	2	3	3
	La Amistad	1	3	3
	La Loma	2	3	2
	Los Bobos	2	2	3
	Marcos Vindas	1	2	3
<b>Convencional</b>	Delfín Alfaro	1	1	2
	Hnos. Rodríguez	1	1	3
	La Esperanza	2	1	3
	La Palma	2	1	2
	Rancho Alegre	1	2	2
	Olman Díaz	2	2	3
	Bernardo Naranjo	1	1	3

### 5.2.2 Análisis de los atributos de adaptabilidad.

El cuadro 8 muestra los resultados obtenidos de la valoración en los indicadores para el atributo de adaptabilidad. Los indicadores de adaptabilidad reflejan buenas condiciones en los suelos de las fincas ecológicas, con abundante materia orgánica y estructura friable y granular, lo que da como resultado una alta actividad biológica. Para las fincas convencionales se presentan de bajos a moderados niveles de materia orgánica, lo que hace que su estructura y actividad biológica este condicionada por este factor.

**Cuadro 8:** Valoración de indicadores en el atributo de adaptabilidad por cada finca.

<b>SISTEMA AGRÍCOLA</b>	<b>FINCAS</b>	<b>Estructura del suelo</b> 1= Suelo polvoso, sin estructuras visibles. 2= Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave. 3= Suelo friable y granular, agregados mantienen formas después de aplicar presión suave, aun humedecidos.	<b>Color, olor y materia orgánica del suelo</b> 1= Suelo de color pálido, con olor malo o químico y no se nota presencia de materia orgánica o humus. 2= Suelo de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus. 3= Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus.	<b>Actividad biológica en el suelo</b> 1= Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o artrópodos. 2= Se ven algunas lombrices y artrópodos. 3= Se ve mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos.
<b>Ecológico</b>	El Guerrero	3	3	3
	Guadalupe	2	3	2
	J & B	2	3	2
	Jaime Chávez	2	2	2
	Jesús María	2	3	2
	LTVA	3	3	3
	La Amistad	2	2	2
	La Loma	3	3	3
	Los Bobos	2	2	2
	Marcos Vindas	3	3	3
<b>Convencional</b>	Delfín Alfaro	2	2	1
	Hnos. Rodríguez	2	1	2
	La Esperanza	2	2	2
	La Palma	2	3	2
	Rancho Alegre	2	2	2
	Oلمان Díaz	2	2	2
	Bernardo Naranjo	2	1	2

### 5.2.3 Análisis de los atributos de estabilidad

Los resultados de los indicadores que describen los atributos de estabilidad (cuadro 9), sirven para comparar los valores obtenidos en los indicadores de adaptabilidad. En fincas convencionales, el suelo presenta bajos niveles de materia orgánica y actividad biológica, debido a que las prácticas de manejo en el suelo no son las más apropiadas para el agroecosistema en materia de aumentar la actividad biológica y disminuir la erosión. En las fincas ecológicas se aplican prácticas de manejo para conservar el suelo.

En fincas ecológicas donde la producción por medio de policultivos y sistemas agroforestales hacen que el indicador sea de un valor a tres, indica que va seguido de una implementación de prácticas de conservación en el suelo. Para las fincas convencionales, con valores a uno, se debe a la producción por medio de monocultivos, por lo tanto, un suelo con menos prácticas de conservación de suelos.

**Cuadro 9:** Valoración de indicadores en los atributos de estabilidad por cada finca.

SISTEMA AGRÍCOLA	FINCAS	Implementación de prácticas de conservación de suelos	Superficie en cultivos diversificados
		1= De 1 a 2 prácticas. 2= De 3 a 4 prácticas. 3= Más de 5 prácticas.	1=<20 % 2=20 – 60 % 3=> 60 %
Ecológico	El Guerrero	2	2
	Guadalupe	3	2
	J & B	3	2
	Jaime Chávez	2	3
	Jesús María	2	2
	LTVA	2	2
	La Amistad	2	2
	La Loma	2	2
	Los Bobos	2	2
	Marcos Vindas	2	2
	Delfín Alfaro	1	1
Convencional	Hnos. Rodríguez	1	1
	La Esperanza	1	1
	La Palma	1	1
	Rancho Alegre	1	1
	Olman Díaz	1	1
	Bernardo Naranjo	1	1

#### 5.3.4 Análisis de los atributos de participación y capacidad de innovación.

En el cuadro 10, muestra los resultados de la valoración de los indicadores en los atributos de participación e innovación. Para las fincas ecológicas, con valores de dos a tres en los indicadores, dan como resultado una mayor participación, en la comunidad y en seminarios de capacitación. Además los conocimientos adquiridos en estas capacitaciones son aplicados en el manejo de la finca. En el caso de las fincas convencionales, con valores igual a uno en los indicadores, tienden a participar poco en actividades de capacitación, sus conocimientos se reducen a la aplicación de insumos químicos y es mínima la innovación agrícola en prácticas agrícolas para el mejoramiento de su finca.

**Cuadro 10:** Valoración de indicadores en los atributos de participación e innovación por cada finca.

<b>SISTEMA AGRÍCOLA</b>	<b>FINCAS</b>	<b>Participación en actividades de capacitación</b> 1= Poca asistencia en talleres o reuniones de capacitación. 2= Asistencia a invitaciones para dar a conocer su trabajo y participa de las capacitaciones. 3= Es parte de la capacitación y participa activamente.	<b>Integración familiar en el manejo de la finca</b> 1=No hay 2= Padre y/o madre y algunos de los hijos. 3= Todos participan.	<b>Aplicación de conocimientos adquiridos</b> 1= Menos de 2 prácticas agrícolas utilizadas permanentemente. 2= De 4 – 5 prácticas utilizadas agrícolas permanentemente. 3= Más de 8 prácticas agrícolas utilizadas permanentemente.
<b>Ecológico</b>	El Guerrero	3	3	2
	Guadalupe	3	3	3
	J & B	3	3	2
	Jaime Chávez	3	1	2
	Jesús María	3	3	2
	LTVA	2	2	3
	La Amistad	2	3	3
	La Loma	2	2	2
	Los Bobos	2	2	2
	Marcos Vindas	3	3	2
<b>Convencional</b>	Delfín Alfaro	1	2	2
	Hnos. Rodríguez	1	1	1
	La Esperanza	1	1	3
	La Palma	2	3	2
	Rancho Alegre	1	3	2
	Olman Díaz	1	1	2
	Bernardo Naranjo	1	2	2

### 5.2.5 Análisis de los atributos de servicios de los ecosistemas.

El cuadro 11 muestra los resultados en la valoración de los indicadores de servicios ecosistémicos. Para el de almacenamiento de carbono en el suelo, las fincas en general fueron valoradas con un puntaje de dos, exceptuando dos casos que presentaron un puntaje de tres (La Loma y LTVA), lo que indica que al ser fincas diversificadas o con sistemas agroforestales, contribuyen a un aumento en la presencia de biomasa de los árboles y por ende un almacenamiento de carbono en el suelo eficiente. Las fincas convencionales que presentan valores con puntaje a uno, la causa del poco almacenamiento de carbono, puede deberse al uso del monocultivo y poca presencia de cobertura forestal

La agrobiodiversidad (expresada como el número de especies manejadas para producción de alimentos) es más alta en fincas ecológicas, debido a que intercalan cultivos conjuntamente con árboles frutales. En el caso de las fincas convencionales el agroecosistema está compuesto por monocultivo y además, tratado con agroquímicos.

En el caso de la conservación de bosques una tercera parte de las fincas poseen un área forestal. En varios casos corresponde a un pequeño parche que no representa para el agricultor un complemento para el manejo de la finca en el aporte de flora adventicia, barrera viva o aporte de nutrientes. En algunas fincas ecológicas (LTVA, el Guerrero y La Loma), utilizan la parte forestal para la implementación de sistemas agroforestales, lo que alcanza más de un 50 % del área total de la finca, según el indicador de diversidad de árboles.

**Cuadro 11:** Valoración de indicadores en el atributo de servicios de los ecosistemas por cada finca.

<b>SISTEMA AGRÍCOLA</b>	<b>FINCAS</b>	<b>Almacén de carbono en el suelo</b> 1= Menos del 39 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad inferior a 30 cm. 2= Entre 40 y 59 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad entre 30 cm. y 50 cm. 3= Más del 60 % del C orgánico del suelo esta a una profundidad superior a 50 cm.	<b>Agrobiodiversidad</b> 1=2 grupos con <2 spp cada uno. 2=4 a 6 grupos con 2 spp cada uno. 3=8 grupos con 2 spp cada uno.	<b>Diversidad de árboles</b> 1= Menos de 20 % de cobertura arbórea por el área total de la finca. 2= Entre 21 y 50 % de cobertura arbórea por el área total de la finca. 3= Más del 50 % de cobertura arbórea por el área total de la finca.	<b>Conservación de bosques</b> 1= No hay presencia de área con bosque. 2= Presencia de al menos un área con bosque. 3= Presencia de más de un área de bosque.
<b>Ecológico</b>	El Guerrero	2	2	3	3
	Guadalupe	2	2	1	2
	J & B	2	3	1	1
	Jaime Chávez	2	2	1	1
	Jesús María	2	2	2	1
	LTVA	3	3	3	3
	La Amistad	2	3	2	2
	La Loma	3	3	2	3
	Los Bobos	2	3	2	2
	Marcos Vindas	1	2	2	2
<b>Convencional</b>	Delfín Alfaro	2	1	1	2
	Hnos. Rodríguez	2	1	1	2
	La Esperanza	2	1	1	2
	La Palma	1	1	2	2
	Rancho Alegre	2	1	1	2
	Olman Díaz	1	2	2	2
	Bernardo Naranjo	2	1	2	1

### 5.3 INDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA CADA FINCA

Los índices de sustentabilidad corresponden al promedio derivado de la valorización de los indicadores de sustentabilidad (Figura 7). El índice muestra el umbral de sustentabilidad para cada finca, dicho umbral tiene un valor de 2, por lo que arriba del umbral, la finca tiende a ser sustentable, menos del umbral, la finca no es sustentable. Los índices obtenidos muestran que las fincas ecológicas presentan niveles por encima del umbral, alcanzando una tendencia hacia la sustentabilidad dentro del rango establecido en esta investigación. En el caso de las fincas convencionales, se encuentran por debajo del umbral, por lo tanto, no tienden a ser sustentables.

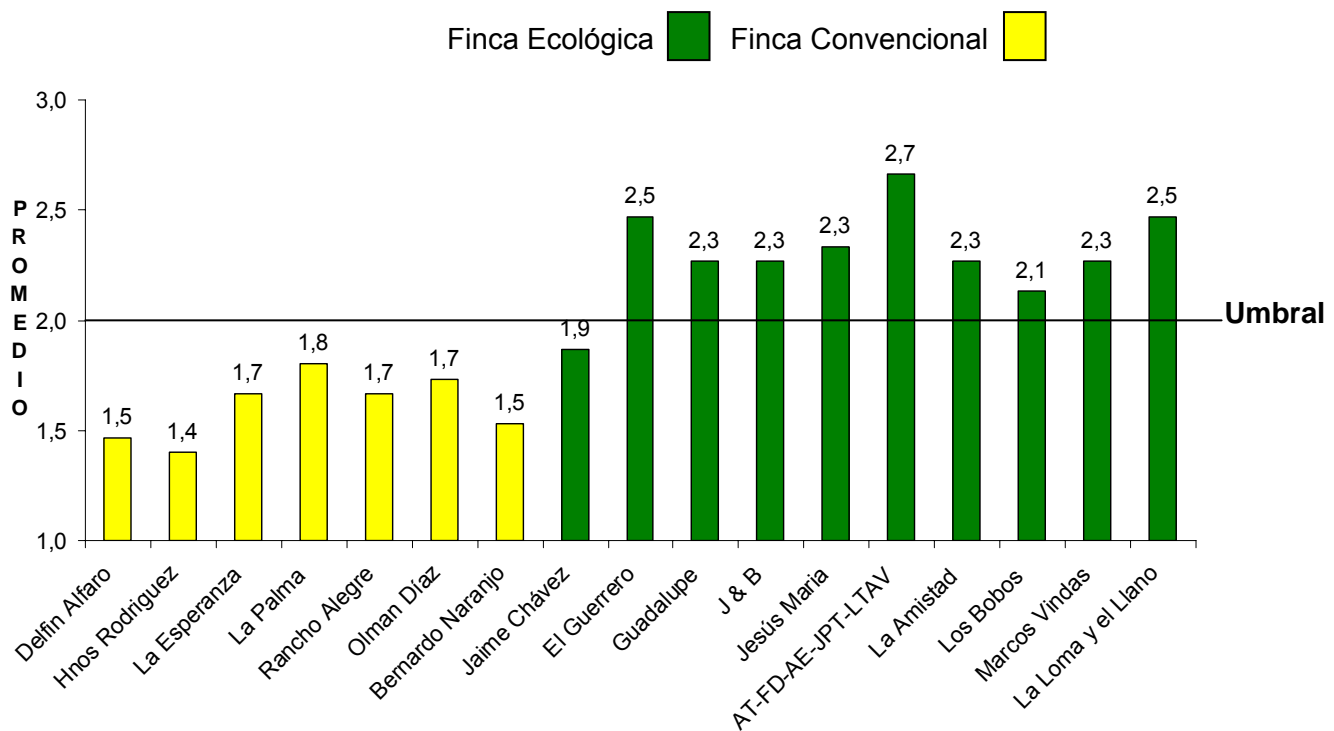


Figura 7: Índice de Sustentabilidad para cada finca según el promedio obtenido de la valoración de los indicadores

### 5.4 SIG Y DIAGRAMAS DE SUSTENTABILIDAD SEGUN LA VALORACION DE LOS INDICADORES EN CADA FINCA.

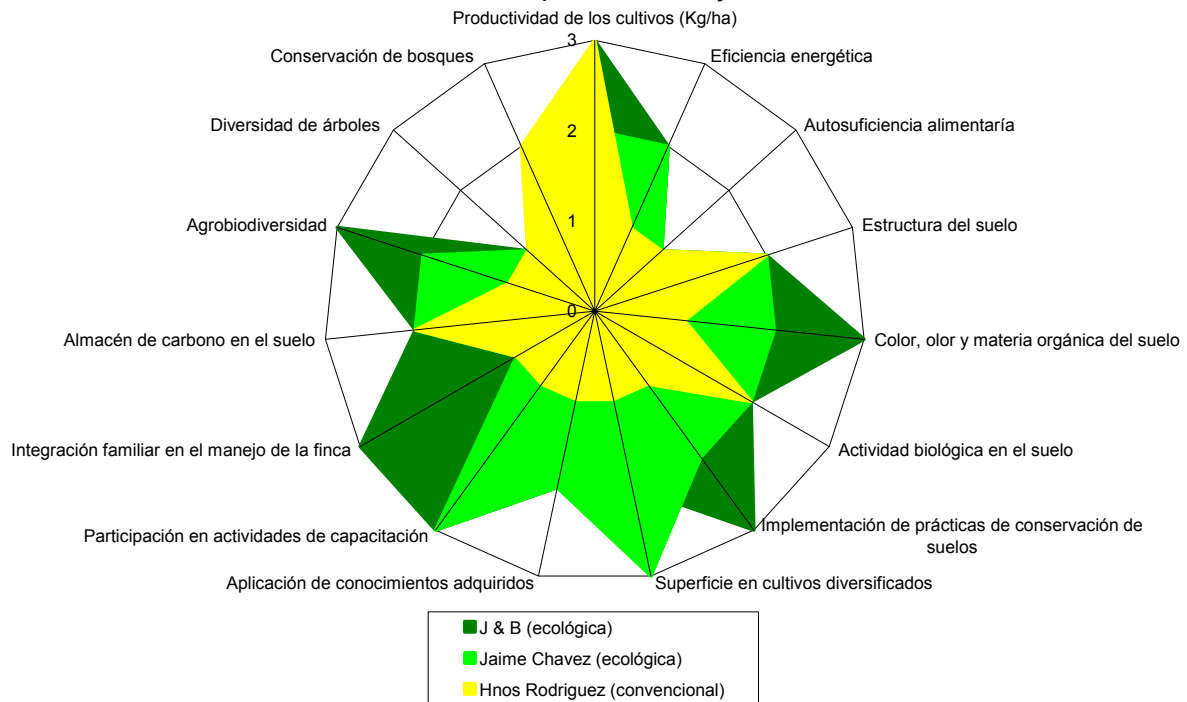
Los diagramas de sustentabilidad se presentaron de forma tal que la metodología aplicada permitiera comparar fincas ecológicas contra convencionales con cultivos similares y vecinos geográficamente. En el diagrama se representan los valores de los indicadores, así como, en cuales presentan diferencias que hacen que una finca se comporte sustentable con respecto a la otra. Se hace una excepción para las fincas de los cantones de Guácimo, Siquirres y Pococí, debido a que representan una por cantón, por lo que su diagrama obedece a la zona atlántica de Costa Rica.



Para los modelos geográficos (mapas) generados por el SIG se presentan las fincas que tienen tendencia hacia la sustentabilidad, así como fincas no sustentables. El SIG desarrollado permitió el análisis geográfico para cada finca, con base en la valoración de los indicadores. Los modelos están conformados por la finca como tal y su uso de tierra, después la finca con sus colindancias (límites), también con su uso de tierra y el mapa donde se expresa el índice de sustentabilidad valorado según el punto 4.6.3 de la metodología.

