

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Diseño y aplicación de indicadores para el recurso forestal en la microregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica

Francisco Rodríguez Barrientos¹

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 Microregión* (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 Microregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica. Se presentan los resultados de una investigación de campo para la dimensión de análisis forestal, comparando el desempeño de las tres actividades estudiadas según su aporte a la sostenibilidad. También se ofrecen consideraciones teóricas sobre los conceptos más importantes aplicados en la investigación.

Palabras clave: Sostenibilidad, Indicadores de recursos forestales, Microregión Platanar-La Vieja, Fincas, Dimensiones de análisis, Análisis forestal, Suelos forestales, Costa Rica.

Abstract

Design and application of forest resources indicators for the micro-region Platanar-La Vieja, Rio San Carlos watershed, Costa Rica. There has been a great interest in designing and applying indicators to quantify and 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 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 forest dimension. It also provides theoretical considerations about relevant concepts used in the research.

Key words: Sustainability, Forestry resources indicators, Platanar-La Vieja microregion, Analysis dimensions, Forestry dimension, Forestry soils, Costa Rica.

CARACTERIZACIÓN DE LA MICROREGIÓN PLATANAR-LA VIEJA

El actual territorio de la microregión Platanar-La Vieja se colonizó y pobló durante la segunda mitad del siglo XIX. Hasta mediados del siglo XX, la producción agropecuaria era principalmente de subsistencia; los pocos excedentes se comercializaban localmente. Después de 1950, la

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica. frodriguez@itcr.ac.cr

microregión se integra económicamente al mercado nacional con productos como la leche, la madera y las hortalizas, y al mercado internacional con la carne de vacuno y el azúcar, aunque estos productos también se destinan al consumo nacional (Rodríguez, 2002).

La inversión pública en infraestructura física, telecomunicaciones, electricidad, crédito y apoyo a la producción ha ayudado decisivamente al desarrollo económico y social de esta microregión, algunos de cuyos distritos presentan los mejores indicadores sociales de la zona norte costarricense (Chaves, 2002).

Actualmente, la microregión concentra la mayor cantidad de agroindustrias de la cuenca del río San Carlos (lácteos, ingenios azucareros, aserraderos, mueblerías, talleres industriales, etc.). El comercio y los servicios son importantes, llegando a ocupar en el distrito de Ciudad Quesada cerca del 70% de la población económicamente activa (INEC, 2001).

La energía hidroeléctrica es una actividad en auge en la microregión, como consecuencia de la puesta en funcionamiento de varias plantas generadoras de electricidad. Aunque la microregión tiene potencial turístico, su desarrollo es aún incipiente. El turismo podría complementar el desarrollo socioeconómico de la microregión, pero debe manejarse tomando en cuenta sus eventuales impactos ambientales.

La microregión Platanar-La Vieja tiene una superficie aproximada de 338 km², con una población en el 2006 de 60 000 habitantes. Esta microregión posee una importante concentración demográfica y experimenta un acelerado crecimiento poblacional, que puede constituirse en factor de presión sobre el medio ambiente y de los recursos naturales (Chaves, 2002).

La microregión tiene una precipitación pluvial media variable, siendo menor en las partes más altas, donde la precipitación anual promedio es de 3000 mm. En el distrito de Florencia, la precipitación anual promedio es de 4000 mm; el distrito de Ciudad Quesada presenta la mayor precipitación, oscilando entre los 4500 y los 5000 mm. La altimetría es muy variada: los extremos oscilan entre los 100 m (y aún menos) y los 2300 m (Cerro Buena Vista).

En la Figura 1 se presenta un mapa de la microregión Platanar-La Vieja, con su ubicación geográfica en la cuenca del río San Carlos y el territorio costarricense, principales poblados y la red hídrica.

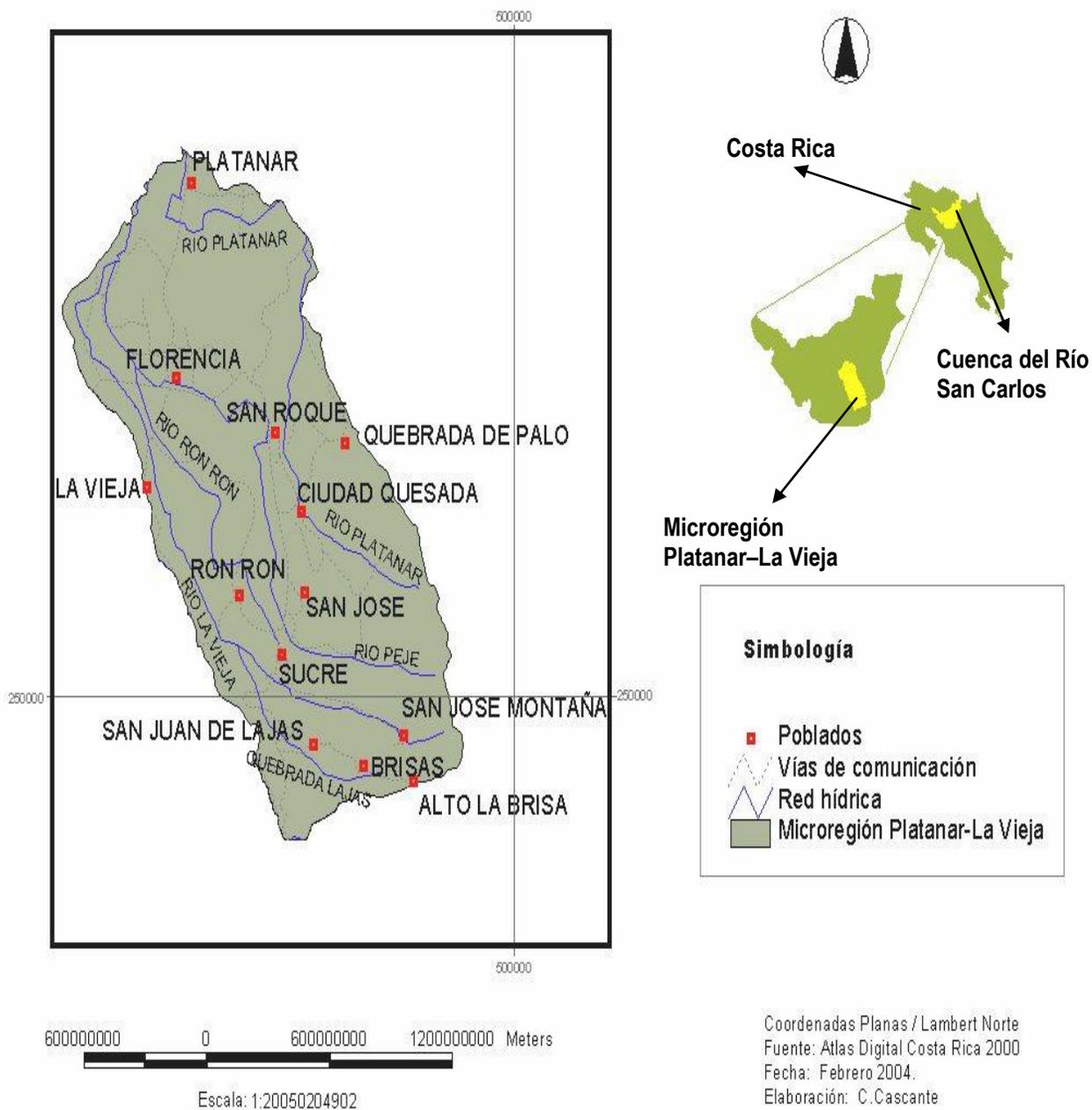


Figura 1. Microregión Platánar-La Vieja, principales poblados, vías de comunicación y red hídrica. Alajuela, Costa Rica.

