

La aplicación de indicadores en el recurso suelo para evaluar la sostenibilidad de la microrregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica

Fecha de recepción: 07/12/06

Fecha de aceptación: 30/03/07

Francisco Rodríguez Barrientos¹

Rodolfo Jiménez Céspedes²

Palabras clave

Suelo, microrregión Platanar-La Vieja, criterio de experto, indicador, índice, dimensión de análisis, aporte a la sostenibilidad, fincas, ganadería de leche, caña de azúcar, hortalizas.

Key words

Soil, Platanar-La Vieja microregion, expert guidelines, indicator, index, dimensions of the analysis, contribute to sustainability, farms, cattle of milk, sugarcane, horticulture.

Resumen

Partiendo del criterio de expertos, se diseñó un conjunto de indicadores en tres *dimensiones de análisis* (forestal, suelos y control de plagas y enfermedades) al

que se denominó *Índice Aproximado de Sostenibilidad para las Fincas de una Microrregión* (IASOFIMICRO). El índice permitió evaluar el nivel de aporte de las fincas (alto, medio y bajo) a la sostenibilidad y se aplicó a la ganadería de leche, la caña de azúcar y la horticultura, que son las actividades agropecuarias más relevantes de la microrregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica. En el artículo se presentan los resultados parciales de una investigación de campo, específicamente para la dimensión de análisis suelo, comparando el desempeño de las tres actividades estudiadas, según su aporte a la sostenibilidad.

Abstract

There has been a great interest in designing and applying indicators to quantify and

1 Escuela de Ciencias y Letras, Sede Regional San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correos electrónicos: frdriguez@itcr.ac.cr • franroba@costarricense.cr

2 Escuela de Ciencias y Letras, Sede Regional San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correos electrónicos: rodjimenez@itcr.ac.cr • rodolfojc@costarricense.cr

Los problemas ambientales se aceleraron sustancialmente durante las últimas décadas, hasta el punto de que el problema es hoy planetario, aunque con peculiaridades locales, dependiendo de la historia, niveles de desarrollo social y económicos, marco jurídico, formas de explotación de los recursos naturales, niveles de respuesta comunal, etc.

monitor how sustainable agricultural activities behave in different territorial areas. Based on experts' guidelines a set of indicators were designed in three dimensions of the analysis (forest, soil, plagues and diseases). This instrument is known as APROXIMATE INDEX OF SUSTAINABILITY FOR FARMS OF A MICROREGION. This index facilitates to measure the level of contribution to sustainability: low, medium, high. This index was applied to some of the most relevant agricultural activities: cattle of milk, sugar cane and horticulture of Platanar- La Vieja microregion, San Carlos River hydrographic basin, Costa Rica. This article compares performance in these three activities according to their sustainable in soil dimension. It also provides theoretical considerations about relevant concepts used in the research, like indicators, indexes, farm and expert guidelines.

Antecedentes

Los problemas ambientales se aceleraron sustancialmente durante las últimas décadas, hasta el punto de que el problema es hoy planetario, aunque con peculiaridades locales, dependiendo de la historia, niveles de desarrollo social y económicos, marco jurídico, formas de explotación de los recursos naturales, niveles de respuesta comunal, etc. (Jacobs, 1997; Gudynas, 2002).

En la actualidad, se requiere una gestión económica que implemente tecnologías sostenibles en el manejo de los recursos naturales, especialmente en el ámbito geográfico, económico, social, político y cultural, conformado por las cuencas hidrográficas.

Las *cuencas hidrográficas*, y otros ámbitos geográficos desprendidos de ellas como las microrregiones o microcuencas,

constituyen espacios multidimensionales idóneos para la gestión de los recursos naturales, pero también para conservarlos o recuperarlos (Ramakrishna, 1997).

Las actividades económicas –sobre todo las agropecuarias– pueden variar en el ámbito geográfico de las cuencas (o de una microrregión o de cualquier otra unidad geográfica seleccionada) a lo largo del tiempo y esta variación implica distintos usos del suelo y la implementación de diferentes tecnologías en la explotación y transformación de los recursos naturales (Bifani, 1997).

Las actividades económicas suelen tener un carácter permanente y constituyen la base material de existencia de las sociedades humanas (Rojas *et al.* 2002). Tal relevancia se vuelve evidente en la cuenca del río San Carlos, pues de la gestión sostenible de sus recursos naturales dependen la economía y las comunidades asentadas en su territorio.

Autores como Müller (1996), Sepúlveda (2002) y Martínez (2004) ponen de manifiesto la necesidad de elaborar índices e indicadores que midan, espacial y temporalmente, la sostenibilidad de un territorio, y que a la vez incentiven una gestión racional y adecuada de sus recursos naturales mediante un monitoreo permanente.

Ante la imperiosa necesidad de proteger y conservar los recursos naturales y desconociendo cómo evaluar el aporte de las fincas agropecuarias en relación con la sostenibilidad existente en la microrregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica, se diseñó y aplicó, a partir de indicadores agropecuarios, una investigación, parte de cuyos resultados se presentan en el presente trabajo, específicamente los relacionados con la dimensión de análisis suelo.

Objetivos

General

Evaluar el aporte de las fincas agropecuarias (lecheras, cañeras y hortícolas) a la sostenibilidad de la microrregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica.

Específicos

Elaborar un conjunto de indicadores agropecuarios que faciliten evaluar el aporte de las fincas a la sostenibilidad de la microrregión objeto de estudio, tomando en cuenta sus condiciones físicas y productivas.

Determinar y comparar el aporte a la sostenibilidad de las fincas agropecuarias (lecheras, cañeras y hortícolas) de la microrregión Platanar-La Vieja, según la dimensión de análisis suelo.

Conceptos básicos

Indicadores

Para el estudio realizado en la microrregión Platanar-La Vieja se adoptó la definición y caracterización hecha por Salazar (1999), para quien los indicadores “son parámetros (por ejemplo, una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (por ejemplo, modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables dentro de un ámbito territorial determinado” (Salazar, 1999:7). Este territorio puede estar constituido por una microcuenca, una cuenca, una microrregión, etc.

Los indicadores se construyen sobre datos primarios que la investigación de campo o bibliográfica brinda. Los indicadores “representan un modelo empírico de la

realidad, no la realidad misma, pero deben, sin embargo, tener la factibilidad de ser analizados y una metodología de medición fija (...) Los indicadores implican un modelo o conjunto de supuestos que relacionan al indicador con un fenómeno más complejo” (Sepúlveda *et al.* 2002: 19).

Índice

Cuando los indicadores se agregan forman índices que sirven para medir el desempeño de las fincas en relación con objetivos y prácticas de sostenibilidad. Los índices facilitan el monitoreo permanente de la unidad de análisis escogida (Sepúlveda *et al.* 2002; Proyecto MESMIS, 2003).

Para el estudio, se ha escogido la definición elaborada por Salazar (1999), que en cuanto a *Índice* dice: “Es una agregación de estadísticas y/o indicadores, los cuales resumen a menudo una gran cantidad de información relacionada, usando algún procedimiento sistemático de ponderación, escala y agregado de variables múltiples en un único resumen” (Salazar, 1999: 8).

Se recomienda ajustar los indicadores y los índices a las condiciones concretas de las *unidades de análisis* que van a estudiarse (ya sean fincas, cuencas, microrregiones, distritos, cantones, actividades agropecuarias, etc.) y a las *dimensiones de análisis* escogidas. De esta manera, los indicadores e índices deberán considerar, por ejemplo, las actividades productivas existentes o las condiciones topográficas, climáticas y ambientales.

Cuando se diseñan y aplican metodologías de medición, no se pueden ignorar las condiciones concretas de las *unidades de análisis*. Los ajustes, correcciones y adaptaciones son indispensables cuando se trabaja con indicadores e índices.

El índice utilizado en el estudio recibió el nombre de Índice Aproximado de Sostenibilidad para las Fincas de una Microrregión (IASOFIMICRO).

Cuando los indicadores se agregan forman índices que sirven para medir el desempeño de las fincas en relación con objetivos y prácticas de sostenibilidad. Los índices facilitan el monitoreo permanente de la unidad de análisis escogida

Dimensiones de análisis

Sepúlveda (2002) considera *dimensiones de análisis* a las diversas facetas contenidas en la concepción amplia de sostenibilidad (ambientales, sociales, económicas, políticas, culturales, institucionales). Si bien es cierto lo recomendable es seleccionar indicadores provenientes de varias dimensiones de análisis, no siempre esto es factible, lo que obliga al investigador a concentrarse en un solo aspecto (como lo ambiental, lo social o lo económico) y derivar de él las dimensiones de análisis que mejor se ajusten a sus objetivos (Sepúlveda, 2002).

Las dimensiones de análisis escogidas deben ser altamente significativas para evaluar la sostenibilidad ambiental. También debe tomarse en cuenta el que esas dimensiones de análisis (y los indicadores que la expresan) hayan sido empleadas en metodologías y trabajos previos, lo cual confirma tanto su validación como su relevancia en el estudio de los niveles de sostenibilidad (o insostenibilidad) de las unidades de análisis que se hayan seleccionado (fincas, microcuencas, microrregiones, cuencas) (Altieri y Nicholls, 2002; Méndez y Gliessman, 2002).

Para el estudio se escogieron como *dimensiones de análisis* los *forestales*, los *suelos* y el *control de plagas* y enfermedades.

Unidad de análisis. Las fincas

La *unidad de análisis* “es la unidad espacial o espacio territorial en el cual se realiza el análisis y evaluación de su desarrollo sostenible” (Sepúlveda *et al.* 2002: 18). La unidad de análisis la escoge el investigador según los objetivos que persiga, pudiendo estar constituida por fincas, microcuencas, subcuencas, cuencas, distritos, cantones, etc.

Consecuentemente, para el estudio la finca fue conceptualizada como *las explotaciones agropecuarias, generalmente de propiedad privada, cuyo propósito es la ganancia*

o la sobrevivencia (sic), y que colocan su producción en el mercado, que es lo más frecuente, o la dedican al consumo familiar, ya sea parcial o íntegramente.

