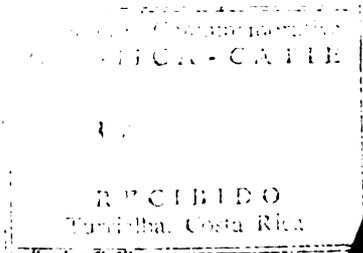




Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH



SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA Y LOS RECURSOS NATURALES

Bases para Establecer Indicadores

Ronnie de Camino V.
Sabine Müller

¿QUE ES EL IICA?

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano. Sus orígenes se remontan al 7 de octubre de 1942, cuando el Consejo Directivo de la Unión Panamericana aprobó la creación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, con sede en Costa Rica.

Fundado como un ente dedicado a la investigación agronómica y a la enseñanza de posgrado para los trópicos, el IICA se convirtió progresivamente, ante los cambios y las nuevas necesidades del Continente Americano, en un organismo de cooperación técnica para la agricultura. Estas transformaciones fueron reconocidas formalmente con la ratificación, el 8 de diciembre de 1980, de una nueva Convención, la cual estableció como fines del IICA estimular, promover y apoyar la cooperación entre sus Estados Miembros, para lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural.

Los órganos de gobierno en que participan los Estados Miembros son la Junta Interamericana de Agricultura y el Comité Ejecutivo, de los cuales emanan los lineamientos políticos que ejecuta la Dirección General. El IICA hoy posee gran alcance geográfico que le permite responder a las necesidades de cooperación técnica en los países, a través de sus Agencias de Cooperación Técnica y de cinco Centros Regionales desde los cuales se coordina la implementación de estrategias adecuadas a las características de cada región.

La participación y apoyo de los Estados Miembros y las relaciones que el Instituto mantiene con Observadores Permanentes y numerosos organismos internacionales, posibilitan que el IICA canalice recursos humanos y financieros en favor del desarrollo agrícola del Continente Americano.

El Plan de Mediano Plazo (PMP) 1994-1998 constituye el marco orientador estratégico de las acciones del IICA para el período en referencia. Su objetivo general es apoyar a los Estados Miembros para lograr la sostenibilidad agropecuaria, en el marco de la integración hemisférica, y como contribución al desarrollo rural humano. El Instituto programa su trabajo con base en las transformaciones productivas, comerciales e institucionales de la agricultura, con un enfoque integrado del desarrollo, sustentado en la sostenibilidad, la equidad y la competitividad. El IICA fija sus actividades técnicas en cuatro Areas de Concentración: Políticas Socioeconómicas, Comercio e Inversiones; Ciencia y Tecnología, Recursos Naturales y Producción Agropecuaria; Sanidad Agropecuaria; y Desarrollo Rural Sostenible. La acción del IICA se apoya en dos Servicios Especializados: Capacitación, Educación, y Comunicación; e Información, Documentación e Informática.

Los Estados Miembros del IICA son: Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Chile, Dominica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos de América, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, St. Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela. Los Observadores Permanentes son: Alemania, Austria, Bélgica, Comunidades Europeas, España, Federación de Rusia, Francia, Hungría, Israel, Italia, Japón, Portugal, Reino de los Países Bajos, República Arabe de Egipto, República Checa, República de Corea, República de Polonia y Rumanía.

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
Setiembre, 1993.

Primera reimpresión: 1995.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA.

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio del IICA.

El Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (CIDIA), a través de su Servicio Editorial e Imprenta, es responsable por la edición de estilo, levantado de texto, montaje, fotomecánica e impresión de esta publicación.

Camino V., Ronnie de

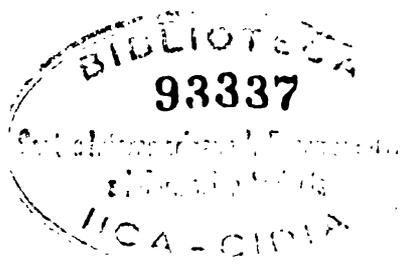
**Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales :
bases para establecer indicadores / Ronnie de Camino V. y
Sabine Müller. — San José, C.R. : Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura/Proyecto IICA/GTZ, 1993.**

**134 p. ; 25 cm. — (Serie Documentos de Programas / IICA,
ISSN 1011-7741 ; no. 38)**

**1. Sostenibilidad. 2. Recursos naturales. 3. Indicadores de
sostenibilidad. I. Müller, Sabine. II. IICA. III. Serie. IV. Título.**

AGRIS P01

DEWEY 333.72



**SERIE DOCUMENTOS DE PROGRAMAS no. 38
ISSN 1011-7741**

INDICE

PRESENTACION	5
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	10
1. INTRODUCCION	13
2. DEFINICIONES EN TORNO AL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA SOSTENIBILIDAD	14
Desarrollo humano	15
Desarrollo sostenible y sociedad sostenible	18
Desarrollo regional sostenible	20
Programas y proyectos sostenibles	23
Ecodesarrollo	23
Uso sostenible de la energía	27
Agricultura sostenible	29
Proposición de una definición de trabajo	32
3. VARIABLES Y FUNCIONES INVOLUCRADAS EN LAS DEFINICIONES DE SOSTENIBILIDAD Y SUS NIVELES DE AGREGACION	34
Variables o funciones	34
Niveles de agregación	40
4. ESQUEMA PARA LA DEFINICION DE INDICADORES	44
Categorías de análisis	44
Elementos de categoría	45
Descriptorios e indicadores	47
Algunos casos particulares de indicadores	53
Esquema de definición de indicadores de sostenibilidad	91

ANEXO 1	GLOSARIO	94
ANEXO 2	RECOPIACION DE LAS PRINCIPALES DEFINICIONES DE SOSTENIBILIDAD	102
ANEXO 3	EJEMPLOS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	114
BIBLIOGRAFIA		124

PRESENTACION

Dentro de la definición del marco conceptual del trabajo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en el contexto de las actividades institucionales de agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible, es importante establecer y aplicar criterios para la definición de indicadores de sostenibilidad. Para hacerlo, existen por lo menos dos aproximaciones no excluyentes: i) La definición de conjuntos de indicadores específicos en casos concretos (casos de estudio); y ii) El desarrollo de una metodología general que permita la definición de indicadores para cualquier sistema que se analice.

Existen muchos documentos sobre sostenibilidad que definen el concepto desde diferentes puntos de vista. Se cuenta, sin embargo, con una cantidad mucho menor de documentos sobre indicadores de sostenibilidad. Este trabajo no pretende ser una novedad, sino una sistematización y un esquema metodológico práctico para la obtención de indicadores de sostenibilidad de diferentes sistemas agrícolas y de recursos naturales de diferentes grados de agregación. Los autores se han basado, principalmente, en los documentos del grupo interno de trabajo del Consejo Internacional para la Investigación Silvoagropecuaria (ICRAF 1989) sobre sostenibilidad, especialmente los trabajos de Avila y Torquebiau, así como en artículos de Ruitenbeek (1991) y de Weber (1990). Los tres trabajos mencionados, complementados por muchos otros, permiten establecer las bases metodológicas para definir un conjunto de indicadores significativos de sostenibilidad para sistemas agropecuarios o de recursos naturales.

Se desea también enfatizar aquí la necesidad de definir un conjunto de indicadores para un sistema bajo análisis, dado que por las características propias y distintas de cada ecosistema, no existe un indicador o conjunto de indicadores único aplicable en forma universal.

Algunos de los ejemplos presentados tienen un énfasis forestal, como lo manifestó una de las personas que revisó el documento. El énfasis es

intencional, a fin de que aquellos que trabajan en los aspectos de sostenibilidad de la agricultura comprendan la imposibilidad de seguir pensando en términos sectoriales, sino que se debe entender la interrelación de elementos en el sistema y el apoyo que representan los elementos arbóreos y forestales en los sistemas de producción agropecuaria.

Consideramos este documento como un trabajo en proceso y, por lo tanto, estamos deseosos de recibir comentarios que permitan su revisión y ampliación, en beneficio de una definición útil de indicadores para nuestras políticas, planes, programas y proyectos en el ámbito de la agricultura, los recursos naturales y el desarrollo sostenible.

Eduardo J. Trigo
Director Programa de Generación y
Transferencia de Tecnología

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer los comentarios críticos hechos a los sucesivos borradores por Eduardo J. Trigo y Héctor Medina del Programa II: Generación y Transferencia de Tecnología; Sergio Sepúlveda del Programa III: Organización y Administración para el Desarrollo Rural, del IICA; y a Pedro Ferreira, José Arze, Ramiro De La Cruz, Jorge Faustino y Bernal Valverde, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con quienes se mantuvieron interesantes discusiones y aportaron valioso material.

Especial mención merece el aporte de Roberto Flores por el trabajo de edición técnica y estilo del texto final. También agradecemos la valiosa colaboración del Servicio Editorial por la edición del texto, así como a Pastora Hernández por la preparación de los diferentes borradores.

Hemos recibido los beneficios de los comentarios de muchas personas, además de las mencionadas; sin embargo, los autores asumen la responsabilidad por el documento, así como de sus puntos de vista e imperfecciones.

**Ronnie de Camino V.
Sabine Müller
Proyecto IICA-GTZ**

RESUMEN

El IICA, ante la necesidad de definir un marco conceptual dentro del cual insertar su acción en el tema de agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible, se ha abocado a la tarea de elaborar elementos para dicho marco. El presente documento tiene esa intención y se refiere a la definición de sostenibilidad, sus variables principales y las bases para establecer indicadores.

Las definiciones de sostenibilidad de la bibliografía reciente se han clasificado en diferentes categorías, relacionándolas con los conceptos de desarrollo humano, desarrollo sostenible y sociedad sostenible, desarrollo regional sostenible, programas y proyectos sostenibles, codesarrollo, uso sostenible de la energía y agricultura sostenible. Con base en las definiciones disponibles, los autores proponen una definición de trabajo que integre elementos económicos, sociales y ambientales.

El análisis de las diferentes definiciones de sostenibilidad permitió identificar las variables principales del concepto, entre las que se cuentan la población, sus necesidades y niveles de consumo para satisfacerlas, los recursos naturales, las tecnologías necesarias para transformar los recursos en productos y servicios, los niveles de producción y de productividad, la capacidad de carga de los ecosistemas, la distribución y acceso a los recursos naturales e institucionales, la rentabilidad de los sistemas de producción, las instituciones, las variables sociales adicionales y el tiempo como referente principal del concepto de sostenibilidad.

Se discuten, además, los niveles de agregación en los que el concepto de sostenibilidad y de desarrollo sostenible son significativos y se hace especial referencia al nivel nacional, al nivel regional dentro de un país, al nivel local, al nivel de finca y al nivel de sistemas de producción.

A partir de las variables del concepto de sostenibilidad, se desarrolló un esquema para definir indicadores de sostenibilidad. El primer paso para la definición de indicadores fue identificar las categorías de análisis. Una categoría de análisis es un aspecto de un sistema, significativo desde el punto de vista de la sostenibilidad. Las categorías identificadas para cualquier sistema fueron las siguientes: la base de recursos del sistema, la operación del sistema, otros recursos exógenos al sistema de entrada o salida y la operación de otros sistemas exógenos de entrada o salida.

En cada categoría de análisis se definieron elementos. Los elementos dentro de la base de recursos del sistema y de otros recursos exógenos, son los siguientes: el agua, el suelo, la flora, la fauna, el aire, los recursos culturales y las áreas únicas. Los elementos de operación del sistema y de otros sistemas exógenos, son los siguientes: el manejo técnico, el manejo socioeconómico, el rendimiento técnico y el rendimiento socioeconómico.

Finalmente, para los elementos importantes del sistema se definen descriptores e indicadores; también se definen las condiciones que deben cumplir los indicadores y se analiza una serie de casos particulares de indicadores a nivel nacional, a nivel regional, a nivel de ecosistema, a nivel de finca y a nivel de sistemas de producción.

El documento contiene, además, un glosario de términos y una recopilación de las principales definiciones de sostenibilidad de la bibliografía reciente.

SUMMARY

IICA is presently defining a conceptual framework for orienting its actions in agriculture, natural resources and sustainable development. This document is part of this effort, and aims to define sustainability, its main variables and bases for establishing indicators.

Definitions of sustainability in recent literature can be grouped into several categories as they relate to the concepts of human development, sustainable development and sustainable programs and projects, eco-development, sustainable use of energy, and sustainable agriculture. Based on the definitions available, the authors propose a new working definition that combines economic, social and environmental elements.

The principal variables of the concept of sustainability were identified through the analysis of different published definitions. Among these are population, its needs and consumption levels to satisfy these needs, natural resources, technologies needed to transform resources into products and services, levels of production and productivity, the carrying capacity of ecosystems, distribution and access to natural and institutional resources, profitability of production systems, institutions and additional social variables. Time is viewed as a basic reference point in the concept of sustainability.

This paper also addresses the levels of integration at which the concept of sustainability and sustainable development are relevant, with special reference to the national level, the regional levels within a country, the local level, the farm level and the level of production systems.

Based on the variables inherent in the concept of sustainability, a scheme was developed to define indicators of sustainability. The first step in identifying the indicators was to select categories of analysis. A category of analysis is an aspect of a system that is meaningful from the point of view of sustainability. The following categories were selected for any system: the

resource base of the system, the operation of the system, other incoming or outgoing resources exogenous to the system, and the operation of other related exogenous systems.

Elements were identified for each category of analysis. Elements of the resource base of the system and other exogenous resources are: water, soil, flora, fauna, air, cultural resources and unique areas. The operating elements of the system and other exogenous systems are: technical management, socioeconomic management, technical yield, and socioeconomic yield.

Lastly, descriptors and indicators are identified for the important elements of a system, as are the conditions the indicators must meet; an analysis is also made of a series of particular cases of indicators at the national, regional, ecosystem, farm and production system levels.

A glossary of relevant terms and a compilation of the principal definitions of sustainability that have appeared in recent literature are also presented.

INTRODUCCION

Este documento de trabajo pretende contribuir al diseño de un marco conceptual provisional para el tema de la relación entre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible, como inquietud central sobre el futuro de América Latina y el Caribe (ALC). Los objetivos son los siguientes:

- Presentar las definiciones de sostenibilidad clasificadas por categorías significativas para la definición de un marco conceptual.
- Identificar las principales variables contenidas en las diferentes definiciones a fin de que, con base en ellas, se establezcan los fundamentos para la definición de indicadores de sostenibilidad.
- Establecer criterios útiles para definir indicadores que permitan evaluar situaciones pasadas, así como desarrollos futuros para determinar los correspondientes sistemas de monitoreo.

El documento debe considerarse como una herramienta de trabajo provisoria para ser utilizada y probada en las acciones programáticas del IICA y así servir de base para una elaboración mayor.

La secuencia de objetivos pretende también mostrar la lógica del documento: definiciones de sostenibilidad, variables y funciones implícitas en las definiciones e indicadores significativos.

2

DEFINICIONES EN TORNO AL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA SOSTENIBILIDAD

Al estudiar un tema, es necesario buscar definiciones respecto a él, a fin de clarificar el análisis y las acciones institucionales derivadas. En el presente documento se considerarán como sinónimos: sostenibilidad, sustentabilidad y desarrollo sostenible. Además, como las diferentes definiciones se han hecho con propósitos distintos, muchas veces los conceptos también se usan con significados y alcances variados. En el Anexo I se incluye una lista simple de definiciones referentes al tema de la relación entre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible.

El IICA, en sus esfuerzos por definir una agenda de trabajo para el desarrollo agrícola sostenible, estableció con claridad que: "la falta de una definición precisa y objetiva de la cual se puedan derivar implicaciones operacionales claras es una de las primeras dificultades a resolver en el esfuerzo por definir una estrategia de acción para el desarrollo sostenible" (IICA 1991). El esfuerzo de recopilar definiciones de sostenibilidad se orienta a establecer elementos importantes, que posteriormente se definen como variables y funciones y luego como indicadores, a fin de sentar bases para el análisis de ecosistemas, proyectos de desarrollo rural, tecnologías agropecuarias y de manejo de recursos naturales, políticas sectoriales, cuencas y otros sistemas geográficos, sociales y económicos de diferente dimensión relacionados con la agricultura y los recursos naturales.

Las definiciones encontradas en la bibliografía se categorizaron de la siguiente manera:

- Desarrollo humano
- Desarrollo sostenible y sociedad sostenible
- Desarrollo regional sostenible
- Programas y proyectos sostenibles
- Ecodesarrollo
- Uso sostenible de la energía
- Agricultura sostenible

El punto de partida debe ser la definición de los diccionarios: Sostenible, es capaz de ser soportado, mantenible. Sostener es apartar a una persona,

comunidad, etc. de fracasar o ceder; continuar siendo, mantener al nivel apropiado; soportar la vida, la naturaleza, etc., con las necesidades (Brown *et al.* 1987).

La definición se debe aplicar a la parte de un sistema o a un fenómeno concreto, como el desarrollo económico, el desarrollo humano o el desarrollo agrícola. La palabra "sostenibilidad" aislada carece de sentido, pues no se relaciona con un esfuerzo o acción determinada o el uso de un recurso específico.

Para cada una de las categorías identificadas, se seleccionaron para análisis algunas definiciones centrales de sostenibilidad, que son más comprensivas. Un listado exhaustivo se incluye en el Anexo 2.

En general, las definiciones de sostenibilidad incluyen algunos o todos los conceptos relacionados con la sostenibilidad ecológica, económica y social. **Sostenibilidad ecológica** en el sentido de que el ecosistema en uso mantiene a través del tiempo las características fundamentales en cuanto a componentes e interacciones en forma indefinida; **sostenibilidad económica** en el sentido de que el sistema en uso produce una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo para quien lo maneja, lo que hace atractivo continuar con dicho manejo en el tiempo; y **sostenibilidad social**, en el sentido de que el manejo y la organización son compatibles con los valores culturales y éticos del grupo involucrado y de la sociedad (equidad), lo que lo hace aceptable por esas comunidades u organizaciones y da continuidad al sistema en el tiempo.

Por otra parte, muchos de los conceptos y definiciones se refieren a la no sostenibilidad de la operación de los sistemas, así como a una estrategia realista para alcanzar la sostenibilidad: evitar los desarrollos no sostenibles, lo que puede incluso llegar a cambiar el objetivo operacional de un proyecto (Gregersen y Lundgren 1990). En el documento de referencia se establece que el concepto de sostenibilidad es útil para basar los debates sobre las orientaciones fundamentales que debería seguir la sociedad en sus programas de desarrollo; sin embargo, para programas y proyectos concretos sería necesario responder a la pregunta: ¿qué puede hacerse para evitar desarrollos potencialmente no sostenibles?

Desarrollo humano

Desarrollo humano es crecimiento económico equitativo y sostenible (PNUD 1991). La definición hacia la que está orientada ahora la recopilación de estadísticas de desarrollo supera las limitaciones de la clásica definición de desarrollo que hace énfasis en el crecimiento económico como única dimensión significativa. Desarrollo humano es en realidad un concepto superior e

incluyente, en el sentido de que abarca los conceptos sinónimos de desarrollo sostenible, sostenibilidad y sustentabilidad. Los países (y los diferentes sectores dentro de ellos) deberían tener como meta el desarrollo humano y no solo el desarrollo económico.

El desarrollo humano es el protagonista de los años noventa. Durante mucho tiempo, la pregunta ha sido: ¿cuánto produce una nación? Ahora, la pregunta debe ser ¿cómo se encuentran los habitantes de una nación? (PNUD 1991).

Según Girt (1990), el punto focal del desarrollo sostenible está en:

- La reconciliación de los factores económicos y sociales con los aspectos ambientales en la planificación e implementación del desarrollo económico y social.
- La aplicación de principios de las ciencias económicas y sociales, dentro del marco de referencia suministrado por las ciencias biofísicas, sobre las respuestas de los recursos naturales o sistemas ecológicos al uso humano.

En realidad, Girt se refiere al desarrollo humano tal como lo define el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), cuando establece con claridad:

- No es correcto insistir en que solo los mercados pueden producir patrones equilibrados de crecimiento económico y desarrollo humano.
- Es incorrecto sugerir que los países en desarrollo no tienen suficientes recursos para hacerse cargo de sus objetivos de desarrollo humano (por ejemplo, a través del dividendo de la paz que reduce los gastos de defensa).
- El desarrollo humano es una preocupación unificada, tanto para los países en desarrollo como para los industrializados.
- El desarrollo humano no es un problema de medios o recursos, sino un problema político.

La contradicción entre los indicadores que miden la salud de la economía global y los que miden la salud de los sistemas de soporte ambiental se hace cada vez más visible (Brown *et al.* 1987), como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores globales seleccionados de tipo económico y ambiental.

Indicadores económicos

- **Producto bruto mundial:**
La producción mundial de bienes y servicios totalizó aproximadamente US\$15.5 trillones en 1980 y US\$20 trillones en 1990 (US\$ de 1990).
- **Comercio internacional:**
Las exportaciones de todos los bienes —agrícolas, industriales y minerales— crecieron 4% por año en el período 1980-1990, llegando a US\$3 trillones.
- **Empleo:**
El balance entre empleos nuevos y nueva fuerza de trabajo es fuertemente desfavorable.

Indicadores ambientales

- **Bosques:**
La deforestación alcanza 17 millones de hectáreas por año.
- **Suelo:**
Las pérdidas de suelos se estiman en 24 billones de toneladas por año.
- **Sistema global de clima.**
La cantidad de CO₂ en la atmósfera crece a una tasa de 0.4% anual.
Los años ochentas presentaron las temperaturas más altas del siglo.
- **Consumo de bienes y energía:**
EE.UU. consumió 280 gigajulios per cápita de energía, mientras Brasil consumió solo 22 y Nigeria 5.

Fuente: Tomado y adaptado de la Tabla 1-1 de Brown 1991.

El consumo de plástico en los EE.UU. subió 21 veces entre 1950 y 1990 y el uso de aire acondicionado se extendió del 16% de los hogares en 1960 a 64% en 1987 (During 1991).