#### 5.4.1 Análisis de sustentabilidad en las fincas del cantón de Alfaro Ruiz

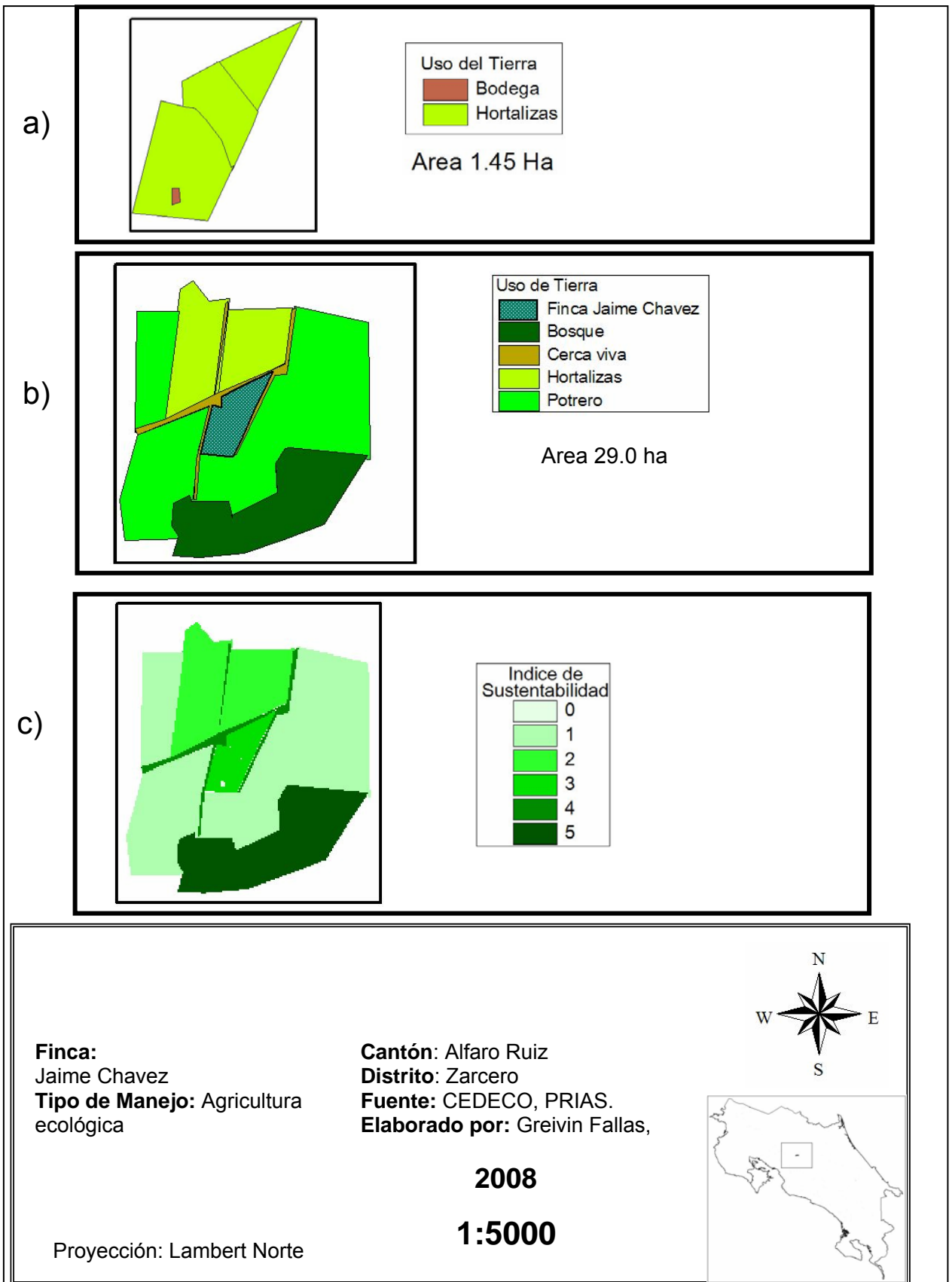
La figura ocho presenta el diagrama para las fincas Hnos. Rodríguez, Jaime Chávez y J & B. La finca que es sustentable es J & B, debido a que presenta un suelo con abundante materia orgánica, con prácticas de conservación de suelo y diversidad de cultivos en el agroecosistema, lo que se refleja alta productividad. Para el caso de Hnos. Rodríguez, presenta varios valores bajos en la mayoría de los indicadores, lo que significa que es un agroecosistema caracterizado por un suelo bajo en materia orgánica con uso de agroquímicos y monocultivo, baja diversidad de plantas y árboles asociados con los cultivos, a pesar que posee un parche de bosque (figura 9). El indicador con similar resultado en las tres fincas es la autosuficiencia alimentaria y diversidad de árboles, con valor igual a uno, esto indica que son fincas con objetivos claros hacia la producción para la venta y la utilización del 90 % del terreno de la finca para dicho objetivo



**Figura 8: Diagrama de sustentabilidad de las Fincas J&B (AE), Jaime Chávez (AE) y Hnos. Rodríguez (AC) del cantón de Alfaro Ruiz (cultivos: hortalizas)**

El resultado del SIG aplicado para las fincas J & B, Hnos. Rodríguez y Jaime Chávez, permite apreciar el diseño de los agroecosistemas que lo hace sustentable o por el contrario no sustentable. Cabe señalar que en la figura 10, se incluye a la finca La Esperanza, la cual es analizada mas adelante, esto debido a que se utilizó para ser comparada con la finca Guadalupe por tener un mismo objetivo de producción de alimentos.

Se observa que en cuanto al área de las fincas, J & B y Jaime Chávez son pequeñas (1.40 Ha y 1.45 Ha respectivamente) comparada con Hnos. Rodríguez (7.22 Ha), donde J & B es la finca que tiende a la sustentabilidad. Se observa también, que J & B tiene como colindancias un espacio geográfico no sustentable, esto hace indicar que es una finca cuyo manejo es eficiente a pesar de tener áreas que pueden afectar el desempeño del agroecosistema, como influencia de agroquímicos, lixiviación de sedimentos y disminución de biodiversidad. Además el mayor uso de la tierra de las colindancias en ambas fincas es no sustentable (figura 9), sin embargo, la finca Hnos. Rodríguez tiene como colindancias un área de bosque que se extiende como corredor biológico del cual la finca conserva parte de este corredor y Jaime Chávez esta rodeada por potreros.



**Figura 9:** Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Jaime Chavez.

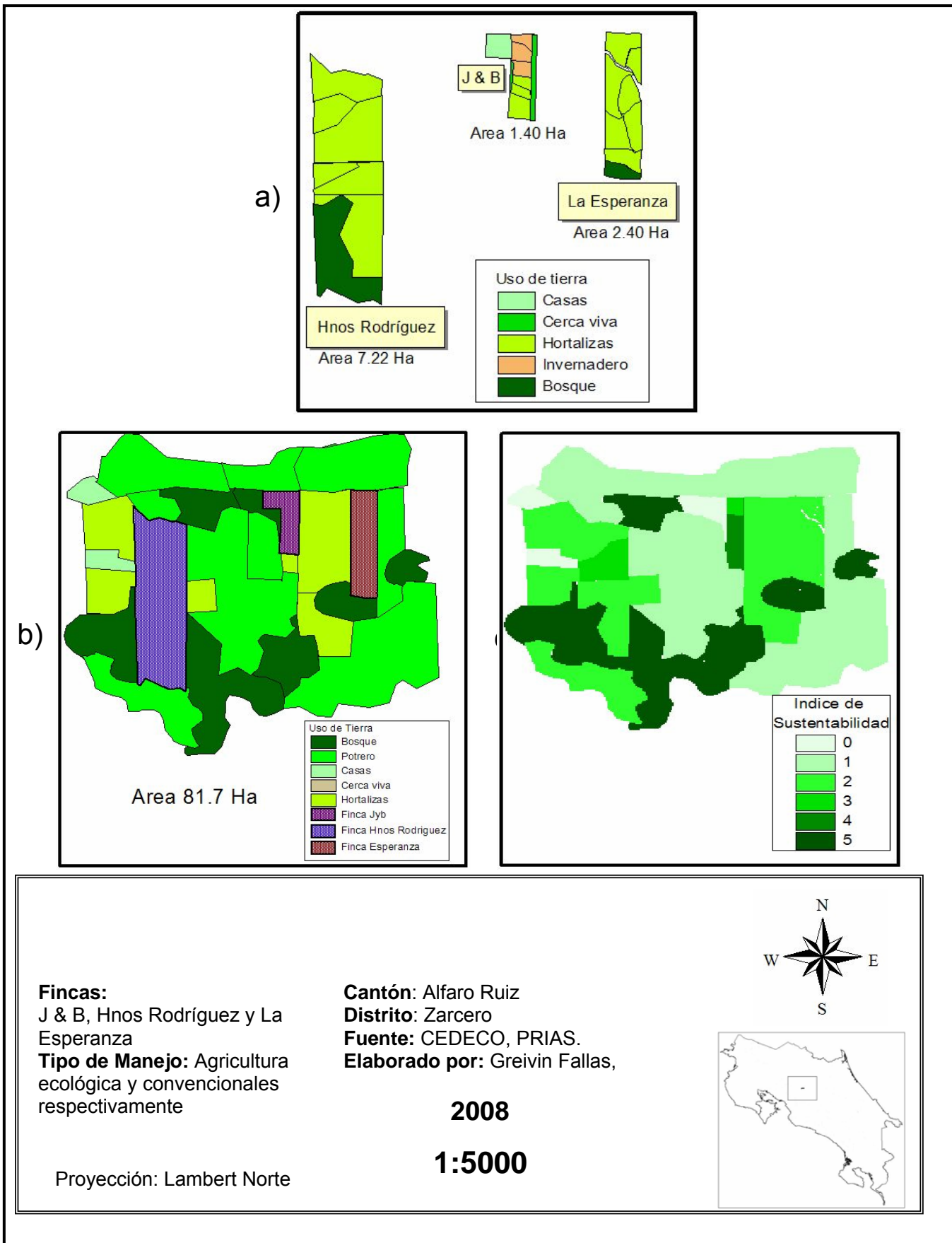
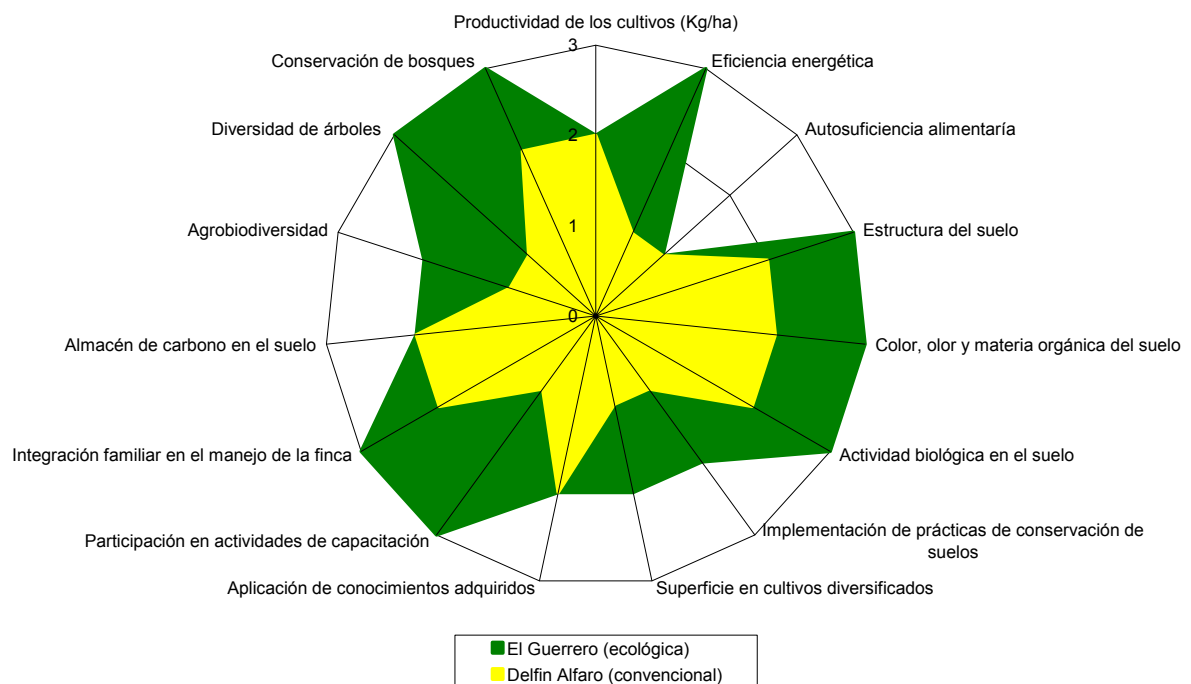


Figura 10: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) Uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de las fincas J&B, Hnos Rodríguez y La Esperanza

En el caso de las fincas El Guerrero y Delfín Alfaro (figura 11) del mismo cantón, estas se encuentran situadas al lado una de la otra como se puede apreciar en la figura 12. La finca que tiende hacia la sustentabilidad es El Guerrero. Las características que hacen que la finca sea sustentable están que su suelo posee características (estructura, actividad biológica y materia orgánica) sustentables lo que depara en cultivos diversificados y diversidad de árboles como parte del manejo del agroecosistema. Mientras que en la finca Delfín Alfaro los indicadores servicios de los ecosistemas y el tratamiento al suelo (estabilidad) reflejan que no son sustentable para el agroecosistema, sin embargo, sus indicadores de adaptabilidad mantienen al suelo en el umbral sustentable, pero hay un uso de agroquímicos que puede explicar los valores en los indicadores producto de la incorporación de nutrientes sintéticos al suelo, para la producción y siembra de los cultivos. El valor bajo en las dos fincas es la autosuficiencia alimentaria.

El SIG para ambas fincas, muestra que se encuentran rodeadas por un área de bosque, el cual es aprovechado principalmente por El Guerrero, como parte del manejo de la finca. Se puede apreciar que el límite entre fincas son los cultivos, pero con diferentes forma de producir, policultivo versus monocultivo, uso de abonos orgánicos versus agroquímicos.



**Figura 11: Diagrama de sustentabilidad de las Fincas El Guerrero (AE) y Delfín Alfaro (AC) del cantón de Alfaro Ruiz (cultivos: lechuga y culantro)**

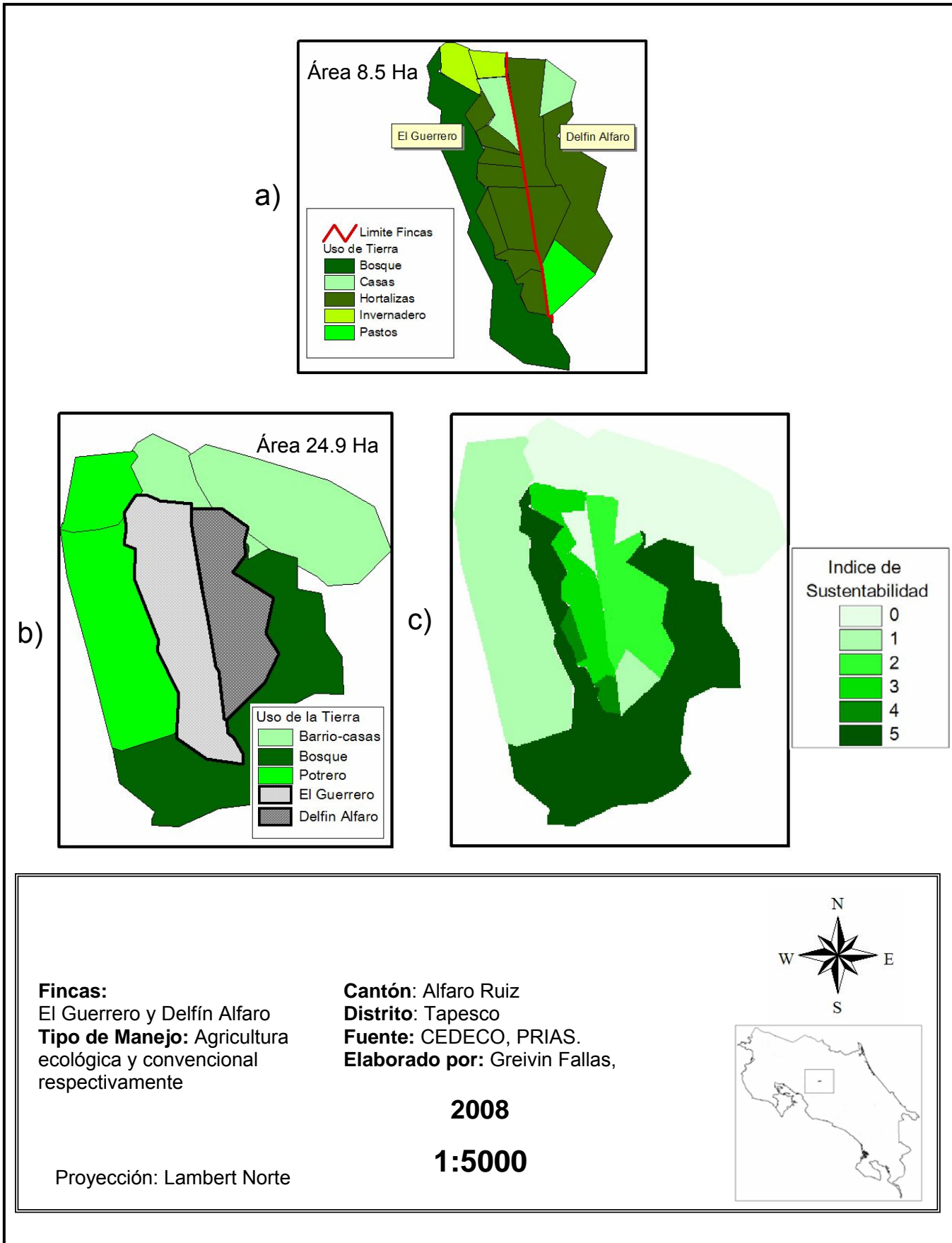
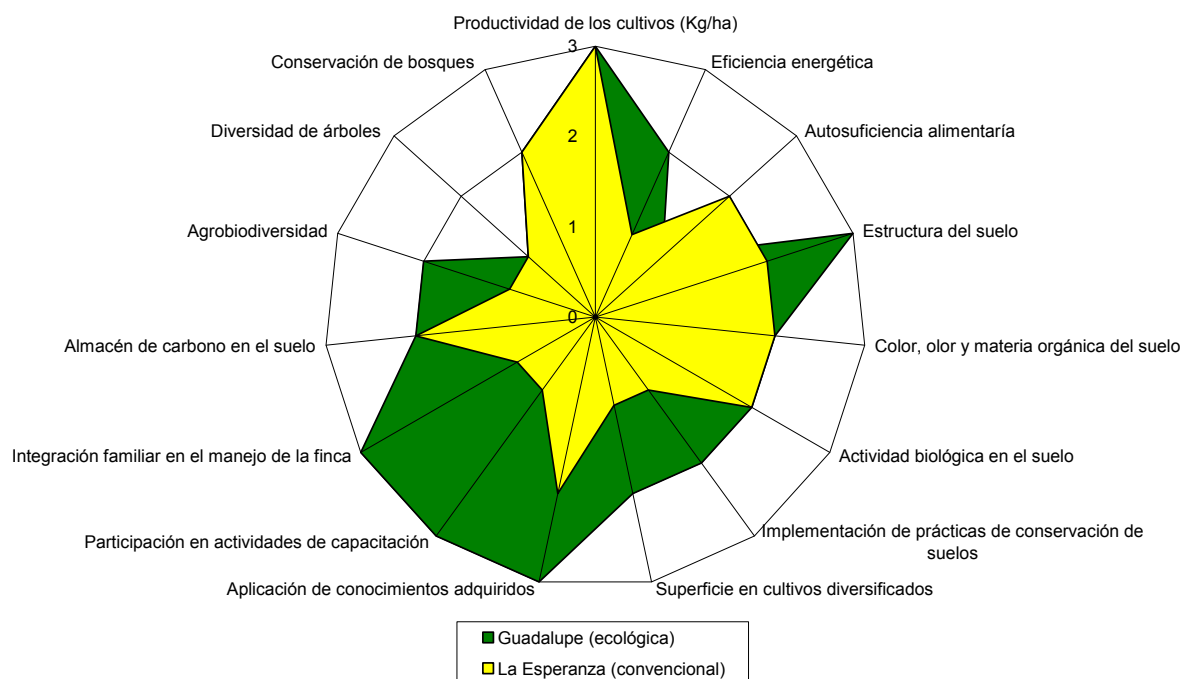


Figura 12: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de las fincas El Guerrero y Delfin Alfaro

Por último, las fincas Guadalupe y La Esperanza de Alfaro Ruiz, la que presenta mayor tendencia hacia la sustentabilidad es Guadalupe (figura 13), caracterizada por sus indicadores de participación e innovación, que indica que la familia esta integrada en las labores de la finca, así como, una mayor capacitación y retroalimentación en agricultura ecológica. También, su recurso suelo mantiene una estabilidad sustentable aunado a una implementación de prácticas de conservación de suelos lo que depara en alta productividad. Donde presenta valores bajos es en la conservación de bosques, su agrobiodiversidad se limita a la producción de dos a cuatro cultivos.