Metodología

Muestra

La investigación se realizó asumiendo como unidad espacial de análisis la microrregión Platanar-La Vieja, perteneciente a la cuenca del río San Carlos, Costa Rica.

La investigación partió de estudios previos de Rodríguez (2002), Araya (2004) y Rodríguez *et al.* (2004), quienes confirman que en dicha microrregión las principales actividades agropecuarias son la ganadería lechera, la caña de azúcar y la horticultura.

El universo en estudio estuvo constituido por 442 fincas: 249 lecheras, 141 cañeras y 52 hortícolas.

Para obtener el tamaño deseado de la muestra, se usó el programa computacional STATS, versión 11, 1998 (contenido en Hernández *et al.* 1999). Por las características del universo, la muestra debía ser estratificada. El programa STATS citado determinó que era necesario tomar una muestra de 144 fincas, las cuales se distribuyeron proporcionalmente entre los tres “estratos” o actividades agropecuarias: ganadería lechera, caña de azúcar y hortalizas. De esta manera, la muestra quedó constituida por 80 fincas lecheras, 47 cañeras y 17 de hortalizas.

Todas las fincas fueron numeradas y del programa informático de cálculos aleatorios STATS, versión 11, 1998 se sacaron series aleatorias para cada una de las actividades económicas. Así se obtuvo la lista definitiva de las fincas por encuestar. El nivel de confianza de la muestra es del 95%.

Técnicas de investigación utilizadas

Cuestionario

Para recolectar la información, se elaboró un cuestionario con 63 preguntas cerradas.

El universo en estudio estuvo constituido por 442 fincas: 249 lecheras, 141 cañeras y 52 hortícolas.

Todas las fincas fueron numeradas y del programa informático de cálculos aleatorios STATS, versión 11, 1998 se sacaron series aleatorias para cada una de las actividades económicas. Así se obtuvo la lista definitiva de las fincas por encuestar. El nivel de confianza de la muestra es del 95%.

Para validarlo se tomaron al azar 10 fincas de la microrregión en estudio (cinco de leche, tres de caña y dos de hortalizas). Una vez corregido y validado, se aplicó en las fincas de la muestra escogida. La información recolectada fue procesada y ordenada en programas *Excel* de Microsoft Office, 2003 y SPSS, versión 11 para Windows, 2004.

Criterio de experto

El criterio de experto es una técnica muy difundida en la investigación social y constituye un medio expedito y valioso para obtener información sobre las temáticas que se desean abordar. Por sus conocimientos y experiencia, los expertos sintetizan información útil para los investigadores (Niederland *et al.* 1986). Los expertos suelen ser profesionales o investigadores con información amplia y pertinente sobre los temas en estudio y son seleccionados de acuerdo con los fines de la investigación (Lester, 1993).

Asumiendo los criterios de Niederland *et al.* (1986) y Lester (1993), quienes refieren que es recomendable diversificar las fuentes de información cuando se emplea esta técnica de investigación, y que el número de expertos depende de los objetivos que se persigan, considerando este entre cinco

y siete como adecuados, para el estudio se tomó el mayor (siete), cumpliendo el equipo de expertos con los siguientes requisitos: ser profesionales en Agronomía; tener como mínimo quince años de ejercicio profesional; contar al menos con el título académico de maestría; tener experiencia profesional de campo; haber participado en proyectos de investigación y extensión, especialmente en agricultura sostenible y haber realizado publicaciones (documentos técnicos; materiales didácticos, artículos científicos o divulgativos; ponencias en congresos; libros).

Las tareas realizadas por los expertos para el estudio fueron las siguientes:

- Seleccionar las dimensiones de análisis del IASOFIMICRO.
- Escoger los indicadores de cada una de las dimensiones de análisis del IASOFIMICRO.
- Otorgar el puntaje correspondiente a los indicadores según dimensión de análisis.
- Otorgar el puntaje correspondiente a las dimensiones de análisis del IASOFIMICRO.
- Otorgar el puntaje para definir los distintos rangos del aporte de las fincas a la sostenibilidad (alto, medio, bajo).

Los expertos suelen ser profesionales o investigadores con información amplia y pertinente sobre los temas en estudio y son seleccionados de acuerdo con los fines de la investigación (Lester, 1993)

Cuadro 1. Indicadores de la dimensión suelo, rangos del aporte de estos a la sostenibilidad de las fincas y subtotal para la dimensión suelos según el criterio de los expertos

Indicadores	Aporte a la sostenibilidad		
	Puntaje		
	Bajo	Medio	Alto
Prácticas de conservación de suelos	1,15	1,15><2,31	2,31
Tipo de preparación del suelo	0,43	0,43><2,52	2,52
Frecuencia en la preparación del suelo	0,14	0,14><2,79	2,79
Tipo de fertilización de suelos	0,64	0,64><4,30	4,30
Área que sustituye el abono orgánico	0,11	0,11><1,78	1,78
Lugares de donde se obtienen los materiales para elaborar el abono orgánico	0,61	0,61><2,21	2,21
Subtotal dimensión suelos	≤ 3,08	>3,09< 15,91	≥ 15,91 ≥

Fuente: Rodríguez, 2006.

Se hicieron comparaciones de medias poblacionales con muestras grandes para el caso de la ganadería de leche y de la caña de azúcar. Para el caso de la horticultura, al manejarse una muestra de 17 casos se hizo necesario proceder de modo diferente al establecer comparaciones con las actividades lechera y cañera: del total de fincas lecheras y cañeras, se tomaron muestras aleatorias (respectivamente 30 y 22), lo que condujo a diferencias mínimas en los puntajes promedios y las desviaciones estándares iniciales en relación con la nueva muestra.

El equipo de expertos seleccionó *el manejo forestal, de los suelos y de las plagas y enfermedades* como *dimensiones de análisis* altamente significativas para evaluar la sostenibilidad de una finca. La información suministrada por los expertos fue procesada en programas SPSS versión 11 para Windows, 2004 y *Excel* de Microsoft Office, 2003.

En el cuadro 1 se muestra la selección de indicadores hecha por el equipo de expertos para la dimensión suelos, más el puntaje según su aporte a la sostenibilidad (bajo, medio, alto) por cada indicador y para el conjunto de la dimensión de análisis suelo.

Análisis estadístico

Para establecer la existencia de diferencias significativas entre los promedios ponderados de las actividades económicas consideradas en la presente investigación (ganadería de leche, caña de azúcar y horticultura), se realizaron ensayos con pruebas de hipótesis. Posteriormente, se procedió de forma similar con las *dimensiones de análisis* de cada actividad. Todas las pruebas se hicieron utilizando *un nivel de significancia del 0,05*.

En la mayoría de los casos, se usó la distribución normal, excepto para aquellos donde las muestras fueron menores a 30 (como fue el caso de la actividad hortícola). Se quería tener muestras inferiores a 30 fincas para aplicar válidamente la distribución t – student (Lind *et al.* 2000).

Se hicieron comparaciones de medias poblacionales con muestras grandes para el caso de la ganadería de leche y de la caña de azúcar. Para el caso de la horticultura, al manejarse una muestra de 17 casos se hizo necesario proceder de modo diferente al establecer comparaciones con las actividades lechera y cañera: del total de fincas lecheras y cañeras, se tomaron muestras aleatorias (respectivamente 30 y 22), lo que condujo a diferencias mínimas en los puntajes promedios y

las desviaciones estándares iniciales en relación con la nueva muestra.

Resultados y discusión

Prácticas de conservación de suelos

Excepto las *barreras vivas* y las *coberturas vivas* en las fincas lecheras y las *curvas de nivel* (o *cultivos en contorno*) y la *rotación de cultivos* en la actividad hortícola, el resto de las prácticas de conservación recomendadas no están suficientemente extendidas en las fincas estudiadas de la microrregión Platanar-La Vieja, especialmente en las fincas lecheras y cañeras (Gráfico 1).

Las *barreras vivas* y las *coberturas vivas* son inherentes a los pastizales y protegen los suelos, respectivamente, de la lluvia y de las escorrentías, aspecto coincidente con lo expresado por Pezo e Ibrahim (1999) y Núñez (2001).

Nebel y Wright (1999) refieren que los pastizales sirven para controlar la erosión, pues al estar bien arraigados, cuando el volumen y la velocidad de las escorrentías pluviales aumentan, se forma una alfombra homogénea sobre la que fluye el agua, evitando o disminuyendo los daños al suelo. Núñez (2001) afirma que los pastizales atenúan la velocidad del viento y ayudan a retener las partículas del suelo.

Con las excepciones señaladas, los bajos índices de ejecución de las prácticas de conservación de suelos seleccionadas por el panel de expertos pueden ser atribuidos a lo señalado por Arias (2001) y Núñez (2001), quienes plantean que la *erodabilidad* depende tanto de las características físicas del suelo como del manejo del terreno y los cultivos. Núñez (2001) indica, asimismo, que formas de manejo del suelo que apliquen desechos de la cosecha e implementen cultivos en contorno, terrazas, cultivos de cobertura