En este sentido hay que destacar que el siglo actual, definido como "siglo de la economía" (von Weizsaecker 1990), se ha preocupado fundamentalmente por el crecimiento económico; además, se ha afirmado que los mecanismos del mercado logran la mejor asignación de recursos. Sin embargo, el crecimiento económico no llega a ser desarrollo humano pues los gobiernos, las empresas y las instituciones sólo siguen las señales del mercado y no las del ambiente y de la sociedad, lográndose frecuentemente un desarrollo económico que no es ni equitativo ni sostenible ecológica y económicamente.

Desarrollo sostenible y sociedad sostenible

Varias de las definiciones de sostenibilidad se refieren al desarrollo y sociedad sostenibles como concepto jerárquico mayor.

Algunas definiciones importantes son las siguientes:

- El desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras (FAO 1991).
- El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para alcanzar sus propias necesidades. (WCED 1987).

Incluso la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo operacionaliza su definición en los siguientes términos:

- El desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones y del desarrollo tecnológico y el cambio institucional están en armonía y mejoran el potencial corriente y futuro para satisfacer las necesidades humanas. El concepto supone límites que imponen a los recursos del medio ambiente, el estado actual de la tecnología y de la organización social y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades

humanas, pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico (WCED 1987).

- La sociedad sostenible implica tomar en cuenta los límites físicos y sociales del crecimiento económico, delineando preferencias futuras sostenibles como escenarios preferidos, desarrollando estrategias para alcanzarlos (Pirages 1977).
- Sostenibilidad no implica una economía estática, sino dinámica, pero debemos ser cuidadosos en distinguir entre crecimiento y desarrollo. El crecimiento económico, con un incremento en la cantidad, no puede ser sostenible en forma indefinida en un planeta finito. El desarrollo económico es un mejoramiento en la calidad de vida; sin necesariamente causar un aumento en la cantidad de recursos consumidos, puede ser sostenible. El crecimiento sostenido es una imposibilidad. El desarrollo sostenido debe ser nuestro objetivo primario de política a largo plazo (Constanza *et al.* 1991). A esta definición, y en general a todas, se puede agregar la variable población, en el sentido de que el planeta es finito, el consumo no puede crecer y sin embargo la población crece, haciendo aún más crítica la situación y la finitud relativa del planeta.
- La sostenibilidad es una relación entre los sistemas económicos humanos dinámicos y los sistemas ecológicos más grandes, dinámicos, pero con cambios más lentos, en la cual la vida humana pueda continuar indefinidamente, los seres humanos puedan prosperar, y las culturas humanas se puedan desarrollar. Sin embargo, en dicha relación, los efectos de las actividades humanas permanecen dentro de límites, de manera de no destruir la diversidad, complejidad y funciones del sistema ecológico de soporte de la vida (Constanza *et al.* 1991).

Las definiciones presentadas muestran algunos elementos comunes importantes:

- Hay una base de recursos finita, con valores y potenciales cuantificables y aprovechables y con valores no comercializables y no cuantificables directamente.
- La base de recursos naturales debe permitir satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

- La base finita impone límites que impiden el crecimiento indefinido. Como sostiene Brown (1991), son escasos los textos de economía que mencionan el tema de la capacidad de carga, fundamental en ecología; se aprecia una falta de preocupación por los recursos y una sustitución total o casi total de los recursos por la tecnología, lo cual es incorrecto, como lo demuestran las consecuencias de la degradación de la naturaleza.
- La base de recursos puede ser ampliada por medio del cambio tecnológico e institucional y a través de la planificación de estrategias con escenarios futuros posibles.
- Es de vital importancia el número de personas cuyas necesidades actuales y futuras hay que satisfacer.

Como sostiene von Weizsaecker (1990), "el crecimiento del consumo choca con límites. Lo que el diez por ciento más rico de la población consume en energía, superficie, agua, aire y otros bienes de la naturaleza, en forma directa o indirecta, no puede ampliarse al restante noventa por ciento, sin que la Tierra tenga un colapso ecológico. Sin embargo, es ese estándar el objetivo declarado del desarrollo. Los días del siglo de la economía están contados. Estamos entrando, lo queramos o no, en el Siglo del Ambiente. En él, cualquiera que quiere ser llamado "realista" estará obligado a justificar su forma de acción de acuerdo con su contribución al mantenimiento del ambiente".

Otro problema que ha surgido es el hecho de que la capacidad de carga difícilmente puede ser usada, puesto que hay limitaciones de acceso a la tecnología y de distribución y acceso a los recursos naturales para la producción.

Desarrollo regional sostenible

Una definición pertinente sobre este tema es:

- Desarrollo sostenido regional es aquel en el cual se asegura que la población regional pueda alcanzar un nivel aceptable de bienestar —tanto

en el presente como en el futuro— el que además es compatible con las circunstancias ecológicas en el largo plazo, mientras al mismo tiempo trata de cumplir un desarrollo sostenible global (Nijkamp 1990).

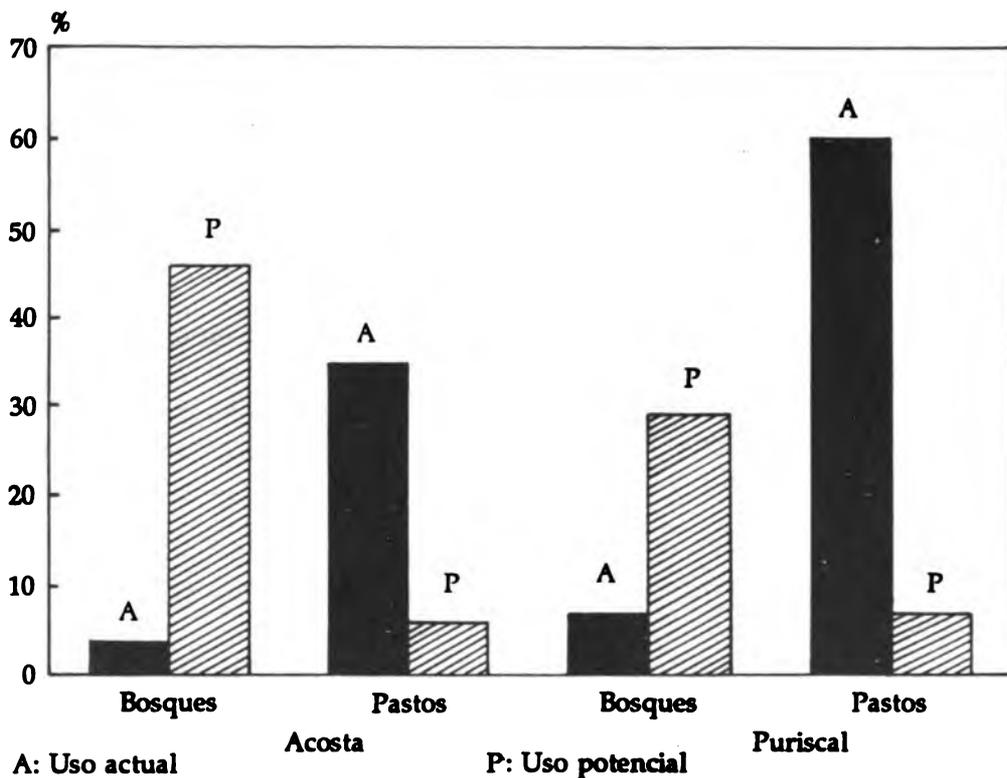
La definición impone a una región determinada condiciones para su desarrollo, en el sentido de que se deben considerar las generaciones futuras, pero también los efectos de las acciones en la región y en las áreas exteriores a ella. No basta, por lo tanto, la sostenibilidad en el espacio regional estricto, sino también la influencia de las acciones en otros sistemas.

Igualmente, lleva a considerar las condiciones de una región, por ejemplo, para satisfacer las necesidades de sus habitantes actuales y futuros, pero también a garantizar el flujo de efectos positivos fuera de ella, como en el caso de una cuenca, la capacidad de producir agua, energía y riego aguas abajo, para las generaciones actuales y futuras.

Al menos los siguientes dos aspectos deben ser considerados para el desarrollo regional sostenible:

- La integración de los diferentes tipos de actores, grandes, pequeños o medianos, para conducirlos a actividades sostenibles dentro de la región y a impactos positivos fuera de ella.
- La consideración de todos los sistemas dentro de la región, es decir, los sistemas de propiedad de distintos actores y los diferentes sistemas físicos, en su mayor parte de propiedad común, como minerales, bosques, aguas. En ese sentido, el desarrollo regional rural sería el tipo de acción compatible con el funcionamiento de un sistema regional sostenible.

Un ejemplo típico de las inconsistencias regionales en la sostenibilidad es el uso de la tierra. En la actualidad éste no corresponde con la capacidad de uso y se pierden oportunidades de desarrollo, como por ejemplo, de producción forestal por destrucción de bosques e incluso de producción agrícola por destrucción del recurso suelo (Ejemplos de oportunidades perdidas y de recursos deteriorados y depreciados como capitales se encuentran a nivel regional en Espinoza y de Camino 1991; y a nivel nacional en CCT y WRI 1991). El Cuadro 2 y la Figura 1 muestran la inconsistencia del uso de la tierra en dos cantones de Costa Rica:



Fuente: Espinoza y de Camino 1991, con base en van Melle 1984.

Fig. 1. Comparación entre uso actual y uso potencial de la tierra en dos Cantones de Costa Rica.

Fuente: van Melle 1984.

Cuadro 2. Comparación entre uso actual y potencial de la tierra en dos cantones de Costa Rica.

Uso de la tierra	Distribución de la superficie			
	Actual %	Acosta Potencial %	Puriscal Actual %	Puriscal Potencial %
Bosques	4	46	7	29
Ganadería	35	6	60	7

Fuente: van Melle 1984.

Programas y proyectos sostenibles

Un programa de desarrollo es sostenible cuando es capaz de rendir un nivel apropiado de beneficios durante un período prolongado, después de que la asistencia técnica financiera y gerencial por parte de un donante exógeno ha terminado (USAID 1988; Ruttan 1991).

La sostenibilidad de un proyecto es el mantenimiento de un flujo neto aceptable de beneficios de las inversiones realizadas, después de su término, esto es, después de que el proyecto ha dejado de recibir apoyo financiero y técnico (Cernea 1987).

Las dos definiciones anteriores en realidad suponen que para que un proyecto sea sostenible, deben adaptarse técnicas, estructuras y capacidades institucionales sostenibles, además de crear mecanismos institucionales. También supone que la asistencia técnica y gerencial debe ser adecuada en los montos, los plazos y las calidades para que pueda haber adopción, como por ejemplo, evolución de proyectos de asistencia técnica a proyectos de asistencia financiera, a medida que crece la capacidad de absorción de una determinada comunidad, institución o país. Muchos proyectos de asistencia financiera no logran, después del período contratado para el proyecto, un flujo de fondos aceptable, no sólo por problemas técnicos o de mercado, sino por una programación temporal equivocada que no logra crear la capacidad de absorción suficiente.

Un ejemplo notable es que en el año fiscal 1986, de un total de 212 proyectos de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), se encontró que sólo 11% de ellos tiene una fuerte probabilidad de continuar, una vez que termine la asistencia técnica y financiera. Un 25% de los proyectos tiene muy pocas probabilidades de ser sostenibles. Se podría también deducir que el restante 64% de los proyectos presenta dificultades para lograr la sostenibilidad y que, por lo tanto, se requieren acciones concretas para corregir los desarrollos que los hacen no sostenibles (USAID 1988).

Ecodesarrollo

Hay muchas definiciones interesantes en torno al ecodesarrollo, la sostenibilidad del uso de recursos y ecosistemas, y el manejo forestal:

- Un desarrollo ecológicamente sano, con un manejo positivo del ambiente para el beneficio humano se denomina ecodesarrollo (Holdgate *et al.* 1982).
- Los componentes del ecodesarrollo son: la satisfacción de las necesidades básicas, independencia y sostenibilidad ecológica. Sostenibilidad entendida como una relación simbiótica con la naturaleza o un desarrollo dentro de los límites que imponen las restricciones de los ecosistemas locales (Dassmann 1985).
- La sostenibilidad ecológica a largo plazo requiere la protección de los recursos genéticos y la conservación de la diversidad biológica (Iltis 1983; Biological diversity ... 1986; Wilderness Society 1966).
- La sustentabilidad ambiental de los procesos de desarrollo de una sociedad es una condición en que se logra la coexistencia armónica del hombre con su ambiente, equilibrando los sistemas transformados y creados y evitando, por tanto, sus deterioros. Para que todo esto sea posible, se precisa de una correspondencia con los horizontes de las estrategias de desarrollo de largo plazo, sobre la base del acervo tecnológico que la sociedad posee y considerando su posibilidad real de disponer de los recursos materiales y energéticos necesarios (Gligo 1990).

Un sistema que innecesariamente agota, poluciona o perturba el balance ecológico de los sistemas naturales es insostenible y debe ser reemplazado por uno que respeta a largo plazo las restricciones de la naturaleza (Definición del segundo grupo según Douglass, National Research Council 1989).

La utilidad del *slogan* del desarrollo sostenible es su sugerencia de que los recursos naturales deben también ser entendidos, no sólo cuando son explotados o cosechados como un flujo de bienes al mercado, sino como un capital de trabajo que contribuye críticamente a la producción (Ruttan 1991).

Utilización no sostenible es la sobrecosecha de una planta o un animal hasta un punto en que la especie está tan agotada que su valor para el hombre se reduce severamente o se pierde (Talbot 1984).

Existe una calidad de vida óptima sostenible dentro de los límites fijados por los recursos locales, regionales y aun internacionales (Watt 1977). Como complemento, es necesario definir la capacidad de carga. Este es el tamaño máximo permisible de una población que, siendo teóricamente sostenible, existe bajo la amenaza y es vulnerable aun a pequeños cambios ambientales. La capacidad de carga óptima es un tamaño más pequeño y deseable de población, menos vulnerable a perturbaciones ambientales (Odum 1983).

En el sector agropecuario, el uso sostenible de los recursos naturales tiene una larga tradición, constituyendo una parte integral del mismo. Tanto en los sistemas tradicionales de producción en Europa como en América Latina, se encuentra como elemento clave el mantenimiento del potencial del recurso suelo a través de prácticas culturales para conservar su fertilidad (barbecho, rotación, abono verde y otras formas de abono orgánico) y a través de medidas y obras con el fin de evitar la erosión (rompevientos, terrazas, cobertura vegetal).

Esta actitud conservadora deriva de una estructura social y ética caracterizada por la importancia de mantener una base de vida para las futuras generaciones y de la necesidad de supervivencia frente a una densidad de la población que limita las oportunidades de expansión. Culturas tan diferentes como la de los indígenas de los Andes y la de los agricultores tradicionales de Europa, manifiestan respeto por la tierra y conciencia sobre la necesidad de reponer lo que se ha sacado del suelo. Incluso la práctica de tumba y quema ha incluido un elemento conservador en la medida que se ha aceptado un período suficientemente largo para la recuperación de la cobertura vegetal original.

La inmigración de grupos sin raíces agrícolas en el sector y la separación de las funciones de tenencia y herencia de la tierra y trabajo de la tierra pueden ser considerados como elementos (entre otros) que han contribuido a la ruptura de este sistema. Aún en la agricultura moderna, la idea de la conservación del recurso suelo está todavía vigente (por ejemplo se pretende reponer los nutrimentos a través de agroquímicos); sin embargo, por un lado, se ha subestimado la complejidad de los procesos ecológicos y, por otro, se ha sobreestimado la sustitución de estos procesos por la tecnología.

El concepto de manejo forestal científico ha sido equivalente al de manejo forestal sostenible. Sostenibilidad de una unidad forestal es la capacidad de producir, en forma permanente y óptima, madera, servicios de infraestructura y otros bienes y servicios para la utilización de las generaciones presentes y futuras. Incluso cuando la práctica es más antigua en la agricultura, fue en la actividad forestal donde primero se definió la sostenibilidad como concepto, puesto que ya von Carlowitz (1713), estableció el concepto y además advirtió sobre los problemas para la conservación del suelo, la pobreza y la satisfacción de necesidades (Speidel 1972). Sin embargo, en el campo forestal el principio del "rendimiento sostenido" y del "bosque normal" se ha aplicado mucho más en plantaciones forestales que en bosques naturales, por lo menos en América Latina, donde el manejo de bosques tropicales es una curiosidad de importancia marginal.

La International Timber Trade Organization (ITTO 1991) adoptó recientemente una nueva definición de manejo forestal sostenible: es el proceso de manejar (administrar) en forma permanente la tierra forestal y de lograr uno o más objetivos claramente especificados de manejo, para alcanzar un flujo continuo de bienes y servicios deseados del bosque, sin una reducción indebida en sus valores inherentes ni en su productividad futura y sin efectos indebidos no deseables en el ambiente físico y social (Speidel 1972).

Las definiciones presentadas tienen muchos elementos de las definiciones anteriores, pero también algunos específicos como:

- Manejo del ambiente para que pueda conservarse el capital natural.
- Se implica la conservación de los recursos genéticos y de la biodiversidad de las especies.
- Los ecosistemas tienen límites físicos y su sostenibilidad está, por lo tanto, sujeta a un monto óptimo de cosecha de los productos del ecosistema y a una dimensión máxima tolerable de la población de la especie que cosecha el ecosistema (normalmente el hombre), para que éste no se destruya.
- Como elemento común a todas las definiciones, la capacidad de carga puede variar con la tecnología, en este caso el manejo ambiental. También habría que manejar un concepto de capacidad de carga accesible vinculado a la disponibilidad y acceso real a los recursos para una población determinada, o a través del control de la población en el sistema manejado.
- También se postula la necesidad de que el manejo evite tanto los desarrollos no sostenibles, como la reducción de valores y la productividad y efectos no deseables sobre el ambiente físico y social.

La sostenibilidad ecológica no existe si un sistema se especializa en forma muy artificial y en un solo producto. Por ejemplo, los sistemas de finca que integran actividades agrícolas y pecuarias tienden a ser sostenibles por la multitud de interacciones que permiten un uso efectivo de todos los productos y subproductos y que ayudan a mitigar los efectos perturbadores a los que se puede enfrentar el sistema (Bayer y Waters-Bayer 1989). Por ejemplo, la cosecha del bosque húmedo tropical podría llevar al manejo de un ecosistema complejo; en el noroeste de la Amazonia existen 1497 especies descritas de 596 géneros botánicos, que contienen sustancias con valores medicinales, tóxicos o de otra naturaleza (Schultes y Raffauf 1990).

El Cuadro 3 es un ejemplo de problemas de amenaza a la biodiversidad en dos países de América Latina. En él se muestra que el manejo de la naturaleza

está afectando seriamente algunos ecosistemas, especialmente en Brasil, donde los mamíferos y lepidópteros nativos están amenazados en proporción considerable.

Cuadro 3. Porcentaje de las especies animales amenazadas en Costa Rica y Brasil.

Clase	Costa Rica	Brasil
Mamíferos	4.9	10.7
Aves	0.6	2.2
Reptiles	3.7	4.1
Anfibios	0.7	0.2
Lepidópteros	—	10.8

Fuente: WRI 1991.

La gran diversidad hace difícil la viabilidad económica de la cosecha de los sistemas naturales, lo que obliga a pensar en el mantenimiento o preservación de ecosistemas, paralelo al cultivo y domesticación de la biodiversidad por parte del hombre en sistemas simplificados en áreas ya transformadas. Este cultivo y domesticación de la biodiversidad, para que además logre equidad, puede ser hecho por las comunidades aledañas a los lugares en donde se encuentran los recursos naturales originales.

Uso sostenible de la energía

Un sistema de energía sostenible es una transición de un sistema global de energía, basado en el consumo de combustibles fósiles no renovables, a un sistema sostenible basado en combustibles renovables (Anderer *et al.* 1981).

En realidad, un sistema de energía sostenible no existe en un mundo de recursos energéticos limitados y preponderantemente fósiles. Las fuentes actuales predominantes de recursos energéticos renovables (leña) y no renovables (petróleo) generan, por ejemplo, dióxido de carbono. La diferencia está en que las fuentes de la biomasa contribuyen al equilibrio global, al fijar nuevamente carbono a través de la fotosíntesis y por lo tanto no contribuirían, si estuvieran bien manejadas, a los cambios globales en la atmósfera. Las fuentes alternativas no están aún suficientemente desarrolladas y mientras el sistema del mercado no muestre realmente la escasez de los combustibles fósiles, éstas tampoco lo harán en la escala necesaria. Para llegar a un sistema energético sostenible, en el cual predominan las fuentes renovables de energía

como el sol, el agua, el hidrógeno, la leña y otros combustibles biomásicos, los precios de la energía procedente de combustibles fósiles tendrían por lo menos que quintuplicarse (von Waizsaecker 1991).

Con la energía se produce el problema de que el sistema de precios no permite niveles de consumo ni composiciones del paquete del presupuesto energético que sean sostenibles en el largo plazo.

Es aleccionador, en el caso de los países del Tercer Mundo, considerar la leña como un combustible renovable. Hasta el momento, la leña se ha tenido por un combustible barato y accesible, lo cual sin duda ha dejado de ser cierto en muchos lugares. El manejo sostenible de la vegetación para producir energía de biomasa ayudaría a mantener la estabilidad de la relación entre fijación y liberación de carbono en la forma de dióxido de carbono. La energía renovable de la biomasa resulta en una emisión neta de carbono, sólo si no se compensa con un nuevo crecimiento. En un sistema manejado en forma sostenible, se cosecha exactamente lo que crece en el bosque y se replantan las áreas cosechadas. En un sistema sostenible de energía, los combustibles renovables deberían desempeñar un papel clave. La Figura 2 muestra la importancia de la leña en el mundo a través de la producción de madera redonda para leña. El manejo sostenible de los bosques para producir bioenergía tiene, por lo tanto, un sentido que aún no se ha incluido en la definición de un sistema sostenible de energía.

Un ejemplo de Centroamérica muestra también la importancia real de la energía de biomasa, así como la magnitud del problema en el contexto del manejo sostenible de los bosques y de un sistema regional de energía (Figura 3).