La Esperanza (que se aprecia en la figura 10) presenta varios valores bajos en cuanto a los servicios que presta al ecosistema, eficiencia energética y adaptabilidad, su recurso suelo es subutilizado mediante la aplicación de agroquímicos para obtener un nivel alto de productividad. Ambas fincas poseen un parche de bosque pero limitado únicamente a ser conservado por un valor familiar. Además ambas fincas no son autosuficientes.



**Figura 13: Diagrama de sustentabilidad de las Fincas Guadalupe (AE) y La Esperanza del cantón de Alfaro Ruiz (AC) (cultivos: lechuga y culantro)**

El SIG aplicado a la finca Guadalupe (figura 14), muestra un área colindante mayormente no sustentable, con un parche de bosque, del cual la finca conserva, la mayor área de la finca esta cultivado con hortalizas. Los cultivos son intercalados como un bicultivo, hay un tratamiento con insumos externos, precisamente porque es baja la agrobiodiversidad, por esa razón hay áreas que mantienen un valor de sustentabilidad igual a 3 en el índice del SIG. Mientras que finca La Esperanza, presenta mayormente un área no sustentable, con un pequeño parche de bosque que se conserva, las áreas circundantes están dedicadas a monocultivos de hortalizas y ganadería.

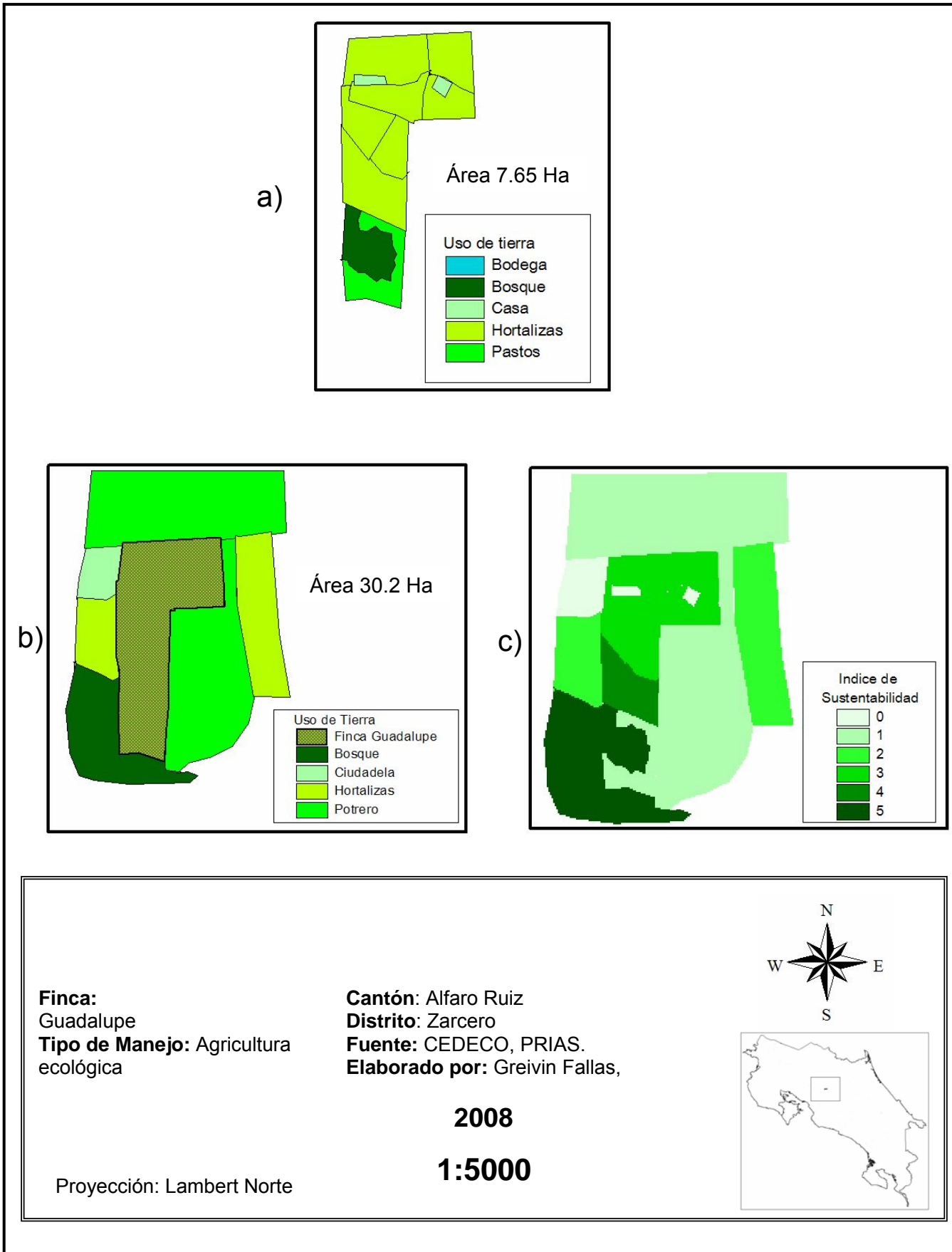


Figura 14: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Guadalupe



#### 5.4.2 Análisis de sustentabilidad en las fincas de los cantones de Aserri y Acosta.

Para las La Loma y Olmán Díaz (figura 15) la que presenta una tendencia a la sustentabilidad corresponde a la Loma, que se ve reflejado en los valores de sus indicadores, las razones es que aporta servicios a los ecosistemas en almacenamiento de carbono y conservación de bosque el cual se aprecia en el SIG (figura 16). Su productividad es sustentable, mediante la implementación de un sistema agroforestal de café y un eficiente reciclaje de nutrientes, además la finca provee un 50 % (según el indicador de autosuficiencia alimentaria) de lo producido a la finca.

Mientras que la finca de Olman Díaz implementa un monocultivo de café, con algunos frutales como sombra, sin embargo no corresponde a un sistema agroforestal debido a que el café representa el 90 % del terreno de la finca, como se aprecia también en el SIG (figura 17). En cuanto a la adaptabilidad al suelo se le aplican agroquímicos para lograr alta productividad y hay pocas prácticas de conservación. Un 30 % de lo que produce la finca Olman Díaz es utilizado para autoconsumo y en cuanto al aporte en servicios de ecosistemas, el almacenamiento de carbono es mínimo, así como, la conservación de bosques, por lo tanto, su sistema agrícola no es sustentable.

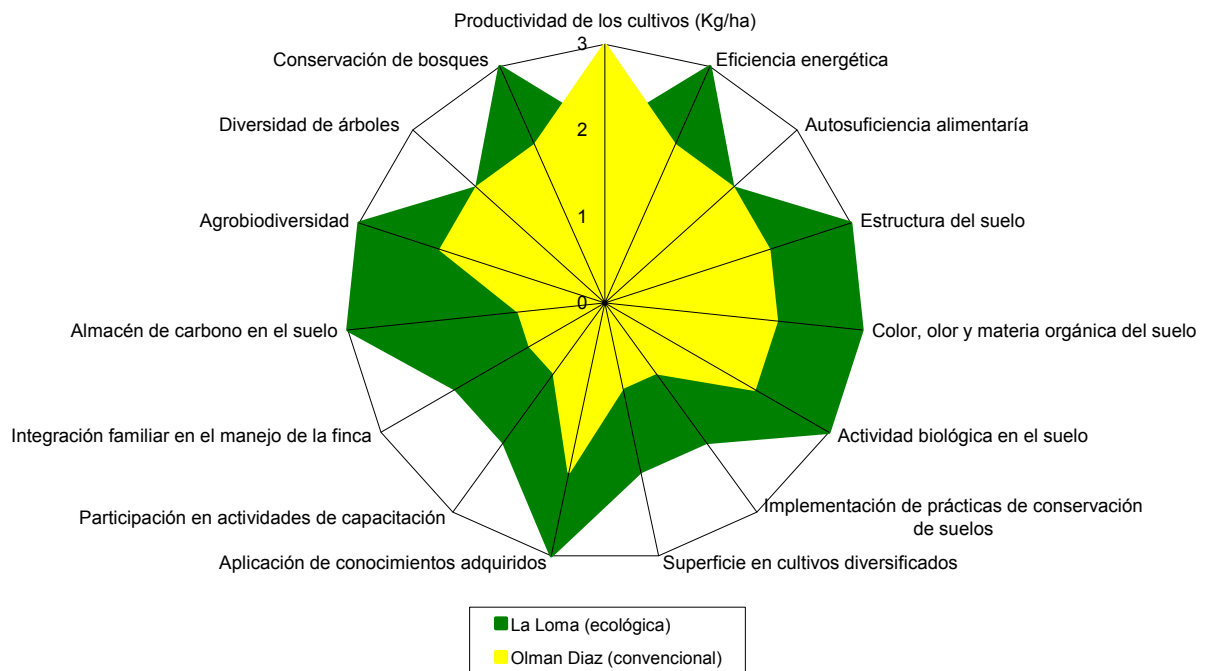


Figura 15: Diagrama de sustentabilidad de las La Loma (AE) y Olman Díaz (AC) del cantón de Acosta (cultivos: café)