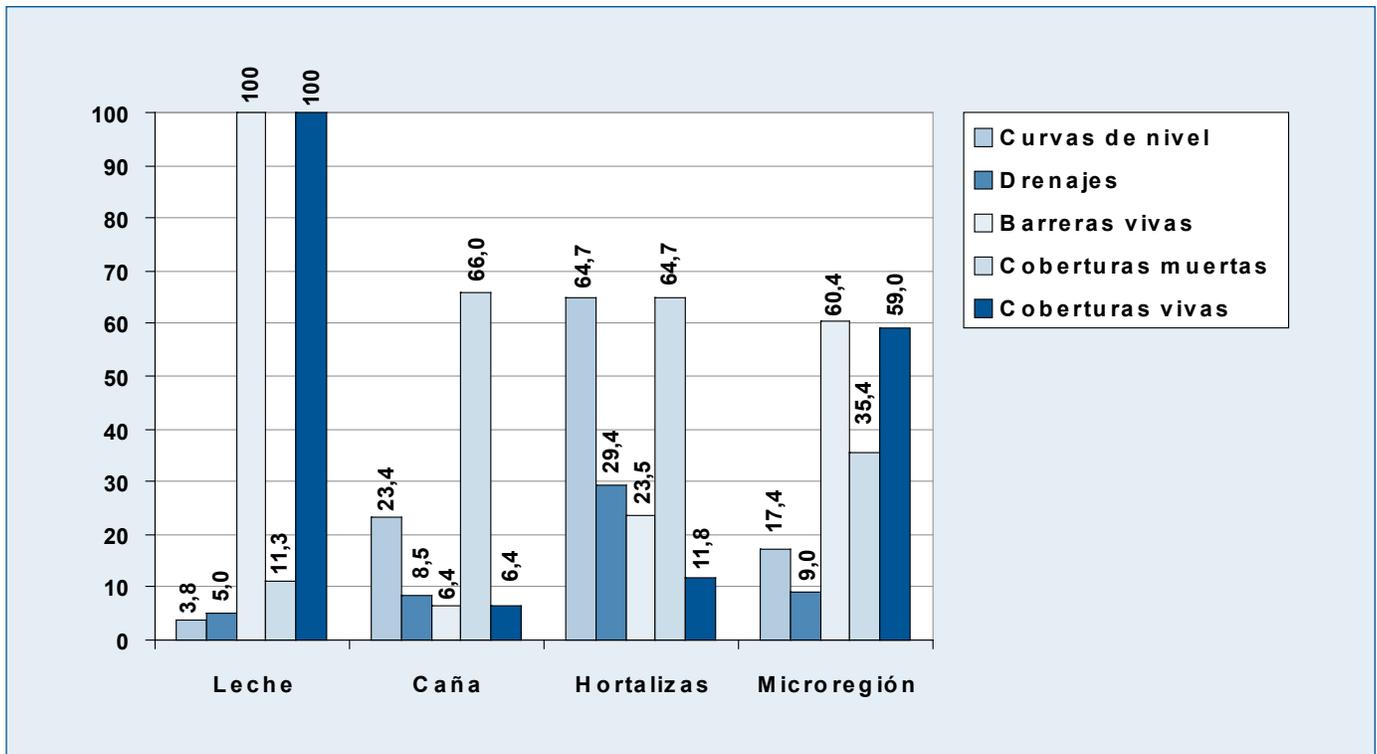


Gráfico 1. Ejecución de prácticas de conservación de suelos en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Fuente: Rodríguez, 2006

o sistemas de agroforestería, ayudan a proteger el suelo contra el impacto directo de la lluvia, disminuyendo así la erosión.

Algunas de las actividades mencionadas por Núñez (2001), como los *cultivos en contorno* (o *curvas a nivel*) y las *coberturas muertas* si están más extendidas en las fincas de hortalizas (y las *coberturas muertas* en el caso de las fincas cañeras). Pero los sistemas agroforestales son poco frecuentes en la microrregión Platanar-La Vieja, lo que se refleja en los resultados obtenidos en la investigación.

Arias (2001) y Núñez (2001) también señalan que en suelos de ladera, muy frecuentes en la microrregión estudiada, especialmente aquellos con pendientes superiores a los 15 grados, las prácticas de conservación de suelos son indispensables

para evitar la erosión. La coincidencia en esta microrregión de pendientes de alta gradiente, alta precipitación pluvial y falta de cobertura vegetal y forestal condicionan el potencial de erosión y la pérdida de suelo (pérdida de fertilidad), como se especifica en los estudios realizados en su ámbito geográfico por Rodríguez (1996) y Sandí (1997).

Los trabajos de Sarah (1998) confirman que los drenajes en regiones de alta precipitación pluvial son una práctica agronómica muy necesaria. Por eso sorprende la poca frecuencia de los *drenajes* en las fincas estudiadas, sobre todo teniendo la microrregión Platanar-La Vieja una elevada precipitación pluvial.

Toledo (1994) refiere que en suelos planos con tendencia a la saturación de agua o

con mal drenaje estacional (como es el caso de las tierras bajas de la microrregión Platanar-La Vieja dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y en menor medida a la ganadería lechera) son altamente susceptibles a la degradación de los pastizales, al producirse compactación del suelo y maltrato de las plantas a causa del pisoteo de los animales.

En el Gráfico 2 se evidencia cómo las *terrazas* y las *cortinas rompevientos* tienen porcentajes de uso muy bajos. Casi todas las fincas de hortalizas se ubican en terrenos quebrados, y por eso cabría esperar que en ellas el uso de las terrazas fuese más frecuente. Al estar ubicadas las fincas de hortalizas en las partes más altas de la microrregión Platanar-La Vieja, que son muy ventosas especialmente en los meses de verano (enero-abril), también

se podía esperar que el uso de cortinas rompevientos fuera mayor, aspecto no tomado en consideración por los usuarios de estas fincas, y por consiguiente, los efectos desfavorables manifestados en el recurso suelo.

Otra causa que afecta el recurso suelo, exceptuando la actividad hortícola, obedece a que *la rotación de cultivos* es casi nula en las actividades lechera y cañera, algo explicable si se considera el gran predominio en ellas del *monocultivo*. Los trabajos de Gold (1998) y Orozco (1998) verifican que *la rotación de cultivos* ayuda a fertilizar los suelos y a eliminar las malezas y plagas (como los nematodos) sin recurrir a químicos sintéticos, generando más beneficios cuando existe en las fincas un sistema agroforestal. Las fincas lecheras y cañeras de la microrregión no

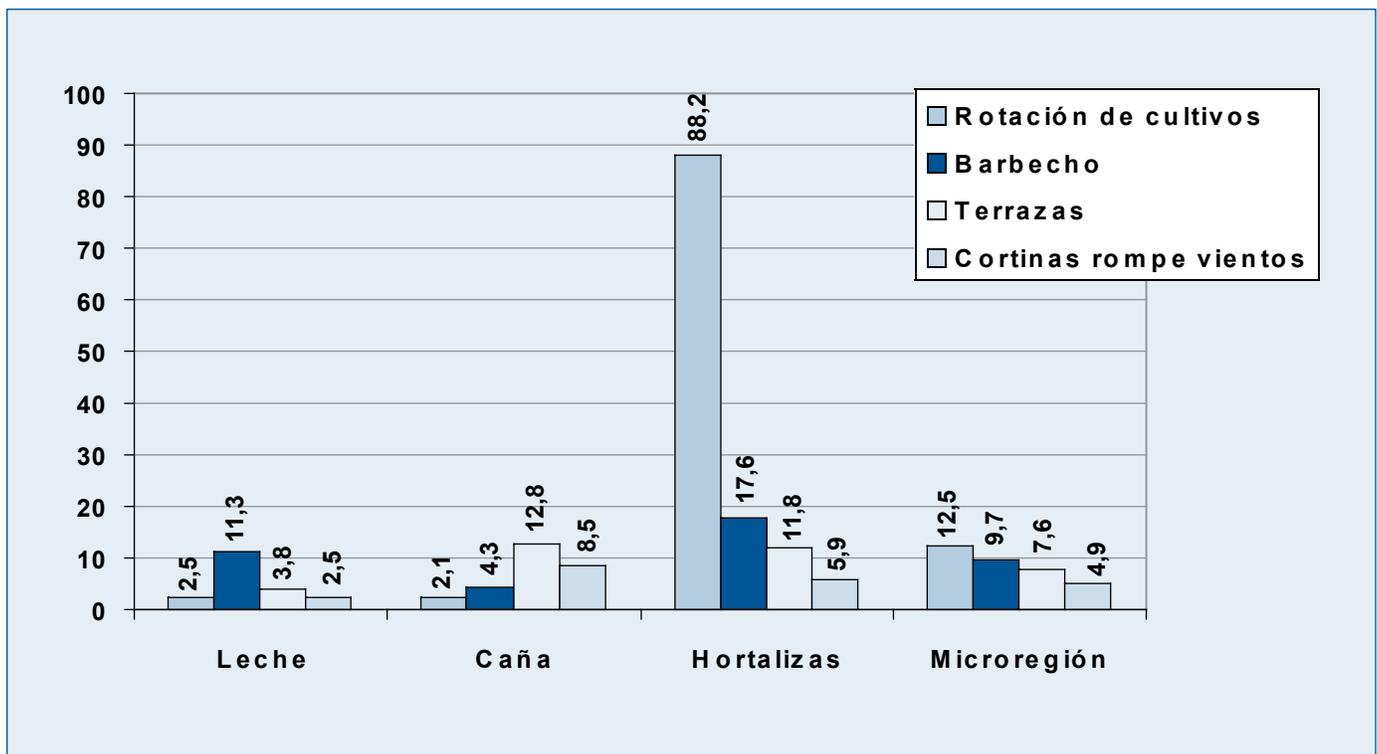


Gráfico 2. Ejecución de otras prácticas de conservación de suelos en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Fuente: Rodríguez, 2006

Las áreas dedicadas al cultivo requieren de descansos periódicos con el objetivo de mantener una estructura aceptable para la producción; por este motivo, la rotación de cultivos podría ser útil para todas las fincas del mundo si se quiere reducir la erosión y mantener o mejorar la calidad del suelo, como lo expone McDowell (1994).

estarían recibiendo tales beneficios, no así las de hortalizas que en su gran mayoría (88,2%) practican el barbecho.

De acuerdo con Altieri (2001), algunas plagas son menos frecuentes en los sistemas de cultivos mixtos y rotativos. Experimentos realizados por Bundy *et al.* (1994) ponen de relieve que en sistemas agrícolas bien manejados que utilizan rotación de cultivos, enmiendas aplicadas racionalmente, como la cal, fertilizantes orgánicos y abonos verdes, producen en suelos tropicales rendimientos sostenibles, sin afectar la base disponible de recursos naturales. El *barbecho* es una práctica poco usada en fincas estudiadas de la microrregión Platanar-La Vieja, a pesar de que autores como Cubero y Vieira (1994), Arias (2001) y Núñez (2001) la consideran una de las más importantes para la conservación de los suelos y el control de plagas.

En el caso de la actividad hortícola (que tiene el mayor porcentaje de fincas que practican el barbecho, 17,6%) el reducido tamaño de las fincas ayuda a explicar en parte por qué el barbecho es una práctica poco extendida. Al ser parcelas explotadas intensivamente y al venderse casi toda la producción, hay presión para utilizar toda el área disponible, haciéndose difícil, por eso, la habilitación de espacios para el barbecho.