No se trata de que la solución al problema de la energía sostenible sea únicamente la leña, sino un conjunto de componentes como leña, hidroenergía, energía solar y otros, pero en todo caso haciendo un manejo sostenible de los bosques naturales y creados. Lamentablemente, el mayor uso de energía renovable, concretamente leña y residuos agrícolas, se ha hecho a expensas del bosque y de la productividad de la agricultura de subsistencia. En todo caso, la energía de leña está mal considerada en las políticas energéticas de la mayoría de los países.

Sin embargo, la fuente más barata y sostenible de energía es el ahorro. Se pueden clasificar los diferentes sistemas de producción agropecuaria según su uso y producción de energía. La competitividad de la agricultura moderna con tecnología mecanizada y alto uso de insumos químicos (cuya producción es intensa en uso de energía), depende en gran medida del precio de la energía. (Pimentel *et al.* 1978) estimaron para EE.UU., expresándolo en equivalentes de energía, que el 4% de las importaciones de petróleo en 1970 fue usado para contrarrestar, vía fertilización masiva, la erosión previa de las tierras agrícolas.

Agricultura sostenible

Hay muchas definiciones de agricultura sostenible. Las que se comentan a continuación, han sido seleccionadas para la puntualización del concepto:

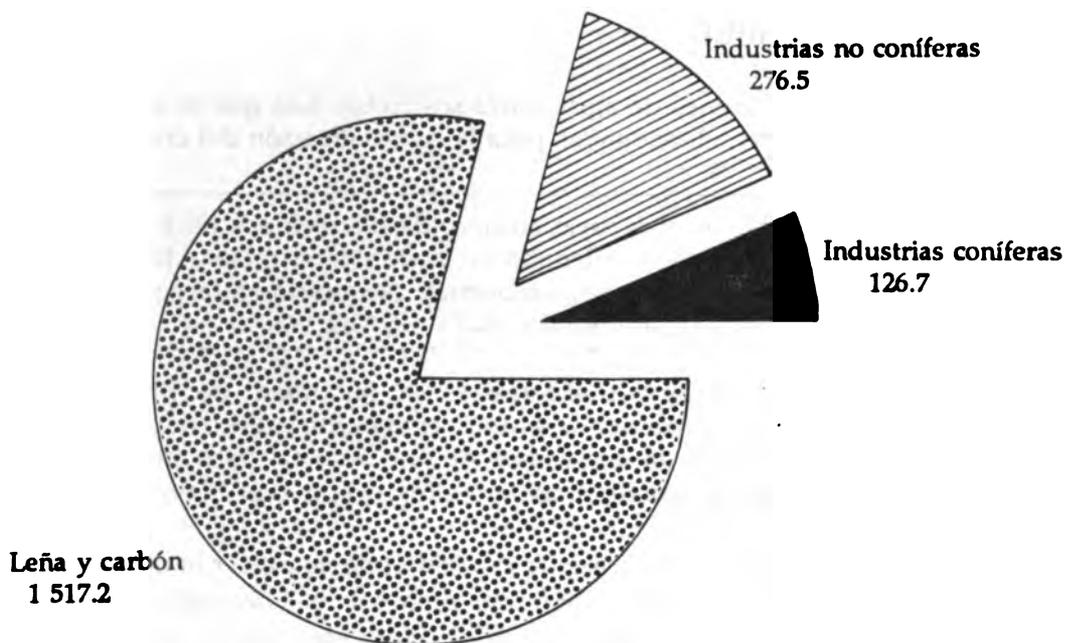
Agricultura sostenible es el manejo efectivo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo (BIFAD y USAID 1988).

Sostenibilidad de un agroecosistema es la habilidad de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza perturbadora mayor. Puede entenderse también como la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una disrupción o alteración mayor (Conway 1985).

Sostenibilidad de la agricultura es la capacidad de abastecer la demanda en expansión por bienes agrícolas en términos cada vez más favorables. Para los que respaldan esta definición, la declinación a largo plazo de los precios reales de los productos agrícolas evidenciaría que el crecimiento de la producción agrícola estaba siguiendo un sendero sostenible. Por contraste, un aumento sostenido de los precios reales de los productos agrícolas podría ser interpretado como la existencia de una seria preocupación por la sostenibilidad (definición del primer grupo y comentarios según Douglass en Ruttan 1991).

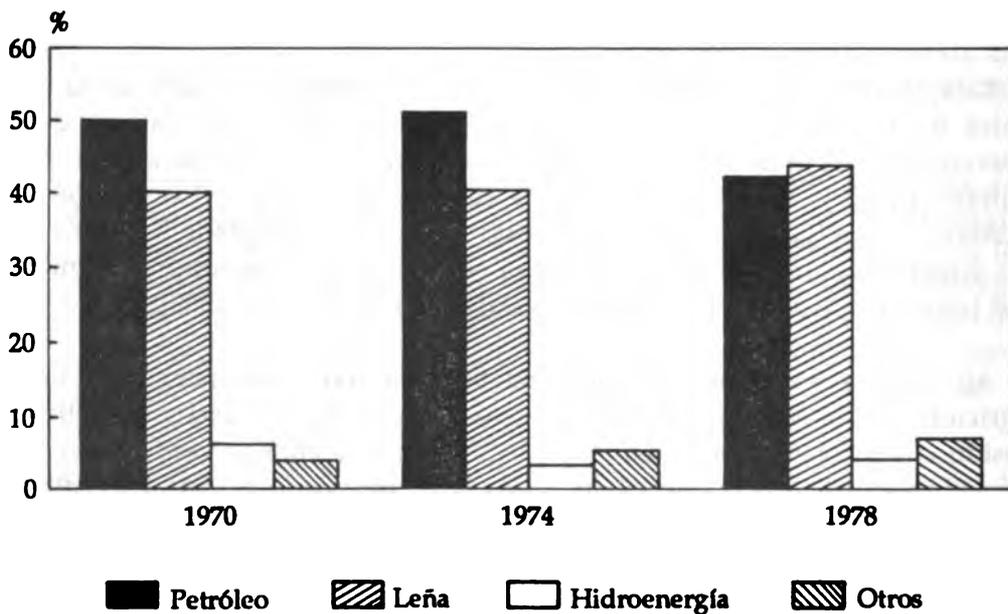
La agricultura sostenible pone énfasis en la permanencia no sólo de la base física de recursos, sino también en un conjunto amplio de valores de la comunidad. El objetivo principal es el fortalecimiento o revitalización de la cultura rural y de las comunidades rurales, guiado por los valores de administración (gestión) e independencia y un enfoque integrado u holístico de las dimensiones físicas y culturales de la producción y el consumo (Definición del tercer grupo según Douglas, National Research Council 1989).

Agricultura sostenible es tanto una filosofía como un sistema de hacer agricultura. Los sistemas agrícolas sostenibles se basan en rotación de cultivos, residuos agrícolas, abonos animales, leguminosas y abonos verdes, residuos orgánicos exógenos a la finca, cultivo mecánico apropiado, además de material mineral de soporte para maximizar la actividad biológica, para mantener la fertilidad y productividad del suelo. Se usan sistemas de control de plagas, enfermedades y malezas de tipo natural, biológico y cultural (Hill 1990, en Ruttan 1991).



Fuente: FAO 1991.

Fig. 2. Producción de madera redonda (millones de metros cúbicos).



Fuente: Leonard 1985.

Fig. 3. América Central: Cambios en el abastecimiento de energía (1970-1978).

La agricultura sostenible busca conservar la base del recurso suelo sin degradación y ser económicamente viable y socialmente aceptable (Brown *et al.* 1987).

Los elementos principales de las definiciones de agricultura sostenible son:

- Implica un manejo de los recursos y agroecosistemas, puesto que se trata en general de ecosistemas implantados (artificiales) y no de ecosistemas naturales.
- Contiene necesidades y, por lo tanto, demanda actual y futura que deben ser satisfechas en mejores condiciones, las que se reflejan en los precios cada vez menores de los productos agrícolas. De acuerdo con las definiciones, la disminución de precios correspondería al aumento de la eficiencia para que la agricultura fuera económicamente viable.
- Implica mantener y mejorar la base de recursos naturales y por ende de la producción y de la productividad; no es por lo tanto, compatible con la degradación ambiental.
- Encierra equidad y respeto por los valores de la comunidad. Consecuente con esto, utiliza tecnologías biofísicas, económicas y sociales cercanas a la naturaleza y de carácter orgánico/biológico y bajas en insumos de tipo energético, químico y de capital de tipo exógeno. De esa manera se hace aceptable socialmente y viable económicamente.

Es necesario adecuar el uso de la tierra al potencial del ecosistema en el cual se está desempeñando la actividad agropecuaria, considerando la tecnología disponible y accesible para los diferentes grupos de usuarios. La intensidad del uso debe disminuir en función de la fragilidad del ecosistema. No obstante que los sistemas muy productivos pero de uso intenso de insumos y capital, contienen un factor desestabilizador inherente (por su dependencia de insumos externos de la finca), en ciertas condiciones pueden ser sostenibles. Considerando que el uso intensivo de zonas fértiles y ecológicamente estables disminuye la presión hacia las zonas frágiles, el primero no necesariamente es una contradicción de una agricultura sostenible, siempre y cuando la tecnología intensiva sea aplicada correctamente, respetando las condiciones agroclimáticas.

Un ejemplo de agricultura no sostenible es un sistema de producción mecanizado e intensivo en uso de insumos químicos, sin suficiente cobertura

vegetal en zonas con pendientes fuertes. Así se producen pérdidas de suelos y nutrientes con efectos negativos sobre la productividad y rentabilidad a mediano y largo plazo. Como demuestra el ejemplo siguiente de Venezuela, la disminución de profundidad de suelo provoca restricciones hídricas y de nitrógeno y afecta el rendimiento por hectárea (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la profundidad del suelo sobre las restricciones hídricas, de nitrógeno y sobre la producción en el cultivo de frijoles.

Suelo (cm)	Factores de restricción		Producción (kg/ha) con restricciones		
	(1)Hídrica*	(2)Nitrógeno	(1)	(2)	(1)+(2)
50	0.70	0.80	1 880	2 157	1 880
40	0.65	0.72	1 753	1 942	1 753
30	0.60	0.36	1 618	971	971
25	0.57	0.17	1 550	458	458

* Los valores son porcentajes de la producción sin restricciones, con suelos de profundidad mayor de 50 cm.

Fuente: Elaboración de los autores.

Proposición de una definición de trabajo

Sostenibilidad y desarrollo sostenible se pueden definir de muchas maneras y desde diferentes puntos de vista, como lo muestra la gran cantidad de definiciones que se recopilan en el Anexo 2. Sin embargo, para enfrentar el tema que relaciona la agricultura, los recursos naturales y el desarrollo sostenible, hay que adoptar una definición de trabajo, que incluso puede ser provisional, para construir sobre ella o variarla, en la medida en que el marco conceptual de discusión del tema se va aclarando. La definición propuesta toma los elementos principales de las definiciones pertinentes contempladas en el Anexo 2:

La sostenibilidad de la agricultura y de los recursos naturales se refiere al uso de los recursos biofísicos, económicos y sociales según su capacidad, en un espacio geográfico, para mediante tecnologías biofísicas, económicas, sociales e institucionales, obtener bienes y servicios directos e indirectos de la agricultura y de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras. El valor presente de los bienes y servicios debe representar más que el valor de las externalidades e insumos incorporados, mejorando o al menos manteniendo en forma indefinida la productividad futura del ambiente biofísico y social. Además, el valor presente debe estar equitativamente distribuido entre los participantes del proceso.

El logro de la sostenibilidad se basa en el manejo racional de las interacciones entre los componentes y, por lo tanto, repercute en la región/cuenca y en los sistemas de finca y su integración vertical con otras cadenas de producción. Componentes aislados, así como partes de sistemas regionales, no son compatibles con la sostenibilidad, pues no consideran las interacciones intra e intersistemas.

El cumplimiento de la definición supone además que hay sostenibilidad social, ecológica y económica, las cuales no deben separarse al discutir las circunstancias del desarrollo de la agricultura y los recursos naturales.

La definición pretende ser coherente e incluye los elementos principales, funciones y variables que interesan a la agricultura, los recursos naturales y el desarrollo sostenible.

3

VARIABLES Y FUNCIONES INVOLUCRADAS EN LAS DEFINICIONES DE SOSTENIBILIDAD Y SUS NIVELES DE AGREGACION

Variables o funciones

Las definiciones del concepto, y en especial la definición de trabajo adoptada de manera provisional, determinan variables independientes y dependientes que permiten medir hasta qué punto un sistema económico, social, natural o integrado es sostenible en el largo plazo.

Los elementos comunes (variables, grupos de variables, funciones), que se desprenden de las definiciones revisadas son:

- Población
- Necesidades y consumo
- Recursos
- Tecnología
- Producción
- Productividad
- Capacidad de carga
- Distribución y acceso a los recursos y la tecnología
- Rentabilidad
- Instituciones
- Variables sociales
- Tiempo

Población

Se hace referencia a un nivel actual de población y a las generaciones futuras; por lo tanto, a una población dinámica que varía y crece a una determinada tasa. También se hace referencia al concepto de población meta o a crecimientos postulados de población, lo que implica políticas de población. Incluso en el Informe Brundtland (WCED 1987) se menciona un crecimiento

cero de la población como comportamiento de la sociedad sostenible. La población es una variable central al concepto de sostenibilidad, pues influye sobre otras funciones y variables como las sociales, la demanda (necesidades y consumo) y las instituciones. La población no es un número, sino que implica muchas variables, y como concepto integra su dinámica cuantitativa, cualitativa y de organización. A su vez, la población es variable dependiendo del ingreso, del papel de la mujer en la sociedad, la religión, y otros factores.

Necesidades y consumo

Es una variable dependiente de la población. Se habla de necesidades humanas, las cuales no son estáticas, sino dinámicas. La satisfacción de necesidades puede ser para alcanzar niveles mínimos, para alcanzar o aumentar el bienestar, para la continuación de la raza humana sobre el planeta, o lograr la felicidad. La variedad de necesidades humanas es enorme en tipo, calidad y cantidad. La satisfacción de necesidades es el consumo, pero hay necesidades de muy variada naturaleza como la justicia, la libertad, la calidad de vida, el mejoramiento intelectual, que también deben considerarse como tales y que implican cambios institucionales más que de otro tipo.

La cuantía de las necesidades que se deben satisfacer en el presente y el futuro crea presión sobre los recursos y su sostenibilidad. Además, la relación entre la cuantía de las necesidades y el consumo efectivo es importante para la calidad y sostenibilidad del nivel de vida de la población.

Recursos

La variable recursos es también central al concepto de sostenibilidad. Los recursos procesados en productos son los satisfactores de las necesidades. Las definiciones revisadas hablan de la base de recursos, de los recursos físicos, bióticos y abióticos. También se refieren al mantenimiento del capital natural en forma indefinida, a la renovación del capital natural, al mejoramiento del potencial de los recursos naturales; además de los recursos endógenos y exógenos a un determinado sistema. La variable recursos es en parte un *stock* disponible en la naturaleza, como es el caso de los recursos renovables; pero incluso los recursos de flujo están limitados a un máximo, lo que da al hombre la posibilidad de influir dinámicamente, disminuyendo, aumentando o mejorando la base de recursos.

La naturaleza impone límites a la utilización de recursos y, por lo tanto, a la producción (bajo constancia de tecnología y rendimiento), pues si son superados provocan alteraciones ecológicas que en general hacen a los sistemas naturales más vulnerables frente al uso y futuras intervenciones o alteraciones,

e incluso pueden agotar el recurso y producir una degradación general del ambiente.

Hay grupos y definiciones que pretenden el mantenimiento intacto de ciertos recursos para el futuro. Se plantea entonces una cuestión de derechos de uso sobre los recursos y derechos de terceros a un ambiente sano. Se esboza el tema de la compensación o la renta de los servicios ambientales por el uso global, planetario de los recursos.

La variedad de recursos es enorme y los conceptos relacionados sobre la cantidad y calidad de esos recursos son: flora, fauna, suelos, aguas, atmósfera, sistemas ecológicos, biodiversidad, recursos genéticos, complejidad, energía, capital físico, capital natural, cultura y otros.

Tecnologías

Las tecnologías movilizan y transforman los recursos para que el hombre pueda satisfacer sus necesidades. Las tecnologías son dinámicas y evolucionan. Una forma de tecnología permite mejorar la capacidad de los recursos para satisfacer las necesidades. El manejo de los recursos y la regulación de su uso es parte de la tecnología. También es importante la consideración del esfuerzo que aplicará la población futura para disponer de recursos. El esfuerzo puede permanecer constante porque la accesibilidad de los recursos también es una constante o puede permanecer así porque habiéndose dificultado la accesibilidad, la tecnología ha progresado.

Las tecnologías afectan al medio de muchas maneras. En algunos casos lo deterioran y en otros permiten evitar desarrollos no sostenibles. Hay una estrecha relación entre la sostenibilidad y la intensidad de las tecnologías y sus instrumentales (bienes de capital, insumos, otros).

Además, las tecnologías son de diferente naturaleza: económicas (manejo gerencial), biofísicas (manejo técnico), sociales e institucionales (organización, participación).

Producción

El resultado de la aplicación de la tecnología a los recursos es la producción, variable que depende de los recursos y las tecnologías. La producción significa crecimiento económico, y se puede perseguir producción máxima o continua a un determinado nivel o flujos continuos, iguales o mayores. La producción es de bienes y servicios que son satisfactores directos con precios en los mercados o como bienes y servicios intangibles o de tipo ambiental. Es importante

considerar la continuidad o crecimiento del producto neto, libre de depreciación, especialmente de la depreciación de los recursos naturales.

Productividad

La productividad es una función que relaciona la producción con los factores e insumos empleados en ella. La evolución de la productividad en relación con los insumos y recursos principales es una señal clara de la operación del sistema con la tecnología accesible en un determinado momento y circunstancia. La evolución de la productividad, es decir, la productividad actual con respecto a la pasada o con respecto a los supuestos de productividad futura, es una información importante sobre la sostenibilidad de un sistema. Un sistema puede tener o postular una productividad constante, creciente o decreciente, y de acuerdo con ello habrá que verificar la sostenibilidad de los sistemas a los que dichas tecnologías se aplican.

Capacidad de carga

Es una función de la dotación de recursos de un sistema determinado de su calidad y potencialidad, de la tecnología para transformar esos recursos y de los niveles de consumo de la población. Está relacionada con la dotación de recursos y con la operación del sistema en análisis. Dados los recursos, tecnología y niveles de consumo, un sistema puede alimentar una determinada población (humana, de insectos, de animales, plantas, peces). Sin embargo, especialmente en el caso de la población humana, hay variables institucionales que afectan la capacidad de carga, por ejemplo, la distribución de los recursos en la población y el acceso a la tecnología que el sistema institucional permite. La capacidad de carga puede ser óptima o máxima. Trabajar con el máximo de capacidad implica asumir un riesgo muy alto, pues una alteración del sistema produciría impactos muy fuertes y graves, al punto que su recuperación sería imposible o muy lenta. La capacidad óptima deja una reserva de seguridad y una alteración al sistema trabajando a capacidad óptima, permitiría una mejor recuperación.

Uno de los principios operacionales para la sostenibilidad tiene relación directa con la capacidad de carga (Daly y Cobb 1989). Se refiere a limitar la escala humana a un nivel que si bien puede no ser óptimo, por lo menos está dentro de la capacidad de carga y por lo tanto es sostenible. La capacidad de carga no debe ser excedida por la combinación del número de personas y el nivel medio del consumo per cápita de recursos. Han existido esfuerzos globales de importancia de modelaje de la capacidad de carga que permiten por lo menos determinar momentos y regiones críticas (Higgins *et al.* 1982). Sería

importante que los análisis de capacidad de carga se definan también en términos regionales dentro de los países.

Distribución y acceso de los recursos

Es una variable que afecta muchas otras, como la misma capacidad de carga (efectiva), pues recursos generales, teóricamente disponibles que entran en el cálculo de la capacidad de carga, pueden estar no disponibles para la producción. Mientras algunos recursos se sobreutilizan, otros se subutilizan. Por ejemplo, la estructura de tenencia de la tierra es importante desde el punto de vista de la distribución de la tierra, mientras que la capacidad de uso y la infraestructura son importantes desde el punto de vista del acceso real a los recursos y su utilización.

El concepto de capacidad de carga implica límites para una población con respecto a los recursos, supone también una noción de equilibrio dinámico y una indicación de la posible continuidad en el tiempo del sistema. Se trata de un concepto dinámico, puesto que la tecnología cambia y los hábitos de consumo también. Los recursos no solo pueden ser mejorados con la tecnología sino que pueden variar su potencialidad (por ejemplo, recuperación de tierras degradadas).

El empleo de la tecnología depende también de la distribución y acceso a la misma. Hay limitaciones de distribución de tecnologías reguladas por el mercado y por razones culturales. A veces hay problemas de acceso por costo de tecnologías, por intensidad de capital o por derechos sobre ella. Un caso interesante se plantea por ejemplo en el control de principios de la naturaleza por parte de la tecnología que hace perder valor a la biodiversidad. Esta, en algunos sentidos, sólo tiene valor si es domesticada o sintetizada, y en esos casos sus principios naturales no pueden competir con los sintéticos en los mercados.

Rentabilidad

La rentabilidad es una expresión económica de la productividad que relaciona no los insumos con los productos, sino los costos con los ingresos. Es la productividad del capital invertido. Socialmente, sin embargo, el capital natural no se considera dentro de la dotación general de capital de la economía y la mayor parte de la rentabilidad se atribuye al capital manufacturado. La rentabilidad y su evolución son también elementos importantes que pueden ser relacionados con otras variables. En la selección de criterios o estrategias de desarrollo, se podrá postular un máximo de rentabilidad absoluta sujeto a restricciones relativas al ambiente y/o a la sociedad, una rentabilidad mínima

aceptable y una evolución creciente o decreciente de cualquiera de los criterios elegidos. Aquí se trata de considerar las señales del mercado, pero también las del ambiente y la sociedad como criterio de sostenibilidad.