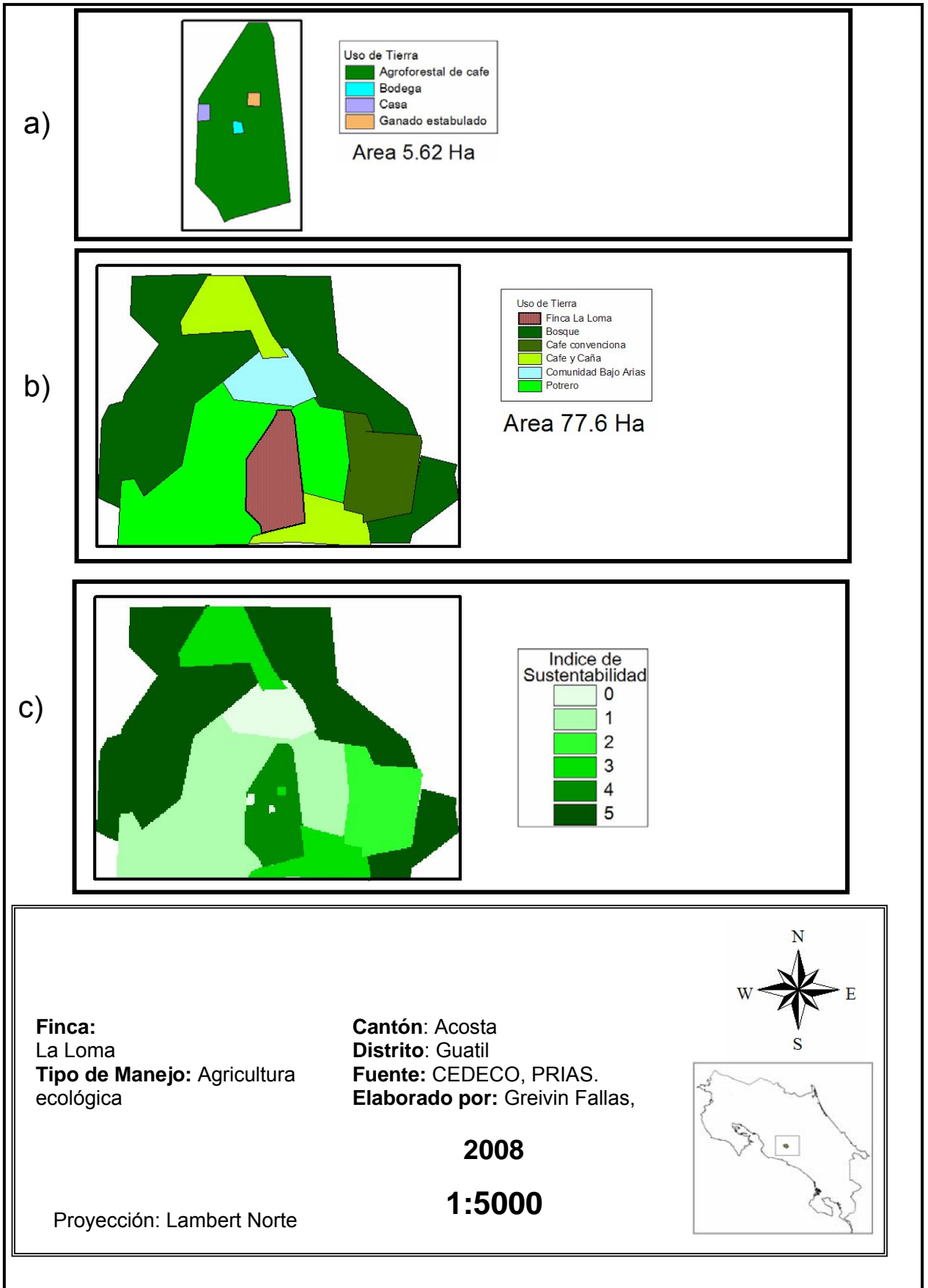


Figura 16: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca La Loma

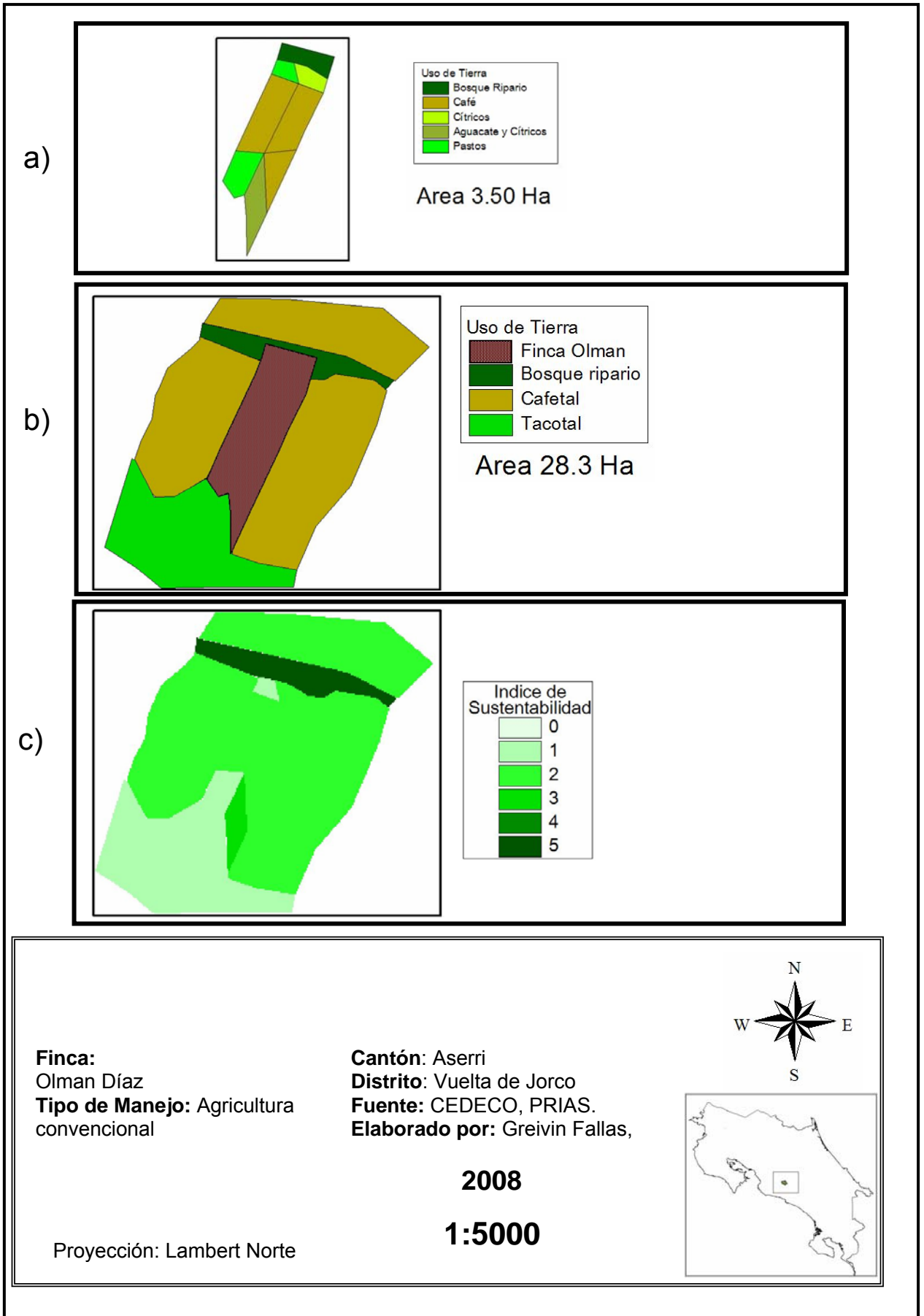
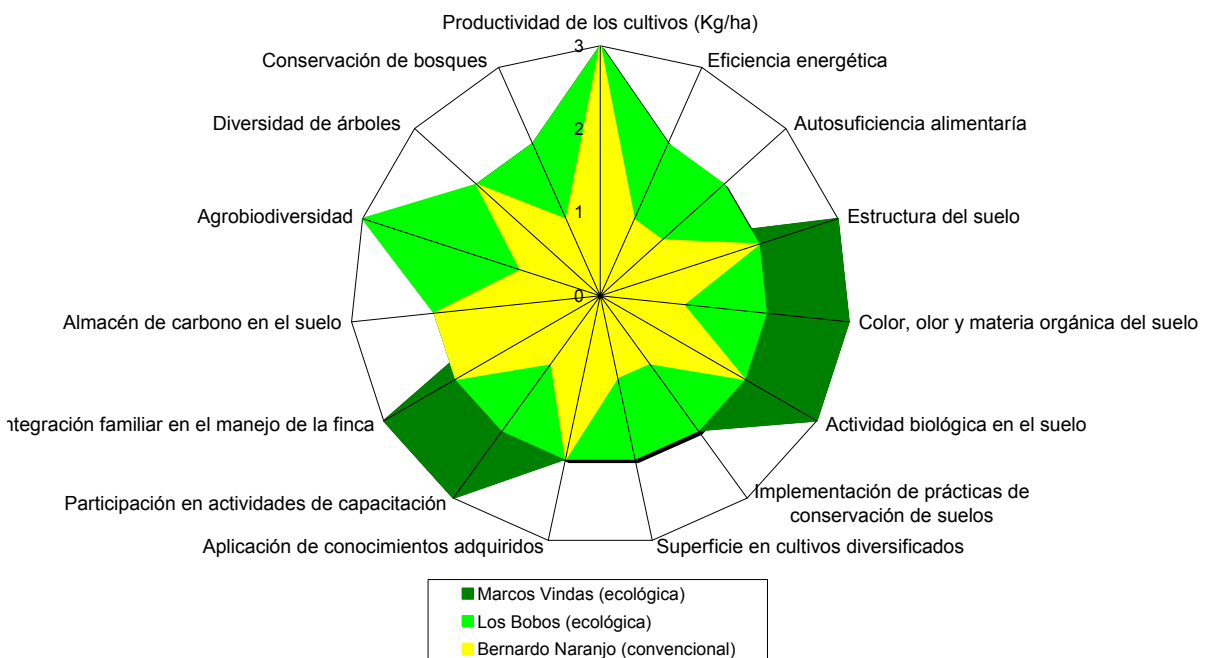


Figura 17: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Olman Díaz

En el caso de las fincas Marcos Vindas, Los Bobos y Bernardo Naranjo del cantón de Aserri (figura 18), Marcos Vindas presenta un nivel de sustentabilidad alto comparado con finca Los Bobos cuyo sistema agrícola también es ecológico. La diferencia radica en el recurso suelo, ambas fincas manejan sistemas agroforestales de café, lo interesante es como aplican las prácticas de conservación de suelo, debido a las diferencias en la adaptabilidad de éste, el cual es un aspecto que deberá analizarse con más detalle. Ambas fincas, proporcionan servicios de los ecosistemas sustentablemente y son medianamente autosuficientes con alta productividad. Además una participación alta en actividades de capacitación e integración de la familia en las labores agrícolas en la finca Marcos Vindas, para la finca Los bobos es moderada la participación.

Mientras que la finca Bernardo Naranjo no alcanza la sustentabilidad debido a que es un sistema agrícola con monocultivo de café, con baja agrobiodiversidad y sin cobertura forestal por lo que en servicios de los ecosistemas solo aporta medianamente en el almacenamiento de carbono. La adaptabilidad del suelo es baja en materia orgánica, debido a una estabilidad también baja. Además hay aplicación de agroquímicos para lograr niveles de producción altos, por lo tanto, hay baja eficiencia energética. En los atributos de participación e innovación no hay un mayor involucramiento de parte de los miembros de las familias tanto en las labores de la finca como en capacitación.



**Figura 18: Diagrama de sustentabilidad de las Marcos Vindas (AE), Los Bobos (AE) y Bernardo Naranjo del cantón de Aserri (AC) (cultivos: café)**

El resultado del SIG para estas fincas, muestra que la finca Marcos Vindas (figura 19), es una finca que conjuga sistemas agroforestales, pastos y bosque, lo que hace que sea sustentable. En cuanto a sus colindancias, el área es mayormente no sustentable, rodeada por café convencional y ganadería. Sin embargo, la finca posee cercas vivas que sirven de barreras ya sea por la influencia de químicos o erosión de suelos. A pesar de tener pequeñas áreas de pastos, esto no dificulta el manejo del cafetal con frutales, lo que hace más bien que aumente la agrobiodiversidad en el agroecosistema, que sumado al bosque hace que la finca sea sustentable.

Para el SIG de de la finca Bernardo Naranjo (figura 20), muestra un agroecosistema ocupado por un monocultivo de café. Además las colindancias presentan el mismo tipo de manejo de cultivo, por lo que el manejo de café convencionalmente hace que se valore a la finca como no sustentable.

Por último la finca de Los Bobos (figura 21), el SIG muestra un sistema agroforestal de café, similar al de la Finca Marcos Vindas, esto hace que se le valore como una finca sustentable. Sin embargo las zonas colindantes a las fincas no son áreas sustentables y más tienden a ser áreas que se encuentran en parte en regeneración, pastos y café convencional, no hay presencia de bosque cercana a la finca, lo que hace a la finca vulnerable a efectos externos como la erosión, debido a que la zona donde esta ubicada la finca presenta pendientes pronunciadas.

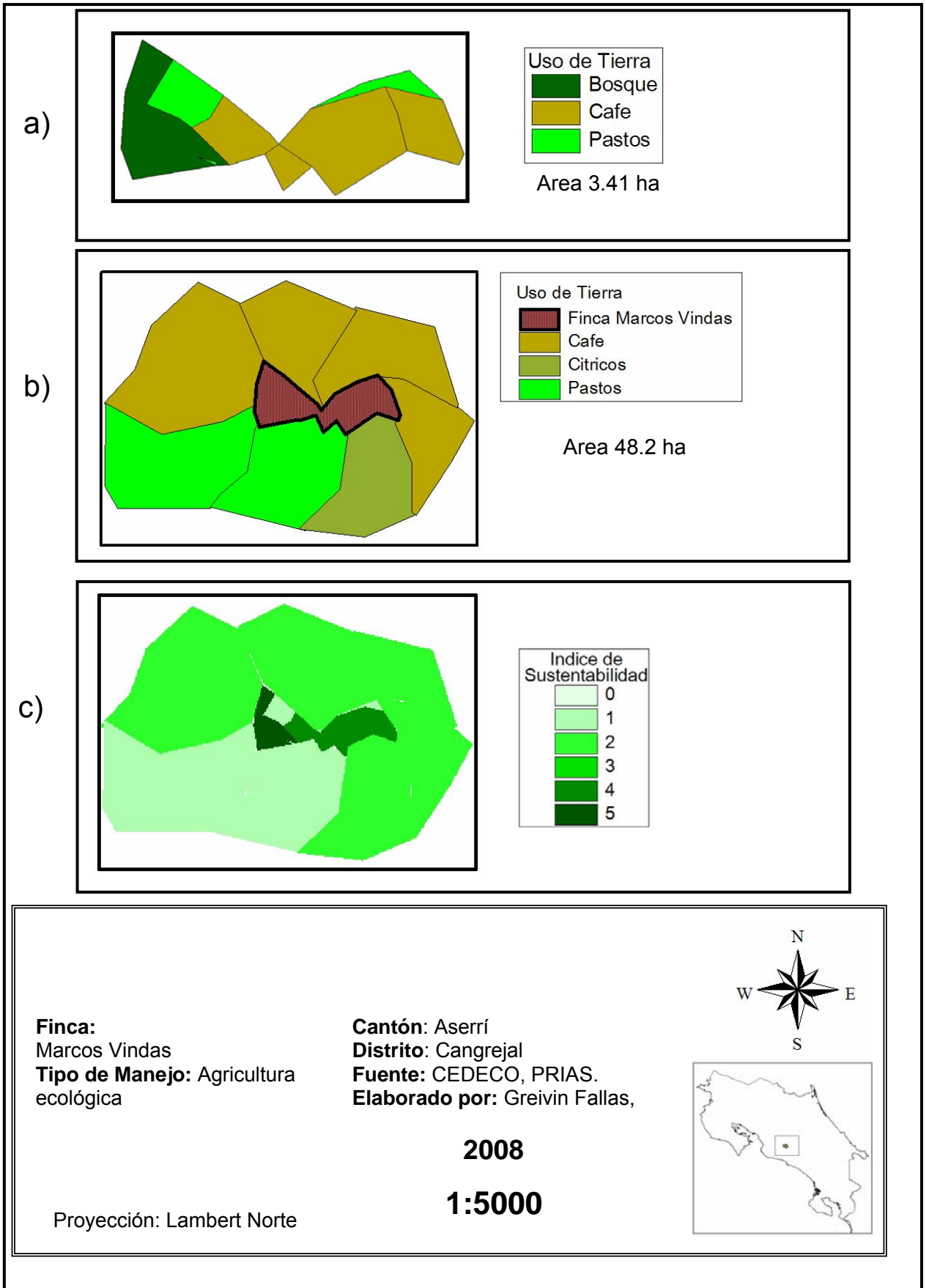
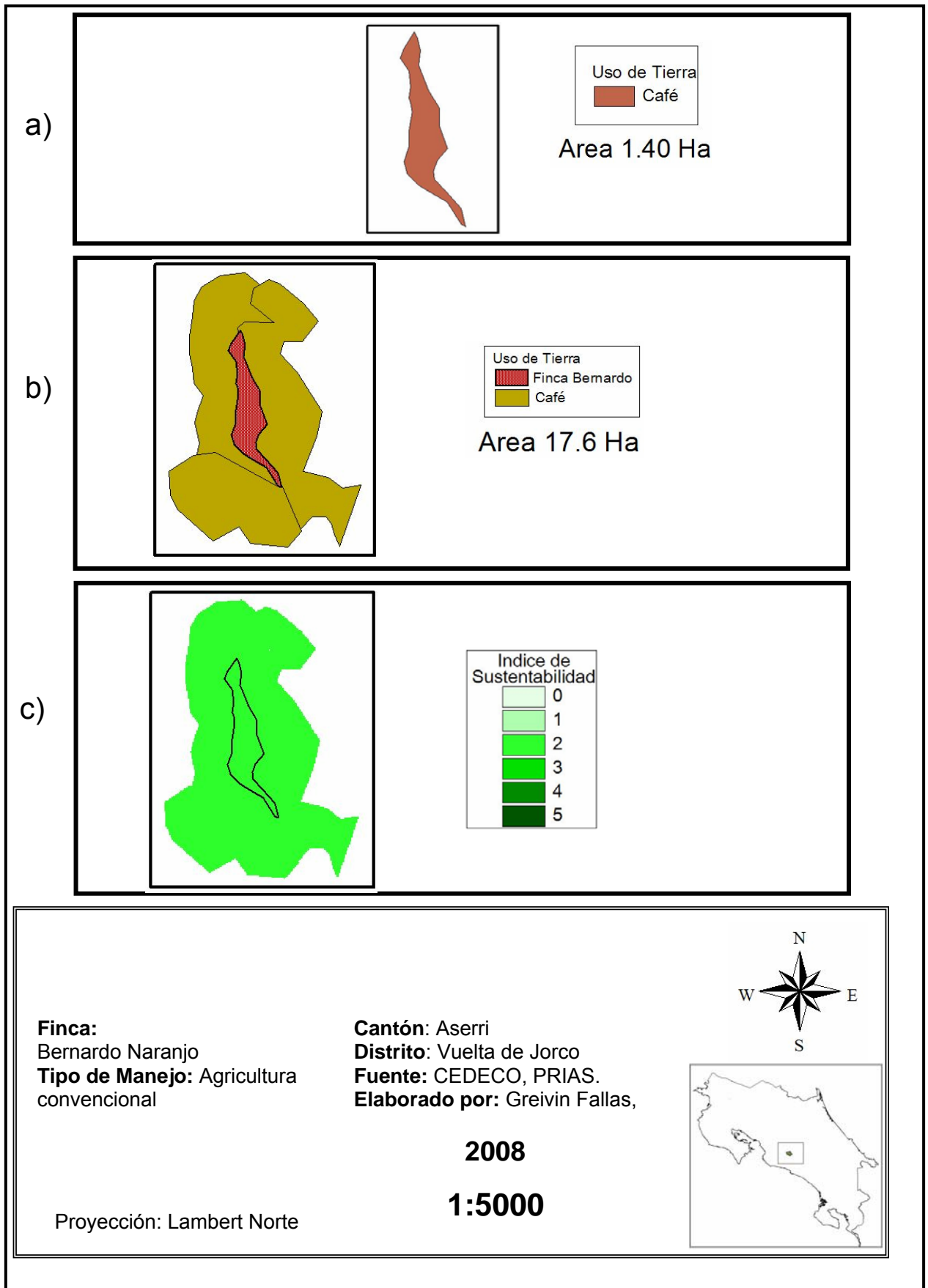
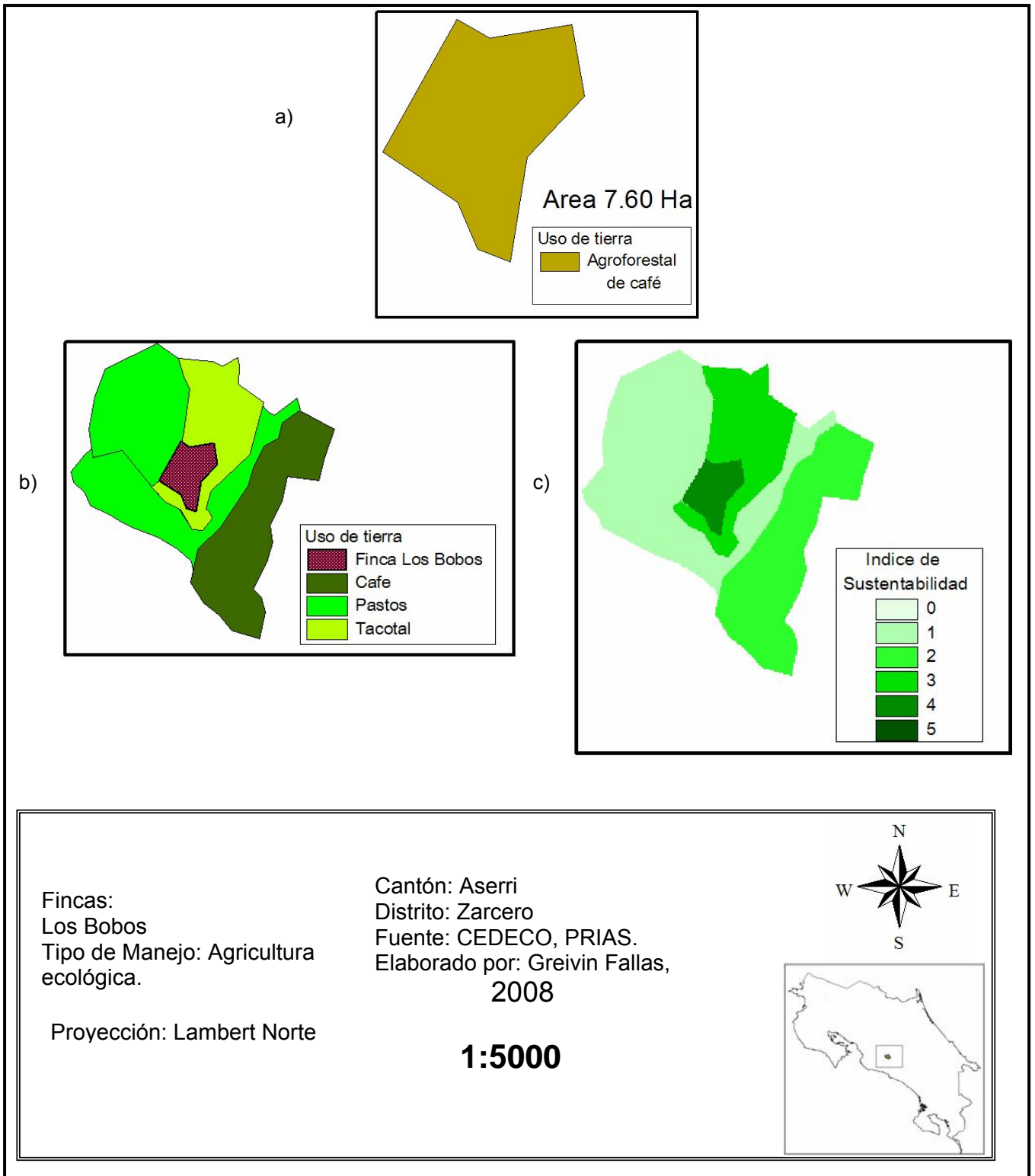