OBJETIVOS

La investigación se planteó los siguientes objetivos:

General

Elaborar un conjunto de indicadores agropecuarios que permitan evaluar el aporte de las fincas lecheras, cañeras y hortícolas a la sostenibilidad de la microregión Platanar- La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica.

Específicos

- Elaborar un conjunto de indicadores agropecuarios para evaluar el aporte de las fincas a la sostenibilidad de la microregión objeto de estudio, tomando en cuenta sus condiciones físicas y productivas.
- Analizar y comparar el aporte a la sostenibilidad de las fincas lecheras, cañeras y hortícolas de la microregión Platanar-La Vieja, según las *dimensiones de análisis forestal, suelo y control de plagas* y enfermedades.

MARCO TEÓRICO

Indicadores

Para el estudio realizado en la microregión Platanar-La Vieja, se adoptó la definición y caracterización hecha por Salazar (1999), para quien los indicadores “son parámetros (por ejemplo, una medida ó propiedad observada), ó 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 ambiente, en las actividades humanas que afectan ó están afectadas por el ambiente, ó sobre las relaciones entre tales variables dentro de un ámbito territorial determinado”. Este territorio puede estar constituido por una microcuenca, una cuenca, una microregión, etc.

Índice

Cuando los indicadores se agregan forman índices que sirven para medir el desempeño de las fincas en relación a objetivos y prácticas de sostenibilidad. Los índices facilitan el monitoreo permanente de la unidad de análisis escogida (Müller, 1996; Sepúlveda, 2002).

Para el estudio se les define como “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).

Los indicadores y los índices no son perfectos ni constituyen mediciones totales y directas de la realidad estudiada, por eso, “no existen indicadores universales, puesto que las características ecosistémicas y antrópicas son diferentes dentro de una región o dentro de un país” (Salazar, 1999).

Por eso 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, microregiones, 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 ó las condiciones topográficas, climáticas y ambientales.

De aquí también deriva el peligro de aplicar mecánicamente indicadores e índices de una determinada *unidad de análisis* a otra, ya que estas realidades pueden ser diferentes. Esta relatividad es una limitante cuando se diseñan y aplican metodologías de medición, pero 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 Microregión* (IASOFIMICRO).

Dimensiones de análisis

Las *dimensiones de análisis* son las diversas facetas contenidas en una concepción amplia de sostenibilidad (ambientales, sociales, económicas, políticas, culturales, institucionales), según la elaboración hecha por Sepúlveda (2002).

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 ó 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 las expresan) hayan sido empleadas en metodologías y trabajos previos, lo cual confirma tanto su validación como su relevancia en el estudio de los diferentes rangos de aporte a la sostenibilidad (ó no sostenibilidad) de las unidades de análisis que se hayan seleccionado (fincas, microcuencas, microregiones, cuencas) (Altieri y Nicholls, 2002; Méndez y Gliessman, 2002).

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

Unidad de análisis. Las Fincas

La *unidad de análisis* está constituida por el espacio territorial en donde se ejecuta la evaluación cuantitativa y analítica del desarrollo sostenible (Sepúlveda, 2002). La unidad de análisis la escoge el investigador según los objetivos que persiga, pudiendo estar constituida por fincas, microcuencas, subcuencas, cuencas, distritos, cantones, etc.

Para los fines del estudio la *unidad de análisis* seleccionada fue la *finca*, conceptualizada como las explotaciones agropecuarias, generalmente de propiedad privada, cuyo propósito es la generación de recursos económicos ó la sobrevivencia, y que colocan su producción en el mercado, que es lo más frecuente, ó la dedican al consumo familiar.

Microregión

Sepúlveda (2002), define la microregión como “aquella unidad territorial en la cual se tejen los procesos típicos del desarrollo en cualesquiera de sus dimensiones. En este contexto, los criterios de definición física de una microregión –como unidad de planificación– son flexibles y fáciles para adaptarse a cada circunstancia” (Sepúlveda, 2002).

Según Richters (1995), en las cuencas hidrográficas existen interrelaciones entre los contextos ambientales, socioeconómicos y estatales (ó político-administrativos). Por eso pueden considerarse como el medio idóneo para el manejo y recuperación de los recursos naturales y de los ecosistemas que los contienen.

En ocasiones, sin embargo, las cuencas hidrográficas no llegan a satisfacer ciertas condiciones de índole económica, social y política. Por eso es que también se están proponiendo otros espacios para gestionar los recursos naturales y recuperar ecosistemas deteriorados: las *regiones*, *subregiones* o *microregiones*. Los criterios para establecer estas delimitaciones espaciales suelen partir de la múltiple funcionalidad proporcionada por las cuencas hidrográficas.

Para Richters (1995), deben tomarse en cuenta en la delimitación de las regiones (y lo mismo vale para delimitar microregiones) criterios como los de *homogeneidad* y *funcionalidad*. La *homogeneidad* hace referencia a cierta *uniformidad* y *extensión* en diversas *características* de la región, como las *físicas* (topografía, régimen de lluvias, hidrografía, clima, etc.), las *económicas* (sistemas productivos, tipos de productos prevalecientes), y las *socioculturales* (idioma, religión, etnicidad, entre otros).

La microregión Platanar-La Vieja presenta homogeneidad económica y sociocultural, no así física, debido sobre todo a su variada altimetría y a las condiciones que de ella se derivan (diferencias topográficas, clima, régimen de lluvias, etc.). Sin embargo, la distribución espacial de sus principales actividades agropecuarias (ganadería lechera, caña de azúcar y horticultura) sí presenta más homogeneidad física, así como coherencia hidrológica, aspecto central a la hora de delimitar las cuencas hidrográficas y que también es considerado por Richters (1995).