Instituciones

Las instituciones encierran en sí un conjunto de variables y funciones que en esta etapa no se detallarán más finamente. Sin embargo, las instituciones representan la organización para la producción, para la integración horizontal y vertical de productores, para la comercialización y comercio de productos, así como también todo el sistema de facilitadores potenciales representado por las instituciones de servicios, las que canalizan los incentivos, el cobro de cargas sociales, etc. Hay muchas variables y funciones que tienen relación con las instituciones, incluso es de vital importancia determinar cuáles instituciones se consideran cuando se define un grupo de interés en una sociedad determinada. Por ejemplo, existe una tendencia aún dominante de reconocer al sector público y al sector privado principalmente. Ultimamente ha surgido el sector de las organizaciones no gubernamentales (ONGs). Todavía se falla al reconocer al sector informal y a las comunidades de base como sector privado.

VARIABLES SOCIALES

Además de las variables asociadas con la población, su dimensión y su crecimiento, hay un conjunto de variables que relacionan a la sociedad con las instituciones y la economía, y que muestran, por ejemplo, la calidad de vida, el nivel cultural y de salud, el grado de organización, el nivel de ingresos, la aceptabilidad social de los sistemas, su persistencia en el tiempo.

Las variables sociales, en gran medida, califican la equidad de un sistema dentro de la trilogía del desarrollo humano (PNUD 1991). Variables importantes son esperanza de vida, salud, nutrición, educación, papel de la mujer, desigualdad, distribución del ingreso, libertad y otros.

Tiempo

El concepto de sostenibilidad plantea un problema intergeneracional —el cambio o permanencia de un estado en el tiempo— de manera que la variable central para la determinación de la condición de sostenibilidad es el tiempo. Se trata de relacionar o comparar la situación actual con el pasado (tendencia) o con el futuro previsible (proyección). Prácticamente todas las variables se tienen que relacionar en forma discreta (comparación de dos puntos en el tiempo) o en forma continua (funciones de tendencia o proyección en el tiempo) con el tiempo. Las relaciones marginales con respecto al tiempo serán

indicadores importantes de sostenibilidad, pues serán las funciones de variación o crecimiento de las variables dependientes.

La consideración del tiempo también implica la preferencia de la sociedad con respecto al presente y futuro. La expresión económica del tiempo se realiza a través de la tasa de interés. En general, la alta preferencia en el tiempo de la sociedad ha afectado la tasa de descuento y, por lo tanto, el rendimiento del capital invertido en el manejo de los recursos naturales. Se podría afirmar entonces que el precio del tiempo afecta negativamente las decisiones de uso sostenible de los recursos naturales.

Niveles de agregación

La dimensión del sistema bajo análisis es muy importante en la definición de sostenibilidad y sus formas de expresión. Puede tratarse de sistemas muy agregados o sistemas muy desagregados para los cuales es necesario determinar la sostenibilidad. En ese sentido, podemos reconocer sistemas globales/mundiales, sistemas regionales, sistemas nacionales, sistemas regionales-nacionales, sistemas locales, sistemas de finca y sistemas de producción, que van de lo más general a lo más particular, de lo más agregado a lo más desagregado. Teóricamente se puede llegar incluso a reconocer un sistema de producción como aquel compuesto por infinitos subsistemas menores microscópicos; no obstante, como dentro del concepto de sostenibilidad, el hombre es un concepto central (visión antropocéntrica), en esta discusión sólo se considerarán algunos sistemas mayores a partir del de producción.

Cada nivel de agregación se puede considerar por sí mismo y de manera separada. Sin embargo, hay interdependencias entre los diferentes niveles; por ejemplo, el sistema mundial está compuesto por muchos sistemas regionales, los cuales tienen un número importante de sistemas nacionales, y así sucesivamente. Además, se pueden considerar otros sistemas de agregación de tipo global y sectorial. Esta separación es válida hasta un cierto nivel de desagregación espacial, por ejemplo, los sistemas de finca representan elementos específicos del sector agropecuario, en un sentido amplio, incluyendo el uso de la tierra y la producción agropecuaria, forestal, agroforestal, de servicios ambientales y agroindustrial.

Debido al nivel de agregación, la disponibilidad de información y el tipo de variables significativas, los sistemas por considerar serán diferentes. En general la disponibilidad de información y la facilidad de conseguirla, aumentan con el nivel de agregación. Por otro lado, cuanto más agregado está el sistema bajo

consideración y, por lo tanto, más agregadas las variables que lo explican, menor será el poder de predicción sobre la sostenibilidad que tendrán las mismas. Al respecto hay que tener en consideración que existen mecanismos reales de compensación; por ejemplo, la contaminación de la atmósfera de una región se puede ver compensada, en cierta medida, por la cobertura vegetal en otra región. Muchas veces los promedios estadísticos esconden problemas a menudo puntuales pero que pueden ser de extrema gravedad y se relacionan con el hecho de que al pasar cierto nivel de contaminación o degradación, ya no existe ninguna posibilidad de compensación.

Si tomamos por ejemplo la producción de CO₂ en el mundo, resulta que la producción de Chile es moderada en comparación con otros países; sin embargo, en Santiago de Chile el nivel de contaminación es tal, que al habitante de esa ciudad no le ayuda la existencia de amplias zonas en el sur del país donde no hay emisiones significativas de CO₂. Es importante, por lo tanto, en la consideración de la sostenibilidad, la distribución espacial y temporal de los fenómenos, así como sus límites máximos y mínimos tolerables. Cuanto más agregado sea un sistema, mayor riesgo hay de no identificar problemas serios.

La desagregación puede esconder conflictos si no se conduce con base en criterios de homogeneidad. Por lo tanto, los niveles de agregación no deben escogerse mecánicamente, sino con el criterio de que tengan significación por sí mismos. Por ejemplo, el análisis de una cuenca permite identificar señales de no-sostenibilidad ecológica porque representa una unidad ecológica donde los efectos de los procesos que la afectan, en su mayoría, son visibles a nivel de la cuenca misma. Si la cuenca, por ejemplo, comprende varias municipalidades o partes de diferentes municipalidades, no será entonces el agregado adecuado para la evaluación de los efectos de la política de una municipalidad determinada sobre el nivel de vida de su población.

De acuerdo con lo anterior, en este documento se hará referencia a cinco niveles de agregación: el nivel nacional, el regional dentro de un país, el local, el nivel de finca y el de sistema de producción. Se deberá tener presente que estos no son los únicos agregados posibles ni tampoco los adecuados.

Nivel nacional

A nivel nacional, es necesario establecer comparaciones tanto entre países, como en un país dentro del tiempo. El análisis a nivel nacional puede ser global o sectorial. Es un ejercicio de gran utilidad para advertir sobre desarrollos no sostenibles y para comprobar los impactos de los estilos de desarrollo que el país adoptó en el pasado o podría adoptar en el futuro. El análisis a nivel nacional sirve también para determinar el impacto global o

distribuido por sectores económicos de determinadas políticas pasadas o en perspectiva. A su vez, puede dar indicaciones sobre problemas regionales en torno a la sostenibilidad de la agricultura o de los recursos naturales.

Nivel regional dentro de un país

La situación de sostenibilidad de los recursos de un país puede ser crítica o aceptable; sin embargo, la distribución de los impactos depende de lo que ocurre internamente en regiones significativas, como se expresó anteriormente. El análisis regional se puede hacer para una región administrativa mayor o menor (estado o municipio), a alguna categoría de cuenca hidrográfica (cuenca, subcuenca, microcuenca) o a áreas de programas o proyectos específicos. Al igual que con el análisis a nivel nacional puede ser global o por sector de la economía regional y también *ex ante* o *ex post*, si se refiere a análisis del pasado o a proyecciones respectivamente.

Nivel local

La distinción entre análisis regional y local dentro de un país se justifica, dependiendo del tamaño del país o el ambiente inmediato de una acción concreta de desarrollo. Por ejemplo, los niveles de agregación serán diferentes en países como Costa Rica y Brasil, donde un proyecto de desarrollo rural para un estado brasileño, corresponde al tamaño de todo el país centroamericano, así también una organización de desarrollo puede estar actuando al nivel de comunidades específicas que justifican un análisis de sostenibilidad a nivel local.

Nivel de finca

Los sistemas de finca se caracterizan porque comprenden la producción y consumo de bienes y servicios en la finca propiamente dicha (parcelas, establos, otros) y en el hogar del finquero. Hay un intercambio entre la producción "afuera" y la producción "adentro". En el hogar se consume parte de la producción de manera directa y, por otro lado, se generan ingresos (por ejemplo, a través de la producción y/o procesamiento de productos y posterior venta fuera de la finca). La disponibilidad de mano de obra en la finca depende del tamaño y composición de la familia y de las posibilidades de empleo fuera de la finca. Un sistema de finca puede formarse por varios sistemas de producción, además de otras producciones que son fuentes de ingreso familiar.

Existen múltiples criterios para la clasificación de sistemas de finca. La relación entre ingresos provenientes de la actividad agropecuaria propiamente

dicha y los que provienen de otras fuentes como procesamiento, comercialización, empleo fuera de la finca, y otros, pueden constituir criterios de clasificación. Otros criterios de clasificación pueden ser el tamaño de finca, la fuente de mano de obra familiar, el sistema de producción predominante y el grado de integración vertical de la producción.

El análisis de sostenibilidad a nivel de finca tiene gran importancia en la revisión de las modalidades de explotación pasadas, presentes y futuras y en la determinación del impacto de las tecnologías en la finca o fuera de ella. El cambio en los sistemas de finca es un elemento fundamental de análisis. En general, los sistemas de finca basados en varias fuentes de ingresos (sistemas de producción), tienden a ser más sostenibles que los de finca, los cuales dependen de un único sistema.

Nivel de sistemas de producción

La categoría menor de análisis por considerarse es el sistema de producción; es decir, el análisis de los resultados de los diferentes cultivos específicos dentro del sistema de producción. El sistema de producción puede representar un solo cultivo, por ejemplo, el sistema de producción de maíz en cultivo limpio (monocultivo), o estar formado por varios cultivos (maíz con frijoles, café con frutales y árboles maderables). Este puede ser bastante complejo e incluir actividades pecuarias; por ejemplo, ovejas estabuladas alimentadas con los residuos del sistema maíz-frijol y la materia vegetal de los arbustos que forman los rompevientos entre parcelas.

Los sistemas de producción pueden ser analizados económica y ecológicamente, y, como en el caso de los sistemas de finca, existen múltiples criterios para clasificarlos (uso de insumos, número de cultivos, mecanización, inclusión de especies forestales, integración entre la producción agrícola y pecuaria y forestal, grado de procesamiento y otros).

Como una conclusión a las consideraciones en cuanto a variables, funciones y niveles se puede afirmar que, a pesar de que el tiempo es un elemento central a la sostenibilidad, tiene sentido también la comparación de la sostenibilidad y su evolución entre diferentes sistemas de uso de la tierra, entre diferentes tecnologías, sistemas de producción, sistemas de finca; es decir, estudiar la "sostenibilidad comparada". Tiene sentido, por ejemplo, comparar no sólo un sistema consigo mismo en el tiempo, sino también con sistemas alternativos. Un ejemplo lo constituye la comparación del empobrecimiento biológico entre el uso del bosque por las comunidades extractivistas de la Amazonia, la explotación maderera y la explotación pecuaria (Nepstad *et al.* 1992).

4

ESQUEMA PARA LA DEFINICION DE INDICADORES

El desarrollo sostenible requiere que el *stock* de capital que pasa de una generación a otra se mantenga o se mejore. Debe tenerse en cuenta que el *stock* de capital está compuesto por la suma del capital manufacturado y el capital natural. Víctor (1991) hace un intento por desarrollar indicadores globales para una economía nacional, que permitan establecer el grado de sostenibilidad del desarrollo. Sin embargo, bajo los supuestos de las escuelas capitalistas de pensamiento económico, como la neoclásica, la de Londres (mantener intacto el capital natural), la postkeynesiana y la escuela termodinámica, el desarrollo de un indicador global de sostenibilidad no es posible. Por esa razón es necesario disminuir el nivel de ambición de los indicadores y buscar sistemas que informen sobre la evolución en el tiempo de la sostenibilidad de un sistema, cualquiera que sea su nivel de agregación.

El desarrollo implica riesgos e incertidumbres. En ocasiones, por querer obtener resultados positivos en términos de ingreso per cápita, se arriesga la destrucción de los recursos naturales o se exponen efectos directos sobre las personas, derivados de los impactos negativos sobre los recursos. Todo tipo de desarrollo implica riesgos, por lo tanto existe la necesidad de mantener la situación controlada dentro de límites tolerables para los grupos de variables más críticas en relación con la sostenibilidad. Los impactos de las intervenciones pueden ser positivos o negativos, significativos o insignificantes, inmediatos o de largo plazo, y a todos ellos hay que prestarles la debida atención.

Es necesario también tener un control sobre las intervenciones para el desarrollo, puesto que independientemente de cuán exitosas parezcan, el resultado de ellas sobre cualquier parte de la base de recursos naturales se habrá reducido o destruido; los beneficiarios en lugar de mejorar, pueden terminar empeorando su situación o sus perspectivas futuras (Weber 1990).

Categorías de análisis

Una categoría de análisis es un aspecto de un sistema, significativo desde el punto de vista de la sostenibilidad.
--

Para cualquier sistema, agregado o desagregado, es necesario definir un esquema para el diseño de indicadores de sostenibilidad.

Avila (1989) propone las siguientes categorías de análisis de un sistema o de sistemas asociados:

- el objetivo general
- la base de recursos
- las tecnologías y métodos de manejo
- el rendimiento

Torquebiau (1989) define indicadores para sistemas agroforestales partiendo de diferentes categorías de análisis:

- la base de recursos del sistema
- la operación misma del sistema
- los efectos e influencias sobre otros sistemas relacionados

Teniendo en cuenta los criterios mencionados se propone analizar, para cualquier sistema y en cualquier nivel de organización o agregación, las siguientes categorías:

- la base de recursos del sistema
- la operación del sistema propiamente
- otros recursos exógenos al sistema (de entrada o salida)
- la operación de otros sistemas exógenos (de entrada o salida)

La relación entre las categorías de análisis y las funciones y variables identificadas en las relaciones se indica en el Cuadro 5. En dicho cuadro se muestra que población, necesidades y tiempo tienen relación con todas las categorías de análisis, mientras que las restantes variables y funciones se relacionan ya sea con recursos del sistema o de otros sistemas, o bien, con la operación del sistema o de otros sistemas.

Elementos de categoría

<p>Un elemento es una parte de una categoría, significativa desde el punto de vista de la sostenibilidad.</p>

Cuadro 5. Relación entre categorías de análisis de un sistema y las variables y funciones críticas de sostenibilidad.

Variables y funciones	Categorías de análisis			
	Sistema		Otros sistemas	
	Recursos	Operación	Recursos	Operación
Población	x	x	x	x
Necesidades y consumo	x	x	x	x
Recursos	x		x	
Tecnología		x		x
Producción	x	x	x	x
Productividad	x	x	x	x
Capacidad de carga	x	x	x	x
Distribución y Acceso rec. y tec.	x		x	
Rentabilidad	x	x	x	x
Instituciones		x		x
Variables sociales	x	x	x	x
Tiempo	x	x	x	x

Fuente: Elaboración de los autores.

Es necesario definir los elementos significativos de las categorías mencionadas; es decir, los tipos de recursos del sistema y del entorno, así como los elementos del sistema propiamente y de los sistemas del entorno.

Como recursos del sistema y de sistemas exógenos se pueden considerar los siguientes (Avila 1989; Weber 1990):

- agua
- suelo
- flora
- fauna
- aire
- recursos culturales y
- áreas únicas

Como elementos de la operación del sistema y de la operación de sistemas exógenos se pueden considerar, ampliando la proposición de Avila (1989):

- manejo técnico
- manejo socioeconómico
- rendimiento técnico y
- rendimiento socioeconómico

El manejo y rendimiento técnico se refieren a los elementos biofísicos del sistema y su operación, y el manejo y rendimiento socioeconómico a los elementos sociales y económicos de los sistemas implicados. Como ejemplos de elementos se pueden considerar:

- a) Manejo técnico: insumos, energía
- b) Rendimiento técnico: producción biofísica, productividad biofísica.
- c) Manejo socioeconómico: demanda de trabajo, ingresos netos o brutos.
- d) Rendimiento socioeconómico: participación de la mujer, distribución del ingreso, acceso a recursos.

Descriptores e indicadores

Para cada elemento significativo de cada categoría importante, es necesario escoger descriptores e indicadores.

Los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado.

Los descriptores pueden ser diferentes aún entre sistemas similares de acuerdo con los atributos particulares del mismo (Torquebiau 1989). Los descriptores también dependerán en gran medida del nivel de agregación del sistema bajo análisis.

En el recuadro se destacan algunos ejemplos:

Sistema:	Cuenca del río xy.
Categoría de análisis:	Base de recursos
Elemento:	Agua
Descriptor:	—Calidad —Cantidad —Disponibilidad estacional
Categoría de análisis:	Base de recursos
Elemento:	Suelo
Descriptor:	—Erosión —Materia orgánica —Humedad
Categoría de análisis:	Operación del sistema
Elemento:	Manejo técnico
Descriptor:	—Vida útil del embalse —Capacidad de riego del embalse
Sistema:	Sector agrícola del país xy
Categoría:	Base de recursos
Elemento:	Superficie cultivada
Descriptor:	—Calidad del uso actual de la tierra
Categoría:	Población laboral
Elemento:	Rendimiento socioeconómico
Descriptor:	—Ingresos de la población rural —Organización de la población rural

Para cada descriptor seleccionado como relevante, se debe definir uno o varios indicadores.

Los indicadores son una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor (Torquebiau 1989); si el sistema es sostenible, tiene un efecto positivo sobre el descriptor y un efecto negativo, si no lo es.

Un estudio para América Latina y el Caribe sobre opciones para una estrategia ambiental (WRI *et al.* 1991) reconoce tres tipos de indicadores, cuya evolución tiene relación con la sostenibilidad de los sistemas nacionales. Los tipos de indicadores son de dotación de recursos, degradación y problemas, rendimiento o efectividad, y corresponden a las categorías de análisis que proponen Torquebiau y Avila, pues se pueden asimilar a recursos de diferentes tipos, tanto de manejo como de rendimiento socioeconómico y técnico.

Del análisis hecho hasta este punto, debería quedar en claro que no existen indicadores universales, sino que cada sistema, dependiendo de su nivel de agregación, sus categorías y elementos específicos, así como de los descriptores seleccionados, tendrá su propio conjunto (*set*) de indicadores. Además, los indicadores pueden variar según el problema o el objetivo de análisis. Por ejemplo, en el caso de indicadores que deben medir la sostenibilidad de un sistema de producción, la cantidad y precisión de ellos será diferente, si se trata de un proyecto de investigación donde se pretende analizar ensayos con diferentes tecnologías todavía no probadas, o si se trata de un proyecto de desarrollo rural, donde se quiere monitorear la sostenibilidad de los sistemas de producción promovidos por el proyecto. El conjunto de indicadores debe ser robusto y no exhaustivo. Robusto en el sentido de que los indicadores realmente cumplen con las condiciones descritas y que, además, son sensibles y con una base estadística o de medición suficiente. No debe ser exhaustivo, sino sólo referirse a las categorías y elementos más significativos del sistema bajo análisis. No se pueden dar números, pero de seis a ocho indicadores para un sistema parece razonable, 20 ó 30 no lo parece. Estas consideraciones son importantes dados los costos y complicaciones que tiene toda convención de monitoreo en el comportamiento de un sistema determinado.

Como características significativas de los indicadores se definen las siguientes (Avila 1989; Torquebiau 1989; Weber 1990; Ferreira 1991; Bartelmus 1991; Speidel 1972):

- Deben ser medibles y de fácil medición.
- Deben ser tangibles.
- Aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas y sistemas económicos y sociales.
- La recolección de información no debe ser ni difícil ni costosa.
- Deben ser adecuados al nivel de agregación del sistema bajo análisis.
- Cuando sea el caso, la población local podrá involucrarse en la medición, por lo tanto, los indicadores debe centrarse en aspectos prácticos y ser claros.
- Las mediciones deben poder repetirse a través del tiempo.
- Deben ser significantes a la sostenibilidad del o los sistemas analizados.

- Deben ser sensibles a los cambios en el sistema, sensibilidad que puede manifestarse por la magnitud de las desviaciones a la tendencia (Ferreira y Kass 1991).
- Deben medir el cumplimiento de una serie de estándares o condiciones extremas que un sistema tiene que cumplir como: ambientales, ecológicos, distributivos, económicos, sociales y de otro tipo.
- Deben analizarse las relaciones con otros indicadores.

Es necesario tratar de ser prácticos en la definición de un conjunto de indicadores, puesto que al considerar las condiciones que se deben cumplir, el sistema se hace muy complejo. Consideremos, por ejemplo, el sistema bosques; en la categoría recursos, el elemento vegetación. El descriptor sería la cobertura forestal. El indicador adecuado sería la deforestación y su evolución; sin embargo, hay muchas variables e indicadores adecuados para la deforestación (Rente 1991), dependiendo del área total bajo consideración, la importancia local de la misma, el número de mediciones disponibles, las necesidades de proyección de los resultados y otros. El Anexo 3 tiene ejemplos de indicadores diversos de sostenibilidad de deforestación, emisiones de azufre y cambios en la base de los recursos naturales.

Weber (1990) establece un grupo de diez indicadores para monitorear cambios en la base de recursos naturales; sin embargo, como ya se explicó, no parece adecuado tener un conjunto único de indicadores para cualquier sistema, puesto que los indicadores serán diferentes según el nivel de agregación, las categorías y elementos importantes del sistema, los descriptores significativos, y el problema por abordar. El Cuadro 6 es una adaptación del cuadro de Weber, pero empleando el sistema expuesto en este documento que pasa por identificación del sistema, categoría, elemento y descriptor. Hay que tener en cuenta que el grupo de indicadores no necesita cubrir toda la base de recursos y todos los elementos de operación de un sistema, puesto que la matriz de indicadores se haría inmanejable física y operacionalmente. El Cuadro 6 pretende dar también una idea de la secuencia de pasos por seguir para definir indicadores.