Figura 19: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Marcos Vindas



**Figura 20: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Bernardo Naranjo**

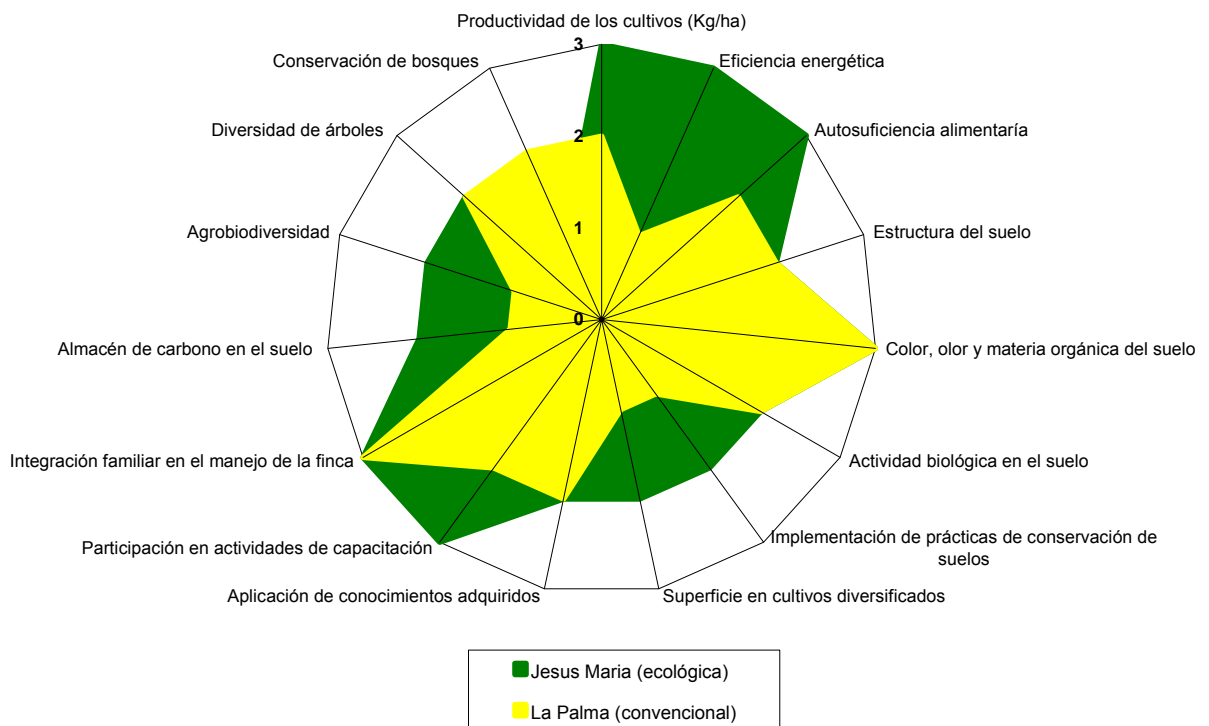


**Figura 21: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) Uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Los Bobos**



### 5.4.3 Análisis de sustentabilidad en las fincas del cantón de San Ramón.

Las dos fincas azucareras del cantón de San Ramón tienen la particularidad de que pertenecen al mismo productor/agricultor, sin embargo, con diferente enfoque de manejo (figura 22). La finca de Jesús María es diversificada, es decir hay diversos cultivos en la misma finca, incluyendo la caña de azúcar, mientras que finca La Palma es un monocultivo de caña de azúcar. Las diferencias en las fincas se marcan en prácticas de conservación de suelos, con la particularidad de que se mantienen las mismas características de adaptabilidad del suelo. La productividad es más alta en la finca de Jesús María debido a que hay varios cultivos produciendo y permite que haya a su vez autoconsumo, presentado alto grado de sustentabilidad y eficiente reciclaje de nutrientes. Mientras que en finca La Palma, presenta un monocultivo de caña de azúcar que requiere de agroquímicos para el control de plagas y para el manejo del suelo y con valores bajos en estabilidad y adaptabilidad, lo que hace que la finca no sea sustentable. En los servicios de los ecosistemas las fincas aportan moderadamente en conservación de bosques y diversidad de árboles. Además, en almacenamiento de carbono aporta mas la finca Jesús María y también en agrobiodiversidad.



**Figura 22: Diagrama de sustentabilidad de las Fincas Jesús María y La palma del cantón de San Ramón (cultivos: caña de azúcar)**

El SIG generado para la finca Jesús María (figura 23), muestra pocas áreas sustentables, la razón se da porque maneja especies como la caña de azúcar y los pastos de corta de forma que se caracterizaron como monocultivo, sin embargo, las otras áreas muestran un índice acorde a lo sustentable. Se puede apreciar que la finca funciona como un sistema que

provee de las condiciones adecuadas para el grupo familiar, lo que hace que esta sea una finca donde su indicador de autosuficiencia alimentaria sea alto. En cuanto a las colindancias son en su mayoría áreas no sustentables, caracterizado por monocultivos caña de azúcar y hortalizas.

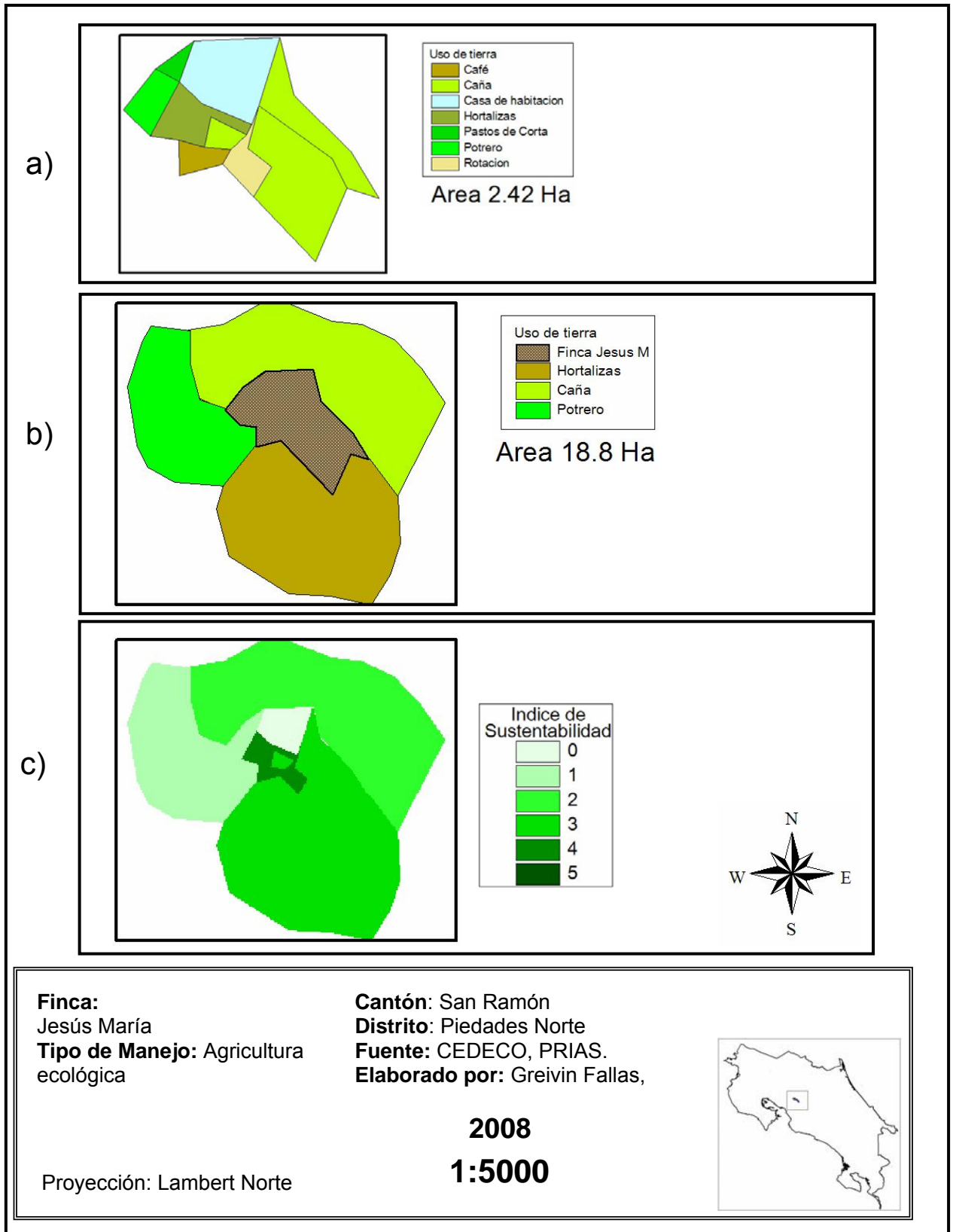


Figura 23: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Jesús María

El SIG generado para la finca La Palma (figura 24), muestra una asociación interesante, un monocultivo de caña de azúcar y un parche de bosque, el cual a su vez, contribuye al incremento de un área de bosque colindante. En términos generales la finca posee usos de tierra no sustentables tanto dentro como fuera de la finca y en mayor medida monocultivos de caña de azúcar.

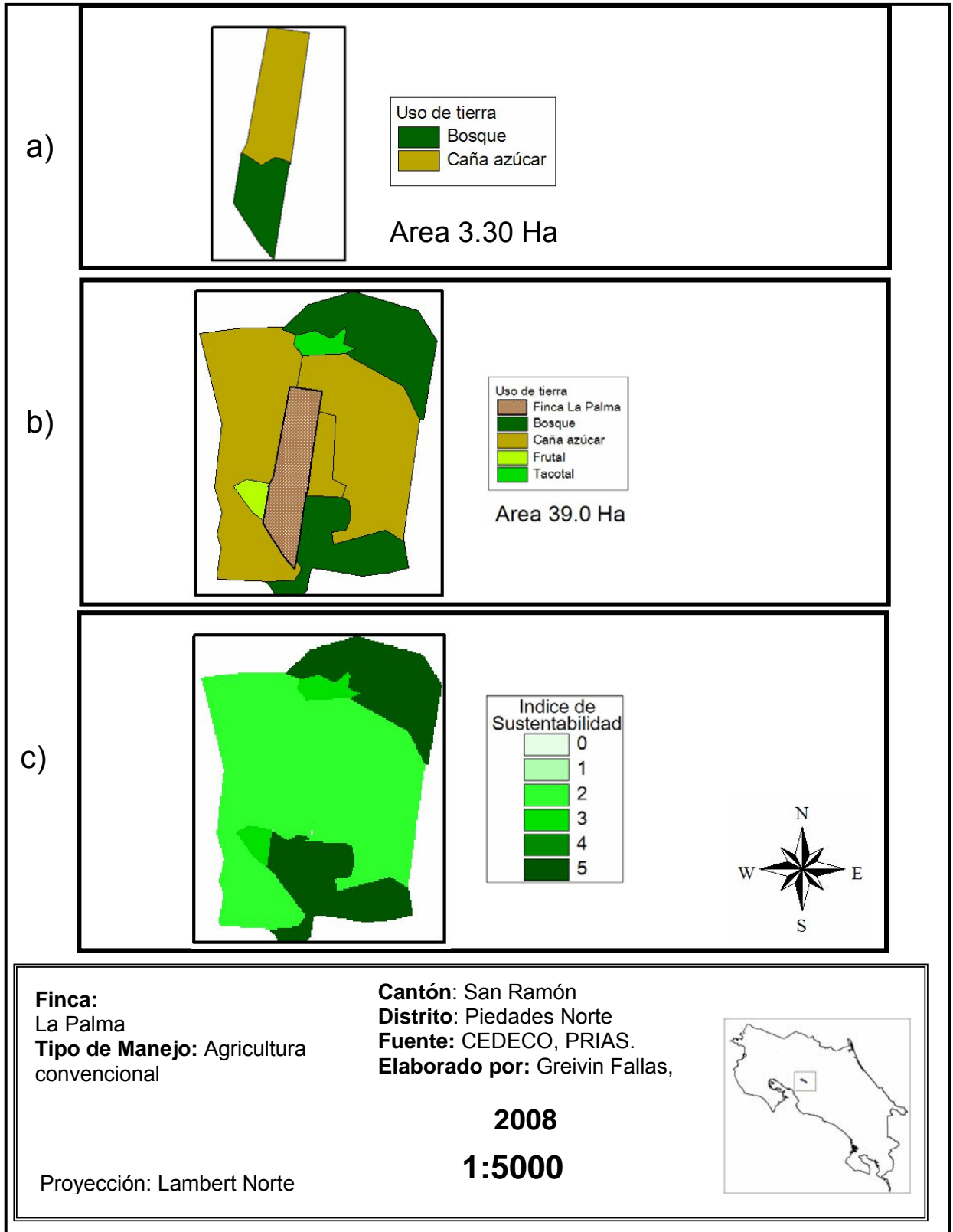
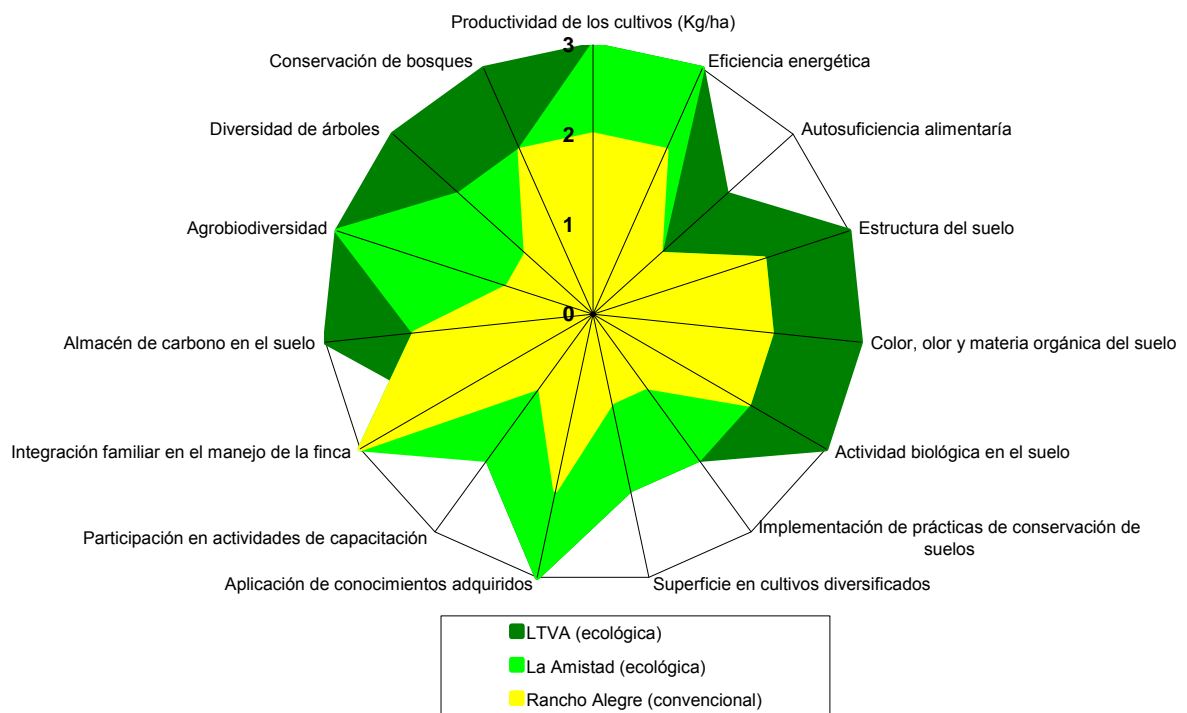


Figura 24: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la Finca La Palma

#### 5.4.4 Análisis de sustentabilidad en las fincas de los cantones de Pococí, Guácimo y Siquirres.

La figura 25, muestra los resultados de las fincas de la zona Atlántica de Costa Rica analizadas en esta investigación. Se aprecia que la finca LTVA tiene un valor alto de sustentabilidad, sus indicadores con valores a tres son el aporte de servicios del ecosistema y a la adaptabilidad del suelo, lo que depara en una alta productividad y eficiencia en el reciclaje de nutrientes. Para la finca La Amistad, es sustentable, debido principalmente a una alta productividad, que puede deberse a una alta agrobiodiversidad, el recurso suelo se presenta medianamente sustentable. Y la finca Rancho Alegre no alcanza un nivel de sustentabilidad, debido a indicadores con valores bajos como servicios de ecosistemas, adaptabilidad del suelo, productividad y autoconsumo, además en la finca hay aplicación de agroquímicos y monocultivo. En el indicador de autoconsumo, concuerdan las tres fincas, es decir, las fincas tienen un claro objetivo de producción de alimentos para la comercialización y poco para el autoconsumo. También hay concordancia en los indicadores de participación y organización de la familia en las labores de la finca.



**Figura 25: Diagrama de sustentabilidad de las Fincas de los cantones de Guácimo (AC), Pococí (AE) y Siquirres (AE) respectivamente de la zona atlántica de Costa Rica (cultivos: varios)**

Los resultados del SIG para las tres fincas (figuras 26, 27 y 28), muestra que en el caso de la finca La LTVA un sistema agrícola que tiende hacia la sustentabilidad, con la presencia de un área de bosque que atraviesa la finca y la producción de alimentos se realiza mediante sistemas agroforestales, lo que le da una riqueza en agrobiodiversidad. Además, dichos cultivos sirven de cercas vivas para los límites con ganadería, debido a que la mayor parte de sus colindantes son áreas con ganadería y pastos, las cuales a su vez son áreas no sustentables.

Para la finca Rancho Alegre, cuya tipo de manejo es convencional, el SIG generado, muestra que a pesar que posee áreas con potencial de sustentabilidad, éstas no son un indicador alto que favorezca el manejo de la finca. Además, sus colindancias son en su mayoría áreas no sustentables, sin embargo, se observa varios parches de bosque, de los cuales uno conserva la finca, permitiendo al aporte en servicios de ecosistemas, así como, la posibilidad de conectividad entre parches de bosque.

Por último el SIG de la finca, permite apreciar que es un agroecosistema con varias parcelas y con diferentes usos de tierra, sin embargo, muestran que la mayoría son no sustentables, debido principalmente a que son áreas para ganadería y pastos. Mantiene pequeñas áreas de uso de tierra para bicultivos y no hay presencia de área boscosa. En lo que respecta a las colindancias son dedicadas a la ganadería, muy característico de la zona, sin embargo, no aportan a la sustentabilidad de la finca.