Las áreas dedicadas al cultivo requieren de descansos periódicos con el objetivo de mantener una estructura aceptable para la producción; por este motivo, la rotación de cultivos podría ser útil para todas las fincas del mundo si se quiere reducir la erosión y mantener o mejorar la calidad del suelo, como lo expone McDowell (1994).

Según un estudio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2000), los suelos de la cuenca del río San Carlos, incluyendo la microrregión Platanar-La Vieja, no son de buena calidad, lo cual obliga a tener con ellos un cuidado permanente y sistemático. Al considerar las condiciones

específicas de buena parte de la microrregión Platanar- La Vieja (pronunciada gradiente, suelos relativamente poco fértiles, alta precipitación pluvial, extendida deforestación, incluso en pendientes no aptas para la ganadería), la ausencia o escasa difusión de algunas prácticas de protección y conservación de suelos es un aspecto que no contribuye a su sostenibilidad, aunque también deba reconocerse que otras de las prácticas recomendadas por el panel de expertos se ejecutan en muchas fincas de la microrregión estudiada.

Los dueños de las fincas deben preocuparse por implementar prácticas adecuadas de protección de suelos, sea por medios forestales (en suelos de alta gradiente, inestables o deteriorados por erosión o compactación) y mediante métodos de siembra (por ejemplo, barreras vivas, cultivos en cobertura y en sombra), tal y como se recomienda en Sáenz *et al.* (1997) y en Montagnini y Jordan (2002). No hacerlas facilitaría los procesos erosivos, afectando la productividad a mediano y largo plazos de las fincas de la microrregión Platanar-La Vieja.

Tipo de preparación del suelo

Los resultados sobre el *tipo de preparación del suelo* en esta dimensión de análisis se ofrecen en el cuadro 2.

La *labranza mínima* predominaba en gran parte de las fincas hortícolas y en menor medida en las fincas lecheras. No obstante, era poco practicada en las fincas cañeras (14,9%), en las cuales predominaba la preparación del terreno mediante *maquinaria* (80,8%). El 25,0% de las fincas lecheras también utilizaban la *maquinaria* para preparar los suelos. La *tracción animal* casi no se practica en las fincas estudiadas.

Como lo reportan Bifani (1997), Odum y Sarmiento (2000) y Núñez (2001), la *compactación* de los suelos se haya muy vinculada al uso de la maquinaria en la preparación de los suelos, y hace referencia

Cuadro 2. Tipo de preparación del suelos en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Tipo de preparación del suelo	Leche		Caña		Hortalizas		Microrregión	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Labranza mínima	55	68,8	7	14,9	15	88,2	77	53,5
Maquinaria	20	25,0	38	80,8	-	-	58	40,3
Tracción animal	1	1,2	-	-	-	-	1	0,70
No sabe / No responde	4	5,0	2	4,3	2	11,8	8	5,5
Total	80	100,0	47	100,0	17	100,0	144	100,0

A = Absoluto, R = Relativo

Fuente: Rodríguez, 2006

a aumentos en la densidad del suelo o merma del volumen a causa de fuerzas externas que se presentan en la capa arable; la compactación suele ocurrir durante las operaciones del movimiento del suelo, especialmente en suelos arcillosos, usando maquinaria pesada y en condiciones climáticas adversas, como la lluvia.

Esta última situación es muy frecuente en la microrregión Platanar-La Vieja, al presentar gran precipitación hídrica: más de 4000 mm anuales en la mayor parte de la microrregión (incluso hasta 5000 mm en varios sectores), excepto en la sección montañosa, en donde la precipitación anual es de 3000 mm, de acuerdo con lo informado por Arias y Rodríguez (1996). Por eso, los suelos de las fincas cañeras son más propensos a compactarse, al estar más expuestos al mayor uso de maquinaria y al ubicarse en secciones de alta pluviosidad.

Según lo expuesto por Solano y Álvarez (1994), la FAO (1995) y Odum y Sarmiento (2000), la mecanización ocasiona otros

problemas, los cuales podrían estarse presentando en las fincas de la microrregión estudiada que utilizan maquinaria, como incrementar la erosión y, por ende, incidir en que los suelos pierdan fertilidad y capacidad productiva; la mala preparación del terreno, lo que produce que en épocas lluviosas (y la microrregión en estudio se caracteriza por sus altos niveles de pluviosidad) las malezas se adhieran a la maquinaria, y de esta manera se diseminan las semillas por los campos de cultivo; destruir la fauna viva de los suelos, afectando especialmente a las lombrices y otros microorganismos que cumplen un relevante papel en la regeneración y aireamiento del suelo y en los procesos de formación del suelo.

Para Nebel y Wright (1999) y Odum y Sarmiento (2000) en suelos muy compactados se disminuye la porosidad por la cual se infiltra el agua y el aire que requiere el desarrollo de las raíces, situación que influye en bajos rendimientos

agrícolas. La compactación obstaculiza la oxigenación de los suelos y reduce tanto la infiltración como el almacenamiento del agua en el perfil del suelo. En cambio, según lo expuesto por Arguedas (2001) y Núñez (2001), la labranza mínima incrementa el contenido de agua en el suelo, reduce las pérdidas por evaporación y aumenta la infiltración de aguas en los suelos cuando llueve.

Para Gliessman (2002), la labranza mínima influye en la abundancia y actividad de las lombrices de tierra; contribuye a incrementar tanto la cantidad de organismos descomponedores como la materia orgánica del suelo; y mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención y reciclaje interno de nutrimentos, mientras que Odum y Sarmiento (2000) reportan que la labranza mínima ayuda a retener el agua y los fertilizantes.

La actividad cañera es la que puede ver más afectados los suelos de cultivo, por el mayor uso de la maquinaria pesada. Las fincas hortícolas son las que tienen menos riesgo de erosión y compactación de suelos por este motivo.

Las fincas hortícolas son dentro de la microrregión estudiada las que se benefician más con la labranza mínima.

La actividad cañera es la que puede ver más afectados los suelos de cultivo, por el mayor uso de la maquinaria pesada. Las fincas hortícolas son las que tienen menos riesgo de erosión y compactación de suelos por este motivo.

Frecuencia en la preparación de los suelos

Una preparación del suelo *intensiva* (una o más veces al año) es más susceptible de provocar erosión que la efectuada de modo más distanciado (Arias, 2001). Por eso, el puntaje de este indicador fue distribuido por el panel de expertos según el tiempo transcurrido entre una preparación del terreno y otra. Los resultados de este indicador se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Frecuencia en la preparación de los suelos en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Frecuencia en la preparación del suelo	Leche		Caña		Hortalizas		Microrregión	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Intensiva (1)	-	-	1	2,2	13	76,4	14	9,7
Moderada (2)	2	2,5	4	8,5	2	11,8	8	5,5
Ocasional (3)	74	92,5	39	82,9	-	-	113	78,5
No sabe / No responde	4	5,0	3	6,4	2	11,8	9	6,3
Total	80	100,0	47	100,0	17	100,0	144	100,0

A = Absoluto, R = Relativo

(1) Se prepara el suelo una o más veces al año.

(2) Se prepara el suelo cada dos años.

(3) Se prepara el suelo cada tres o más años.

Fuente: Rodríguez, 2006

Las fincas hortícolas son las que recurrían más frecuentemente a una *preparación intensiva del suelo* (76,4%), situación esperable considerando que sus cultivos son de poca duración. En las fincas lecheras y cañeras, la preparación del suelo se hacía más *ocasionalmente* (cada tres o más años): el 92,5% para las primeras y el 82,9% para las segundas.

Arias (2001) confirma que en muchas fincas hortícolas costarricenses ubicadas en laderas (que es el caso de las fincas hortícolas de la microrregión Platanar-La Vieja) se aumenta la erosión al combinarse la *frecuencia en la preparación del suelo* con el *uso de maquinaria*. Sin embargo, en las fincas hortícolas estudiadas no se utilizaba maquinaria para labrar los suelos.

Si bien es verdad la mayor frecuencia en la preparación del suelo que llevan a cabo

las fincas hortícolas puede perjudicarlas, este efecto puede mitigarse si se ejecutan prácticas de conservación y recuperación de suelos, recurriendo a la *labranza mínima* o *aplicando abonos orgánicos*, tal y como afirman Arias (2001) y Altieri y Nicholls (2002). Las fincas hortícolas estudiadas realizan dichas prácticas.

Tipo de fertilización de los suelos

En el cuadro 4 se observa como el 29,4% de las fincas de hortalizas aplicaba *solo abonos orgánicos*; los porcentajes de las fincas lecheras y cañeras, por el contrario, fueron bajos: respectivamente, el 5,0% y ninguno. Solamente el 6,3% de las fincas estudiadas aplicaba la fertilización orgánica.

La gran mayoría de las fincas lecheras (82,5%) y cañeras (78,8%) empleaban *solo fertilizantes químicos sintéticos*. Un

Cuadro 4. Tipo de fertilización del suelo en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Tipo de fertilización del suelo	Leche		Caña		Hortalizas		Microrregión	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Solo químicos sintéticos	66	82,5	37	78,8	3	17,7	106	73,6
Solo abono orgánicos	4	5,0	-	-	5	29,4	9	6,3
Mixto (químicos sintéticos y orgánicos)	7	8,8	5	10,6	8	47,0	20	13,9
No sabe / No responde	3	3,7	5	10,6	1	5,9	9	6,2
Total	80	100,0	47	100,0	17	100,0	144	100,0

A = Absoluto, R = Relativo
Fuente: Rodríguez, 2006

La pérdida de nutrientes en suelos deteriorados puede representar en términos monetarios cerca del 37% del valor total de la producción, según estudios que Barrantes (1997) hizo en explotaciones agropecuarias de la zona caribeña costarricense.

estudio realizado por Rodríguez (2002) en secciones de la microrregión Platanar-La Vieja señalaba que el 90,3% de las fincas encuestadas empleaban fertilizantes químicos sintéticos. Otro estudio efectuado por Arroyo y Gutiérrez (2004) que abarcó a todas las fincas lecheras de la microrregión, obtuvo resultados muy similares.