El concepto de *funcionalidad* involucra el modo de interrelación espacial y se alude especialmente a la *funcionalidad socioeconómica* de una región (o microregión) (importancia de la acción institucional, extensión del mercado como mecanismo económico de regulación económica y de asignación de recursos, capacitación de la mano de obra, estratos educativos). En la microregión Platanar-La Vieja el mercado es el mecanismo fundamental para asignar recursos y comercializar la casi totalidad de la producción y cuenta con una amplia presencia institucional que actúa no solamente en su área geográfica, sino en el conjunto de la cuenca del río San Carlos y de la región Huetar Norte (Rodríguez, 2006).

Para poder delimitar el ámbito territorial de una microregión no bastan las consideraciones mencionadas (homogeneidad, funcionalidad, coherencia hidrológica, historia compartida, etc.); *también es decisivo que exista un centro urbano de alguna importancia que le brinde cohesión en términos económicos, sociales, culturales y político-administrativos* (Rodríguez, 2001).

El centro o foco organizador del espacio económico y social de la Microregión Platanar-La Vieja es Ciudad Quesada. Toda zona rural se articula a un centro urbano que le proporciona servicios a la producción, al comercio y al bienestar social (educación, salud, culturales, para mencionar solo algunos). Estos centros juegan un activo papel en el desarrollo rural. A partir del foco centralizador se desarrolla toda una compleja trama que influye en la dinámica sociohistórica de la microregión.

Es imprescindible añadir a la teoría de la microregión el *centro urbano* (ó *foco urbano*) *debido a su carácter organizador, centralizador, integrador y cohesionador* como elemento básico al momento de establecer microregiones en un área geográfica determinada (por ejemplo, en una cuenca hidrográfica).

METODOLOGÍA

Muestra

La investigación se realizó asumiendo como Unidad Espacial de Análisis a la microregión Platanar-La Vieja, perteneciente a la cuenca del río San Carlos, Costa Rica.

La ejecución de la pesquisa partió de los estudios hechos por Rodríguez (2002), quien confirma que en dicha microregión las principales actividades agropecuarias son la ganadería lechera, la caña de azúcar y la horticultura.

A partir de información suministrada por la empresa Dos Pinos se detectaron 249 fincas lecheras en la microregión Platanar-La Vieja.

Según la Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar (DIECA), perteneciente a la Dirección Regional de la Liga de la Caña de Azúcar en Ciudad Quesada, existen 141 fincas cañeras en la microregión Platanar-La Vieja.

Dentro de la microregión existen dos zonas hortícolas principales: una situada en Las Brisas, distrito Alfaro Ruiz y la otra en el caserío de San Vicente, distrito de Quesada, San Carlos. La Oficina del Ministerio de Agricultura (MAG) en Alfaro Ruiz, suministró la información correspondiente al número y nombre de los productores hortícolas ubicados en la microcuenca del río La Vieja.

La Asociación de Desarrollo Comunal de San Vicente proporcionó la información del número y nombre de los agricultores de esa comunidad, junto a los de los caseríos Sucre y San José de la Montaña, en donde también hay fincas hortícolas. Con toda esta información se detectaron 52 fincas hortícolas en la microregión. De esta manera el universo en estudio estuvo constituido por 442 fincas.

Para obtener el tamaño deseado de la muestra se usó el programa computacional STATS, versión 11 de 1998 (Hernández *et al*, 1999). Por las características del universo la muestra debía ser estratificada. El programa STATS determinó que era necesario tomar una muestra de 144 fincas, las cuales se distribuyeron proporcionalmente entre los tres “estratos” ó 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. El levantamiento de la información de campo se realizó entre octubre del 2003 y abril del 2004.

Todas las fincas fueron numeradas y se sacaron series aleatorias para cada una de las actividades económicas de acuerdo al programa citado. Así se obtuvo la lista definitiva de las fincas a encuestar. El nivel de confianza de la muestra fue del 95%.

Técnicas de investigación utilizadas

Cuestionario

Para recolectar la información se elaboró un cuestionario con 63 preguntas cerradas. Para validarlo se tomaron al azar 10 fincas de la microregión 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 ó investigadores con información amplia y pertinente sobre los tópicos en estudio y son seleccionados de acuerdo a 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 éste 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:

1. Seleccionar las dimensiones de análisis del *Índice aproximado de sostenibilidad de las fincas de una microregión* (IASOFIMICRO).
2. Escoger los indicadores de cada una de las *Dimensiones de análisis* del IASOFIMICRO.
3. Otorgar el puntaje correspondiente a los indicadores según *Dimensión de análisis*.
4. Otorgar el puntaje correspondiente a las *Dimensiones de análisis* del IASOFIMICRO.
5. Otorgar el puntaje para definir los distintos rangos del aporte de las fincas a la sostenibilidad (alto, medio, bajo).

El equipo de expertos seleccionó al *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.

El Cuadro 1 muestra la selección de indicadores hecha por el equipo de expertos para la dimensión forestal, así como sus respectivos puntajes ponderados, en tanto que el Cuadro 2 presenta el puntaje otorgado por los expertos para clasificar las fincas en la dimensión forestal, según su grado de aporte a la sostenibilidad.

Cuadro 1. Selección de los indicadores y su puntaje ponderado de acuerdo al equipo de expertos en la dimensión de análisis forestal.

Dimensión forestal	Puntaje
Tamaño de la Cobertura Forestal	
2 y más ha	7.02
De 1 a menos de 2 ha	3.5
Menos de 1 ha	1.5
Sin cobertura forestal	0
Tipo de Cobertura Forestal	
Sólo nativas	7.02
Combinación nativas y frutales	5
Combinación de exóticas, nativas y frutales	3
Sólo exóticas	1.5
Criterios para mantener la Cobertura Forestal	
Conservación y protección absoluta	3
Pago por servicios ambientales	0.98
Uso interno para la finca y uso familiar	0.98
Explotación con manejo del recurso	0.98
Explotación sin manejo del recurso	0
Lugares especiales protegidos con la cobertura forestal	
Pendientes fuertes	1.77
Márgenes del río	1.75
Nacientes o manantiales	1.75
Áreas marginales deterioradas	1.75
Subtotal Dimensión Forestal	27

Cuadro 2. Puntaje otorgado por los expertos para clasificar las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, según su grado de aporte a la sostenibilidad en la dimensión de análisis forestal.

Grado de aporte a la sostenibilidad	Puntaje
Bajo	≤ 4.24
Medio	Entre 4.25 y 15.77
Alto	≥ 15.78

Fuente: Rodríguez, 2006

Análisis estadístico

Para establecer la existencia de diferencias significativas entre los promedios ponderados de las actividades económicas consideradas en la 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 (forestal, suelo, control de plagas) 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 cuando las muestras eran menores a 30 (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 a la nueva muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño de la cobertura forestal

La ganadería de leche tenía el mayor porcentaje de fincas con *bosques* (50%), de acuerdo a lo estipulado por los expertos. La mayoría de las fincas cañeras y de hortalizas (61.7% y 88.2%, respectivamente) no tenían cobertura forestal (Cuadro 3), lo cual ayuda a explicar las diferencias en esta *dimensión de análisis* entre las distintas actividades agropecuarias.