Refiriéndose a indicadores de desarrollo socioeconómico, McGranahan *et al.* (1979) establecen que los indicadores deben poder compararse a través de los países, del tiempo y los sectores (especialmente en lo que se refiere a tiempo y población) si es el caso. El criterio mencionado de comparabilidad es aplicable a los indicadores nacionales de sostenibilidad, así como a los de regiones geográficas mayores y, en general, sistemas parecidos (cuencas por ejemplo), puesto que uno de los objetivos es su comparación entre sistemas (países, por ejemplo) en el tiempo y también en el sector. Obviamente para poder hacer una comparación intertemporal, es necesario que el objeto por medir (área por

ejemplo) sea el mismo en cada medición; si se trata de hacer comparaciones entre regiones diferentes, es necesario que las variables por medir sean exactamente las mismas.

Ruitenbeek (1991) identifica cinco nuevos fundamentos que deben quedar reflejados en la nueva generación de indicadores de sostenibilidad, como soporte de decisiones:

- El indicador estándar es útil para propósitos descriptivos y, en general, está focalizado a requerimientos a corto plazo del hombre.**
- Ambito más amplio, teniendo en cuenta que la economía y la conducta humana son partes de un ecosistema más amplio que las soporta o incluye. El indicador por seleccionar debe informar cómo algunos sistemas particulares seleccionados están siendo afectados.**
- Elementos distributivos, donde la equidad social debe ser un componente explícito de los indicadores. Se deben seleccionar indicadores sobre la forma en que algunos grupos de interés o de ingreso están siendo afectados.**
- Aplicaciones proyectivas, no sólo deben describir el pasado, sino permitir aplicaciones hacia el futuro. Las relaciones descriptivas históricas son útiles si suministran información sobre tendencias potenciales futuras.**
- Relaciones explícitas entre la conducta económica humana y la salud del ecosistema más amplio. Se trata de suministrar información de las relaciones entre la productividad de un sistema en general y las alteraciones o estreses causados por acciones del hombre en el mismo.**
- Incertidumbre inherente, que debe ser comunicada a los decisores, a través de los indicadores, en el sentido de que hay una incertidumbre no cuantificable en la conducta y respuesta de los ecosistemas; Víctor (1991) se refiere también a la incertidumbre del papel del capital natural como soporte a la actividad económica, así como a los efectos de la actividad económica sobre el ambiente. Se hace necesario expresar tanto el rango potencial en una medición corriente como los niveles potenciales de "criticidad" en la modificación de un sistema.**

En el Anexo 3 se muestra, con base en el ejemplo de Ruitenbeek, la expansión del universo de indicadores en la medida en que se agregan los elementos mencionados al sistema. El ejemplo de Ruitenbeek parte con el sistema "país", categoría "recursos", elemento "aire", descriptor "calidad del

aire", indicadores sobre "emisiones de azufre" y transcribe los cuadros traducidos de Ruitenbeek. Mediante el ejemplo se evidencia que cuanto más fundamentos se añaden como exigencia a un indicador, más compleja es su determinación y más exigente en cuanto a información.

En el caso de las emisiones de azufre (SO₂), se empieza con indicadores globales de emisiones totales y emisiones por unidad de energía consumida. Al introducir la amplitud de perspectiva como fundamento para el indicador, aparecen dos nuevos indicadores: las emisiones por hectárea/año en diferentes tipos de superficie de valor para la economía y el porcentaje de área bajo amenaza. Al incorporar los elementos distributivos se agregan otros dos indicadores posibles: las emisiones por hectárea/año por grupos de interés y la población amenazada. Al introducir elementos proyectivos, se añaden dos nuevos indicadores: la elasticidad a la energía (variación de las emisiones en relación con la variación en el consumo de energía) y la elasticidad ingreso (variación de las emisiones al variar el nivel de ingresos). Al incorporar las relaciones explícitas con la productividad del sistema se añade un indicador que relaciona las emisiones y el rendimiento anual de madera de los bosques. Finalmente, al incorporar el factor incertidumbre se agrega como nuevo indicador la relación entre emisiones medias reales y emisiones críticas postuladas.

El mismo Ruitenbeek reconoce cuatro tipos diferentes de indicadores:

- Indicadores descriptivos: que se usan como línea de base descriptiva de condiciones pasadas o actuales.
- Indicadores con aplicaciones proyectivas: que hacen una descripción analítica de condiciones pasadas.
- Indicadores proyectivos: que permiten proyectar las condiciones futuras con base en un escenario explícito.
- Indicadores predictivos: que permiten hacer una predicción sin condiciones de la línea de base de las condiciones futuras.

Weber (1990) reconoce dos clases de indicadores: los primarios, de medición directa, y los secundarios, que requieren de pruebas y observaciones adicionales (no corresponde con la definición de información primaria e información secundaria). Este autor recomienda el cálculo de indicadores primarios como norma y en caso de que estos no sean suficientes o posibles de calcular, o bien

arrojen valores críticos, se debe tratar de calcular los indicadores secundarios basados en información profunda y sobre aspectos muy específicos.

Algunos casos particulares de indicadores

Siguiendo una secuencia lógica, ahora corresponde aplicar el esquema para la definición de indicadores con ejemplos concretos. Anteriormente se mencionó que la sostenibilidad de un sistema se establece a través de la evolución o cambio en el tiempo de un conjunto de indicadores individuales. Como tarea para el analista se asigna el definir los conjuntos que necesite en casos particulares; aquí se ofrece solo el procedimiento para hacerlos, no intuitivamente, sino dentro de un marco lógico de referencia. Los ejemplos proceden de documentos y elaboraciones de otros autores y se han reelaborado como indicadores de sostenibilidad para los fines del presente trabajo.

Torquebiau (1989) establece como norma para la definición de indicadores algunos elementos:

- interpretación del significado del indicador,
- definir qué, cómo y cuándo medir,
- definir los insumos requeridos para el cálculo,
- establecer las limitaciones del indicador,
- interpretar los resultados de los valores del indicador considerando las limitaciones que tiene.

A estos elementos se pueden agregar:

- una clasificación de la intensidad del impacto positivo o negativo (alto, medio, bajo).
- una definición de los valores extremos de los indicadores.

Estos elementos se usarán para presentar ejemplos de indicadores.

Insistiendo sobre lo inadecuado al tratar de definir "indicadores universales" de sostenibilidad, se presentarán algunos ejemplos de estos indicadores. Asimismo se asignarán casos a diferentes niveles de agregación, correspondientes a categorías, elementos y descriptores particulares. Los ejemplos que se presentan son solo algunos de la gran diversidad de posibilidades de indicadores según el sistema bajo análisis. Estos no interesan por los resultados del estudio específico, sino sólo por su valor metodológico para definir indicadores específicos en situaciones particulares concretas.

Cuadro 6. Ejemplo de un conjunto (set) de indicadores.

Sistema	Categoría	Elemento	Descriptor	Indicador	Variables que se relacionan
Cuenca del río XY					
Tierras de cultivo	Recursos endógenos	Agua	Cantidad	Flujo mensual (m ³ /seg), relación riego diseño/riego real	Recursos, productividad, tiempo; recursos, producción, tiempo, capacidad de carga
	Exógenos		Calidad	Oxígeno disuelto (g/m ³)	Recursos, tiempo, capacidad de carga
			Confiabilidad	Nivel de caudal mínimo	Recursos, capacidad de carga, productividad, tiempo
			Accesibilidad	Porcentaje de las fincas con acceso al agua	Variables sociales, recursos, tiempo
		Suelo	Erosión	Porcentaje del área erosionada Erosión media (t/ha/año) Erosión efectiva/gravedad específica	Recursos, tiempo Recursos, tiempo Recursos, tiempo, capacidad de carga
			Disponibilidad	Índice de Gini Tamaño medio de la propiedad	Recursos, tiempo, var. sociales Recursos, tiempo, capacidad de carga, var. sociales
			Calidad	Razón de utilización (ha • capacidad de uso/ha uso actual) • 100 Superficie en uso conflictivo	Recursos, distribución y acceso, tiempo Recursos, tiempo, var. sociales, distribución y acceso
	Operación del sistema	Rendimiento técnico	Productividad	Rendimiento maíz (t/ha)	Recursos, productividad

Cuadro 6 (cont.).

Sistema	Categoría	Elemento	Descriptor	Indicador	Variables que se relacionan
			Período de barbecho	Relación años de barbecho/años de cultivo Relación barbecho/descanso y población	Recurso, tecnología, productividad, distribución y acceso Tiempo, capacidad de carga, población, necesidades
Bosques	Recursos	Vegetación	Cobertura	Porcentaje del área forestal cubierta de bosques Porcentaje de cobertura bos-que total Porcentaje de cobertura bos-que cerrado Superficie bosque cerrado/habitantes	Recurso, tiempo Recurso, tiempo Recurso, tiempo Recurso, tiempo, población
			Diversidad	Promedio de especies (ha)	Recurso, tiempo
	Vida silvestre		Hábitat	Relación especies amenazadas/especies totales	Recursos, tiempo
			Población	Número de especies Población aproximada	Recursos, tiempo Recursos, tiempo
	Áreas únicas		Acceso	Porcentaje del área abierta al público	Población, recurso, tiempo, variables sociales, distribución y acceso a los recursos
			Importancia	Número de áreas similares Porcentaje de la superficie en la categoría	Recurso Recurso
	Operación del sistema	Rendimiento técnico	Áreas abiertas	Porcentaje vegetación ar-bórea	Recurso, tecnología

Cuadro 6 (cont.).

Sistema	Categoría	Elemento	Descriptor	Indicador	Variables que se relacionan
			Productividad	Crecimiento (m ³ /ha/año) en plantaciones Crecimiento (m ³ /ha/año) en bosques naturales	Recurso, tecnología, producción, productividad ídem
		Rendimiento social	Control local	Número y porcentaje de ONGs participando en la gestión Número de participantes en la gestión	Acceso a los recursos, variables sociales, tiempo, población, tiempo, acceso, variables sociales

Fuente: Weber 1990.

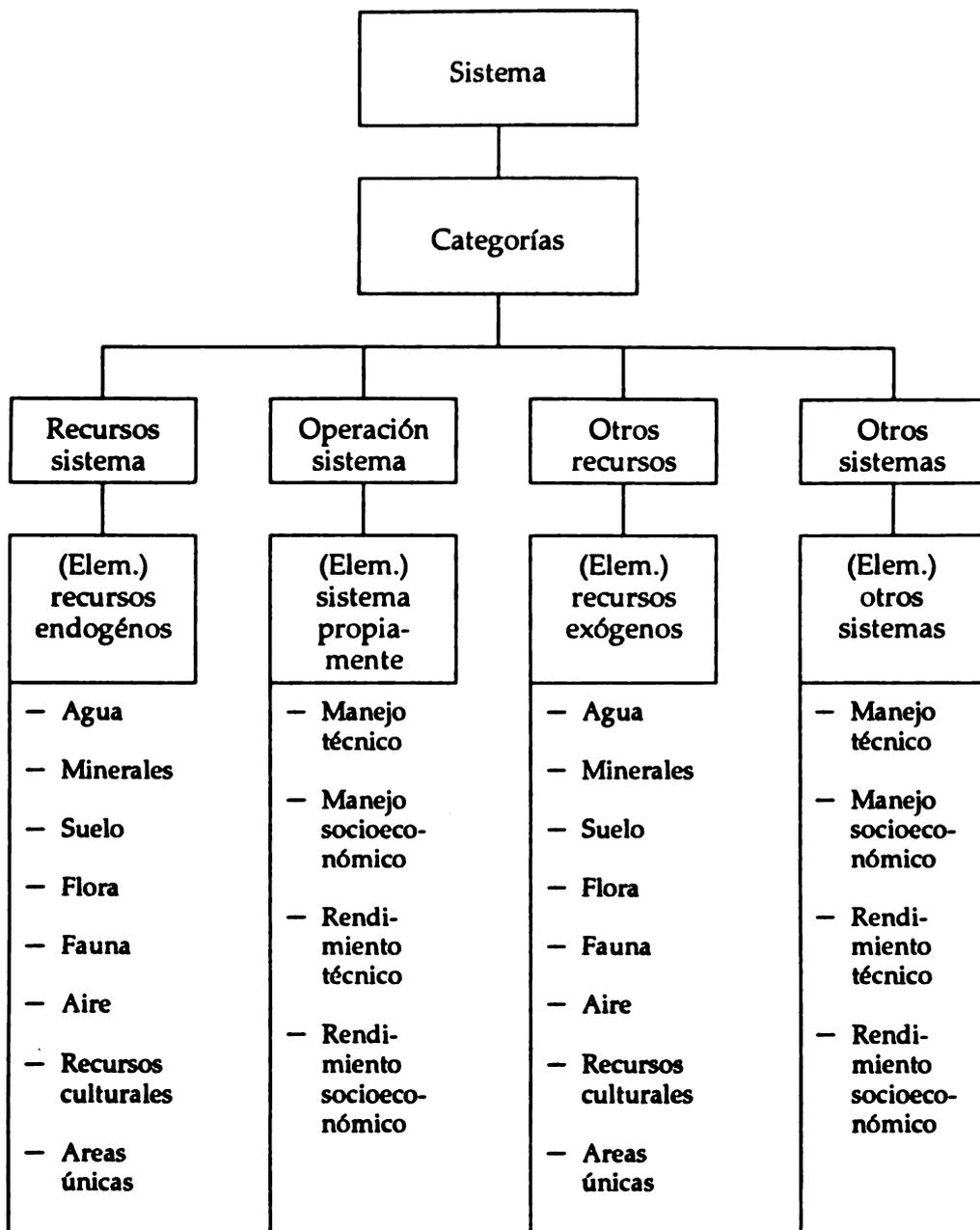


Fig. 4. Esquema para la definición del sistema de indicadores.

Fuente: Elaboración de los autores.

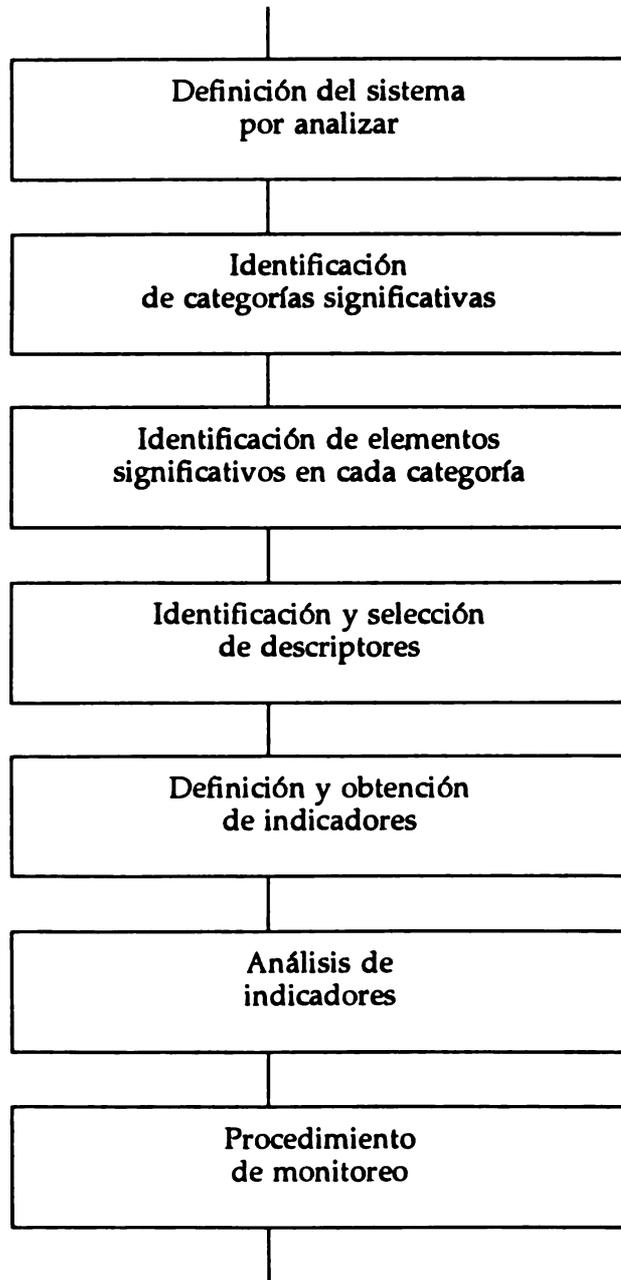


Fig. 5. Esquema para la definición de un set de indicadores de sostenibilidad para un sistema.

Fuente: Elaboración de los autores.

La Figura 4 muestra el esquema para la definición de un conjunto (*set*) de indicadores de sostenibilidad para un sistema particular, identificando categorías de análisis y elementos de cada categoría. La Figura 5 explica el proceso general.

Un indicador a nivel nacional

Caso de depreciación de los recursos naturales en las cuentas nacionales de Costa Rica.

El Centro Científico Tropical realizó un exhaustivo estudio sobre la depreciación de los recursos naturales en Costa Rica, del cual se desprende el caso que se presenta a continuación.

i) Sistema por analizar, categoría, elemento y descriptor

Sistema bajo análisis: sector agropecuario de Costa Rica.

Categoría: el sistema propiamente.

Elemento: rendimiento económico.

Descriptor: producto neto de la agricultura.

ii) Indicador

El indicador desarrollado es el producto neto de la agricultura ajustado por la depreciación de los recursos naturales y su evolución en el tiempo. Otra forma de presentación del indicador es la relación entre el producto neto sin ajustar y el producto neto ajustado.

iii) Significado del indicador

El indicador permite determinar hasta qué punto ha existido formación de capital en el sector agrícola que garantice la renovación del aparato productivo, así como la renovación del capital natural.

Si el producto neto ajustado es mayor que el producto neto sin ajustar, significaría una apreciación o aumento de valor de los recursos naturales en la economía. Si por el contrario el producto ajustado es menor, quiere decir que la economía ha estado desarrollándose ilusoriamente a expensas de los recursos naturales que en realidad se han depreciado.

iv) ¿Qué, cómo, dónde y cuándo medir?

Habría muchas alternativas metodológicas para responder a las preguntas planteadas. Sin embargo, como ejemplo, se explicará sucintamente la metodología empleada por el Centro Científico Tropical (CCT y WRI 1991)¹.

El primer paso de la metodología fue determinar cuáles recursos se van a evaluar. Se acordó trabajar con los bosques, suelos y recursos pesqueros. La depreciación de los bosques se determina a través del valor de la madera en pie, arruinada por la deforestación, y por la pérdida de un potencial indefinido de producción, si los bosques se hubieran manejado. El perjuicio de suelos por erosión se estimó por el valor de los nutrientes perdidos por erosión a sus precios comerciales; se consideró la pérdida de nutrientes ocurrida por la erosión "no sostenible"; es decir, la diferencia entre erosión total y erosión geológica, que es natural. La pesca se valoró por el detrimento de las operaciones pesqueras debidas al agotamiento por sobreexplotación.

Para hacer los cálculos se trabajó con información histórica de los últimos 20 años y con modelos como el de Valor Potencial del Bosque, la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos y la determinación del nivel de pesca sostenible en relación con el esfuerzo pesquero.

v) Insumos requeridos para el cálculo

Para el cálculo se requirió un insumo fuerte de profesionales, fotografías aéreas del país de diferentes fechas, un sistema de información geográfica y mucha fuente de información secundaria como los censos agropecuarios, pesquero, estudios básicos de tipo forestal y de productividad primaria y estadísticas de producción, costos y precios de productos forestales, agrícolas y pesqueros.

vi) Limitaciones del indicador

El indicador depende de las estadísticas oficiales de los censos, con todas las restricciones que les son propias. Además, se está claro en que los

1 El trabajo fue realizado por un equipo formado por R. Solórzano; R. de Camino; R. Woodward; Tosi, R.; J. Watson; V. Vásquez; C. Villalobos y, J. Jiménez. Además contó con la cooperación de R. Repetto y W. Cruz del WRI.

valores de la deforestación, los nutrimentos y la pérdida de recursos pesqueros sólo miden una fracción de los valores adicionales que se pierden, como son recreación y turismo, influencia sobre el ciclo de las aguas, influencia sobre los sistemas de riego y centrales hidroeléctricas, impacto sobre la biodiversidad y otros.

vii) Valores límites del indicador

No se pueden establecer máximos o mínimos de tolerancia, pero una economía o un sector de la economía no es sustentable si la renovación de capital no es al menos tan importante como el consumo de capital; es decir, si se deforesta, por ejemplo, se debería poner bajo manejo y/o reforestar superficies equivalentes.

Cuadro 7. Costa Rica: Comparación entre el PAB y el PAN ajustado con la depreciación de los recursos naturales. (Valores en billones de colones de 1984).

Año	PAB	PAN	(1-PAN/PAB)*100
1970	21.0	16.0	23.8
1971	19.0	13.0	31.6
1972	20.0	14.5	27.5
1973	23.0	16.5	28.3
1974	23.5	15.0	36.2
1975	25.5	17.5	31.4
1976	26.5	21.0	20.8
1977	31.0	24.5	20.9
1978	30.5	24.0	21.3
1979	29.5	20.0	32.2
1980	28.0	19.5	30.4
1981	36.0	31.0	13.7
1982	35.5	31.0	12.7
1983	33.5	23.0	31.3
1984	34.0	22.5	33.8
1985	31.5	21.0	33.3
1986	37.0	22.5	39.2
1987	34.0	23.0	32.4
1988	37.0	17.0	54.1
1989	39.5	17.5	55.7

Fuente: CCT y WRI 1991.