Comparando los datos de esos trabajos con los de la presente investigación, no se percibe una disminución en el porcentaje de fincas que utilizan fertilizantes químicos sintéticos; si se suman las fincas del estudio que usaban *solo fertilizantes químicos* con las que usaban *fertilizantes tanto químicos como orgánicos*, se obtiene que en las fincas lecheras el porcentaje se eleva al 91,3% y en las cañeras al 89,4%.

Para el conjunto de las fincas encuestadas, el porcentaje que usaban *solo fertilizantes químicos* ascendió al 73,6%. Puede afirmarse que la fertilización mediante químicos sintéticos es el medio principal usado en las fincas de la microrregión Platanar-La Vieja para abonar los suelos.

A partir de sus trabajos experimentales, Gliessman (2002) concluye que los fertilizantes sintéticos pueden temporalmente sustituir los nutrimentos perdidos por los suelos en labores agropecuarias, pero no pueden reconstruir la fertilidad ni restituir la salud del suelo. Para Nebel y Wright (1999) los fertilizantes sintéticos generan sales que influyen en el pH o reacción del suelo, que a su vez perjudica el desarrollo normal de las plantas. El trabajo de Arias (2001) concuerda con los autores citados al señalar que la salinización y la acidez del suelo son consecuencias negativas derivadas del excesivo uso de los fertilizantes químicos sintéticos.

El estudio de Arroyo y Gutiérrez (2004) encontró que la aplicación de enmiendas (carbonato de calcio) es prácticamente inexistente en las fincas lecheras de la microrregión Platanar-La Vieja, fenómeno que puede influir en pérdidas de fertilidad de los suelos y su eventual inutilización.

El mismo trabajo de Arroyo y Gutiérrez (2004) afirma que la gran deforestación prevaleciente en áreas como la microrregión Platanar-La Vieja también puede influir en el riesgo que corren sus suelos de verse afectados por la acidez.

El uso intensivo de los suelos, característica de la agricultura moderna, vuelve indispensable su constante fertilización. Los estudios de Orozco (1998) confirman que los abonos químicos influyen en la disminución de la fertilidad de los suelos (es el caso de las sales fertilizantes). Según el mismo autor, el uso intensivo de químicos sintéticos incide en la pérdida de la dinámica biológica de los suelos, por lo cual se requiere una cantidad mucho mayor de fertilizantes / ha, para conseguir la misma producción.

Según Ludevid (1998), la contaminación química de los suelos puede ser otra causa para la disminución de las cosechas y de la productividad agrícola. García *et al.* (1998) expresan que las aplicaciones de fertilizantes químicos han provocado en Cuba acidificación del suelo y rápida pérdida de materia orgánica.

La pérdida de nutrientes en suelos deteriorados puede representar en términos monetarios cerca del 37% del valor total de la producción, según estudios que Barrantes (1997) hizo en explotaciones agropecuarias de la zona caribeña costarricense. Estos fertilizantes constituyen un porcentaje muy grande en los costos de producción de las fincas de la cuenca del río San Carlos, incluyendo la microrregión Platanar-La Vieja (Rodríguez, 2002; Rodríguez *et al.* (2004), y lo mismo se ha observado en otros lugares, dentro y fuera de Costa Rica, según ponen de manifiesto los estudios de López (1998) y Jiménez (2000).

Bifani (1997) afirma que una característica de los nitratos presentes en los abonos sintéticos es su persistencia, lo cual facilita su conducción por las lluvias hasta los cauces de los ríos durante los periodos lluviosos, aspecto que debe ser

considerado al estudiar la microrregión Platanar-La Vieja, tomando en cuenta su alta pluviosidad y el extendido uso de los fertilizantes sintéticos que, sobre todo, realizan las fincas lecheras y cañeras.

Según Gliessman (2002) los fertilizantes sintéticos, y sus residuos, promueven el crecimiento de algas en los ecosistemas acuáticos, generando eutrofización y la muerte de diversos tipos de organismos. En el mismo sentido, Sutton y Harmon (2000) expresan que los desagües de los fertilizantes químicos sintéticos, empleados en la agricultura que alcanzan los cuerpos de agua superficiales, aumentan la velocidad de la eutrofización en ríos y arroyos.

Los estudios de Solano (2002) y Schosinsky *et al.* (2002) reafirman que los residuos de fertilizantes químicos nitrogenados que son arrastrados por las escorrentías desde los campos de cultivo pueden degradar la calidad del agua subterránea (en caso de que se infiltren hasta los acuíferos o sus lugares de recarga) y alterar la composición y estructura de la biodiversidad acuática.

Estudios realizados en aguas subterráneas Gran Área Metropolitana (GAM) de San José, Costa Rica, por Astorga *et al.* (2000) y Reynolds y Fraile (2002) encontraron nitratos cuya procedencia se atribuye tanto a las aguas negras como a los fertilizantes químicos empleados en la agricultura, sobre todo en áreas de manejo intensivo.

Investigaciones hechas por Salas *et al.* (2002) en cafetales del Valle Central de Costa Rica calculan que del total del nitrógeno (de los fertilizantes) aplicado, solo el 30% es absorbido por las plantas de café. El resto es lixiviado del suelo por las escorrentías (pudiendo alcanzar a los acuíferos cercanos y las aguas superficiales), desnitrificado en forma gaseosa lo absorbido por los suelos. Los trabajos de Delraux *et al.* (1998) también verifican una elevada pérdida de fertilizantes sintéticos aplicados en plantaciones bananeras.

El citado estudio de Salas *et al.* (2002) afirma que se hace indispensable mantener e incrementar los contenidos de materia orgánica del suelo que ayude a resguardar su estabilidad estructural, su capacidad de almacenar agua, el reciclaje de nutrimentos y a mejorar la actividad biológica del suelo, objetivos que, según el mismo estudio, podrían lograrse con buenas prácticas de conservación de suelos y con la aplicación de abonos naturales.

De acuerdo con Kapp (1994), la creciente aplicación de fertilizantes químicos sintéticos (así como de los plaguicidas sintéticos) está sujeta a rendimientos decrecientes, lo cual provoca la aplicación de dosis mayores de sustancias químicas para asegurar rendimientos adicionales por unidad de inversión, lo que, a su vez, tiene consecuencias para el medio ambiente y las empresas agropecuarias. Por estas razones es que Altieri (2001) indica que los rendimientos adicionales en las cosechas van a depender del mejoramiento de la materia orgánica del suelo para retener humedad y la fertilización orgánica ayuda a conseguir este objetivo.

Solano (2002) señala que ante las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los fertilizantes químicos, desde hace algunos años se viene insistiendo en la necesidad de mermar la aplicación de agroquímicos sintéticos y sustituirlos por otras alternativas, como los abonos naturales.

Consecuentemente, si las fincas agropecuarias de la microrregión Platanar-La Vieja desean mejorar sus niveles de sostenibilidad —que se pueden traducir en menos contaminación de los suelos, de los ríos y de los mantos acuíferos— deberían sustituir paulatinamente la fertilización química por la orgánica o combinarlas con más frecuencia, pero sin depender tanto de los químicos sintéticos como hasta ahora, especialmente en las fincas lecheras y cañeras. Asimismo, la aplicación de enmiendas es indispensable para detener

o disminuir la acidez de los suelos, según lo mostró para las fincas lecheras la investigación de Arroyo y Gutiérrez (2004).

Porcentaje del área de cultivo de la finca fertilizado orgánicamente

Los resultados de este indicador se presentan en el gráfico 3. Las fincas de hortalizas son las que presentan, en comparación con las otras dos actividades, mayores porcentajes de áreas de cultivo abonadas orgánicamente. El 29,4% de ellas tenían toda su área cultivada en estas condiciones. El porcentaje de las fincas lecheras en este rango fue del 6,3% y ninguno para las fincas cañeras. En los restantes rangos, los porcentajes también fueron bajos para estas actividades.

Los bajos porcentajes obtenidos por la ganadería lechera y la caña de azúcar en este

indicador son congruentes con los resultados discutidos en el cuadro 4, en el cual se puso de manifiesto la preponderancia de los fertilizantes sintéticos en esas actividades.

Entre las ventajas de los abonos orgánicos (o naturales) para fertilizar los suelos, García *et al.* (1998), Orozco (1998) y Núñez (2001) mencionan que aportan cantidades apreciables de materia orgánica, mejorando las condiciones físicas del suelo. Sarah (1998), Gliessman (2002) y Montagnini y Jordan (2002) consideran que aumentan la actividad microbiológica, mientras que Arias (2001), Laprade y Ruiz (1998) y Altieri y Nicholls (2002) confirman que evitan la pérdida de nutrimentos por lixiviación. Por su parte, Altieri (2001) y Salas *et al.* (2002) señalan que los abonos orgánicos contaminan