Cuadro 3. Cobertura forestal de las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, según actividad agropecuaria

Cobertura forestal (ha)	Actividad agropecuaria							
	Ganadería lechera		Caña de azúcar		Hortalizas		Microregión Platanar-La Vieja	
	A	R	A	R	A	R	A	R
2 y más	40	50.0	10	21.3	0	0.0	50	34.7
1 a menos de 2	10	12.5	6	12.8	1	5.9	17	11.8
Menos de 1	7	8.8	2	4.2	1	5.9	10	6.9
No tiene	23	28.7	29	61.7	15	88.2	67	46.6
Total	80	100	47	100	17	100	144	100

A = Absoluto, R = Relativo

Las fincas hortícolas encuestadas (y, en general, las fincas hortícolas de la microregión Platanar-La Vieja) son pequeñas parcelas trabajadas intensivamente que no tienen el suficiente terreno para albergar bosques, según el parámetro establecido por los expertos para las manchas boscosas y que se muestra en el Cuadro 1. El tamaño promedio de las fincas hortícolas fue de 1.45 ha y por eso no cumplían con dicho parámetro, más aún si se considera que el tamaño promedio de su cobertura forestal fue únicamente de 0.07 ha.

El tamaño promedio de las fincas lecheras fue de 45.5 ha, con una cobertura forestal promedio de 9.34 ha, mientras que el tamaño promedio de las fincas cañeras fue de 17.22 ha, con un tamaño promedio para la cobertura forestal de 3.61 ha.

Las tasas de deforestación en las microcuencas La Vieja (5.9) y Platanar (6.0) son altas al compararse con otras áreas de la cuenca del río San Carlos de acuerdo a lo reportado por Chaves (2002), situación que se agrava considerando que más de la mitad de los suelos de la microregión Platanar-La Vieja apropiados para uso forestal carece de bosques (Chaves, 2002).

Esta deforestación obedeció a varios factores, entre ellos la gran expansión de la ganadería lechera luego de 1950, que influyó decisivamente en la sustitución de los bosques por pastizales; al gran desarrollo de la caña de azúcar después de 1960, lo cual influyó en la deforestación de las microcuencas de los ríos Peje y Platanar, en donde es un cultivo de gran importancia; y a la urbanización, especialmente en los alrededores de Ciudad Quesada (Rodríguez, 2001).

De igual forma, el notable crecimiento demográfico experimentado en las últimas décadas por los distritos de la microregión Platanar-La Vieja (INEC, 2001) es un factor adicional que está presionando los recursos naturales, y no solamente los forestales.

En la microcuenca del río La Vieja el 56.5% de los *suelos* con cualidades para establecer especies forestales se hayan sin cobertura boscosa; por su parte, en la microcuenca del río Platanar el porcentaje para ese mismo rubro asciende al 60.8%, superiores ambos al del resto de subcuencas y microcuencas del río San Carlos (Chaves, 2002).

Cubero y Vieira (1994), recomiendan que en un ámbito de pendiente mayor a 50 grados debería existir solo cobertura forestal, pero en el ámbito geográfico de las microcuencas La Vieja y Platanar, que cubren buena parte de la superficie de la microregión en estudio, la cobertura forestal en suelos de ese rango de pendiente es de aproximadamente el 70% (Chaves, 2002).

Los altos índices de la deforestación influyen en la pérdida de la estructura edáfica al incrementar la erosión y reducir la biodiversidad, según se discute en autores como Méndez y Gliessman (2002) y Solano (2002).

Odum y Sarmiento (2000) y Guariguata y Ostertag (2002) reportan que cuando se deforesta un terreno se pierde nitrógeno por remoción de masa y se aumentan las escorrentías, agregando que la deforestación aumenta la acidez del suelo y reduce su fertilidad, pudiendo llevar incluso hasta la desertización, riesgos a los que se exponen los suelos de la microregión Platanar-La Vieja debido al intenso proceso deforestador que ha experimentado.

A consecuencia de esto, la existencia de bosques favorece la retención de aguas al propiciar que el subsuelo se vea favorecido en aquellas áreas de la cuenca hidrográfica que tengan una cobertura boscosa más amplia y densa, como lo reportan De Bermoudes y Quiroz (2002) para la Sabana de Bogotá, Colombia, Duarte (2002) para varias regiones de El Salvador y Pérez *et al* (2002) para el Valle Central de Costa Rica.

Autores como Altieri (2001), Núñez (2001) y Montagnini y Jordan (2002) proponen diseñar sistemas de producción que combinen actividades agrícolas, pecuarias y forestales, gestionadas sostenible y racionalmente y protegiendo los recursos naturales. El desarrollo de estos sistemas más diversificados es considerado un aspecto relevante en el manejo sostenible de las fincas por varias razones, entre ellas el mayor uso de materiales y energía internos, las interacciones entre los diversos ecosistemas (bosque, suelo, agua, biodiversidad), protección del suelo y de los pastizales (y de los cultivos agrícolas cuando los haya) y la menor vulnerabilidad económica de las empresas.

Sin embargo, al predominar el monocultivo en la microregión Platanar-La Vieja (con excepción de las fincas hortícolas, aunque en estas los sistemas agrosilvopastoriles están ausentes), las fincas estudiadas desaprovechan todos los beneficios de los sistemas agrosilvopastoriles, que redundan en mayores niveles de sostenibilidad ecológica, social y económica.

Criterios principales para mantener la cobertura forestal

En las tres actividades agropecuarias el principal uso dado a la cobertura forestal fue la *Conservación y Protección* (Figura 2). Los demás criterios de este indicador tuvieron escasa relevancia: el *Uso familiar y de la finca* (en la actividad lechera) y la *Explotación con manejo del recurso* (actividad cañera).

El *Uso comercial (con ó sin manejo del recurso)* de los forestales fue prácticamente inexistente, lo mismo que los bosques en *régimen de venta por servicios ambientales*. Otros usos, como el de proporcionar leña para los hogares ó postes para las fincas (que estaban contemplados en el criterio *Uso familiar y de la finca*), están poco extendidos. Tampoco se usaban como alimento para las familias, forraje para los animales ó como materiales para elaborar abonos orgánicos y medicinas.