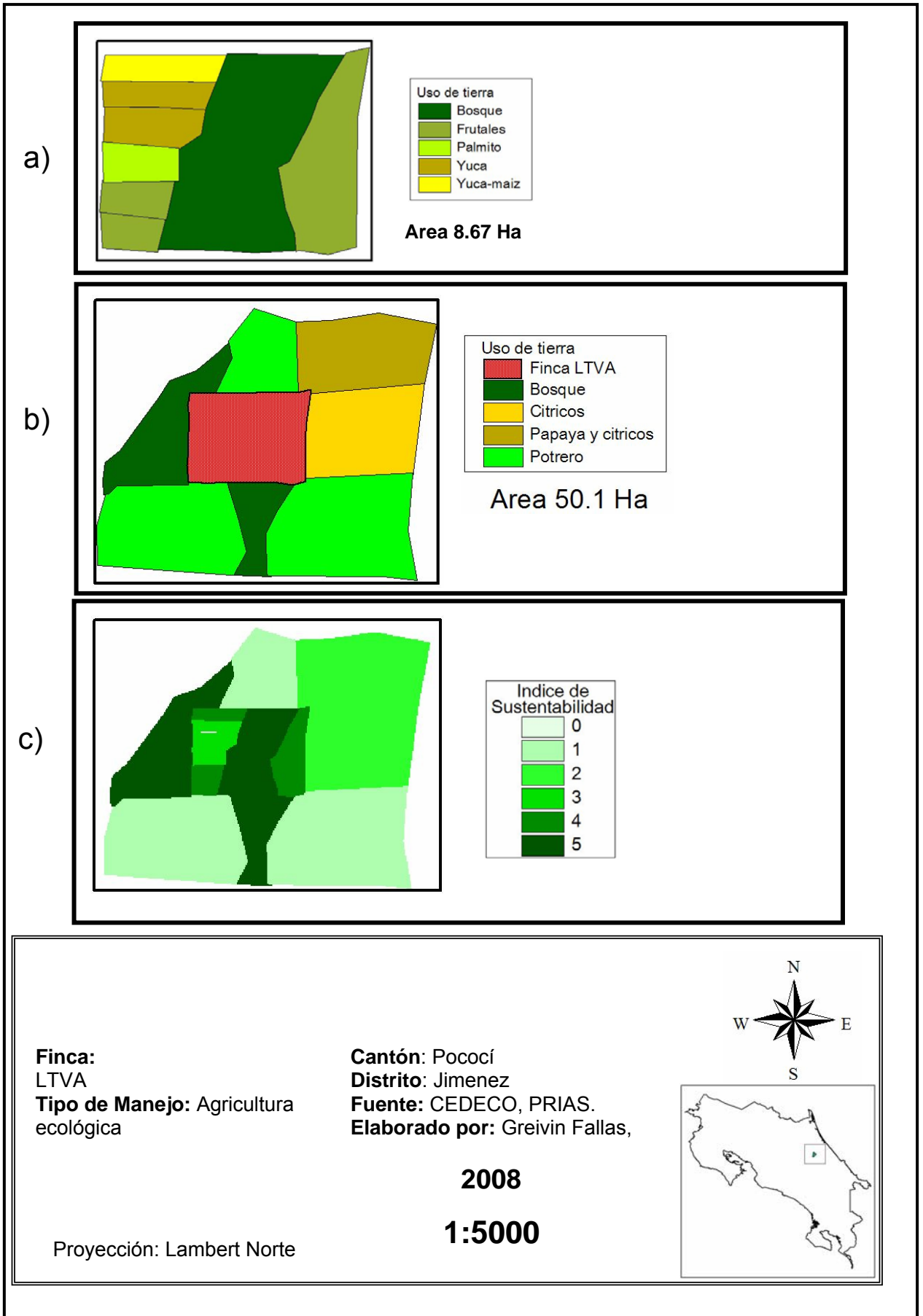


Figura 26: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca LTVA

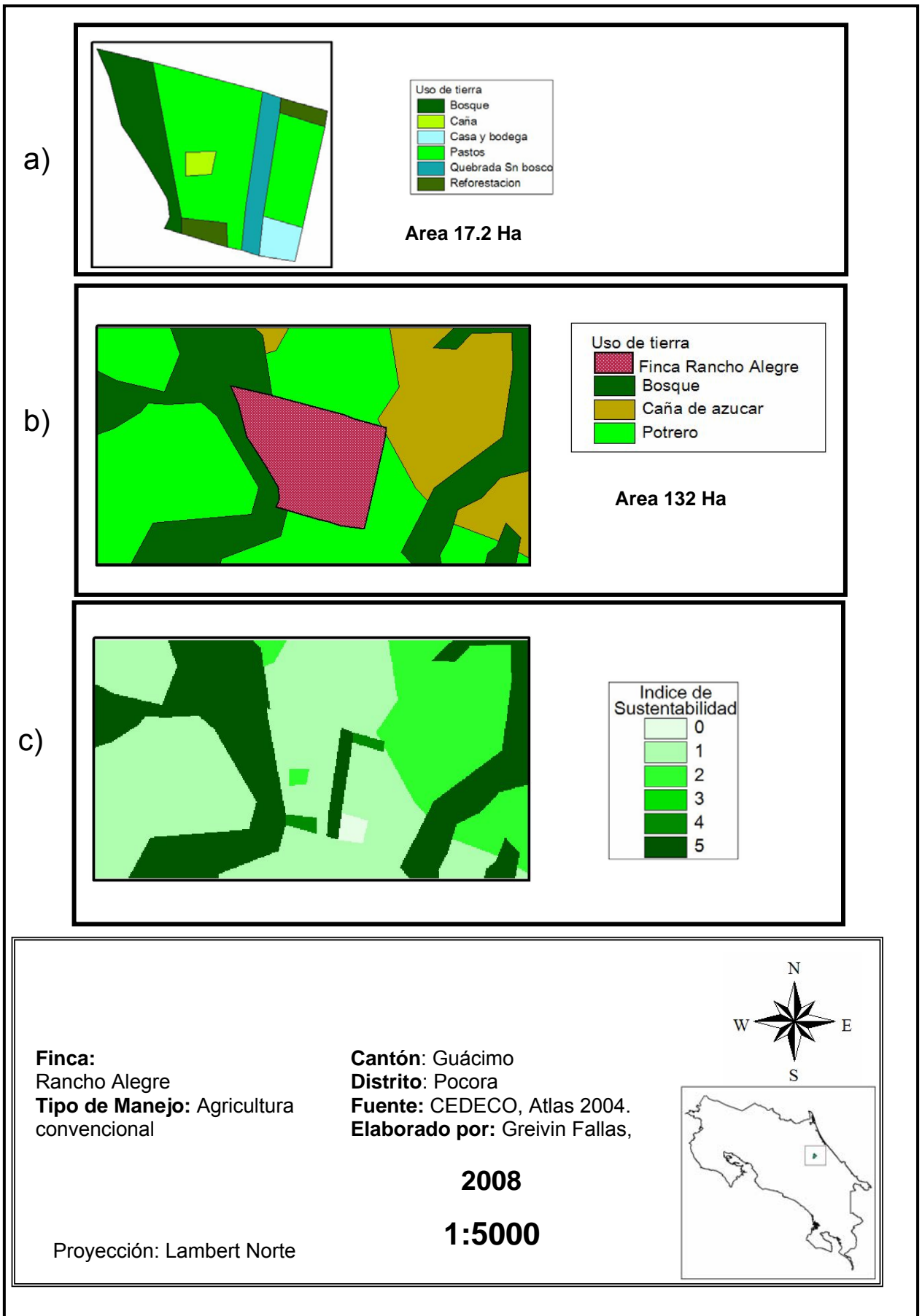


Figura 27: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca Rancho Alegre

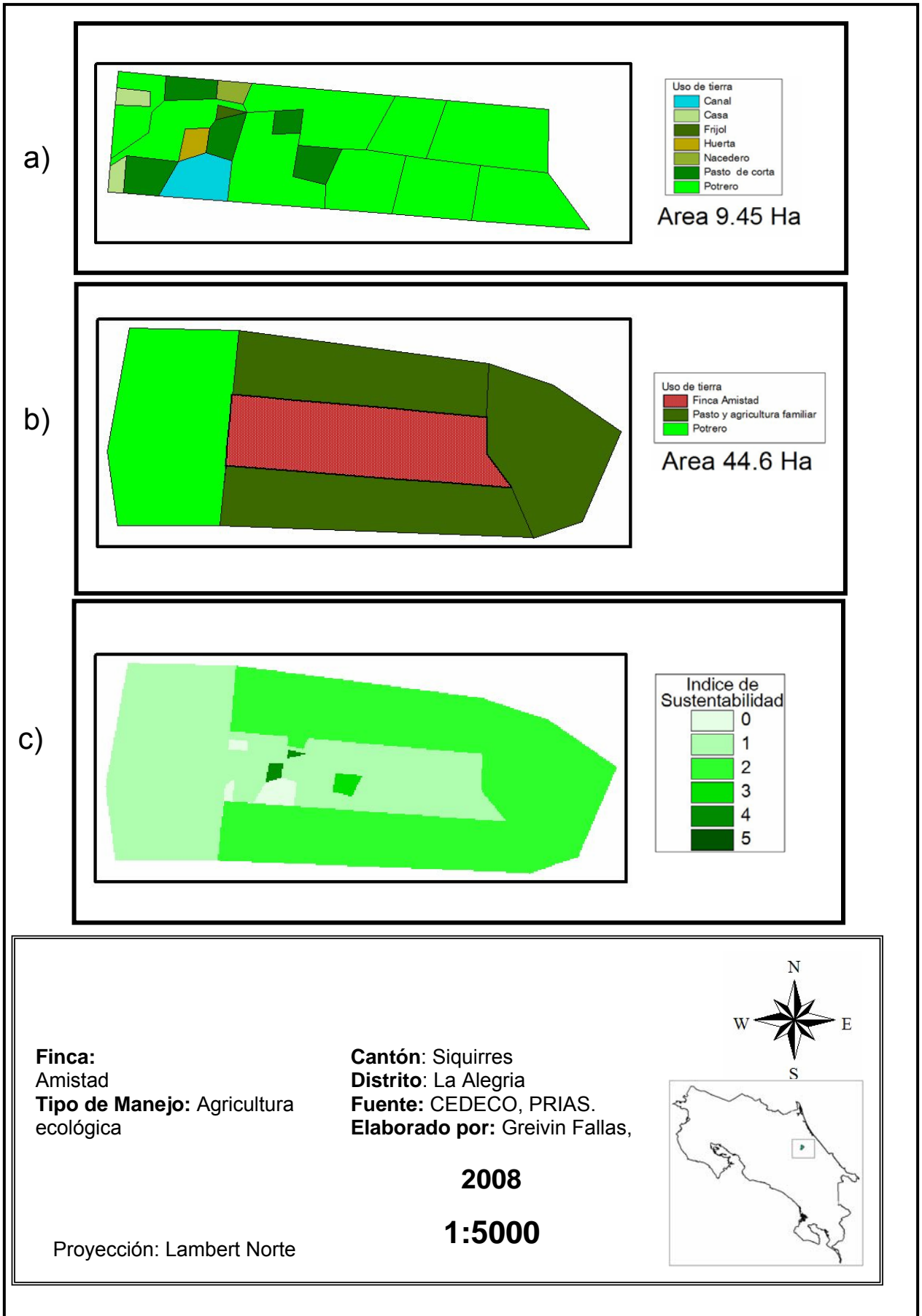


Figura 28: Mapas: a) Usos de la tierra finca, b) uso de tierra colindancias y c) sustentabilidad de la finca La Amistad



## VI DISCUSION

La metodología diseñada para este estudio permitió analizar que las fincas con manejo ecológico tienden a ser sustentables en aspectos relacionados con eficiencia energética, manejo del suelo, provisión de servicios ecosistémicos, aspectos sociales y geográficos. Igual resultado se han obtenido en estudios metodológicos realizados en el 2007 (Cárdenas *et al.*, 2007; Arias-Giraldo y Camargo, 2007) donde los sistemas agrícolas ecológicos presentaron niveles altos en los indicadores establecidos en la parte ambiental, social y económica, resultando que las fincas ecológicas analizadas tienden hacia la sustentabilidad. La diferencia con esta investigación es la utilización de SIG, que permitió aportar herramientas que facilitaron demostrar que los sistemas agrícolas con manejo ecológico causan un mínimo impacto sobre el ambiente y los servicios ecosistémicos que logran aportar a la comunidad.

La metodología utilizando indicadores y SIG, resultó novedosa para analizar sustentabilidad en los sistemas agrícolas ecológicos y convencionales y es importante apreciar como a nivel de paisaje, el aporte de diversos sistemas agrícolas ecológicos en aprovechar más áreas con mayores índices de sustentabilidad. Lo que permite crear usos de tierra que provean servicios ambientales y podrían, a través del tiempo, cambiar la perspectiva de una región. De esta forma se puede interpretar que el resultado del índice de sustentabilidad de las fincas que están por encima del umbral establecido, obedece a un concepto de naturaleza dinámica, es decir, como un proceso, que permite el equilibrio en el espacio y tiempo de sus componentes sociales, ambientales y económicos (Ruesga, 2002) y en esta caso también, geográficos.

### **6.1 Los tipos de sistemas ecológico y convencional presentes en las fincas analizadas con base en los capitales establecidos.**

La información recopilada por CEDECO desde el 2004 al 2007 permitió caracterizar y analizar los sistemas agrícolas escogidos mediante los diferentes capitales, los cuales se relacionaron con los atributos establecidos por la investigación. De esta manera cada finca tiene en la base electrónica SIG CEDECO, toda la información recopilada en el campo de manera ordenada y consecuente con los resultados que se esperaban obtener en cuanto a las valoraciones para los indicadores, los índices de sustentabilidad y el SIG.

El resultado permite apreciar que el sistema agrícola ecológico presente en 10 de las 17 fincas, esta representado de forma general por ser unidades de manejo agrobiodiversos, con reciclaje de nutrientes, con grupos familiares pequeños y con alta productividad.

Resultados similares se obtuvieron en dos fincas de la comunidad de San Antonio de los Baños, Habana, Cuba (Monzote *et al*, 2008) como parte de un seguimiento del 2000 al 2004 de indicadores de sustentabilidad relacionados con la parte biológica de los sistemas, productividad, eficiencia energética y economía de fincas ecológicas, encontrándose con fincas de mediana escala, alta agrobiodiversidad, manejo y reciclaje de nutrientes y alta productividad. De esta manera las fincas seleccionadas en esta investigación se encuentran con sistemas agrícolas acordes con la práctica de la agricultura ecológica, es decir, con prácticas de conservación de suelo, empleo de energía interna del sistema y uso de la biodiversidad, permitiendo alta productividad, eficiencia energética, regeneración de suelo y conservación de la biodiversidad.

En las restantes siete fincas, cuyo manejo es convencional, el agroecosistema está basado en el empleo del monocultivo como medio de producción, con aplicación de insumos químicos, un pequeño grupo familiar y con alta productividad. El estudio realizado en Lozada, Córdoba, Argentina en el 2005 (Leguía *et al*, 2008), como parte de incentivar una estrategia para la recuperación del suelo por medio de prácticas agroecológicas, detectó que en las fincas convencionales analizadas un degradamiento del medio biofísico, expresada en la degradación de los suelos y baja fertilidad, producto del empleo del monocultivo. Los resultados que se presentan en el cuadro 6, son similares y muestran como las fincas convencionales en esta investigación poseen suelos con problemas de erosión, resultado del empleo de monocultivo y poca presencia de materia orgánica, lo que conlleva a un incremento de insumos químicos para hacer el suelo fértil y así obtener niveles de productividad altos, agravando el medio biofísico.

## **6.2 El valor en los atributos mediante los indicadores analizados para cada finca.**

Los atributos empleados en esta investigación para la valoración de los indicadores mostraron que en productividad, adaptabilidad y estabilidad hay una correlación implícita en los sistemas ecológicos. En las fincas ecológicas los suelos presentan abundante materia orgánica, una estructura estable y micro fauna abundante, que aunado a prácticas de conservación en el suelo, le dan una mayor fertilidad, manteniendo niveles de productividad altos y permitiendo mayores ganancias económicas sin invertir en gastos como insumos y fertilizantes químicos. En las fincas convencionales la adaptabilidad y estabilidad resultaron con valores bajos, no así la productividad mostrando valores altos, sin embargo son sistemas con baja materia orgánica producto de los problemas de erosión y poca aplicación de prácticas de conservación de suelos, el nivel de productividad está ligado a un empleo de

insumos químicos y a la producción de un solo cultivo, pero el costo de dicha producción es alto por lo que la productividad en esta investigación está dada en cantidad de producto obtenido y no en ganancias netas por venta del producto.

El resultado mostrado en los atributos de adaptabilidad y estabilidad de las fincas ecológicas muestran que los suelos presentes en estos agroecosistemas poseen una alta fertilidad; la cual es la capacidad de los suelos agrícolas para mantener de manera perdurable un nivel de producción estable y de calidad conservando un estado de alta permanencia frente a los procesos que implican su degradación y todo ello dentro de una amplia gama de condiciones y condicionantes locales agroambientales, socioeconómicos y culturales (Labrador, 2002). Esta condición de fertilidad en las fincas ecológicas es resultado de los suelos con materia orgánica abundante y prácticas de conservación de suelos, por lo tanto son suelos sustentables, considerándose un sistema no degradado, robusto y productivo (Fernández y Muschler, 1999).

En las fincas convencionales, la adaptabilidad del suelo está condicionada al empleo de insumos químicos para lograr una fertilidad que permita alta productividad, esto es resultado de procesos de erosión, que ocasiona pérdida de suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutriente ocasionando un descenso en la fertilidad (Labrador, 2002). Las fincas convencionales en esta investigación presentan una estabilidad baja en procesos de innovación y empleo de prácticas de conservación de suelos que prevengan o mitiguen la pérdida de fertilidad en el suelo. Por tanto, estas fincas utilizan energía externa al sistema para mantener una adaptabilidad en el suelo, pero que puede provocar un exceso de abonado mineral, fertilidad orgánica de escasa calidad, aumento de biocida y contaminación atmosférica (Doran y Parkin, 1996).