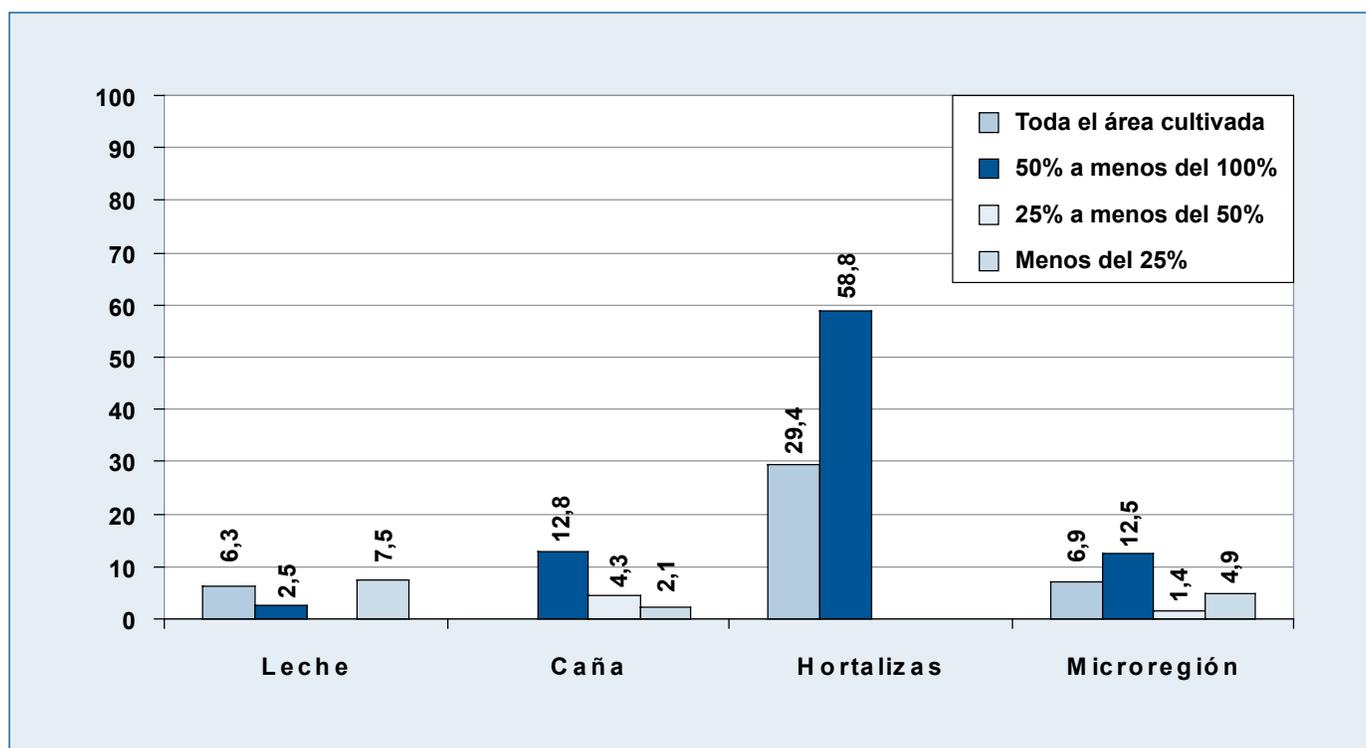


Gráfico 3. Porcentaje del área de cultivo abonado orgánicamente en las fincas, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja

Fuente: Rodríguez, 2006

mucho menos las aguas superficiales y los mantos acuíferos.

Según García (1999) y Altieri (2001) las fincas abonadas orgánicamente pueden ser tan productivas y eficientes como las manejadas con tecnologías convencionales (agroquímicos, entre otras). Odum y Sarmiento (2000) y Gliessman (2002) agregan que la erosión es menor en las fincas orgánicas y la biodiversidad mayor respecto a fincas manejadas con altos insumos.

García (1999) confirma que en varias fincas hortícolas costarricenses, en las cuales solo se aplica abono natural (y otras prácticas orgánicas), la productividad fue igual o mayor que las manejadas de forma convencional (abonos sintéticos). En sus estudios, Acuña y Ruiz (1998) y Orozco (1998) también hallaron que las fincas de banano y plátano manejadas de forma orgánica eran tan productivas como las que lo hacían de manera convencional.

García *et al.* (1998) reportan que en Cuba el programa de fertilización con predominio orgánico está incidiendo en todas las formas de producción (estatales y particulares) y hacia 1998 tales prácticas se habían extendido al 56% del área productiva total.

Capra (2003) reporta que una serie de proyectos experimentales llevada a cabo en diversas partes del mundo para poner a prueba técnicas agroecológicas (entre ellas la utilización de estiércol y *composta* y otras formas de fertilización natural) arrojaron buenos resultados; algunos de tales experimentos se hicieron en zonas previamente agotadas por su incapacidad para los cultivos.

García (1999) reporta que en Costa Rica existían unas tres mil hectáreas cultivadas orgánicamente, sobre todo en la producción hortícola, cantidad que se elevó a seis mil hectáreas en el año 2000, según lo indica el *Estado de la Nación* (2001).

De acuerdo con lo informado por Capra (2003), a principios del siglo XXI la superficie agropecuaria cultivada orgánicamente era de siete millones de hectáreas, y el mercado de estos productos alcanza los veintidós mil millones de dólares al año, con una marcada tendencia a seguir creciendo, situación que según el mismo autor demuestra las potencialidades de una agricultura progresivamente orgánica o ecológica.

Excepto en la actividad hortícola, esta tendencia a incrementar el área cultivada con fertilización orgánica, uno de los componentes básicos de la agricultura sostenible, no se percibe en las fincas lecheras y cañeras presentes en la microrregión Platanar-La Vieja.

Lugares de donde se obtienen los materiales para elaborar el abono orgánico

Un aspecto al que se brinda creciente importancia dentro de la sostenibilidad de las labores agropecuarias (y que fue tomado en cuenta por el panel de expertos), según lo establecen autores como Odum y Sarmiento (2000), Altieri (2001) y Gliessman (2002), consiste en el *mayor uso y reciclaje de los recursos internos de las fincas*, puesto que se concibe la finca como un conjunto de ecosistemas en permanente interacción. Este aspecto de la sostenibilidad se expresa en dos indicadores del IASOFIMICRO, uno de los cuales es el *lugar de obtención de los materiales para elaborar el abono orgánico* (Gráfico 4).

En la actividad hortícola el 64,7% conseguía *externamente los materiales* para su elaboración, contra un 17,6% que utilizaban los *recursos internos* de las fincas. La misma tendencia se observa en la caña de azúcar, en la que las fincas que hacían uso del abono orgánico conseguían externamente los materiales para fabricarlo.

Excepto en la actividad hortícola, esta tendencia a incrementar el área cultivada con fertilización orgánica, uno de los componentes básicos de la agricultura sostenible, no se percibe en las fincas lecheras y cañeras presentes en la microrregión Platanar-La Vieja.

Los resultados anteriores indican que las fincas cañeras y hortícolas de la microrregión Platanar-La Vieja *hacen poco uso de sus recursos internos* (residuos de cosechas, hojarasca de los bosques, desechos de comida, etc.). Las fincas lecheras aprovechaban más algunos de sus recursos internos, como las excretas de las vacas para abonar los pastizales, aunque debe recordarse que es muy bajo el porcentaje de fincas lecheras que emplean los abonos orgánicos.

Martínez (1994) y Delraux *et al.* (1998) expresan que la agricultura moderna ha centrado su interés en los altos rendimientos, mediante la aplicación masiva de agroquímicos y maquinaria pesada más que en la preservación de los recursos naturales y en la implementación de sistemas de cultivo más sostenibles,

con mayor uso de los materiales y la energía existentes en las fincas, lo cual ha conducido en muchos casos al despilfarro de recursos y en otros a la subutilización de estos o a su pérdida y deterioro.

Sutton y al Harmon (2000) concuerdan con lo expuesto por los autores antes citados, señalar que la sostenibilidad de las fincas depende en buena medida de la forma como se gestionan los recursos naturales y los residuos. Para fincas como las de la microrregión Platanar-La Vieja, uno de los medios idóneos de evitar la degradación energética y de materiales y de no contaminar el medio ambiente (ríos, suelos, acuíferos, etc.) es utilizar la energía del Sol y el reciclaje de los materiales disponibles en los procesos productivos. Puede tratarse de *recursos naturales internos* de las fincas (como

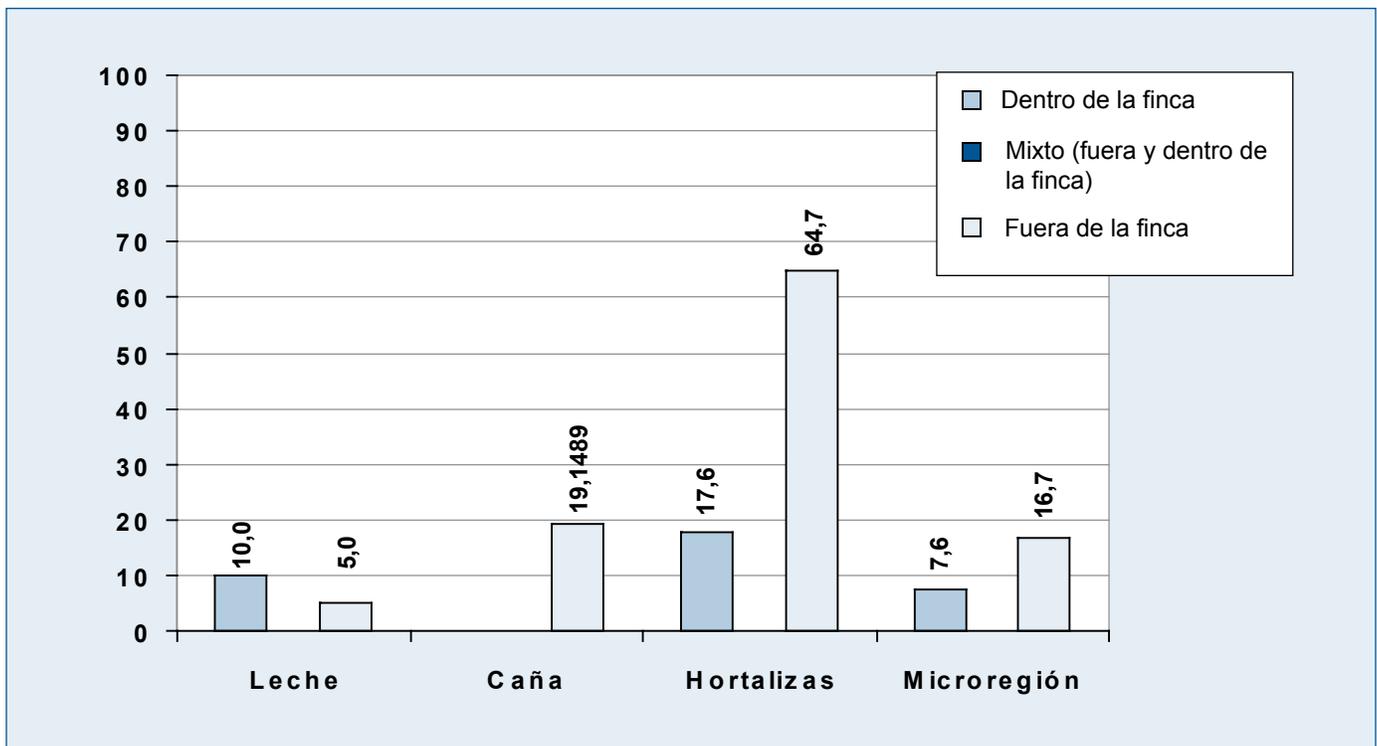


Gráfico 4. Lugar de donde las fincas obtenían el abono orgánico, por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja (relativo)

Fuente: Rodríguez, 2006

los forestales); de los excrementos de animales; de residuos de las cosechas; etc.