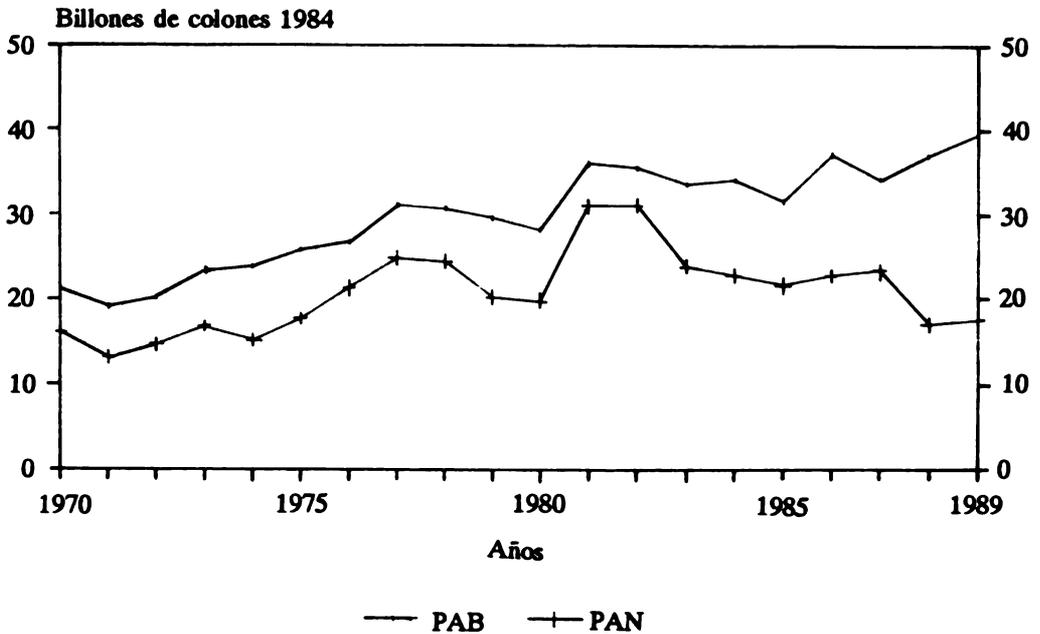


Fig. 6. Comparación entre el PAB y el PAN ajustado con la depreciación de los recursos naturales de Costa Rica.

Fuente: CET/WRI, 1991.

viii) Presentación e interpretación de los resultados

El Cuadro 7 muestra el Producto Agrícola Bruto (PAB) y el Producto Agrícola Neto (PAN), descontada la depreciación de los recursos naturales. La Figura 6 también muestra la evolución en el tiempo del PAB y el PAN.

El PAB se ve fuertemente disminuido no sólo por la reserva de depreciación, normal en las cuentas nacionales de un país, sino especialmente por la depreciación de los recursos naturales. Como consecuencia de ello, el producto neto es entre un 23% y un 55% menor que el producto bruto, debido a que el país está consumiendo sus recursos naturales.

Indicador a nivel regional:

Degradación ambiental en el Núcleo Maicero de la Pampa Húmeda Argentina

El Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires realizó un análisis sobre la degradación de los suelos del Núcleo Maicero de la Pampa Húmeda Argentina. Al contrario de la pampa semiárida, donde la erosión eólica produjo fenómenos visibles, los procesos de declinación de la producti-

vidad de la tierra y del trabajo que ha provocado en el núcleo, ha sido llamada la "crisis silenciosa" porque sus efectos suelen aparecer muy diferidos en el tiempo de las acciones que la causan (García *et al.* 1991).

El estudio evalúa la degradación ambiental a través de tres descriptores principales: la fuga de materiales, el amanchamiento antrópico del paisaje cultivado y la expansión de la fiebre hemorrágica argentina. El análisis se fundamenta en mediciones y análisis existentes de suelos y relaciona los efectos con diferentes factores que los podrían haber causado. Con base en esto llegamos a algunas conclusiones respecto al desarrollo futuro de la productividad del Núcleo Maicero de la Pampa Húmeda Argentina, si siguiera el mismo patrón tecnológico.

i) El sistema bajo análisis: Núcleo Maicero de la Pampa Húmeda Argentina

Categoría: Sistema propiamente.

Elemento: Productividad del suelo.

Descriptor: Fuga de materiales.

ii) Indicador

El indicador es la erosión en toneladas por hectárea y año, considerando los diferentes sistemas de producción vigentes en la zona.

iii) Significado del indicador

La selección de la fuga de materiales como descriptor de la sostenibilidad de la productividad del suelo, parte del supuesto de que existe una influencia directa sobre rendimiento por unidad de tierra, un supuesto que ha sido probado en varias ocasiones. García *et al.* (1991) citan una serie de ejemplos como los estudios en el Cornbelt de EE.UU., con suelos y manejos del suelo muy similares al del Núcleo Maicero, que revelan una caída de los rendimientos a largo plazo de trigo y maíz de 2.36% por cada centímetro de espesor de suelo orgánico que es decapitado. En México, suelos desprovistos de 18 cm de suelo orgánico produjeron 0.6 t/ha/año, comparado con 3.8 t/ha/año en el testigo.

Por otro lado, el estudio de la relación entre producción y erosión en un caso concreto enfrenta una serie de dificultades, porque es un fenómeno que difiere enormemente de sitio a sitio y la variabilidad interanual de cosechas, dependiente de otros factores como precipitación, podría deprimir los rendimientos más que los efectos acumulativos de 20 años de erosión. En Veracruz, México, se ha encontrado que la variación entre año y año de los rendimientos puede ser del 30% y un año seco puede deprimir más los rendimientos de maíz que los efectos acumulativos de 35 años de erosión (Sancholuz 1980).

Sin embargo, el efecto más dramático de la erosión es la reducción de la capacidad de retención de agua por remoción selectiva de materia orgánica y partículas finas. Según Brown y Wolf (1984) un suelo muy erosionado puede perder hasta el 93% de su capacidad de infiltración. Por lo tanto, el suelo pierde su capacidad de mitigar efectos perturbadores climáticos, tales como, una sequía y una parte de la variación por factores climáticos es causada por la erosión.

iv) ¿Qué, cómo, dónde y cuándo medir?

Principalmente existen dos posibilidades:

Medición directa: En el caso de que no existiera ninguna información anterior respecto al espesor de los horizontes, habría que empezar con un análisis de los suelos y, a partir de este momento, medir la erosión durante una época suficientemente larga para poder identificar diferencias en el tiempo. En la mayoría de los casos existen análisis de suelo. Entonces, se puede analizar un muestreo representativo cuyos resultados se comparan con el estudio anterior. Así se podría calcular la erosión anual. En el caso de que se desee, por ejemplo, evaluar la variación de la erosión en función de un cambio del sistema de producción, habría que partir del momento de la introducción del sistema o usar una zona con las mismas condiciones agroclimáticas, pero que todavía use el sistema de producción anterior, como testigo. La medición directa se justifica en investigaciones científicas y en un análisis *ex post*, en regiones de un tamaño manejable y como parte de un sistema de monitoreo.

En regiones muy grandes o evaluaciones *ex ante*, probablemente será más económica la estimación de la erosión a través de las relaciones conocidas entre los factores que causan la erosión. En el caso de la pampa húmeda, supuestamente las lluvias son el factor de erosividad principal. En este caso se podría usar la ecuación universal de pérdidas de suelo que refleja el efecto de la erosividad de las lluvias y de cuatro factores de erosionabilidad (características del suelo, pendiente, sistema de producción y prácticas de control de erosión). En el pasado se ha indicado que los valores de los diferentes factores de esta ecuación han sido calculados básicamente en los EE.UU. y, por lo tanto, reflejan la situación en las zonas templadas, por lo que tal vez no se aplican perfectamente a las zonas tropicales (El Swaify 1989). Sin embargo, en el caso de la Pampa Húmeda Argentina esto no representa un problema, ya que la misma forma parte de las zonas templadas.

v) Insumos requeridos para el cálculo

Para el cálculo se necesita un sistema de información geográfica y se requiere un mapa de suelos y del relieve, información sobre la cobertura

vegetal (fotografía aérea), informaciones de clima, del uso de la tierra y de las prácticas culturales. Además, el análisis exige el insumo de profesionales con experiencia en este tipo de estudio.

vi) Limitaciones del indicador

La erosión es un indicador válido (t/ha/año) de la sostenibilidad de un sistema de producción. Habrá que deducir la erosión natural, sin intervención, para llegar a la erosión efectiva causada por la intervención. Este indicador es mucho más sensible a cambios que la producción misma, ya que depende de muchos más factores y la relación causa-efecto es difícilmente cuantificable.

La limitación del indicador está muy vinculada con su dependencia de información primaria y secundaria de buena calidad, que no se encuentra en las estadísticas corrientes.

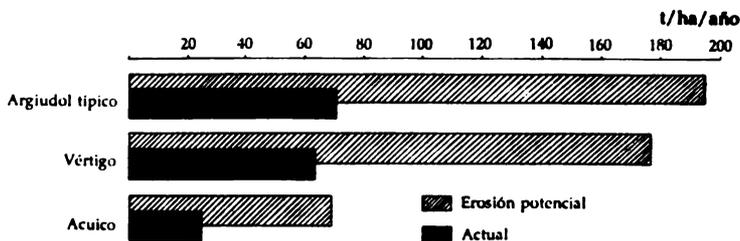
vii) Valores límites del indicador

La visibilidad de efectos de la erosión depende en gran medida de la fuerza del fenómeno y del egreso y la textura del horizonte A. Es fácil imaginar que la curva de erosión no sea lineal, considerando que en el primer momento se pierde la masa orgánica y las partículas más finas. Cuanto más gruesas sean las partículas restantes, más lenta debe ser la fuga de este material. Respecto al efecto sobre la productividad, deben existir límites a partir de los cuales una producción vegetal deja de ser posible.

viii) Presentación e interpretación de los resultados del trabajo de García *et al.* 1991.

Dependiendo de las condiciones locales, la pérdida y la formación de suelos se equilibran con una tasa de erosión anual de 0.5 a 2.0 t/ha (WRI 1986). Michelena *et al.* (1989) encontraron que 1 280 000 ha (32% de la superficie del Núcleo Maicero) se encontraban en erosión hídrica moderadamente severa, con pérdidas del horizonte A de 5 a 20 cm (Figura 7). Los mejores suelos del Núcleo, los argiudoles, tienen valores máximos de erosión actual mayores a 60 t/ha/año (Figura 8).

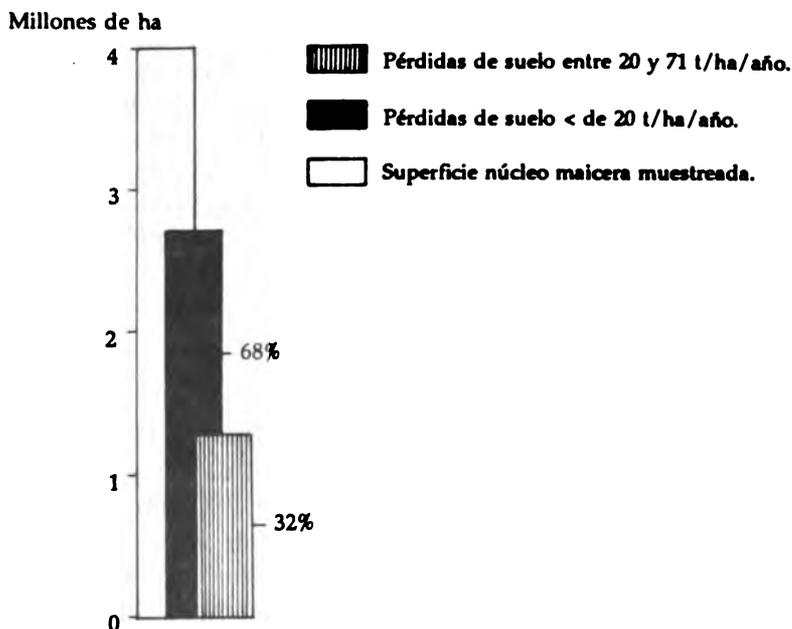
A pesar de que la erosión es un típico fenómeno del sitio, es decir muy localizado, el Núcleo Maicero admite ciertas generalizaciones: el suelo virgen se erosiona a 0.14 t/ha/año oscilando entre 0.1 y 0.4. En tierras con rotación agroganadera, la medida es 18.2 t/ha/año, variando entre 8.9 y 34.0, mientras en tierra de agricultura continua, la media es de 28.4 t/ha/año, variando entre 14.0 y 64.1. En cuanto a grado de pendiente, en



Fuente: Michelena *et al.* 1989.

Nota: Tomado de Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires, Programa de Sistemas Complejos, Morello *et al.* "Agricultura Continua y Degradación Ambiental en el Núcleo Maicero de la Pampa Argentina", versión preliminar, 1991.

Fig. 7. Valores máximos de erosión en distintos subgrupos de argiudoles (Brunizen) del Núcleo Maicero de la Pampa Argentina. Uso agrícola continuo. Pendiente 0-4%.



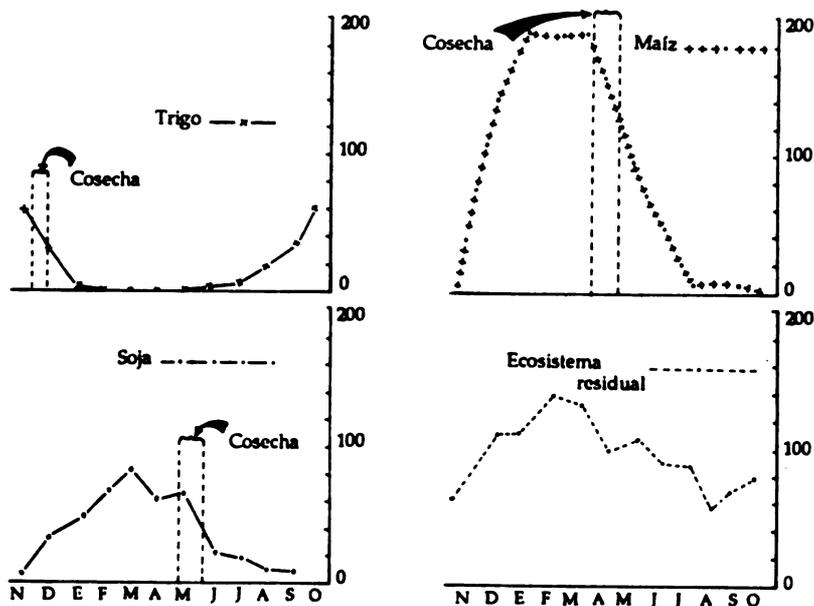
Fuente: Michelena *et al.* 1989.

Nota: Tomado de Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires, Programa de Sistemas Complejos, Morello *et al.* "Agricultura Continua y Degradación Ambiental en el Núcleo Maicero de la Pampa Argentina", versión preliminar, 1991.

Fig. 8. Estimación de la superficie erosionada en el Núcleo Maicero de la Pampa Argentina (Erosión actual).

el Núcleo Maicero un argiudol típico con 0 a 0.25% de pendiente pierde entre 10 y 21 t/ha/año, mientras que en pendientes de 1% a 3%, la tasa asciende a 50.2 t/ha/año.

Considerando que el porcentaje del suelo desnudo expuesto representa una causa importante de la erosión hídrica, el estudio analiza la relación entre el tiempo, el suelo potencial o totalmente desnudo en los diferentes sistemas de producción y la época del máximo potencial erosivo de las lluvias (desde octubre a abril). Resulta que el trigo es el peor filtro o desacelerador del potencial erosivo, ya que hace las veces de pantalla antierosiva solamente durante dos meses del gran potencial erosivo pluvial. La cosecha de la soja ocurre cuando el potencial erosivo de las lluvias comienza a ser bajo, pero su crecimiento inicial lento de diciembre y enero ofrece muy baja cobertura en dos meses de muy alto potencial erosivo. El maíz, por el contrario, en enero ya tiene su máxima altura, la que conserva hasta marzo. Los sistemas residuales demuestran una coherencia entre la curva de crecimiento en altura de la vegetación y la del potencial erosivo: sus máximas y mínimas coinciden (Figura 9).



Fuente: Mills 1989.

Nota: Tomado de Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires, Programa de Sistemas Complejos, Morello *et al.* "Agricultura Continua y Degradación Ambiental en el Núcleo Maicero de la Pampa Argentina", versión preliminar, 1991.

Fig. 9. Altura máxima de la vegetación durante la campaña agrícola 1987/1988 en tres cultivos y en el ecosistema residual en Pergamino.

En varios lugares del Núcleo Maicero la rotación agrogranadera tradicional fue alfalfa-trigo-maíz. En rotación semejante (trébol-trigo-maíz) en Missouri, la tasa de erosión era de 6.75 t/ha/año (Pimentel *et al.* 1978) y al pasar a agricultura continua (trigo-maíz) o maíz solo, la pérdida de suelos subió a 49.5 t/ha/año.

Es fácil imaginar que en suelos de alta erosionabilidad, la disminución del uso agroganadero en rotación y la expansión de la agricultura continua ha aumentado por lo menos siete veces la erosión, que es el incremento registrado en Missouri para un cambio parecido (Brown y Wolf 1984).

En el Núcleo Maicero, la pérdida en rotación agrogranadera no es menos que 8.9 t/ha y el máximo registrado de erosión actual en agricultura continua es 71.3 t/ha/año, lo cual confirma los incrementos hipotetizados arriba.

Indicador a nivel de una "finca":

Relación entre carga efectiva y capacidad de carga de turistas en la Reserva Biológica de Carara (Costa Rica)

La Fundación Neotrópica (1992) realizó un estudio sobre la capacidad de carga turística o para visitantes de las áreas silvestres de Costa Rica. Al presentar este caso se hace una interpretación de la aplicación de la metodología a la Reserva Biológica de Carara.

i) Sistema por analizar, categoría, elemento y descriptor

Sistema bajo análisis: Reserva Biológica de Carara.

Categoría: Recursos turísticos.

Elementos: Manejo y rendimiento técnico.

Descriptor: Tasa de uso del recurso.

ii) Indicador

El indicador "Grado de Utilización de la Capacidad de Carga" como relación entre la carga efectiva medida por el número de visitantes y la capacidad de carga efectiva (número de visitantes máximo tolerable que no deteriora el valor recreacional de la reserva, para una intensidad dada de manejo del área).

iii) Significado del indicador

El indicador puede tener valores menores a la unidad, en cuyo caso el número de visitantes es menor a lo que la unidad puede absorber; es decir, la capacidad del área no se agota ni se afecta y hay un mayor o menor grado de subutilización (por razones de conservación o de presupuesto limitado). Si el valor del indicador es igual a uno, la unidad se usa a plena capacidad, y si es mayor que uno, se sobreexplota la capacidad del parque o unidad, lo cual puede tener consecuencias de deterioro sobre el valor recreacional de la misma.

iv) ¿Qué, cómo, dónde y cuándo medir?

Las variables utilizadas para determinar la capacidad de carga y los tipos de capacidad de carga definidos son las siguientes:

- Capacidad de carga física, que es el límite máximo de visitantes que caben en un espacio definido y en un tiempo determinado (se asume en el estudio 1 m² de área de tránsito por persona al día). Para determinar la capacidad de carga física, se midió el espacio físico de cada sitio importante de la Reserva Biológica, en relación con el espacio que ocupa una persona normalmente en un tiempo determinado.
- Capacidad de carga real es el límite máximo de visitantes, determinado a partir de la capacidad física, luego de aplicar factores de corrección correspondientes a cada sitio, con base en sus características particulares. Los factores de corrección consideran variables ambientales, físicas, ecológicas, sociológicas (intensidad máxima de presencia de personas aceptada por los visitantes) y de manejo. Para determinar la capacidad de carga real se consideraron las siguientes variables: 1) ambientales, como horas de sol, precipitación, inundaciones; 2) físicas, como erosión, grado de dificultad; 3) ecológicas, como alteración de la fauna; 4) de manejo, como tamaño de los grupos, distancia entre grupos, densidad tolerable de visitantes, cierres de mantenimiento, horario de visitas.
- Capacidad de carga efectiva es aquella que se obtiene al comparar la capacidad de carga real con la capacidad de manejo que tienen los administradores del área (equivale a incorporar la influencia de la tecnología en la capacidad de carga). Para determinar la capacidad de carga efectiva se consideraron las siguientes variables para determinar la capacidad de manejo: 1) personal disponible; 2) acciones concretas de manejo; 3) equipo; 4) facilidades; 5) recursos financieros de presupuesto

y proyectos. Se supone que se parte de un nivel de recursos y, por lo tanto, de una cierta intensidad de manejo. El aumento de recursos permite ir de un nivel actual de uso de la capacidad de carga hasta copar la capacidad real, como máximo nivel de utilización.

- La información se tomó para los sitios de real importancia dentro de los objetivos de la Reserva Biológica y cada sitio recreativo tiene una capacidad de carga diferente. En este sentido, es necesario tomar decisiones, tanto si se hace un control diferenciado de las áreas, como si se trabaja con todas las zonas simultáneamente. El control diferenciado permite aprovechar cada sitio en su capacidad efectiva total. El trabajo o apertura simultánea de todas las zonas obliga a fijar la capacidad de carga total de acuerdo con la capacidad efectiva del sitio con menor dimensión.
- La información de visitantes totales se midió con base en varios años, durante todo el año. Los controles de visitantes son para el total del parque y no por sitios de estudio, como los controles para determinación de capacidad de carga. En los sitios prioritarios de visita se midió el número de turistas a lo largo de un año completo para hacer la diferenciación por lugares escogidos.

v) Insumos requeridos para el cálculo

Incluyen los instrumentos y el personal necesario para cada sitio, así como el tipo de registros y protocolos de medición.

vi) Limitaciones del indicador

El indicador, en la forma que se calcula, es válido sólo si se tiene un control diferenciado de los sitios de visita, pues de lo contrario, incluso con subuso de la capacidad total, se podrían deteriorar los sitios de menor capacidad de carga.

vii) Máximos, mínimos y grados de intensidad de uso

En este caso se puede considerar (convención basada en la experiencia):

Grado bajo de utilización $GU < 0.5$

Grado normal de utilización $GU = 0.5 - 1.0$

Sobreutilización $GU > 1.0$

viii) Presentación e interpretación de los resultados

El Cuadro 8 muestra los resultados del estudio de visitantes:

Cuadro 8. Número de visitantes a la Reserva Biológica de Carara (Costa Rica).

Año	Visitantes
1988	3 501
1989	5 603
1990	8 000

Fuente: Fundación Neotrópica 1992.