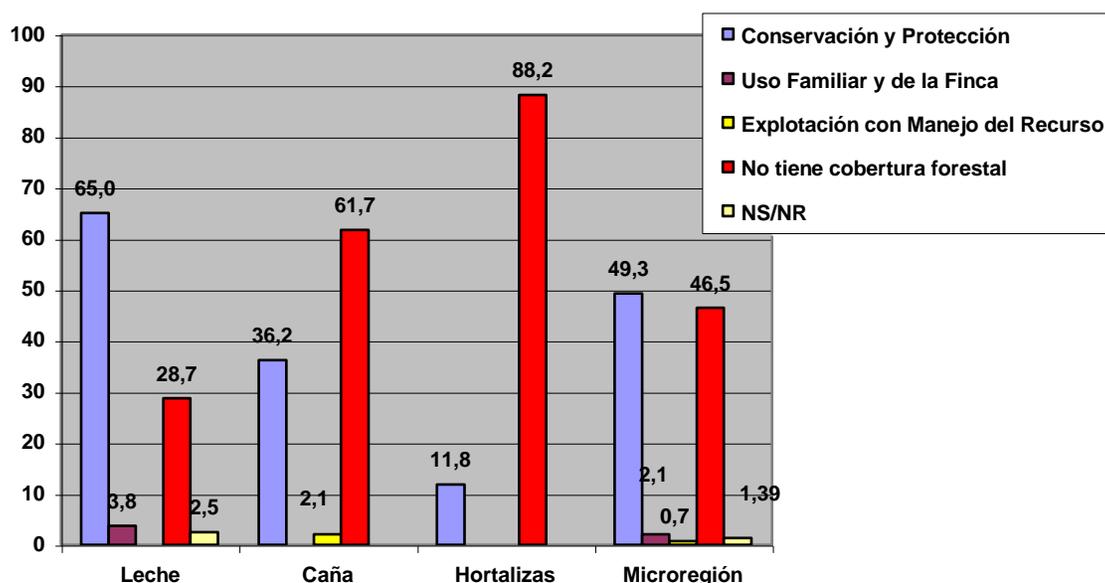


Figura 2. Criterio principal para mantener la cobertura forestal en las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, según actividad agropecuaria.

Todos estos usos podrían servir para generarle a las fincas agropecuarias ingresos adicionales y para ahorrarles costos, utilizando el recurso forestal de forma más integral y sacándole mayor provecho a los recursos internos de las fincas, un aspecto de gran relevancia en el desarrollo sostenible y que es destacado por autores como Odum y Sarmiento (2000) y Gliessman (2002).

Los resultados obtenidos en la investigación permiten proponer que el uso comercial de los bosques con manejo del recurso debería aprovecharse más en la microregión Platanar-La Vieja, coincidiendo con los criterios expuestos en Romero *et al*, (1994), Méndez *et al*, (1997) y Pezo e Ibrahim (1999), quienes confirman que en fincas donde impera la ganadería deberían sembrarse árboles ó bosquetes junto a los pastizales para lograr diversos fines, como producir madera para satisfacer las necesidades de la finca, obtener ingresos adicionales con la venta de la madera y crear áreas de protección de suelos, ríos o manantiales, que a la vez le proporcionan sombra a los animales que están en pastoreo.

Autores como Sáenz *et al*, (1997), García (2002) y Flores y Obando (2003) señalan que los bosques primarios y secundarios son importantes proveedores de servicios ambientales, porque protegen contra la erosión, cumplen una importante función en el ciclo hidrológico, rehabilitan áreas degradadas de las fincas, constituyen refugios de biodiversidad, fijan carbón atmosférico a tasas altas y son fuente de plantas de utilidad medicinal y comercial.

Considerando los criterios anteriores, las fincas lecheras pueden verse más beneficiadas con dichos servicios al poseer con mayor frecuencia suelos con bosques primarios y secundarios. No obstante, la gran carencia de cobertura forestal en la microregión Platanar-La Vieja se convierte en un obstáculo para conseguir tales beneficios ambientales y económicos.

Tipo de cobertura forestal

En el Figura 3 se observa que la cobertura forestal de las fincas estudiadas estaba constituida básicamente por *especies nativas*. Los restantes tipos de cobertura forestal (*nativas con frutales*; *mixta*: combinación de *nativas*, *frutales* y *exóticas*; *sólo exóticas*) tuvieron poca relevancia.

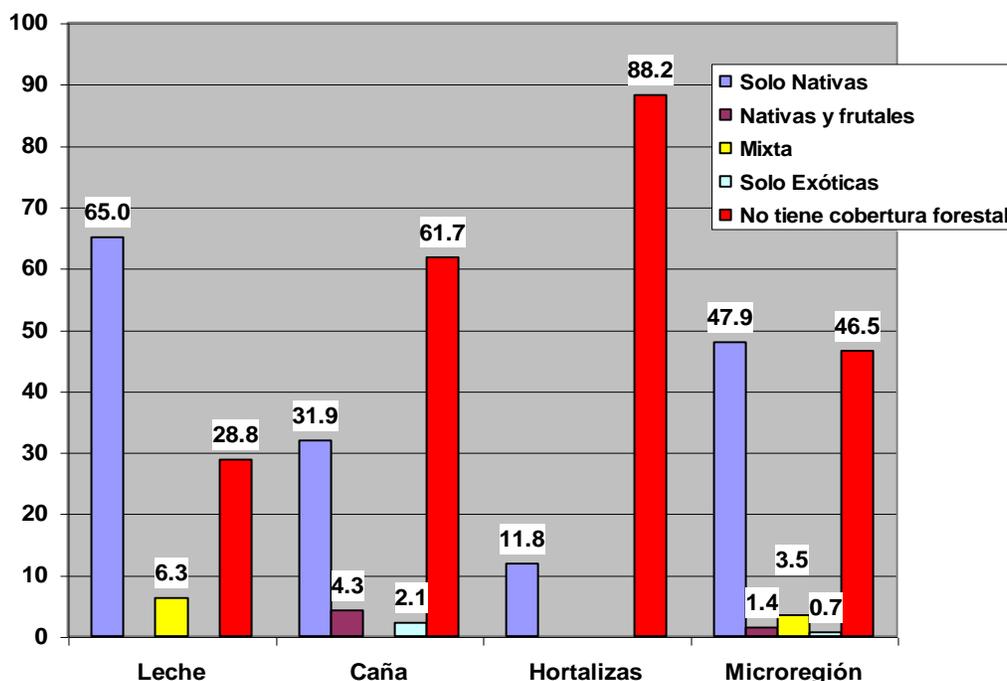


Figura 3. Tipo de cobertura forestal existente en las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, según actividad agropecuaria.

Las especies nativas son una buena opción para diversificar las actividades de las fincas si el bosque es manejado adecuadamente, pues muchas de ellas que están en procesos de reforestación, y en relación a las exóticas, muestran tasas de sobrevivencia mayores y de crecimiento comparables a las especies exóticas comerciales (teca, melina, ciprés), según lo demuestran los estudios de Calvo *et al*, (1997) y Chaves y Chinchilla (1997), ya que aquellas tienen gran adaptación e interacción con su ambiente y una rica biodiversidad que ha coevolucionado con ellas.