Según lo expuesto por Naredo (1994), los desechos de la naturaleza, luego de su descomposición, se incorporan al suelo en forma de humus y así se transforman en fuente de fertilidad para los cultivos. De este modo, tal y como afirman Altieri y Nicholls (2002), los residuos en lugar de contaminar el medio ambiente, se transforman de nuevo en recursos útiles.

Gliessman (2002) también comparte la idea de que los nutrientes que salen de las fincas (o granjas) deben regresar a ellas, sobre todo si lo hacen de manera orgánica, donde se agregan a los procesos de reconstrucción del suelo. Y aunque, cuando así se requiera, se pueden tomar desechos de fincas cercanas para reconstituir los recursos internos, lo deseable es aprovechar los residuos de las dinámicas productivas internas.

Odum y Sarmiento (2000) y Margalef (2002) afirman que en los ecosistemas naturales no existen residuos: los desperdicios de un ecosistema son el alimento de los individuos de otro ecosistema; en las actividades económicas sucede lo contrario: se genera una gran cantidad de desechos que al no ser aprovechados

por otras empresas, se acumulan en los distintos ecosistemas, contaminándolos, degradándolos o destruyéndolos. Las fincas de la microrregión Platanar-La Vieja no han sido ajenas a estos procesos, y los resultados de la investigación confirman que la mayoría de las fincas estudiadas no reciclan o reutilizan sus recursos internos, entre ellos los residuos que generan las actividades productivas.

Munasinghe y McNeely (1995) y Altieri (2001) reafirman que la degradación del patrimonio natural hace necesarios procesos de conservación y mejora de los recursos. Para lograrlo, se debe facilitar el reciclaje de energía y de nutrientes, pero aprovechando los propios recursos de las unidades productivas, que es un rasgo esencial de la agricultura sostenible. Este aspecto de la sostenibilidad está poco extendido y arraigado en la microrregión estudiada.

En el cuadro 5 se encuentra la distribución de las fincas según nivel de sostenibilidad y por actividad agropecuaria en lo que respecta a la *dimensión de análisis* suelo.

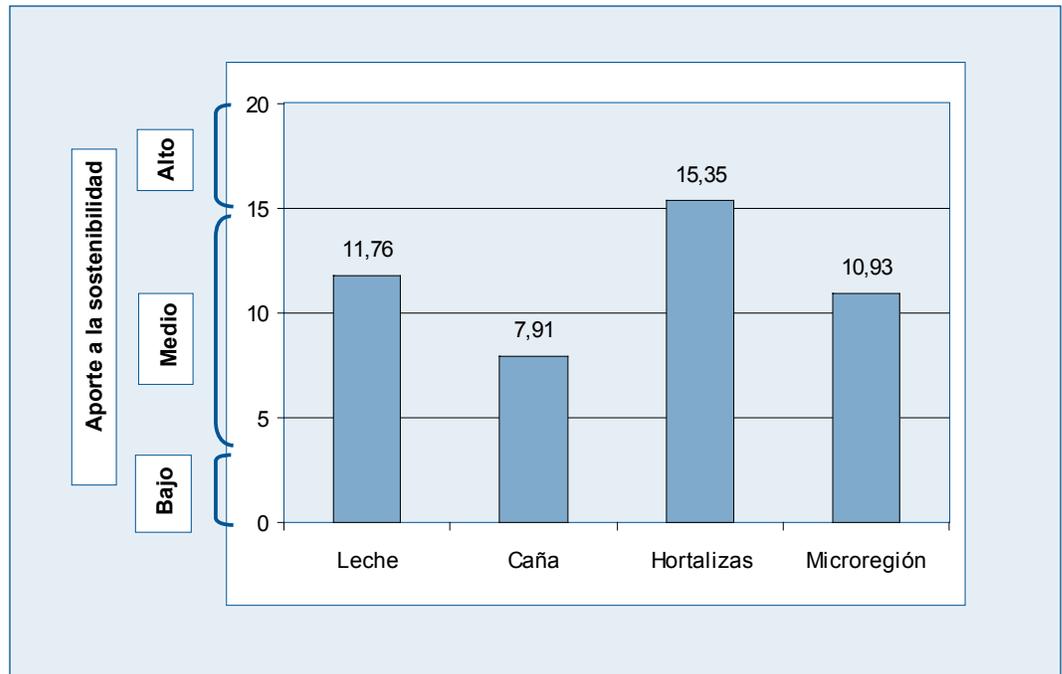
La gran mayoría de las fincas se ubicaron en la dimensión de análisis suelo en un nivel de aporte medio a la sostenibilidad.

Cuadro 5. Distribución de las fincas por actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja, según nivel de sostenibilidad. Dimensión de análisis suelos

Aporte a la sostenibilidad	Leche		Caña		Hortalizas		Microrregión	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Alto	7	8,8	1	2,1	6	29,3	14	9,7
Medio	73	91,2	46	97,9	11	64,7	130	90,3
Bajo	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	80	100,0	47	100,0	17	100,0	144	100,0

A = Absoluto R = Relativo

Fuente: Rodríguez, 2006.



Las diferencias entre la actividad hortícola y las de ganadería lechera y la caña de azúcar son estadísticamente significativas, lo mismo que la existente entre la ganadería lechera y la caña de azúcar.

Gráfico 5. Aporte a la sostenibilidad de las fincas por puntaje ponderado, según actividad agropecuaria y microrregión Platanar-La Vieja. Dimensión de análisis suelo

Fuente: Rodríguez, 2006

No hubo fincas que se ubicaran en el nivel de aporte bajo a la sostenibilidad. En cuanto al aporte alto a la sostenibilidad, las actividades lecheras y cañeras tuvieron porcentajes muy bajos (respectivamente, 8,8% y 2,1%), porcentajes que contrastan con el 29,3% de fincas hortícolas que se ubicaron con un aporte alto a la sostenibilidad.

En el Gráfico 5 se presentan los promedios ponderados obtenidos por las actividades estudiadas en la dimensión de análisis suelo. Los promedios de las tres actividades y el total para la microrregión se ubican en el nivel de aporte medio a la sostenibilidad, aunque debe destacarse a las fincas hortícolas, cuyo promedio ponderado (15,35) las sitúa cerca del nivel de aporte alto a la sostenibilidad (15,91 y más). El promedio ponderado más bajo correspondió a las fincas cañeras (7,91).

Las diferencias entre la actividad hortícola y las de ganadería lechera y la caña de azúcar son estadísticamente significativas, lo mismo que la existente entre la ganadería lechera y la caña de azúcar.

Conclusiones

El conjunto de indicadores denominado *Índice Aproximado de Sostenibilidad en las Fincas de una Microrregión* (IASOFIMICRO) permite evaluar los niveles de contribución a la sostenibilidad de las fincas y de las principales actividades agropecuarias (ganadería lechera, caña de azúcar, hortalizas) que se desarrollan en la microrregión Platanar-La Vieja para la dimensión de análisis suelo.

De acuerdo con la información brindada por el IASOFIMICRO, en la microrregión Platanar-La Vieja la contribución integral

a la sostenibilidad de las fincas en las tres actividades evaluadas (ganadería lechera, caña de azúcar, hortalizas), en la dimensión de análisis suelo puede calificarse de media, teniendo la actividad hortícola el mayor puntaje y la caña de azúcar el menor. Las diferencias entre las fincas hortícolas respecto a las otras dos evaluadas (ganadería lechera y caña de azúcar) fueron estadísticamente significativas.

El uso del IASOFIMICRO es accesible, y facilita el monitoreo de las actividades agropecuarias que se realizan en el área objeto de estudio, en la dimensión de análisis suelo (así como en las otras dos que fueron seleccionadas: forestal y control de plagas), permitiendo corregir y orientar oportunamente las medidas necesarias para elevar la sostenibilidad en la microrregión Platanar-La Vieja y en la cuenca del río San Carlos.

Bibliografía

- Acuña, Pablo y Ruiz, Roberto. 1998. *Manejo sostenible del cultivo del banano: Resultados preliminares del efecto de microcomposteras formadas de residuos orgánicos de la cosecha sobre la producción*. En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID.
- Altieri, Miguel. 2001. "Biotecnología Agrícola: Mitos, Riesgos Ambientales y Alternativas". En: *Ecología Política* (España): 21, 15-42.
- Altieri, Miguel y Nicholls, Clara Inés. 2002. "Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales". En: *Manejo integrado de plagas y Agroecología* (Costa Rica): 64, 17-24.
- Araya, Álvaro. 2004. *Características y Desarrollo de la Actividad Cañera en la Región Huetar Norte*. Ciudad Quesada, Costa Rica, Dirección de Investigación y Extensión en Caña (DIECA), Dirección San Carlos.
- Arguedas, Rafael. 2001. *Manejo agronómico de un cultivo de arroz de riego sembrado en labranza mínima en Hacienda Mojica, Guanacaste, Costa Rica*. Tesis Bach. en Agronomía. San Carlos, Costa Rica, Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Arias, Ana Cecilia. 2001. *Suelos Tropicales*. San José, EUNED.
- Arias, Dagoberto y Rodríguez, Lucía. 1996. *Zonas bioclimáticas de la Región Huetar Norte de Costa Rica*. COSEFORMA/GTZ/ MINAE.
- Arroyo, Giovanni y Gutiérrez, Milton. 2004. *Diagnóstico Caracterización de Fincas Lecheras en Costa Rica*. Ciudad Quesada, Dos Pinos.
- Astorga, Allan et al. 2000. *Proyecto Sistemas Integrados de Gestión y Calidad Ambiental. Componente Costa Rica*. San José, FUDEU.
- Bandy, D; Garrity, D; Sánchez, P. 1994. "El problema mundial de la agricultura de tala y quema". En: *Agroforestería en las Américas* (Costa Rica): 1,3: 14-20.
- Barrantes, Gerardo. 1997. "Metodología para el análisis socioeconómico y agroecológico en el marco de un desarrollo sostenible". En: Pérez Echeverría, Laura (editora): *Desarrollo rural sostenible en Costa Rica: Avances y perspectivas*. San José, Editorial Porvenir-CECADE, pp. 107-123.
- Bifani, Paolo. 1997. *Medio Ambiente y Desarrollo* (2.ª edición). Guadalajara, Universidad de Guadalajara.
- Capra, Fritjof. 2003. *Las conexiones ocultas. Implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo*. Barcelona, Editorial Anagrama.
- Cubero, Diógenes y Vieira, Marcos. 1994. *Planificación conservacionista participativa de fincas*. San José, MAG / FAO.
- Delraux, Bruno et al. 1998. *Propiedades y manejo de suelos en relación con la producción sostenible de banano ambientalmente amigable*. En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID.
- FAO. 1995. *Agricultura mundial hacia el año 2010*. Madrid, FAO/Ediciones Mundi-Prensa.
- García, Jaime. 1999. *La agricultura orgánica en Costa Rica* (1.ª reimpression). San José, EUNED.
- García, Raúl et al. 1998. "Empleo de fuentes alternativas de fertilización para la producción de banano y plátano en Cuba". En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores):

- Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, pp. 89-105.
- Gliessman, Stephen. 2002. *Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Gold, Clifford. 1998. "Manejo integrado de plagas del gorgojo del banano, con énfasis en África Oriental". En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, pp. 152-172.
- Gudynas, Eduardo. 2002. *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible en América Latina*. San José, Editorial DEI.
- Hernández, Roberto; Fernández, Carlos y Pilar, Lucio. 1999. *Metodología de la Investigación* (2.ª edición). México DF., McGraw-Hill Interamericana.
- Jacobs, Michael. 1997. *La Economía Verde. Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y la Política del futuro* (2.a. edición revisada). Barcelona, Icaria Editorial-FUHEM.
- Jiménez, Alexis. 2000. *Adaptación y Validación de una Metodología Práctica para medir el Índice de Sostenibilidad de un Agroecosistema*. Tesis. Santa Clara, Escuela de Agronomía, ITCR.
- Kapp, William. 1994. "El carácter de sistema abierto de la Economía y sus implicaciones". En: Aguilera, Vicente y Alcántara, Vicent (Compiladores): *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Barcelona, Icaria / Fuhem, pp. 321-342.
- Laprade, Sergio y Ruiz, Roberto. 1998. "Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB) bajo fertilización inorgánica y orgánica". En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, pp. 180-185.
- Lester, James. 1993. *Writing Research Papers. A complete Guide* (7th edition). New York, Harper Collins College Publishers.
- Lind, Douglas; Mason, Robert; Marchal, William. 2000. *Estadística para Administración y Economía* (3.ª Edición). México DF, McGraw-Hill Interamericana Editores.
- López, Antonio. 1998. Fertilización convencional del cultivo de banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, pp. 63-81.
- Ludevid, Manuel. 1998. *El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas*. México DF, ALFAOMEGA Grupo Editor.
- Margalef, Ramón. 2002. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. México DF, Alfaomega / Universitat de Barcelona.
- Martínez, Joan. 1994. *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular* (2.ª edición). Barcelona, Icaria Editorial.
- Martínez, Joan. 2004. "Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* (México): 1, 21-30.
- McDowell, Robert. 1994. "El papel de los animales en la conversión y conservación de los recursos". En Homan, Jane (editora): *Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, pp. 89-107.
- Méndez, Ernesto y Gliessman, Stephen. 2002. "Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano". En: *Manejo integrado de plagas y Agroecología* (Costa Rica): 64, 5-16.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2000. *Estudios de suelos y capacidad de uso de las tierras para la zonificación agropecuaria de las regiones Huetar Norte, Atlántica y Brunca. Informe Final Región Huetar Norte*. San José, MAG.
- Montagnini, Florencia y Jordan, Carl. 2002. "Reciclaje de nutrientes". En: Guariguata, Manuel y Catan, Gustavo (editores): *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Cartago, Ediciones LUR, pp. 167-191.
- Müller, Sabine. 1996. *¿Cómo medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales*. San José, IICA-GTZ.
- Munasinghe, Mohan y McNeely, Jeffrey. 1995. "Key Concepts and Terminology of Sustainability Development". En: Munasinghe, Mohan y Shearer, Walter: *Defining and Measuring Sustainability. The Biogeophysical Foundations*. Washington D. C., World Bank, pp. 19-56.
- Naredo, Manuel. 1994. "Fundamentos de la Economía Ecológica". En: Aguilera, Vicente y Alcántara, Vicent (compiladores): *De la Economía Ambiental a la Economía*

- Ecológica*. Barcelona, Icaria/Fuhem, páginas 373-404.
- Nebel, Bernard y Wright, Richard. 1999. *Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible* (6.ª edición). México DF, Prentice Hall Hispanoamericana.
- Niederlander, C, Kvernes, D y Sutherland, S. 1986. *Practical Writing*. New York, CBS College Publishing.
- Núñez, Jorge. 2001. *Manejo y Conservación de Suelos*. San José, EUNED.
- Odum, Eugene y Sarmiento, Fausto. 2000. *Ecología. El puente entre Ciencia y Sociedad*. México DF, McGraw-Hill Interamericana.
- Orozco, José. 1998. "Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo del banano". En: Rosales, F. E.; Tripon, S, C y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, páginas 82-88.
- Pezo, Danilo y Ibrahim, Muhammad. 1999. *Sistemas Silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Proyecto Estado de la Nación. *Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible Informes 2001*. San José, Proyecto Estado de la Nación.
- Proyecto MESMIS. 2003. *Conceptos básicos del MESMIS*. www.oikos.unam.mx/gira.
- Ramakrishna, B. 1997. *Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias*. San José, IICA/ GTZ.
- Reynolds, Jenny y Fraile, Julio. 2002. "Presente y futuro de las aguas subterráneas en el Valle Central". En: Reynolds Vargas, Jenny (editora): *Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. San José, UNA-UNED, pp. 19-32.
- Rodríguez, Francisco. 2006. *Evaluación del aporte de las fincas agropecuarias a la sostenibilidad de la microrregión Platanar-La Vieja, Costa Rica*. Inédito.
- Rodríguez, Francisco. 2002. "Formas de laboreo, prácticas culturales y organización de la producción en el distrito de Ciudad Quesada, sección sur de la cuenca del río San Carlos". En: *Tecnología en Marcha* (Costa Rica): 15, 3, 34-43.
- Rodríguez, Francisco *et al.* 2004. *Valoración de la condición del recurso hídrico de la cuenca del río San Carlos y sus efectos en la calidad de vida en la Región Huetar Norte, Costa Rica*. Informe Final Proyecto de Investigación. Santa Clara, San Carlos, ITCR, Sede Regional San Carlos, Escuela de Ciencias y Letras.
- Rodríguez, Norman. 1996. *Determinación de la erosión hídrica y la pérdida de nutrientes utilizando lotes de escorrentía en la Región Huetar Norte de Costa Rica*. Informe Final de proyecto de investigación. Santa Clara, Escuela de Agronomía, ITCR.
- Rojas, Patricia *et al.* 2002. "El factor localización espacial y la competitividad". En: Chavarría, Hugo; Sepúlveda, Sergio y Rojas, Patricia (Compiladores): *Competitividad: Cadenas Agroalimentarias y Territorios Rurales*. San José, IICA, páginas 63-105.
- Salas, Rafael *et al.* 2002. "Absorción del fertilizante nitrogenado por la planta de café y su influencia sobre la contaminación de las aguas subterráneas". En: Reynolds Vargas, Jenny (editora): *Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. San José, UNA-UNED, páginas 89-103.
- Salazar, Juan Pablo. 1999. *Índice e indicadores para evaluación y seguimiento ambiental*. <http://members.estripod.de/JuanP/impact.htm>.
- Sandí, Lidier. 1997. *Determinación de la pérdida de suelo en cuatro usos de la tierra (bosque, cítricos, pasto y suelo desnudo) en la región Huetar Norte de Costa Rica*. Tesis. Santa Clara, ITCR, Escuela de Agronomía.
- Sarah, Jean. 1998. "Las prácticas culturales como medio de control de nematodos en el banano". En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C. y Cerna, J. (editores): *Producción de banano orgánico*. San Pedro Sula, Honduras, EARTH-CIID, páginas 138-151.
- Schosinsky, Gunther *et al.* 2002. "Orígenes de la contaminación de aguas subterráneas en un sector de la margen izquierda del río Virilla, San José, Costa Rica". En: Reynolds Vargas, Jenny (editora): *Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. San José, UNA-UNED, pp. 49-62.
- Sepúlveda, Sergio. 2002. *Desarrollo Sostenible Microrregional. Métodos para Planificación Local*. San José, IICA-UNA-CDT.
- Sepúlveda, Sergio *et al.* 2002. *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales*. San José, IICA.
- Solano, Jorge. 2002. "Innovaciones sistémica sostenible para la planificación del recurso

hídrico, el agua potable y el saneamiento". En: Reynolds Vargas, Jenny (editora): *Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. San José, UNA-UNED, pp. 227-246.

Solano, Nidia y Álvarez, Pedro. 1994. "Experiencia de recuperación y mejoramiento de la tracción animal". En: Masís, Germán y Rodríguez, Carlos (Compiladores): *La agricultura campesina en Costa Rica: alternativas y desafíos en la transformación productiva del agro*. San José, Instituto para

el Desarrollo y la Acción Social (IDEAS), pp. 219-237.

Sutton, David y Harmon, Paul. 2000. *Fundamentos de Ecología*. Méjico DF, Editorial Limusa / Noriega Editores.

Toledo, José. 1994. "Ganadería bajo pastoreo: Posibilidades y parámetros de Sostenibilidad". En Homan, Jane (editora): *Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, pp. 141-162.