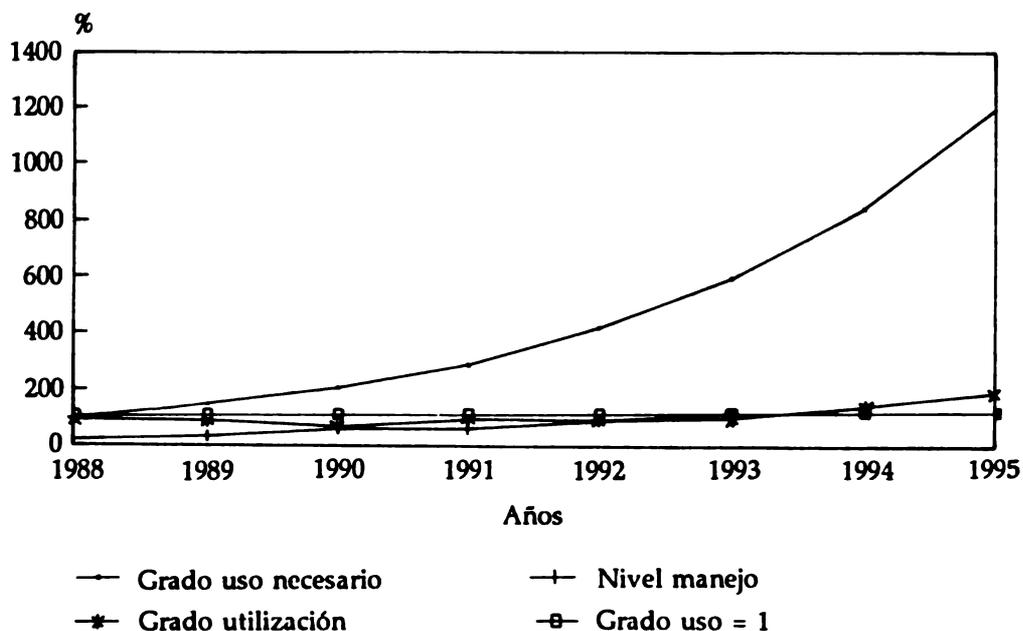
El Cuadro 9 muestra la capacidad de carga real de los diferentes sitios de visita y la capacidad de carga efectiva bajo diferentes hipótesis de intensidad de manejo.

Cuadro 9. Capacidad de carga real y efectiva bajo diferentes intensidades de tamaño manejo en la Reserva de Carara (Costa Rica).

Sitio	Capacidad de carga real	Capacidad de carga efectiva según porcentaje de intensidad de manejo				
		15	25	50	75	100
(valores en número de visitantes por día)						
Dique	576	86	144	288	432	576
Camino Cooope Carara	220	33	55	110	165	220
Sendero Quinta Bonita	74	11	18	37	55	74
Capacidad anual de carga*	27 010	4 015	6 570	13 505	20 075	27 010

* Se define según la capacidad del sitio que absorbe menos visitantes en 365 días.

Fuente: Elaborado por los autores con base en el caso de Carara.



Fuente: Elaboración de los autores.

Fig. 10. Número proyectado de visitantes y grado de utilización de la capacidad efectiva, con diferentes intensidades de manejo en la Reserva Biológica de Carara, Costa Rica.

Cuadro 10. Número de visitantes proyectados y grado de utilización de la capacidad efectiva con diferentes intensidades de manejo en la Reserva Biológica de Carara*, Costa Rica.

Año	Número visitantes	Grado utilización necesario	Nivel manejo (%)	Grado utilización
1988	3 501	0.87	15	0.87
1989	5 603	1.39	25	0.85
1990	8 000	1.99	50	0.59
1991	11 422	2.84	50	0.84
1992	16 334	4.07	75	0.81
1993	23 358	5.82	100	0.86
1994	33 401	8.32	100	1.24
1995	47 764	11.89	100	1.77

* Ejemplo hipotético basado en el caso de la Reserva Biológica de Carara, C.R.

Al proyectar el número de visitantes a través del tiempo, se puede determinar en qué momento el manejo de la reserva, con determinados niveles de manejo (niveles de tecnología), se puede hacer insostenible y, por lo tanto, en qué momento es necesario hacer inversiones para el mejoramiento de las facilidades de la reserva. La situación se aprecia en el Cuadro 10 y Figura 10.

Se puede apreciar que en 1990, la Reserva Biológica de Carara estaba sobreutilizada (GU=1.99) a casi el doble de su capacidad de carga. Para superar el problema habría sido necesario aumentar la intensidad de manejo del 15 al 50%. Como estrategia, sería necesario llegar a una intensidad de manejo del 100% en 1993 y a partir de allí mantener GU =1.0; es decir, no admitir más de 47 764 visitantes al año o establecer una política de visitas diferenciadas por sitio.

Indicadores a nivel de sistemas de finca:

Rentabilidad del manejo forestal en la Amazonia

- i) Sistema por analizar, categoría, elemento y descriptor.
 Sistema bajo análisis: Bosque amazónico en el Estado de Pará, Brasil.
 Categoría: Sistema Bosque Amazónico.
 Elemento: Rendimiento socioeconómico.
 Descriptor: Rentabilidad de la inversión.

La información necesaria para el análisis del sistema proviene de un estudio en el Estado de Pará en Brasil (Verissimo *et al.* 1992) y en cálculos posteriores con base en la información de los estudios de Brasil (de Camino 1992).

- ii) Indicador

El indicador utilizado es el valor neto presente, una medida de rendimiento del capital invertido equivalente a la diferencia de los beneficios y los costos actualizados durante el período de inversión a una cierta tasa de interés de descuento, equivalente a la de inversiones alternativas. La fórmula de cálculo es:

$$\text{VNP} = \sum_{t=1}^n B_t \cdot (1+i)^{-t} - \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1+i)^{-t}$$

i%

Donde:

- VNP = Valor neto presente
 B_t = Beneficios brutos en el año t
 C_t = Costos año t
 i = Tasa de interés
 1,n,t = Año en que ocurre el ingreso o costo

iii) Significado del indicador

El indicador representa el rendimiento del capital encima de una tasa de interés de mercado. Si el valor neto presente es mayor que cero, quiere decir que la inversión renta más que la tasa de interés de cálculo. Si el VNP es igual a cero, la inversión tiene una rentabilidad igual a la tasa de cálculo. Si el VNP es mayor que cero, la rentabilidad de inversión es mayor que la tasa de cálculo. Sin embargo, además el VNP da una idea del valor presente de una inversión a largo plazo y permite calcular también el rendimiento en valores absolutos.

iv) ¿Qué, cómo, cuándo y dónde medir?

Para poder calcular el valor neto presente (en este caso, en términos financieros), es necesario conocer los coeficientes técnicos y financieros de las operaciones que involucra la actividad de manejo forestal y su distribución en el tiempo, desde el inicio del manejo hasta la cosecha. La fuente de información pueden ser los libros de una empresa, una encuesta de productores, etcétera. La información técnica de manejo forestal puede ser la experiencia, ensayos forestales en el área o resultados de estudios en áreas similares.

v) Insumos requeridos para el cálculo

Para calcular el VNP se requiere la información contable y técnica mencionada en el punto anterior, además de facilidades de cómputo para hacer los cálculos.

vi) Limitaciones del indicador

La calidad del indicador depende de la calidad de los datos. En el caso de bosque no manejado, que es lo usual, los datos de beneficios, costos y rendimientos corresponden a información real. El problema se produce con la información de bosques manejados, que es una extrapolación a partir del resultado de parcelas experimentales de rendimiento y de estimación de costo de las actividades de manejo.

vii) Valores límites del indicador

Ya se dijo que el VNP puede ser negativo, cero o positivo, lo que indicará si el capital invertido renta menos, igual o más que la tasa alternativa de mercado elegida para las actualizaciones. También el coeficiente tiene sentido en comparaciones absolutas, es decir para comparar, como en este caso, la influencia del manejo y grado de integración en el indicador.

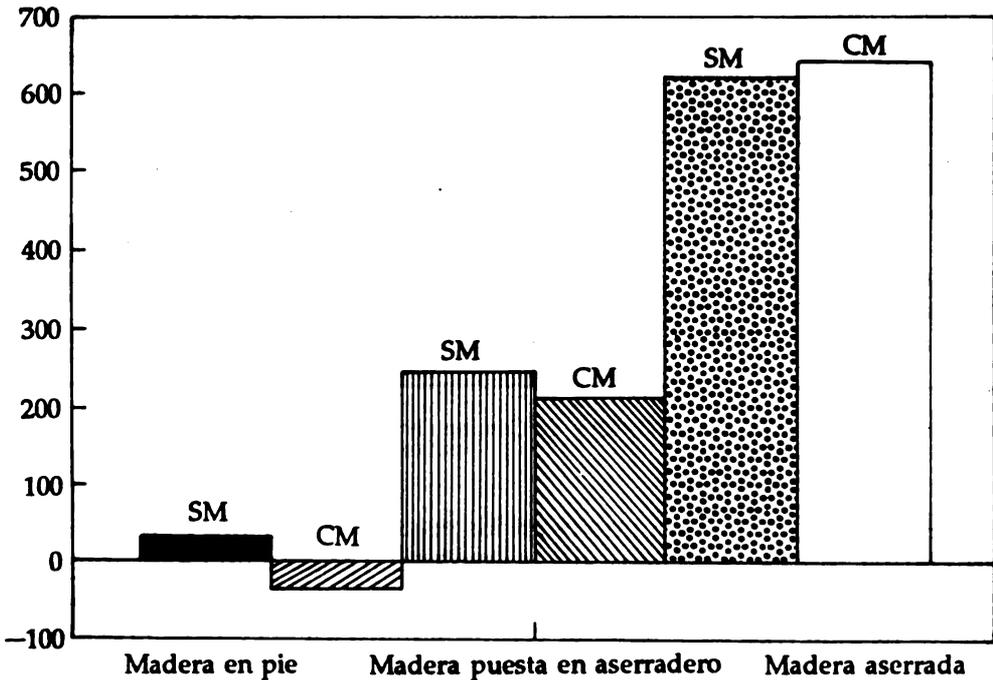
viii) Presentación e interpretación de los resultados

En el caso bajo análisis se trata de determinar el VNP al 10% de interés de una hectárea de bosque con manejo y sin él y con tres diferentes grados de integración vertical del proceso de producción. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 11 y Figura 11.

Cuadro 11. Valor neto presente para diferentes situaciones de integración de la producción, con manejo forestal y sin él.

Nivel presente del manejo de bosques	Tipo de integración de la producción	Valor Neto US\$/ha al 10%
Sin manejo	Madera en pie	31.33
Sin manejo	Madera puesta en aserradero	246.28
Sin manejo	Madera aserrada	619.37
Con manejo	Madera en pie	-36.02
Con manejo	Madera puesta en aserradero	211.23
Con manejo	Madera serrada	640.04

Fuente: Basado en Verissimo *et al.* (1992) y de Camino (1992).



Fuente: Basado en Versissimo *et al.* (1992) y de Camino (1992).

Fig. 11. VNP para diferentes situaciones de integración de la producción, con y sin manejo forestal (SM, CM).

Del Cuadro 11 se desprende que el manejo forestal, que debiera ser sostenible ecológicamente, no es sostenible financieramente para un propietario si se vende la madera en pie. A medida que aumenta la integración vertical del sistema, primero se equipara la rentabilidad entre el bosque manejado y no manejado (venta de madera en el aserradero, es decir el propietario hace la corta y transporte de árboles) y, posteriormente, la rentabilidad del manejo forestal supera a las actividades sin manejo (aserrío de la madera en aserradero propio del dueño del bosque).

Un resultado adicional, producto del análisis de sensibilidad (grado de respuesta) a cambios en los precios de los productos, permitió calcular otra serie de indicadores que tiene valor proyectivo; es decir permite prever la conducta del sistema frente a situaciones hipotéticas que se pueden presentar en el futuro.

El Cuadro 12 y la Figura 12 muestran la elasticidad VNP/precio, es decir los cambios porcentuales en el VNP que se producen como consecuencia de los cambios porcentuales del precio de los productos.

Cuadro 12. Elasticidad VNP/precio de diferentes alternativas de manejo forestal y de integración vertical de la producción.

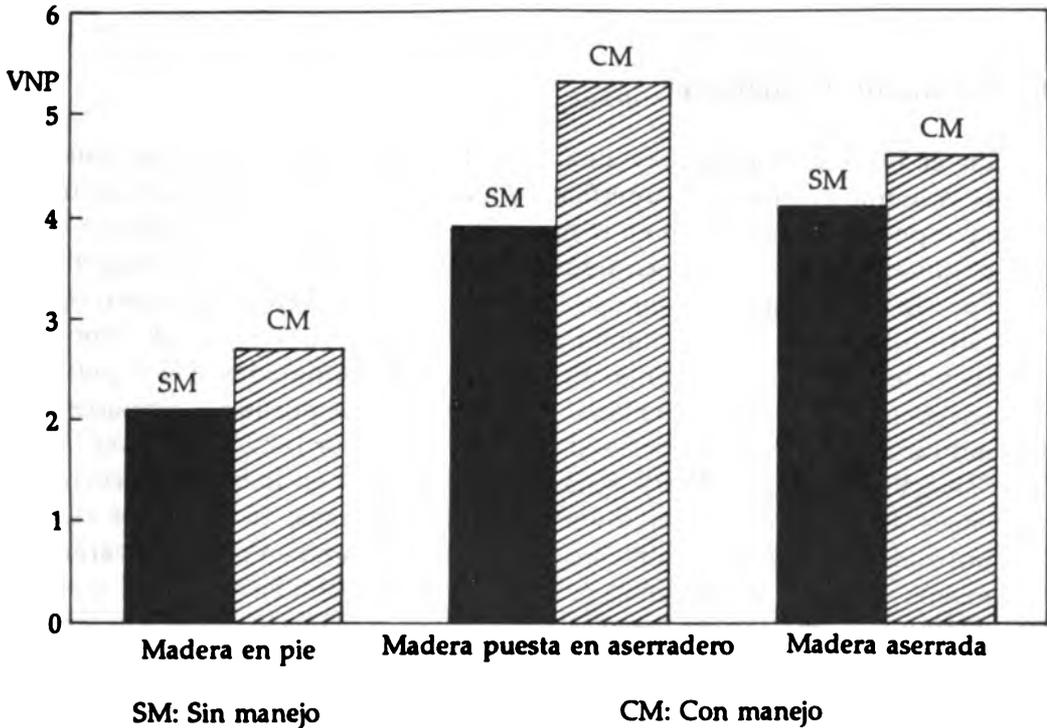
Nivel de manejo del bosque	Tipo de integración de la producción	Elasticidad VNP/Precio
Sin manejo	Madera en pie	2.11
Sin manejo	Madera puesta en aserradero	3.90
Sin manejo	Madera aserrada	4.10
Con manejo	Madera en pie	2.70
Con manejo	Madera puesta en aserradero	5.30
Con manejo	Madera aserrada	4.60

Fuente: Basado en Verissimo *et al.* (1992) y de Camino (1992).

Se puede apreciar que los cambios en los precios de la madera en diferentes puntos (árbol, puesta aserradero, salida aserradero) afectan más a las empresas que manejan sus bosques. En este sentido, un aumento de precios hace más factible el manejo forestal y superior como alternativa a la corta destructiva no sostenible (por lo menos en las circunstancias del caso analizado).

El resultado que aquí se presenta es solo como ilustración, aún cuando se adelantan investigaciones para determinar la variación de la sostenibilidad

financiera y económica con la integración vertical de los procesos de producción en la agricultura y la actividad forestal.



Fuente: Basado en Verissimo *et al.* (1992) y de Camino (1992).

Fig. 12. Elasticidad VNP/precio de diferentes alternativas de manejo y de integración vertical de la producción.

Indicadores a nivel de ecosistema:

Biodiversidad en el bosque húmedo tropical

i) Sistema por analizar, categoría, elemento y descriptor

Sistema bajo análisis:	Bosque húmedo tropical.
Categoría:	Recursos biológicos.
Elemento:	Bosque húmedo.
Descriptor:	Biodiversidad.

ii) Indicador

Se trata de dos indicadores seleccionados, la relación número de especies expresada como una función y expresada como un cociente.

iii) Significado del indicador

En el bosque tropical hay una gran biodiversidad y para un mismo ecosistema, cuanto más superficie se muestrea, mayor es el número total de especies que aparecen en el muestreo, hasta un punto máximo en que no aparecen nuevas especies aún cuando se muestree mayor superficie. Para la superficie en la que se llega al máximo número de especies, se calcula lo que se podría llamar el coeficiente de biodiversidad como un cociente entre el número máximo de especies acumuladas y la superficie en que se logra el número máximo. Hay muchas expresiones similares del indicador en la literatura forestal (Finol 1972; Bockor 1979; Marmillod 1982; Sabogal 1987; Blaser 1987)². Cuanto más especies en menos superficie se encuentren, mayor es la biodiversidad del ecosistema. El indicador puede utilizarse para comparación entre ecosistemas y también para comparar un mismo sistema con diferentes grados de intervención en el espacio o en el tiempo.

iv) ¿Qué, cómo, cuándo y dónde medir?

Para hacer una curva especies/superficie, es necesario hacer un muestreo con parcelas convencionales distribuidas sobre una superficie. Cada parcela representa una superficie determinada. El muestreo es sucesivo, agregando muestras hasta que la curva especies/superficie se estabiliza en un máximo. Se determinan las especies que van apareciendo en cada parcela y se van agregando, parcela por parcela, tanto la superficie como el número de especies. Las mediciones se deben hacer a partir de plantas de una condición determinada: 1) las plantas serían la biodiversidad total 2) los árboles y arbustos, serían la biodiversidad de la vegetación superior 3) los árboles, mayores de un determinado diámetro, serían la diversidad de especies forestales.

2 Las llamadas curvas de especies/superficie se han usado en la literatura con mucha frecuencia para describir la complejidad de los bosques tropicales.

Las mediciones se hacen delimitando estrictamente las parcelas, con superficies corregidas por pendiente y siguiendo normas y convenciones de medición estandarizadas. La identificación de especies es difícil y debe hacerse con el personal especializado y, en lo posible, en la estación en que haya mayor cantidad de características taxonómicas presentes (flores, frutos, hojas, etc.). Se debe medir posterior a una delimitación al menos fisiográfica del terreno, puesto que hay variaciones a veces sustanciales del ecosistema, según se trate de áreas inundables o de tierra firme.

v) Insumos requeridos para el cálculo

Incluyen el personal de materos y ecólogos, instrumental de medición y delimitación de ecosistemas y parcelas, y facilidades de cómputo.

vi) Limitaciones del indicador

Biodiversidad no es un número, de manera que la estructura y funcionamiento del ecosistema bosque tropical lleva a diferencias de interpretación entre la cantidad total de especies en un ecosistema, hasta que se hace constante el número de especies en una determinada superficie, y en ese caso, a mayor número de especies mayor biodiversidad; o bien, considerar la relación de número de especies promedio por hectárea resultante de dividir el número máximo de especies entre la superficie en que se encuentran.

vii) Máximos, mínimos y grados de biodiversidad

El mínimo de biodiversidad es el de una plantación forestal, es decir, un valor igual a uno. La curva es una asíntota y el cociente especies/superficie es uno. El máximo puede ser cualquier valor. Es difícil establecer grados; sólo comparando situaciones se puede saber si la biodiversidad de un ecosistema es mayor o menor que la de otro.

viii) Presentación e interpretación de los resultados

Supongamos que se está tratando de comparar la biodiversidad en el tiempo (intervenciones a un ecosistema) o en el espacio (diferenciando una masa de bosques según biodiversidad). Con datos tomados de Finol (1972), construimos el Cuadro 13.

Cuadro 13. Relación entre el número de especies de árboles y la superficie muestreada en seis tipos de Bosque Húmedo Tropical en la Reserva Forestal de Caparo en el Estado de Barinas (Ven.).

Area muestreada (ha)	Tipo Forestal					
	1	2	3	4	5	6
1	12	15	12	13	12	9
2	26	24	23	23	20	13
3	34	30	29	30	27	19
4	39	37	34	34	32	22
5	43	40	36	37	36	24
6	47	44	37	40	38	26
7	49	47	39	41	39	28
8	50	48	39	42	40	29
9	51	48	39	42	40	30
10	51	48	39	42	40	30

Fuente: Elaboración de los autores con base en datos de Finol (1972).

La Figura 13 representa las curvas de especies/superficie para los seis tipos. La interpretación de los valores sería la siguiente:

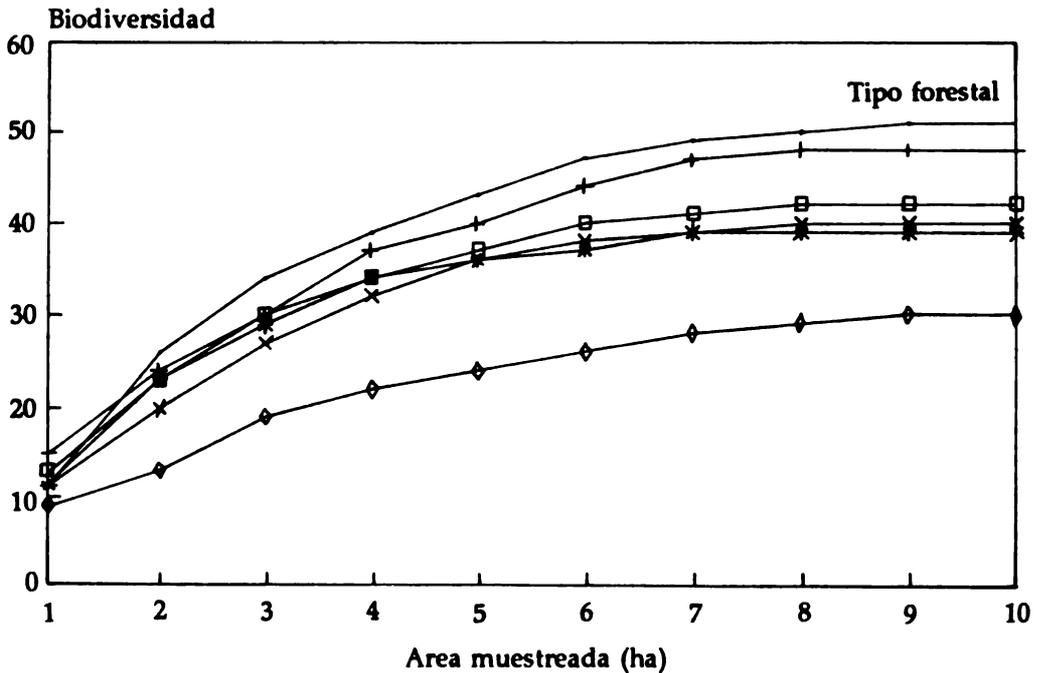


Fig. 13. Relación entre el número de especies de árboles y superficie muestreada en seis tipos de bosque húmedo.