De acuerdo con Altieri (2001) y Gliessman (2002) las especies nativas no solo ayudan a diversificar las actividades y los ingresos de las fincas, sino que sirven para mantener hábitats apropiados dentro y fuera de los campos de cultivo, elemento básico en la gestión sostenible de las fincas. Las fincas estudiadas con cobertura forestal pueden beneficiarse de esta situación, pero, como se indicó al discutir la Figura 1, suelen dar pocos usos a la cobertura boscosa que poseen, y la mayoría de las fincas hortícolas y cañeras carece de cobertura forestal, según lo discutido en el Cuadro 2.

De acuerdo con Altieri (2001) y Gliessman (2002) las especies nativas no solo ayudan a diversificar las actividades y los ingresos de las fincas, sino que sirven para mantener hábitats apropiados dentro y fuera de los campos de cultivo, elemento básico en la gestión sostenible de las fincas.

El potencial de árboles para ser usados en la rehabilitación de áreas degradadas (por lo tanto, su impacto en la fertilización del suelo) depende en buena medida de la cantidad de hojarasca que pueda producir, de su composición química y de su tasa de descomposición, y la descomposición de residuos orgánicos (como hojarasca, ramas, troncos, raíces y otros restos animales y vegetales), según encontraron Montagnini y Jordan (2002), constituye el proceso fundamental de los ecosistemas para el reciclado de nutrientes, quienes también reportan que muchas especies nativas producen gran cantidad de hojarasca que se descompone en alrededor de quince meses, motivo por el cual no suele hallarse abundantes capas de mantillos en el piso del bosque.

En los escasos procesos de reforestación que se detectaron en el estudio, predominaban las especies nativas. No se usaban *especies frutales* para reforestar, a pesar de que estas variedades pueden suministrar alimento a los animales y a los miembros de la familia, ó proporcionar servicios que brindan otras especies forestales, especialmente *las nativas* (materiales para elaborar abonos orgánicos y para usos internos de la finca, leña para los hogares, protección del suelo, cobertura y sombra de cultivos, proporcionar abrigo a los animales, abono para los suelos, suministrar ingresos adicionales a las familias, etc.), según concluyen de sus investigaciones Sáenz *et al*, (1997), Pezo e Ibrahim (1999) y Gliessman (2002).

Lugares vulnerables protegidos con la cobertura forestal

Otro de los indicadores de la dimensión de análisis forestal fue el uso dado a la cobertura forestal para *proteger márgenes de los ríos, pendientes fuertes, nacientes ó manantiales y áreas degradadas* (Figura 4).

La cobertura forestal para *proteger los márgenes de los ríos* fue el uso más importante en las actividades estudiadas (excepto en la ganadería de leche) y en el conjunto de la microregión. Con la excepción de la ganadería de leche, la cobertura forestal en *pendientes fuertes* ó para *proteger nacientes* se hacía poco en las fincas estudiadas, algo que debe mejorarse si se quiere proteger recursos tan estratégicos como el suelo y el agua (la microregión Platanar-La Vieja posee una gran riqueza hídrica).

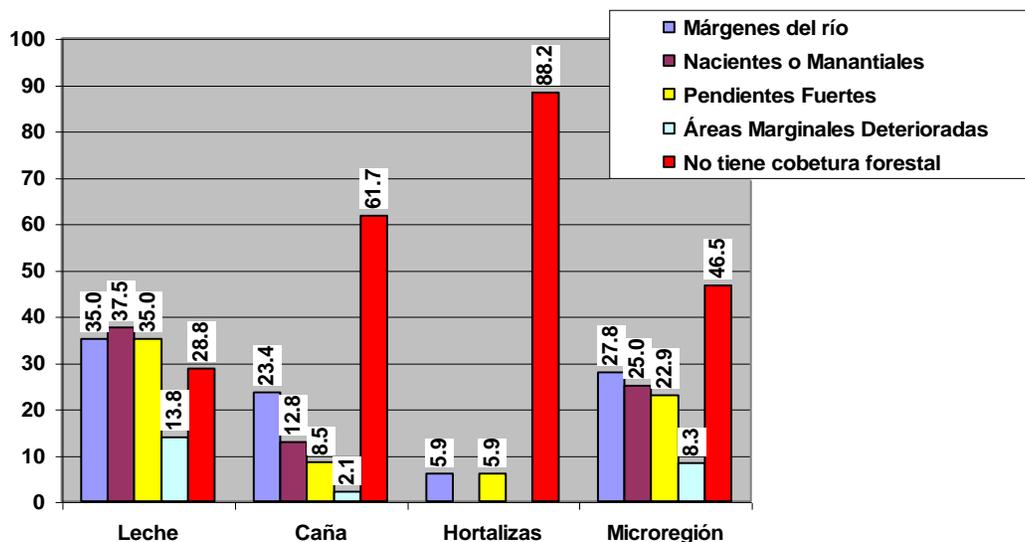


Figura 4. Lugares vulnerables protegidos por la cobertura forestal en las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, según actividad agropecuaria.

En las tres actividades estudiadas la cobertura forestal en *áreas degradadas* con el objeto de ayudar en su recuperación obtuvo porcentajes muy bajos. La recuperación de las áreas degradadas es algo indispensable considerando la extendida deforestación prevaleciente en la microregión Platanar-La Vieja, que dejó sin cobertura forestal a buena parte de sus suelos, por lo que se exponen a los procesos erosivos y a los problemas derivados del sobrepastoreo (como la compactación de los suelos), de acuerdo a lo informado por Bifani (1997), López (1997) y Odum y Sarmiento (2000) para gran cantidad de suelos bajo uso agropecuario en distintos lugares del mundo.

Las especies nativas deberían tener prioridad en los esfuerzos por reforestar las áreas degradadas (y de pendientes fuertes ó donde existen manantiales). Si se logra aumentar el caudal del agua mediante la reforestación, la regeneración natural ó manteniendo la cobertura forestal cerca de las nacientes, todo eso tendrá influencia positiva en la producción agrícola ó pecuaria de las fincas y, por extensión, en la microregión Platanar-La Vieja de acuerdo a los resultados obtenidos por Flores (1994), Toledo (1994) y Méndez *et al.* (1997).

Según lo planteado por Romero *et al.* (1994) un importante reto para la ganadería tropical es el de incrementar la producción y la productividad, garantizando al mismo tiempo la conservación de los recursos naturales y del ambiente, reto que igualmente deben asumir las fincas de la microregión estudiada. Para lograrlo, Gliessman (2002) sugiere integrar los distintos recursos existentes en las fincas, constituyendo los sistemas agrosilvopastoriles una alternativa para armonizar la producción con la conservación, al promover el adecuado uso de los bosques, el enriquecimiento del recurso suelo y la protección de los acuíferos.

De acuerdo a la especie y las condiciones edáficas, las raíces de algunos árboles son capaces de hundirse más en el suelo, absorber los nutrientes y retornarlos a la superficie mediante la caída natural del follaje, ramas y frutos, según lo manifiestan los trabajos de Méndez *et al.* (1997) y Montagnini y Jordan (2002). Para lograr estos beneficios las fincas de la microregión estudiada deben intensificar la reforestación, especialmente con especies nativas y frutales.