En el atributo asignado para analizar los servicios de ecosistemas, se valoraron varios indicadores que muestran el aporte o impacto que las actividades de manejo en la finca dan al medio. Para el aporte de la agrobiodiversidad, en las fincas ecológicas el resultado muestra una mayor presencia de agrobiodiversidad, lo que hace que sea un agroecosistema más complejo y diverso. Esto conduce a cambios positivos que aportan al mantener la fertilidad, productividad y regula las poblaciones de plagas, así como, obtener interacciones benéficas, por lo tanto, contribuyen a la sustentabilidad del medio (Gliessmann, 2002). En el caso de las fincas convencionales analizadas, los resultados muestran una baja agrobiodiversidad representada por el monocultivo, ocasionando problemas con plagas y enfermedades. Además, son agroecosistemas controlados en su totalidad por el agricultor, mediante el empleo de insumos químicos, teniendo un impacto negativo sobre especies de

insectos benéficas y el cual hace que haya una disminución de interacciones ecológicas (Altieri y Nicholls, 2007). Desde este punto de vista de la investigación no son sustentables, debido al impacto negativo que provocan al ecosistema local.

Los resultados en la valoración en la conservación de bosque en las fincas permitieron analizar la diversidad ecológica, la cual es aprovechada por el agricultor para aumentar la biodiversidad en el agroecosistema. En las fincas convencionales, se comprobó que algunas conservan bosque, más no es utilizado para beneficio del agricultor, pues éste representa un legado de sus progenitores y que fue conservado por respeto, sin embargo, son fincas que aportan a la conservación de ecosistemas naturales. Para las fincas ecológicas como: La Loma, Marcos Vindas, LTVA y Jesús María, el bosque es complemento de la finca, debido al manejo de sistemas agroforestales, los cuales son una estrategia de la sustentabilidad de sistemas agrícolas ecológicos, al incorporar la biodiversidad en el paisaje agrícola y así manejarla más efectivamente (Gliessmann, 2002). Otros estudios han comprobado como las fincas ecológicas mantienen una interacción del paisaje y el manejo de la diversidad arvense (Roschewitz *et al.*, 2005; Weibull *et al.*, 2003) como alternativa para el control de plagas, conservación de la biodiversidad y protección del suelo. Para el caso de las fincas mencionadas el objetivo es precisamente utilizar la biodiversidad local para beneficio y producción de la finca.

Los resultados de valoración en el indicador de almacenamiento de carbono, presentan un mayor aporte en las fincas ecológicas. Igual resultado se dio en la la investigación realizada por CEDECO (Castro y Amador, 2007) donde las fincas ecológicas cuya producción se basa en el café y hortalizas. Esta investigación determinó además que las fincas ecológicas tienen un mayor aporte al almacenar carbono en el suelo, comparado con las fincas convencionales. Los factores que inciden en este comportamiento, la investigación encontró que una mejor adaptabilidad del suelo, la presencia de bosque, los sistemas agroforestales y policultivos permiten un mayor almacenamiento de carbono en las fincas ecológicas. Con esto se aprecia que las fincas ecológicas analizadas cumplen con las tecnologías propuestas por el IPCC para la reducción de GEI, es decir, un apropiado manejo del recurso tierra, mediante la restauración de suelos, técnicas de conservación de suelos y mejora de la eficiencia energética.

En el caso del atributo de eficiencia los resultados muestran que la eficiencia energética es mayor en fincas ecológicas, debido precisamente a atributos de estabilidad y servicios de ecosistemas. El empleo de abonos orgánicos, barbechos, labranza mínima, biofertilizantes, rotación de cultivos y sistemas agroforestales como parte de las labores agrícolas evaluadas

en las fincas, permiten apreciar que el agricultor en las fincas ecológicas aplica un mejor reciclaje de nutrientes en el agroecosistema, pues aprovecha los recursos generados en su propio predio y evitando el uso de insumos químicos y sintéticos en los cultivos. Esto hace que sea un sistema agrícola menos demandante de energía externa, produciendo alimentos de manera mas eficiente respecto a la energía que demanda del entorno. Mientras que en las fincas convencionales el resultado mostró una deficiencia en el reciclaje de nutrientes y esto es debido al empleo del monocultivo, lo que hace que haya una eficiencia energética baja. Las causas se dan porque hay una alteración en el flujo energético, generado por la dependencia de insumos químicos y de interferencia humana en las prácticas agrícolas (Gliessmann, 2002).

Para los atributos de innovación, participación y organización, las fincas ecológicas muestran mayor participación tanto en las labores de la fincas, así como, en capacitaciones y organización comunal, esto hace que la familia se sienta involucrada en la producción de los cultivos, su venta y consumo, de esta forma hay un aporte de cada miembro al bienestar del grupo familiar. En el caso de las fincas convencionales, hay una tendencia a que el jefe de familia es el encargado de las labores de la finca, lo que hace que tenga que contratar mano de obra, esto se debe a que su objetivo es la comercialización de lo que produce, por lo tanto requiere de personal para poder cultivar y recoger la cosecha, así como, participa muy poco en capacitación y organización comunal.

### **6.3 El valor del índice de sustentabilidad para cada finca según los indicadores establecidos.**

Se aprecia en la figura siete, que las fincas ecológicas resultaron con índices que las ubican por encima del umbral de sustentabilidad establecido. También se observa que hay cuatro fincas ecológicas con índices altos: El Guerrero, La Loma, LTVA y Jesús María. Las fincas que están por encima del umbral, representan sistemas agrícolas, que por sus características en el empleo de sus prácticas, tienden a ser sustentables. Por el contrario las fincas que están por debajo del umbral, son sistemas que ameritan manejos que corrijan aquellos indicadores que exhiben valores bajos, es decir que las prácticas de manejo en el agroecosistema no son sustentables.

Los indicadores para el análisis y valoración de las fincas en la investigación, resultaron similares con los establecidos en la metodología del MESMIS (Masera, 1999), en lo que se refiere a los requisitos que deben cumplir para ser utilizados, es decir, que dieron información condensada sobre distintos atributos, fueron fáciles de medir, sencillos, claros y concentrados en aspectos del sistema agrícola analizado.

Los resultados obtenidos con los indicadores de la metodología del MESMIS en los diferentes estudios que se han realizado (Monterroso *et al.*, 2004; Guzmán *et al.*, 2004; Masera *et al.*, 2000; Astier *et al.*, 2004; Gomero & Velásquez, 2004, Cárdenas *et al.* 2007), evidencian que los sistemas agrícolas ecológicos tienden a ser sustentables debido principalmente a que presentaron valores altos en los indicadores en los atributos de adaptabilidad, estabilidad, organización, eficiencia y productividad. En esta investigación los resultados son similares, en cuanto a los atributos, sin embargo, el atributo de servicios de los ecosistemas, es novedoso y aportó nuevos fundamentos científicos para demostrar la sustentabilidad de sistemas agrícolas, además permitió darle más énfasis al aporte a la conservación de la biodiversidad local, el manejo de semilla criolla y reducción de gases de cambio climático.

La investigación encontró que en la mayoría de las fincas, el indicador de autosuficiencia alimentaria, presentó un valor igual a uno. Esto hace que la mayoría de las fincas (tanto ecológicas como convencionales) no sean sustentables en el autoconsumo, lo que no concuerda con otros estudios (Moya *et al.*, 2004; Astier *et al.*, 2004) en los cuales las familias campesinas con sistemas ecológicos producen sus propios alimentos y los excedentes son comercializados, es decir, rige como objetivo el autoconsumo, base de la sustentabilidad de las comunidades, por lo que se considera una característica de la agricultura ecológica sustentable. Este aspecto se deberá analizar con mas detalle en próximos estudios, con el objetivo de determinar las causas por las cuales las fincas no apliquen el autoconsumo con mayor importancia, pues según la investigación se encontró que lo producido en la finca es con fines de comercialización y poco se queda para consumo del grupo familiar.

Los resultados en algunas fincas ecológicas muestran valores bajos en ciertos indicadores que es importante analizar porqué hay deficiencias, a pesar que en otros indicadores tienen valores altos. Para el caso de las fincas que tienen valores altos en indicadores de estabilidad, adaptabilidad, eficiencia y productividad, es interesante observar que muestran valores bajos en servicios de los ecosistemas, lo que hace que su índice no sea tan alto. Por lo general son fincas que no conservan bosque y que su agroecosistema esta diseñado para producir únicamente alimentos. Sin embargo este comportamiento esta dado porque son fincas que manejan tres o dos especies agrícolas, en un ambiente de suelo fértil y sin uso de insumos químicos lo que permite que sean sustentables, a pesar que no conserven áreas boscosas o implementen sistemas agroforestales.

Los efectos que podrían producir el corregir dichas prácticas, según lo que muestran los indicadores con valores bajos, debe suponer un reto para el agricultor, pero que se vería beneficiado al aumentar el índice de sustentabilidad. Sin embargo, los indicadores establecidos en la investigación no ofrecen los aspectos técnicos para corregir los valores bajos, pero si ofrecen cual es la deficiencia encontrada y pueden pautar para el agricultor las herramientas necesarias para la toma de decisiones en cuanto al manejo de su finca e implementar las prácticas necesarias para lograr un mayor índice de sustentabilidad.

#### **6.4 El SIG como herramienta novedosa en el análisis de la sustentabilidad de sistemas manejo ecológico y convencional.**

El SIG desarrollado en la investigación, logró mostrar las características de las fincas y el uso de tierra que aplican en su espacio geográfico y que lo hacen, conjuntamente con los indicadores, sustentable o no. El SIG ayudó a establecer las diferencias entre fincas ecológicas y fincas convencionales. En fincas ecológicas se aprecia un incremento de agrobiodiversidad, uso de cercas vivas, presencia de bosque, y sistemas agroforestales o policultivos, que marcan las principales diferencias sobre las fincas convencionales. En fincas convencionales se mostró como es el monocultivo el que abarca el mayor espacio geográfico, a excepción de algunas fincas donde hay presencia de bosque.

Los SIG desarrollados en otros estudios, para el análisis de tierra en diferentes zonas (FAO, 1997; Castillo *et al.*, 2000; García *et al.*, 2002; Dalgaard *et al.*, 2003; Mena *et al.*, 2007) permitieron el desarrollo de modelos geográficos para mostrar el uso de tierra actual y su repercusión en cuanto a manejo de cuencas, manejo de cultivos y desarrollo de comunidades. Igual resultado se obtuvo con el SIG desarrollado en esta investigación con la diferencia de que se emplearon indicadores de sustentabilidad y poder analizar como puede el tipo de manejo beneficiar o en su defecto causar un impacto negativo al paisaje.

Los resultados que mostraron en el índice de sustentabilidad del SIG, usos de tierra con valores entre 4 y 5, son aquellos usos de tierra donde hay un manejo sustentable en cuanto a los atributos de adaptabilidad, estabilidad y servicios de los ecosistemas. Estos usos de tierra pueden proporcionar información para el agricultor como comparación para medir el tipo de manejo que aplica en un uso de tierra con valor a tres, dos o uno, es decir, áreas no sustentables. Las ventajas que presentan para un agricultor establecer un uso de tierra sustentable son: especies de plantas más apropiadas, la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del agroecosistema (Nicholls, 2006).

Finalmente el SIG permitió observar el uso de tierra de sus colindancias y apreciar áreas que son potencialmente sustentables y que aportan como cercas vivas, diversificación vegetal, control de plagas y manejo de la erosión. También se aprecia que fincas con presencia de bosque, pueden aportar como conectividad entre parches de bosque, actuando de esta forma como pequeños corredores biológicos, sin embargo, este es un punto que deberá analizarse mejor con estudios más detallados. Además, el SIG aportó una visión del potencial que juega cada agroecosistema (ecológico y convencional) en la composición del paisaje, se notan más presencia de áreas verde oscuro en las fincas ecológicas y más áreas verde claro en fincas convencionales.



## VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La metodología desarrollada por la investigación, mediante el uso de indicadores y SIG puede ser aplicada y adaptada a diferentes estudios en materia de análisis de sustentabilidad en sistemas agrícolas ecológicos y convencionales, tanto en Costa Rica como en otros países.
2. Los indicadores empleados en la metodología para analizar las fincas resultaron elementos útiles y sencillos, los cuales pueden ser usados por el agricultor o productor, asesores técnicos, organizaciones e instituciones, para proporcionar una visión general del comportamiento de la finca y evaluar el impacto que sus actividades generan al ambiente.
3. Los indicadores de sustentabilidad propuestos están enfocados más hacia el análisis ecológico de los sistemas agrícolas presentes en las fincas, en lo que respecta a la parte económica y social solo se evaluó aspectos sobre las ganancias del cultivo y el aporte de la familia o el agricultor al manejo del agroecosistema.
4. El SIG desarrollado y aplicado en esta investigación resultó ser una herramienta poderosa para el análisis de sustentabilidad de agroecosistemas en conjunto con los indicadores. Además, puede ser utilizado como una herramienta de planificación y toma de decisiones para el manejo de la finca.
5. El SIG se enfocó en mostrar áreas potenciales y no potenciales que tienden hacia la sustentabilidad en la parte ambiental, no se analizaron variables económicas ni sociales, debido a que no se encontró un parámetro para modelarlo en el SIG.
6. La investigación demostró que las fincas con manejo ecológico tienden hacia la sustentabilidad debido a que llevan a cabo prácticas de conservación de suelo, reciclan sus nutrientes, conservación de biodiversidad, mejoramiento del paisaje y hay una mayor participación de la familia en las labores de la finca y en la comunidad.
7. Se expone con claridad los efectos negativos que la aplicación de la agricultura convencional tiene hacia el recurso suelo y el poco aporte en servicios ecosistémicos, ligados a una sobreproducción para la comercialización y un uso de insumos químicos.

8. Los índices de sustentabilidad generados, mediante la valoración de los indicadores, mostraron fincas con valores altos, las cuales pueden ser utilizadas por CEDECO u otras instituciones, como ejemplos para producir alimentos mediante principios y técnicas en agricultura ecológica. También servirá como instrumento de capacitación a productores y agricultores que tomen la decisión de hacer la transición hacia este tipo de agricultura.
9. El resultado de la sustentabilidad para cada una de las fincas, lleva implícito un rol importante del agricultor y su familia, por su participación y organización directa en las actividades productivas de la finca y su visión del entorno ambiental y cultural.
10. Se espera que la metodología desarrollada por esta investigación contribuya en estudios sobre el pago de servicios ecosistémicos a fincas ecológicas, debido a las fincas ecológicas analizadas, llevan a cabo la conservación de la biodiversidad local, posibilidad de conectividad de áreas boscosas y aporte en la reducción del cambio climático.
11. La información analizada y disponible por la base SIG CEDECO, debe estar disponible por los medios electrónicos pertinentes, con el fin de que pueda ser consultada por investigadores, instituciones, organizaciones y agricultores, interesados en la aplicación de la agricultura ecológica y el estudio del desarrollo sustentable.
12. Se recomienda utilizar esta metodología, así como, mejorarla para estudios relacionados con el análisis y la evaluación de la sustentabilidad en sistemas agrícolas ecológicos y convencionales. Debe tenerse en cuenta adaptarla a las condiciones sociales, ambientales y económicas a la región o zona geográfica que se desea analizar.
13. Se recomienda analizar e incluir más fincas con diferentes tipos de cultivos y comparaciones, que permitan el desarrollo de sistemas de producción sustentables, contribuyendo además al campo científico en materia del manejo de sistemas ecológicos y convencionales.
14. Se deberá analizar las fincas nuevamente en un período como mínimo de cada tres años, con el fin de determinar si los índices de sustentabilidad han disminuido o aumentado. Esto contribuirá a determinar sus causas y beneficios de aquellos

agricultores que optaron por aplicar medidas en su sistema agrícola, ya sea en agricultura ecológica o convencional.

15. En lo referente a indicadores sociales y económicos, se recomienda proponer dentro de la metodología, evaluar aspectos tales como: ingresos y egresos de las familias producto de la actividad desarrollada en la finca, análisis costo/beneficio de las prácticas de manejo empleadas, impacto social de la finca en la comunidad, aceptación por parte de la comunidad y visión de la comunidad con respecto al tipo de manejo ecológico y convencional empleado por la familia o el encargado de la finca.
16. Se recomienda investigar y proponer indicadores que evalúen y permitan analizar aspectos relacionados con el impacto ambiental del sistema agrícola empleado por la finca y como puede afectar positiva o negativamente el entorno, así como, aspectos relacionados con la ecología del paisaje.
17. La investigación encontró que en la valoración del indicador de autosuficiencia alimentaria, las fincas presentan valores bajos, por lo que, se recomienda realizar estudios para determinar las causas del poco autoconsumo en la familia y cuales son sus necesidades reales como grupo familiar.
18. Se recomienda al gobierno costarricense y a los gobiernos locales apoyar la agricultura ecológica, mediante créditos con bajos intereses o incorporar sistemas de pago por servicios ecosistémicos, así como, motivar el empleo y capacitación en prácticas agrícolas con principios ecológicos.
19. Implementar programas de educación en agricultura ecológica en instituciones u organizaciones relacionadas con el sector agrícola, para propiciar que más productores hagan la transición en su sistema agrícola.

## VIII BIBLIOGRAFIA CITADA

- Abbona, EA; Sarandón; SJ; Marasas, ME; Astier, M. 2006. **Ecological Sustainability evaluation of traditional management in different vineyard system in Beriso, Argentina.** Rev. Agriculture, Ecosystem and Environment.119: 335-345.
- Ageringenieros. 2007. **Sistemas de Información Geográfica.** Consultado el 27 de setiembre del 2008. <http://www.ageingenieros.com/productos/gis/sistemas.php>
- Altieri, M. 1992. **Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas.** Rev. CLADES. 4: 16-25.
- Altieri, M. 1997. **Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable.** Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Lima, Perú.
- Altieri, M. y Nicholls, C. 2000. **Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable.** Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. ONU-PNUMA.
- Altieri, M. y C.I. Nicholls. 2002. **Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café.** Consultado el 11de mayo de 2008. [www.agroeco.org/doc/SisAgroEvalSuelo2.htm](http://www.agroeco.org/doc/SisAgroEvalSuelo2.htm)
- Altieri, M. y Nicholls, C. 2007. **Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación.** Rev. Ecosistemas. 1: 6-12
- Arias-Giraldo, M y Camargo, C. 2007. **Análisis de Sustentabilidad en unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia (Quindío – Colombia), Cuenca del Río La Vieja.** Consultado el 25 agosto 2007. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/10/aria19149.htm>
- Arias, O. 2005. **Retos para la Agricultura en Costa Rica.** Rev. Agronomía Costarricense, 29: 157-166.
- Armiño, K. 2000. **Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo.** Icaria Editorial-Hegoa. España.
- Arroyo, L. 1997. **Método de evaluación de tierras para cultivos anuales por medio del Sistema de Información Geográfica: Estudio de caso (distrito de Upala).** Rev. Agronomía Costarricense 21: 83-97.