La existencia de potreros con fuerte pendiente topográfica cerca de los ríos, ó que se extienden hasta las propias márgenes, es frecuente en la microregión Platanar-La Vieja, fenómeno que

origina formas de degradación del suelo como terracetas, compactación y erosión de los suelos, similares a las señaladas por Arias (2001) y Núñez (2001) para fincas agropecuarias ubicadas en zonas de Costa Rica con un relieve parecido al de la microregión investigada.

En las zonas con fuerte pendiente topográfica sería necesario abandonar toda actividad agrícola ó pecuaria de acuerdo a lo planteado en Cubero y Vieira (1994), MAG (2000) y Arias (2001), e iniciar procesos de regeneración natural del bosque ó de reforestación planificada, actividades que temporalmente podrían combinarse con la ganadería y dejar la producción en áreas y suelos más apropiados, tal y como lo sugieren Méndez *et al*, (1997), aspectos que se convierten en un reto considerable para las fincas de la microregión Platanar-La Vieja, pues la mayoría de las fincas cañeras y de hortalizas (y el 28.7% de las lecheras) carece de cobertura forestal.

A modo de síntesis, en el Cuadro 4 se presentan los resultados del estudio para la Dimensión de Análisis Forestal. La ganadería de leche fue la actividad con un mayor porcentaje de fincas con un *aporte alto* a la sostenibilidad (55%), superando a las actividades cañera y de hortalizas, que, por su parte, presentaron porcentajes elevados de fincas con un *aporte bajo* a la sostenibilidad (respectivamente, 61.7% y 88.2%), lo cual en esta dimensión sí afectó los resultados para el conjunto de la microregión, ya que el 46.5% del total de las fincas se ubicaron en un nivel de *aporte bajo* a la sostenibilidad.

Cuadro 4. Distribución de las fincas por actividad agropecuaria y microregión Platanar-La Vieja, según aporte a la sostenibilidad. *Dimensión de análisis forestal.*

Grado de aporte a la sostenibilidad	Actividad Agropecuaria y Microregión Platanar-La Vieja							
	Ganadería lechera		Caña de azúcar		Hortalizas		Microregión Platanar-La Vieja	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Alto	44	55.0	10	21.3	1	5.9	55	38.2
Medio	13	16.2	8	17.0	1	5.9	22	15.3
Bajo	23	28.8	29	61.7	15	88.2	67	46.5
Total	80	100.0	47	100.0	17	100.0	144	100.0

A = Absoluto, R = Relativo

En la Figura 5 se ofrecen los puntajes ponderados de las actividades agropecuarias según su grado de aporte a la sostenibilidad. Para alcanzar un *aporte alto* a la sostenibilidad en la dimensión de análisis forestal, debía lograrse un puntaje igual ó mayor a 15.78 puntos. El puntaje ponderado de la ganadería lechera fue de 13.3, por lo cual, aunque se situó en el grado de aporte medio a la sostenibilidad, quedó cerca del grado de *aporte alto*.

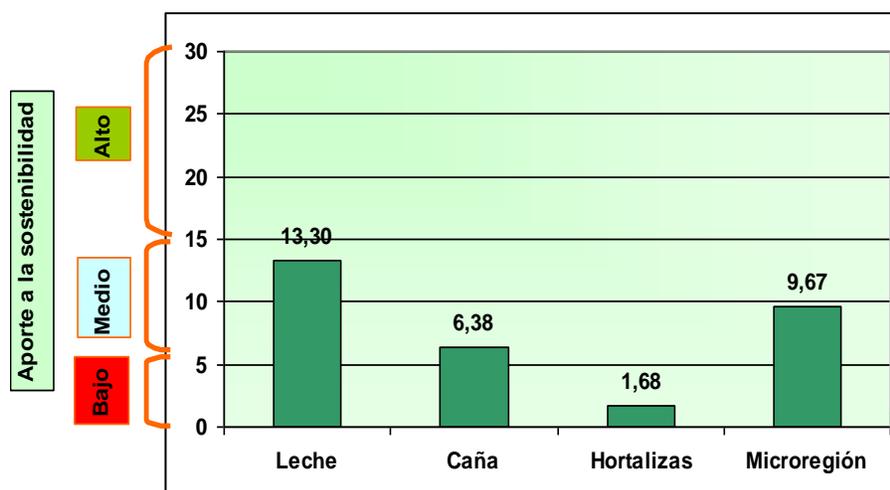


Figura 5. Aporte a la sostenibilidad de las fincas por puntaje ponderado, según actividad agropecuaria y microregión Platanar-La Vieja. *Dimensión de análisis forestal.*

El caso contrario fue el de la actividad hortícola, cuyo puntaje ponderado (1.68) la ubicó en el grado de *bajo aporte* a la sostenibilidad. Aunque el puntaje ponderado de la actividad cañera (6.38) la ubica en el grado de *aporte medio* a la sostenibilidad, se halla más cercana al grado de *aporte bajo*.

Así, las diferencias comparativas de los puntajes ponderados de las fincas lecheras respecto a las cañeras y hortícolas fueron estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES

- La microregión como fue precisada en términos conceptuales y metodológicos puede ser una unidad de análisis espacial adecuada para evaluar el grado de sostenibilidad de las actividades agropecuarias.
- El conjunto de indicadores seleccionados en el presente trabajo y al que se le ha dado el nombre de *Índice aproximado de sostenibilidad en las fincas de una microregión* (IASOFIMICRO), permitió hacer una evaluación preliminar del aporte a la sostenibilidad de las fincas y de las principales actividades agropecuarias (leche, caña, hortalizas) de la microregión Platanar-La Vieja, cuenca del río San Carlos, Costa Rica, en la *dimensión de análisis forestal*.
- En la *dimensión de análisis forestal* la actividad lechera tuvo el mejor desempeño en todos los indicadores seleccionados por el equipo de expertos. Las diferencias según los puntajes ponderados en esta dimensión de análisis entre la actividad lechera y las actividades cañera y hortícola fueron, estadísticamente significativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. 2001. Biotecnología agrícola: mitos, riesgos ambientales y alternativas. *Ecología Política*. 21:15-42.
- Altieri, M; Nicholls, Cl. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (CR)*. 64:17-24.
- Arias, AC. 2001. Suelos tropicales. San José, CR, EUNED. 168 p.
- Bifani, P. 1997. Medio Ambiente y Desarrollo. 2ª ed. Guadalajara, MX, Universidad de Guadalajara. 700 p.
- Calvo, J; Arias, D; Sibaja, A. 1997. Resultado de un ensayo de eliminación para especies forestales en un suelo ultisol en Buenos Aires de Osa, Costa Rica. *In Congreso Forestal Nacional (3, 1997, San José, CR)*. Unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; resúmenes de ponencias. Eds. E. Morales Mora y F. Cartín Brenes. San José, CR. p. 117-119.
- Chaves, E; Chinchilla, O. 1997. Importancia de los tratamientos silviculturales en el manejo de los bosques naturales tropicales. *In Congreso Forestal Nacional (3, 1997, San José, CR)*. Unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; resúmenes de ponencias. Eds. E. Morales Mora y F. Cartín Brenes. San José, CR. p. 25-27.
- Chaves, M. 2002. Análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico y opciones de manejo sostenible en la cuenca del río San Carlos. Tesis. San José, CR. UCR, Escuela de Ingeniería Civil, 230 p.
- Cubero, D; Vieira, M. 1994. Planificación conservacionista participativa de fincas. San José, MAG/FAO. 72 p.
- De Bermoudes, O; Quiroz, M. 2002. Contribución a la Hidrogeología de la sabana de Bogotá, Colombia. *In Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. Ed. J. Reynolds Vargas. San José, CR, EUNED. p. 107-117.
- Duarte, R. 2002. La situación del recurso hídrico subterráneo en El Salvador. *In Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro*. Ed. J. Reynolds Vargas. San José, CR, EUNED. p. 153-168.
- Flores, E; Obando, G. 2003. Árboles del trópico húmedo. Importancia socioeconómica. Cartago, CR, Editorial Tecnológica de Costa Rica. 922 p.
- Flores, J. 1994. El estado actual y las tendencias en la utilización de los recursos naturales en América Central. *In Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad*. Ed. J. Homan. Cartago, CR, CATIE. p. 21-38.
- García, D. 2002. El legado de la actividad humana en los bosques neotropicales contemporáneos. *In Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Eds. M. Guariguata y G. Catan. Cartago, CR, Editorial Libro Universitario Regional. p. 96-116.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Cartago, CR, CATIE. 359 p.
- Guariguata, M; Ostertag, R. 2002. Sucesión Secundaria. *In Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Eds. M. Guariguata y G. Catan. Cartago, CR, Editorial Libro Universitario Regional. p. 591-623.
- Hernández, R; Fernández, C; Pilar, L. 1999. Metodología de la Investigación. 2ª ed. México DF, MX, McGraw-Hill Interamericana. 501 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). 2001. IX Censo Nacional de Población y V de Vivienda. Resultados Generales. San José, CR, INEC. 80 p.

- Lester, J. 1993. Writing Research Papers. A complete Guide. 7th ed. New York, US, Harper Collins College Publishers. 382 p.
- Lind, D; Mason, R; Marchal, W. 2000. Estadística para administración y economía. 3^a ed. México DF, MX, McGraw-Hill Interamericana. 576 p.
- López, F. 1997. Desertificación y degradación del suelo: un desafío del fin de milenio. **In** Sustentabilidad. Desarrollo económico, medio ambiente y biodiversidad. Comp. D. Rivas. Madrid, ES, Editorial Parteluz. p. 127-155.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2000. Estudios de suelos y capacidad de uso de las tierras para la zonificación agropecuaria de las regiones Huetar Norte, Atlántica y Brunca. San José, CR, MAG. 255 p.
- Méndez, A; Basil, J; Maclennan, A; Hidalgo, C; Araya, J; Solórzano, N. 1997. Proyecto de reforestación en fincas ganaderas: un caso de estudio en la región del Pacífico Central de Costa Rica. **In** Congreso Forestal Nacional (3, 1997, San José, CR). Unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; resúmenes de ponencias. Eds. E. Morales Mora y F. Cartín Brenes. San José, CR. p. 166-174.
- Méndez, E; Gliessman, S. 2002. Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano. Manejo integrado de Plagas y Agroecología (CR). 64: 5-16.
- Montagnini, F; Jordan, C. 2002. Reciclaje de nutrientes. **In** Ecología y conservación de bosques neotropicales. Eds. M. Guariguata y G. Catan. Cartago, CR, Editorial Libro Universitario Regional. p. 167-191.
- Müller, S. 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, CR, IICA-GTZ. 56 p.
- Niederlander, C; Kvernes, D; Sutherland, S. 1986. Practical writing. New York, US, CBS College Publishing. 436 p.
- Núñez, J. 2001. Manejo y conservación de suelos. San José, CR, EUNED. 264 p.
- Odum, E; Sarmiento, F. 2000. Ecología. El puente entre ciencia y sociedad. México DF, US, McGraw-Hill Interamericana. 343 p.
- Ortiz, E. 2001. Atlas Digital Costa Rica 2000. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 1 disco compacto.
- Pérez, J; Hirata, R; Reynolds, J. 2002. Estudio de la hidrogeología del área oeste del Valle Central, Costa Rica, utilizando isótopos ambientales. **In** Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Ed. J. Reynolds Vargas. San José, CR, EUNED. p. 203-214.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Cartago, CR, CATIE. 275 p.
- Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central. Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR, IICA. 439 p.
- Rodríguez, F. 2001. Región, identidad y cultura. San José, CR, Ediciones Perro Azul. 270 p.
- Rodríguez, F. 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. Tecnología en Marcha. (15)3:34-43.
- Rodríguez, F. 2006. Contribución de las fincas agropecuarias a la sostenibilidad de la Microregión Platanar-La Vieja, Costa Rica. Tesis Doctoral. Inédito. 153 p.

- Romero, F; Benavides, J; Kass, M; Pezo, D. 1994. Utilización de árboles y arbustos en sistemas de producción de rumiantes. **In** Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. Ed. J. Homan. Cartago, CR, CATIE. p. 207-220.
- Sáenz, G; Aus Der Beek, R; Venegas, G. 1997. Impacto de las intervenciones silviculturales en robledales de altura: estudio de caso en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. **In** Congreso Forestal Nacional (3, 1997, San José, CR). Unidos por el desarrollo del recurso forestal: ante el próximo milenio; resúmenes de ponencias. Eds. E. Morales Mora y F. Cartín Brenes. San José, CR. p. 42-44.
- Salazar, JP. 1999. Índice e indicadores para evaluación y seguimiento ambiental. (en línea). Consultado 20 feb. 2004. Disponible en <http://members.estripod.de/JuanP/impact.htm>.
- Sepúlveda, S. 2002. Desarrollo sostenible microregional. Métodos para planificación local. San José, CR, IICA-UNA-CDT. 312 p.
- Solano, J. 2002. Innovación sistémica sostenible para la planificación del recurso hídrico, el agua potable y el saneamiento. **In** Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Ed. J. Reynolds Vargas. San José, CR, EUNED. p. 227-246.
- Toledo, J. 1994. Ganadería bajo pastoreo: Posibilidades y parámetros de sostenibilidad. **In** Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. Ed. J. Homan. Cartago, CR, CATIE. p. 141-162.