- Astier, M. y Maser, O. 1997. **Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)**. GIRA, Patzcuaro, México.
- Astier, M; Pérez, A; Ortiz, T; Mota, F. 2004. **Sustentabilidad de sistemas campesinos de maíz después de cinco años: el segundo ciclo de evaluación MESMIS**. Rev. LEISA. Edición Especial: 39-47.
- Bifani, P. 1995. **El desafío ambiental como un reto a los valores de la sociedad contemporánea**, Master en Educación Ambiental, Fundación Universidad-Empresa, 3a. edición, Madrid.
- Canuto, J. 1998. **Agricultura Ecológica en Brasil**. Tesis entregada como parte de los requerimientos para la obtención del título de Doctor Ingeniero Agrónomo. Programa Agroecología, Campesinado e Historia ISEC – Instituto de Sociología y Estudios Campesinos ETSIAM – Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes Universidad de Córdoba España. 256 p.
- Cárdenas G I, Giraldo H, Idárraga A y Vásquez L N S.F. 2007. **Desarrollo y Validación de Metodología para Evaluar con Indicadores la Sustentabilidad de Sistemas Productivos Campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia–ACOC**. Consultado el 26 de agosto 2008. [http://www.javeriana.edu.co/fear/m\\_des\\_rur/documents/Cardenas-presentacion.pdf](http://www.javeriana.edu.co/fear/m_des_rur/documents/Cardenas-presentacion.pdf)
- Castillo, E., Merlet, H., Janssen, P., Van Leeuwen, A. 2000. **Informe Técnico No. 1. Sistema de información de recursos de tierras para la planificación. Una herramienta de apoyo para la planificación y ordenamiento del uso del territorio**. Santiago, Chile. (Proyecto FAO GCP/RLA/126/JPN).
- Castro, J., Amador, M. 2006. **Enfoque metodológico: emisión de gases efecto invernadero, la fijación de carbono y la agricultura orgánica**. Aportes para la Educación. San José, Costa Rica.
- Castro, J., Amador, M. 2007. **Proyecto emisión de gases efecto invernadero y agricultura orgánica: sistematizaciones metodológicas**. Aportes para la Educación. San José, Costa Rica.

- CECADESU. 2007. **Prever el Futuro: el Desarrollo Sustentable**. Consultado el 22 de setiembre de 2008. [www.cecadesu.semarnat.gob.mx](http://www.cecadesu.semarnat.gob.mx)
- Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles (CIMS). 2005. **Oferta de productos orgánicos y comercio equitativo en Centroamérica**. Financiado por Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza. Costa Rica.
- Crabtree, B. y Bayfield, N. 1998. **Developing Sustainability Indicators for Mountain Ecosystems: a study of the Cairngorms Scotland**. Rev. Journal of Environmental Management. 52: 1-14.
- Dalgaard, T.; Hutchings, J.; Hansen, J.; Borgesen, C. 2003. **Agroecology and GIS: Managing interactions between agriculture, nature and economy**. In: Helming K and Wiggering H (eds.): Sustainable Development of Multifunctional Landscapes.
- Doran, J and Parkin, T. 1996. **Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set**. In JW Doran *et al.* (ed) Methods for assessing soil quality. SSSA Spec. Publ. 49. ASA and SSSA, Madison WI. USA. 25-37.
- Fallas, Jorge. 1999. **¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?** TELESIG, Escuela de Ciencias Ambientales y Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 35p.
- FAO. 1997. **Zonificación Agroecológica. Guía General**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2007. **El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación**. Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica. Dirección de Comunicación. Roma, Italia.
- Fernández, C. y Muschler, R. 1999. **Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central**. En Desafíos de la caficultura en Centroamérica. IICA, Costa Rica. 69-97.

- Flora, J., Butler, C. 2007. **El marco de los capitales de la comunidad**. Serie Interamericana de Conferencias Científicas Henry A. Wallace, 14-17 de mayo, 2007 (en línea). Consultado el 29 octubre 2008.  
[http://www.catie.ac.cr/CatieSE4/htm/5Conferencia\\_Wallace/resumenes/Microsoft%20PowerPoint%20-%20CFlora%20Conference%20Presenta.pdf](http://www.catie.ac.cr/CatieSE4/htm/5Conferencia_Wallace/resumenes/Microsoft%20PowerPoint%20-%20CFlora%20Conference%20Presenta.pdf)
- Fundación ILEA. 2007. **Agricultura Sostenible. Ideas básicas y experiencias**. Asociación ETC Andes. Perú. 55 p.
- García, J. 2002. **Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica y su relación con América Latina**. En Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 64: 116-124.
- Gliessmann, S.R. 2000. **Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture**. CRC/Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida.
- Gliessmann, Stephen. 2002. **La biodiversidad y estabilidad de los agroecosistemas**. En La Práctica de la Agricultura y Ganadería Ecológicas. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 2da Ed. Sevilla, España. 69-87.
- Gomero OL & Velásquez, HA. 2004. **Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona de trópico húmedo de Perú**. Rev. LEISA, Edición Especial: 47-57.
- Granados, E. 2005. **Actualidad de la Agricultura Orgánica en Costa Rica**. Rev. Ambientito.145: 4-10.
- Guazzelli, A.; Meirelles, L.; Barreto, R.; Rodríguez, A.; Motter, C.; Rupp, C. 2007. **Servicios del agroecosistema: una experiencia en la Sierra Gaucha**. Rev. LEISA. 22: 5-8.
- Guerra, V. y Ochoa, S. 2006. **Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso de suelo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000)**. Rev. Investigaciones Geográficas. 59: 7-25.
- Gustavson, K.; Lonergan, S.; Ruitenbeek, J. 1999. **Selection and Modeling of Sustainable Development Indicators: a case study of the Fraser River Basin, British Columbia**. Rev. Economic Anthropology. 11: 15-41.

- IPCC, 2007: **Cambio climático 2007: Informe de síntesis**. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- Labrador, A. 2002. **El manejo del suelo en la agricultura ecológica**. En *La Práctica de la Agricultura y Ganadería Ecológicas*. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 2da Ed. Sevilla, España. 43-68.
- Leff, E. 1996. **La Capitalización de la Naturaleza y las Estrategias Fatales de la Sustentabilidad**. *Rev. Formación Ambiental* 16: 17-20.
- Leff, E. 2001. **Tiempo de Sustentabilidad**, en H. Muñoz y R. Rodríguez (eds.), *La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, México. 129-139.
- Leguía, H.; Alessandria, E.; Sánchez, J.; Zamar, J.; Pietrarelli, L.; Arborno, M. 2008. **recuperación del suelo: prácticas agroecológicas en sistemas agrícolas extensivos de Córdoba, Argentina**. *Rev. LEISA* 24: 17-20.
- López-Ridaura, S.; Masera, O.; Astier, M. 2001. **Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: El marco MESMIS**. *Rev. LEISA*. 16: 25- 27.
- Masera, O.; Astier, M.; López-Ridaura, S. 1999 **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. Mundiprensa, GIRA, UNAM, México.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. 2000. **Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural**. MundiPrensa-GIRAUNAM, México.
- Martínez, R. 2002. **Agroecología: atributos de sustentabilidad**. *Rev. Intersedes*. 5: 16-27
- Martínez, R. 2005. **Crisis del modelo convencional global: caso agrario**. *Rev. Comunicación*. 14: 60-69.
- Mena, C.; Ormazabal, Y.; Llanos, J.; Díaz, J. 2007. **Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para mejorar la gestión del agua de riego del embalse Convento Viejo, Chile**. *Rev. Agricultura Técnica* 67: 49-59.



- Méndez, V. y Bacón, C. 2007. **Procesos ecológicos y medios de vida agrícolas en el cultivo del café bajo sombra**. Rev. LEISA. 22: 26-28.
- Monterroso, N. 2004. **Evaluación social de la sustentabilidad de dos comunidades rurales del Estado de México**. Red Internacional para el Manejo Sustentable de los Recursos Naturales, Toluca, México.
- Monzote, F.; Hernández, A.; Bello, R.; Álvarez, A. 2008. **Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos**. Rev. LEISA. 24: 9-12.
- Mooney, P. 1993. **Structure and Connectivity as measures of sustainability in Agroecosystems**. in J.S. Marczyk and D.B. Johnson (eds) Sustainable Landscape, Proceedings of the Third Symposium of CSLEM, Alberta, June 1992, Polyscience Publ. Inc., Marin Heights, Canada. 13-25.
- Moya, X.; Caamal, A.; Ku Ku, B.; Chan, E.; Flores, J. 2004. **La agricultura campesina de los Mayas en Yucatán**. Rev. LEISA. Edición Especial: 7-17.
- Nicholls, C. 2006. **Bases Agecológicas para Diseñar e Implementar una Estrategia de Manejo de Hábitat para Control Biológico de Plagas**. Rev. Agroecología 1: 37-48.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 1998. **Towards Sustainable Development Environmental Indicators**. París.
- Roschewitz, I.; Gabriel, D.; Tschardtke, T.; Thies, C. 2005. **The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming**. Rev. Journal of Applied Ecology 42: 873-882.
- Romera, M y Guerrero, L. 2007. **Agricultura Ecológica: conceptos básicos**. Consultado 26 setiembre 2008.  
[http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/agricultura\\_ecologica.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica.asp).
- Ruesga, Ana. 2002. **Caracterización de la Agricultura Sostenible**. En La Práctica de la Agricultura y Ganadería Ecológicas. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 2da Ed. Sevilla, España. 357-372.
- Sano, E., Barcellos, O.; Becerra, H. 2000. **Assesing the Spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna**. Rev. Pasturas Tropicales. 22: 2-15.

- Sarandón, S. 2002. **El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas.** En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Cap 20: 393-414.
- Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). 2008. **Boletín Estadístico N°18.** San José, Costa Rica.
- Segnestam, L. 2000. **Desarrollo de indicadores. Lecciones aprendidas de América Central.** Proyecto CIAT-Banco Mundial-PHUMA.
- Smith, C. and McDonald, G. 1998. **Assesing the Sustainability of Agriculture at the Planning Stage.** Rev. Journal of Environmental Management. 52: 15-37.
- Thomas, N. 2007. **Tendencias en el uso de SIG para la agricultura.** Consultado el 16junio 2008. [http://www.esri.com/industries/agriculture/files/seminario\\_agricultura.pdf](http://www.esri.com/industries/agriculture/files/seminario_agricultura.pdf).
- Toledo, V., 1997. **¿Que es la etnoecología? Orígenes, alcance e implicaciones de una disciplina en creciente ascenso.** En: Colectivo de Estudios Marxistas, 1997. *Nacionalismo - internacionalismo: una visión dialéctica.* Sevilla- Bogotá: Muñoz-Moya Editor. 159-177.
- Toledo, C. y Provencio, E. 1998. **La construcción de regiones sustentables en el medio rural: el nuevo sujeto de la gestión regional.** En F. Torres (coord) Desarrollo regional y urbano en México a finales del siglo XX. Una agenda de temas pendientes, tomo IV. Medio ambiente y desarrollo regional sustentable, México, AMACIDER, A.C., UAEM y IIE. 21-54.
- Torres, P.; Rodríguez, L.; Sánchez, O. 2004. **Evaluación de la Sustentabilidad del Desarrollo Regional. El marco de la agricultura.** Rev. Región y Sociedad 29: 109-144.
- Valerio, C. 1999. **Costa Rica: ambiente y biodiversidad.** 1 ed. Instituto Nacional de Biodiversidad. INBIO. Santo domingo de Heredia. 140 p.
- Weibull, A.; Östman, Ö.; Granqvist, A. 2003. **Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management.** Rev. Biodiversity and Conservation. 12: 1335-1355.

Winograd, M.; Farrow, A.; Eade, J. 1998. **Atlas de indicadores ambientales y sustentabilidad para América Latina y el Caribe**, versión 1, Colombia, CIAT/PHUMA.

Instituto Mundial sobre Recursos (WRI). 2005. **World Resources 2005: the wealth of the poor – managing ecosystems to fight poverty**. En colaboración con PNUD, PNUMA y Banco Mundial. Washington, DC, WRI.

## IX ANEXOS

### 9.1 Anexo 1: Formularios de campo

Se presentan los formularios utilizados para la recolección de datos en el campo sobre la información de la agrobiodiversidad, comunidades vegetales e infraestructura presentes en cada una de las fincas.

<b>INFRAESTRUCTURA PRESENTE EN LA FINCA</b>			
Ubicación (Finca):		Fecha:	
Investigador (a):			
<b>CONSTRUCCIONES:</b>		<b>SERVICIOS PUBLICOS</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tipo</b>	Si    No
Casas		Teléfono	
Bodegas		Electricidad	
Lecherías		Agua	
Establos		Gas	
Pozos		Otro:	
Otro:			
<b>CAMINOS</b>		<b>TIPO DE CERCA</b>	
<b>Cantidad</b>		<b>Características</b>	
Dentro de la finca		Viva (describa la especie utilizada)	
Fuera de la finca		Postes (describa el tipo de poste y material )	
Observaciones:		Electrificada	
		Observaciones:	
Otros datos que puedan describir la infraestructura de la finca:			

Formulario elaborado por el autor, 2008.

## COMUNIDADES DE PLANTAS PRESENTES EN LA FINCA

COMUNIDADES NATURALES		No. (sitio) _____	Punto de observación _____	
Investigadores _____				
Ubicación (Finca) _____				
Nombre de la comunidad (bosque, tacotal, charral, cultivo) _____			Fecha _____	
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>				
Número de estratos	uno	dos	tres	
Estacionalidad de la vegetación	siempre verde	semideciduo	deciduo	
Presencia de epífitas	abundante	presente	escasa	ausente
Presencia de musgos	abundante	presente	escasa	ausente
Presencia de bejuco y lianas	abundante	presente	escasa	ausente
<u>Densidad de la cobertura</u>	<u>Presencia de claros</u>	<u>Porcentaje de suelos desnudos</u>	<u>Drenaje</u>	<u>Otras características</u>
Denso	Abundante	Alto	Muy pobre	
Medio	Presente	Medio	Pobre	
Ralo	Escasa	Bajo	Moderado	
	Ausente		Bien drenado	
<b>ESTRUCTURA DE LA VEGETACION Y DOMINANCIA</b>				
Coloque una X en el cuadro apropiado para indicar la densidad de la vegetación para cada estrato de árboles, para arbustos y hierbas. Además escriba las especies dominantes para cada estrato				

DENSIDAD	ARBOLES (altura en metros)													Arbustos		Hierbas	
	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	2-5	1-2	1-2	<1	
Porcentaje																	
Densa																	
Algo abierta																	
Abierta																	
Muy abierta																	
Rala																	

<b>AGROBIODIVERSIDAD</b>	
Ubicación (Finca):	Fecha:
Investigador (a):	
TIPOS DE CULTIVO	MANEJO DEL CULTIVO
	Monocultivo ____ bicultivo ____ policultivo ____ agroforestal ____
	Monocultivo ____ bicultivo ____ policultivo ____ agroforestal ____
	Monocultivo ____ bicultivo ____ policultivo ____ agroforestal ____
	Monocultivo ____ bicultivo ____ policultivo ____ agroforestal ____
<p>¿Tiene árboles frutales? Si ____ No ____</p> <p>¿Cuáles especies tiene plantadas? ____</p> <p>¿Cuántos árboles tienen aprox. plantados? ____</p> <p>¿Cuántos árboles aprox. están en producción? ____</p>	
<p>Para las actividades del cultivo ¿acostumbra? (marcar más de una opción según el caso)</p> <p>¿Usar semilla mejorada? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar semilla criolla? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar fertilizantes químicos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar abonos orgánicos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar insecticidas o herbicidas? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar barbechos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar rotación de cultivos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar tractor para labrar el suelo? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar biofertilizantes? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>¿Usar labranza mínima? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	
OBSERVACIONES:	

Formulario elaborado por el autor, 2008.

## 9.2 Anexo 2: Fotos

Se presentan diferentes fotos de las fincas analizadas y visitadas en la investigación.



**Foto 1:** vista de cultivos de lechuga y culantro de la finca Guadalupe.

Autor: Greivin Fallas B. 2008.



**Foto 2:** Panorámica de la finca Hnos. Rodríguez, cultivo de papa.

Autor: Jonathan Castro, 2007.



**Foto 3:** Panorámica de la finca La Esperanza.

Autor: Greivin Fallas B. 2008.



**Foto 4:** Vista de uno de los invernaderos de la finca El Guerrero.

Autor: Jonathan Castro, 2008.





**Foto 5:** Vista de diferentes cultivos de la finca Jaime Chávez  
Autor: Jonathan Castro, 2008.



**Foto 6:** Vista panorámica de la finca Delfín Alfaro.  
Autor: Jonathan Castro, 2007



**Foto 7:** Vista de uno de los invernaderos de la finca J & B.

Autor: Jonathan Castro, 2007.



**Foto 8:** Plantas de café de la finca Bernardo Naranjo.

Autor: Jonathan Castro, 2008.



**Foto 9:** cafetal de la finca Olmán Diaz.

Autor: Jonathan Castro, 2007.



**Foto 10:** Vista panorámica del cafetal de la Finca La Loma.

Autor: Greivin Fallas B. 2008.



**Foto 11:** Vista del propietario y cafetal de la finca Marcos Vindas.  
Autor: Jonathan Castro, 2007.



**Foto 12:** Vista de la abonera de la finca Los Bobos.  
Autor: Jonathan Castro, 2008.



**Foto 13:** Vista de la Finca LTVA.

Autor: Jonathan Castro, 2007.



**Foto 14:** Vista del ganado presente en la finca Rancho Alegre.

Autor: Jonathan Castro, 2007.