Supuesto 1

Los tipos forestales 1, 3 y 6 representan el mismo ecosistema en tres períodos diferentes. En éste se ha producido una pérdida de biodiversidad, puesto que:

- 1) El número total de especies arbóreas bajó de 51 especies en la primera medición a 39 en la segunda y a 30 especies en la tercera.
- 2) El cociente entre el número de especies y superficie, para la superficie en que se estabiliza el número de especies es de 5.7 para el período uno; 5.6 para el período dos y 3.3 para el período tres. La biodiversidad como número de nuevas especies hasta la estabilización, ha decrecido fuertemente en el período tres de medición (podría ser, por ejemplo, a consecuencia de una explotación).

Supuesto 2

Se trata de seis tipos forestales diferentes en una región, que se están tratando de estratificar de acuerdo con biodiversidad. En ese sentido, claramente los tipos uno y dos son más diversos en número de especies (51 y 48 respectivamente). Luego vendrían los tipos tres, cuatro y cinco con un número entre 39 y 42 especies y finalmente el tipo seis, claramente con menor diversidad, con 30 especies.

De acuerdo con el coeficiente de biodiversidad número de especies/superficie, los cinco primeros tipos no tienen gran diferencia, mientras el tipo seis es el más pobre.

Indicador a nivel de sistema de producción:

Comprobación de aptitudes de un sitio para un cultivo específico o verificación de la sostenibilidad potencial de un cultivo

En el presente caso se utiliza la estrategia de selección de cultivos para un lugar determinado (zona agroecológica) en sentido inverso; es decir, se determina agroecológicamente si un determinado cultivo es apto en un lugar determinado y, por lo tanto, si es sostenible ecológicamente. El desarrollo que aquí se explica se basa en el "Sistema Experto " en desarrollo por el Programa II de Desarrollo Agropecuario Sostenido del CATIE. Los ejemplos desarrollados

por el CATIE son para café en Nicaragua y para trigo en Guatemala. Se presenta aquí un ejemplo para café en Puerto Nuevo, Nicaragua³.

i) Sistema por analizar

Sistema: Producción de café en Pueblo Nuevo, Nicaragua.
Categoría: Recursos.
Elemento: Recurso suelo y medio ambiente.
Descriptor: Aptitud del suelo y del ambiente para el cultivo.

ii) Indicador

Grado de aptitud del cultivo en una categoría determinada de suelo con base en combinaciones de características de la tierra y requerimientos de uso de la tierra, basados en árboles de decisión de diferente tipo.

iii) Significado del indicador

El indicador de aptitud se basa en tres tipos de árboles de decisión a través de los cuales se puede determinar indistintamente la sostenibilidad de un cultivo en una zona agroecológica determinada. Los tipos de árboles de decisión por considerar son:

- 1) Niveles de severidad: (*severity level decision tree*) que son diagramas de decisión formados por las características de la tierra (*land characteristics*= LC) para cada requerimiento de uso de la tierra (*land use requirements*=LUR).
- 2) Rendimiento proporcional: son árboles de decisión con los índices de evaluación o influencia sobre el rendimiento del cultivo, dadas las importancias relativas de los LUR.
- 3) Aptitud física: son árboles que representan la influencia de los LUR en la aptitud de la tierra.

El indicador sigue el camino inverso de los árboles de decisión, no buscando la aptitud de un sitio para un cultivo, sino al revés, sometiendo a prueba la aptitud (sostenibilidad ecológica) de un cultivo en un determinado sitio.

3 El ejemplo que se desarrolla se basa en las salidas de cómputo preparadas por J. Arze del Programa II de CATIE, quien a partir de la información del Sistema Experto, con base en las características de la tierra (13 en total) y a requerimientos de uso de la tierra preparó árboles de decisión sobre niveles de severidad, árboles de rendimiento proporcional y árboles de aptitud física para café en Nicaragua y trigo en Guatemala.

iv) ¿Qué, dónde, cuándo y cómo medir?

Las características de la tierra para café según el sistema experto LC son las siguientes:

- Capacidad de intercambio catiónico en me/100 g (específico para café); Código CICE-C.
- Contenido de fósforo en ppm (específico para café); Código FOS-C.
- Materia orgánica en porcentaje (%) (específico para café); Código MOR-C.
- Pendiente (para cualquier cultivo) en porcentaje (%); Código PEN.
- Peligro de erosión (para cualquier cultivo) en orden de peligro, cualitativo de 1 a 5; Código PER.
- pH en agua, medido en la escala de 1 a 14 (específico para café); Código PH-C.
- Potasio (específico para café), medido en me/100 g; Código POT-C.
- Precipitación promedio anual (específico para café) mm/año; Código PPA-C.
- Profundidad del suelo (cualquier cultivo) en cm; Código PRO.
- Retención de humedad (específico para café) en porcentaje (%); Código RH-C.
- Riesgo de sequía (cualquier cultivo) en cinco categorías crecientes de riesgo; Código RS.
- Saturación de bases (específico para café) en porcentaje (%). Código SB-C.
- Textura del suelo (específico para café) en clases de textura; Código TEX-C.

Los requerimientos de uso de la tierra dependen de una o varias LC, se categorizan por clases y son los siguientes:

- Condiciones para el enraizamiento; Código CE.
- Capacidad de laboreo del suelo; Código CLS.
- Capacidad de retención de nutrimentos; Código CRN.
- Humedad para el cultivo; Código HU.
- Nutrimentos disponibles; Código ND.
- Posibilidades de mecanización; Código PMe.
- Riesgo de erosión; Código RE.

Se puede apreciar que es necesario hacer mediciones cuantiosas, principalmente análisis de suelos, para poder seguir los árboles de decisión y determinar si un cultivo es apto en condiciones específicas.

Los cuadros 14 y 15 muestran los códigos y niveles para las LC y para los LUR.

Cuadro 14. Códigos de características de la tierra.

Códigos LC	Nombre
CE	Condiciones para el enraizamiento
CLS	Capacidad de laboreo del suelo
CRN	Capacidad de retención de nutrimentos
HU	Humedad para el cultivo
ND	Nutrimentos disponibles
PMe	Posibilidades de mecanización
RE	Riesgo de erosión

Fuente: Sistema experto CATIE. Elaboración de José Arze.

v) **Insumos requeridos para el cálculo**

El insumo principal son las tablas de LUR y de LC, además del análisis específico de suelo para la finca o área en que se quiere determinar la aptitud del cultivo.

vi) **Limitaciones del indicador**

El indicador es utilizable sólo cuando hay información para el sistema experto que permite determinar especialmente condiciones específicas de LC para el sistema de producción bajo análisis.

vii) **Máximos, mínimos y niveles**

El Cuadro 16 muestra los niveles para cada característica específica de tierra, tanto para cualquier cultivo, como para el caso específico del café y las categorías de los LUR. Además, hay características cualitativas de grados de aptitud, que si bien deberían estar basadas en datos de rendimiento, en el presente caso se basan en la opinión de los expertos del sistema.

Cuadro 15. Códigos de requerimientos de uso de la tierra.

Códigos LUR	Nombre
CR	Condiciones para las raíces
CT	Condiciones de temperatura
DA	Disponibilidad de agua
DO	Disponibilidad de oxígeno
DP	Distribución de precipitación
EC	Duración de la estación de crecimiento
FS	Fertilidad del suelo
NT	Pot. para toxicidad de nitrato
PE	Potencial de enfermedades
RS	Reacción del suelo

Fuente: Sistema experto CATIE. Elaboración de José Arze.

viii) Presentación e interpretación de los resultados

Arboles de decisión de niveles de severidad

Ejemplo 1:

PRO 40-60 cm, poco profundo. Apto.

TEXT-C, más de 50% arcilla, muy arcilloso. No apto.

Conclusión: Las condiciones para producción de café no son sostenibles.

Ejemplo 2:

PRO 40-60 cm, poco profundo. Apto.

TEXT-C, franco-arcillo-limoso. Moderadamente apto.

Conclusión: Las condiciones para la producción son de aptitud moderada. El cultivo de café es sostenible, pero posiblemente en niveles de productividad no muy altos.

Ejemplo 3:

RH más de 20% óptimo.

RS 1 mB, muy bajo.

PP 1500-1900 mm/año, buena.

Cuadro 16. Características de la tierra. Categorías y niveles*.

LC Id	Código de clase	LC nombre	Nombre de la clase	Clases	Límites sup.	Unidad
POT- C		Potasio	(Café) Muy bajo Bajo Ligeramente bajo Medio Alto Muy alto	6	.1 .15 .2 .3 .4 30	me/100 g
PPA- C		Precipitación promedio anual	Escasa Marginal Regular Buena Óptima Excesiva Muy excesiva	7	1000 1300 1500 1900 2100 2500 6000	mm
PRO		Profundidad de suelo (cualquier)	Muy superficial Superficial Poco profundo Moderadamente profundo Profundo	5	25 40 60 90 500	cm
RHC		Retención de humedad (café)	Muy baja Baja Media Alta Muy alta	5	4 6 10 20 60	%
RS		Riesgo de sequía (cualquier)	Muy bajo Bajo Medio Alto Muy alto	5		
	1	1 mB				
	2	2 B				
	3	3 M				
	4	4 A				
	5	5 MA				

Cuadro 16 (cont.).

LC Id	Código de clase	LC nombre	Nombre de la clase	Clases	Límites sup.	Unidad
SBC	1	<15	Saturación de bases (café)	5	15	
	2	15-25	Bajo			
	3	25-50	Regular			
	4	50-70	Medio			
	5	<70	Muy alto			
TEX-C	1	F	Textura del suelo (café)	5		Clases
	2	FA-L	Franco			
	3	FAL-a	Franco arcilloso o FCO-LI			
	4	A-a	Franco arcilimoso o franco arc.			
	5	MA	Arcilloso o arenoso Muy arcilloso (<50% de ar.)			
CICE-C	1	<20	Capacidad de intercambio cationes	6	20	me/100 g
	2	20-26	Muy baja			
	3	26-30	Baja			
	4	30-32	Ligeramente baja			
	5	32-35	Media			
	6	>35	Alta Muy alta			
FOS-C	1	<5	Fósforo (café)	6	5	ppm
	2	5-7	Muy bajo			
	3	7-10	Bajo			
	4	10-20	Ligeramente bajo			
	5	20-30	Medio			
	6	>30	Alto Muy alto			
MOR-C	1	<3	Materia orgánica (café)	6	3	%
	2	3-5	No apta			
	3	5-8	No apta actualmente			
	4	8-9	Marginalmente apta			
	5	9-10	Moderadamente apta			
	6	>10	Apta Altamente apta			

Cuadro 16 (cont.).

LC Id	Código de clase	LC nombre	Nombre de la clase	Clases	Límites sup.	Unidad
PEN	1	A < 4	Pendiente (cualquier cultivo)	6	4	%
	2	B 4-8	Plano			
	3	C 8-15	Ligeramente inclinado			
	4	D 15-30	Inclinado			
	5	E 30-50	Muy empinado			
	6	F > 50	Escarpado			
PER	1	1 NI	Peligro de erosión (cualquier C.)	5		
	2	2 L	No identificada			
	3	3 M	Leve			
	4	4 F	Moderada			
	5	5 S	Fuerte Muy fuerte			
PH-C	1	< 5	pH en agua (café)	8	5	pH
	2	5 - 5.5				
	3	5.5 - 5.7				
	4	5.7 - 6				
	5	6 - 6.3				
	6	6.3 - 6.5				
	7	6.5 - 7				
	8	> 7				

Fuente: Sistema experto del CATIE. Elaboración de José Arze.

Conclusión: Las condiciones para la producción de café, desde el punto de vista del presupuesto hídrico, son óptimas, y si otras condiciones físicas y químicas se cumplen, el cultivo de café es sostenible.

Arboles de decisión de rendimiento proporcional.

Ejemplo 1:

ND, 2, ligeramente deficiente en nutrimentos.

CRN, 1, apto.

HU,1, humedad óptima para el cultivo.

CLS, 2, moderadamente apto.

CE, 2, apto.

Conclusión: En las condiciones señaladas, el cultivo de café se encuentra en condiciones satisfactorias y sería sostenible.

Arboles de decisión de aptitud física

Ejemplo 1:

PMe, 3, moderado, con riesgo de erosión.

RE,2, leve riesgo erosión

ND, 2, ligera deficiencia de nutrimentos.

CRN, 1, apto.

CLS, 1, apto.

CE, 1, altamente apto.

Conclusión: El cultivo es sostenible por las buenas condiciones en que se produce.

Obviamente la determinación de si un cultivo es o no sostenible a través de los árboles de decisión mencionados requiere del sistema experto, por una parte, y de los análisis correspondientes de suelo. El último requisito no es una limitación, puesto que los servicios de análisis son frecuentes y de costo razonable.

Indicador a nivel de sistema regional:

Calidad del agua en un sistema de riego

La operación inadecuada de sistemas de riego puede llevar a inutilizar tierras de cultivo por cambio en las condiciones químicas de suelos. Es importante,

entonces, el control de la calidad del agua de riego, tanto a la entrada de un sistema, como en su salida, para determinar el riesgo y sostenibilidad del sistema. El ejemplo ha sido tomado del trabajo de Cordero (1987) en CoopeRíoPalmas.

i) Sistema por analizar

Sistema: Sistema de riego CoopeRíoPalmas. Guanacaste.

Categoría: Recursos.

Elemento: Agua.

Descriptor: Salinidad del agua.

ii) Indicador

Un indicador corrientemente usado es el llamado coeficiente alcalino o índice de Scott, definido como la altura de agua (en pulgadas) que por evaporación, daría suficiente cantidad de sales para hacer un espesor de suelo de cuatro pies, perjudicial para las plantas más sensibles. El índice considera la calidad y cantidad de sales y la permeabilidad del suelo.

iii) Significado del indicador

El índice "k, con la base recién citada, tiene los siguientes rangos y significado:

1. "k" mayor de 18: Agua buena. Se puede utilizar muchos años sin tomar precauciones para impedir la acumulación de sales.
2. "k" entre 6 y 18: Agua tolerable. Hay que tomar precauciones para impedir acumulación de sales, excepto en suelos sueltos con drenaje libre.
3. "k" entre 1.2 y 6: Agua mediocre. Debe seleccionarse el suelo; a veces es preciso drenaje superficial.
4. "k" menor de 1.2: Agua mala. Prácticamente no es utilizable para el riego.

iv) ¿Qué, dónde, cuándo y cómo medir?

Se trata de mediciones y análisis químicos especializados. En todo caso, en un sistema de riego es importante medir las entradas y las salidas del sistema. Es posible que las aguas de entrada tengan características

apropiadas y que las de salida tengan características inconvenientes, debido a la acumulación ya existente de sales en los suelos o efecto del manejo de productos químicos.

v) **Insumos requeridos para el cálculo**

Laboratorio de análisis de salinidad de aguas. Se trata, en todo caso, de mediciones estándar y, por lo tanto, su aplicación no representa dificultades.

vi) **Limitaciones del indicador**

No es objetivo del trabajo presente. El indicador posiblemente debe tener limitaciones, como por ejemplo, que se basa sólo en las tres características mencionadas: cantidad de sales, calidad de sales y permeabilidad del suelo.

vii) **Máximos, mínimos y niveles**

Se citaron al describir el significado del indicador.

viii) **Presentación e interpretación de los resultados**

La información que se dispuso fue solo descriptiva sobre el índice. Sin embargo, la determinación de niveles puede dar claras indicaciones sobre los daños del agua a los cultivos y, por lo tanto, la mayor sostenibilidad del sistema de producción según las características de las aguas, o bien, el tipo de acción tecnológica necesaria para hacer sostenible el cultivo, como por ejemplo, la construcción de obras de drenaje, o en casos extremos, el cambio de cultivos por otros más tolerables a la condición del agua, en caso de que ésta no se pueda cambiar.

Esquema de definición de indicadores de sostenibilidad

Como se indicó antes, las figuras 4 y 5 explican los pasos para definir un conjunto de indicadores, que se pueden enumerar así:

1. Decisión sobre el sistema que se quiere analizar.
2. Determinación de las categorías de análisis para el sistema.
3. Identificación de elementos significativos dentro de las categorías.
4. Definición de descriptores claros.

5. Identificación de indicadores significativos que cumplan con los requisitos impuestos a todo indicador.
6. Cálculo y análisis de indicadores.
7. Sistema de monitoreo.

Vale la pena insistir aún sobre la necesidad de tener un "sistema de indicadores", puesto que un único indicador solo dará una visión parcial del sistema bajo análisis. También hay que insistir sobre la necesidad de identificar sólo pocos indicadores, fuertes, robustos, basados en las mejores estadísticas posibles. La colección de indicadores debe incluir las categorías de recursos y del funcionamiento de los sistemas implicados y como elementos, los recursos específicos, así como el manejo y el rendimiento técnico y socioeconómico.

El procedimiento lógico sería individualizar para los elementos más significativos de un sistema, uno o más descriptores, y para cada descriptor, uno o más indicadores, para tener, finalmente, indicadores para descriptores de elementos de las categorías de un sistema.

En el Anexo 1 se presentan definiciones útiles en el contexto del tema "agricultura-recursos naturales-desarrollo sostenible".

En el Anexo 2 se presentan las definiciones de sostenibilidad revisadas en el contexto del presente trabajo. Se anexan con el objeto de que sirvan como referencias para otros trabajos sobre el tema y eviten tiempo de búsqueda a otros investigadores.

En el Anexo 3 se presentan tablas con indicadores usados como ejemplos de Weber, Ruitenbeek, Rente y Dourojeanni.

Resta ahora una labor importante por desarrollar en el establecimiento de tareas adicionales y complementarias a la obtención de indicadores:

- Establecer una base de datos de sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales en América Latina, definiendo un conjunto básico de indicadores a nivel macro y sus tendencias para cada país⁴.
- Es necesario establecer normas adaptadas para definir indicadores de sostenibilidad, tecnologías, proyectos, programas, planes, y políticas. De las normas se desprenderán también -obviamente- las correcciones

4 El proyecto IICA/GTZ ha iniciado la definición de estos indicadores, así como el sistema de carga de información y cálculo de los mismos para un tiempo suficientemente largo.

necesarias a los sistemas, a fin de lograr un funcionamiento u operación sostenible de los mismos.

- Hay que derivar principios básicos para que las instituciones financieras, de investigación y de transferencia de tecnología, con base en el análisis de indicadores, introduzcan los cambios necesarios en sus procedimientos que posibiliten realmente la sostenibilidad, para que se pase del campo retórico a la acción efectiva.

ANEXO 1

GLOSARIO

- Adopción:** Acción de adoptar. Adoptar: recibir, haciéndolos propios, pareceres, métodos, doctrinas, ideologías, modas, etc., que han sido creados por otras personas o comunidades (Real Academia Española 1986).
- Agroecosistema:** Cultivo que el hombre crea en el medio natural, con el objeto de explotar los recursos del suelo de manera sostenible, para obtener plantas y animales de uso inmediato o para la agroindustria. Se caracteriza por su diversidad, por utilizar control integrado de plagas y practicar el aprovechamiento de los residuos orgánicos y la rotación de cultivos (Mata y Quevedo 1990).
- Ambiente:** Abarca este término la connotación de medio, pero incluye también las condiciones circunstanciales que rodean a individuos o cosas. Estas circunstancias pueden ser físicas (frío, calor, humedad, sequedad) o de orden social y síquico (alegría, tristeza, ignorancia, miseria, riqueza), también de orden biológico o naturales (trópico, montaña, etc.) y antropogénicos (urbano, industrial, rural) (Mata y Quevedo 1990). También: Conjunto en un momento dado, de agentes físicos, químicos y biológicos y de factores sociales, susceptibles de tener un efecto directo o indirecto, inmediato o a plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas (Daget y Godron 1979).
- Biocenosis:** Conjunto de animales y vegetales que viven en las mismas condiciones del medio y en un espacio dado de dimensiones variables (Hachette 1976).
- Biodiversidad:** Característica primordial de la naturaleza. Diversidad biológica y genética de un ecosistema. Diversidad biológica: Variedad de formas de vida que ocupan determinada región, la función ecológica que llevan a cabo y las variedades genéticas que contienen. Diversidad genética: Variedad extensa genética de un organismo, especie, población o ecosistema, que influye

en el papel general que efectúan los diferentes niveles biológicos de los sistemas de la biosfera (Mata y Quevedo 1990). También: Característica de una población, determinada por el número de especies presentes y sus proporciones. La estabilidad de los ecosistemas está en relación estrecha con el grado de diversidad de la población (Hachette 1976).

Biosfera: Capa superficial de la Tierra, compuesta por un inmenso conjunto de biogeocenosis y ecosistemas, ligados por complejas tramas de relaciones. La biosfera comprende la capa de suelo, las partes adyacentes de la corteza terrestre, la hidrosfera y la primera capa del aire o troposfera, que han sido colonizados por los seres vivos (Mata y Quevedo 1990).

Biotopo: Porción del espacio donde el conjunto de factores físicos y químicos del ambiente permanecen sensiblemente constantes o sufren variaciones periódicas (Hachette 1976).

Calidad de vida: Estado de existencia o de aspectos deseables de la vida, reconocidos o no por una persona o sociedad. En general, se puede enfocar desde tres puntos de vista: 1) uno meramente económico, muy característico de la sociedad de consumo; 2) desde el punto de vista espiritual, que no puede ser medido de manera inmediata ni en términos materiales, que incluye aspectos como las libertades civiles, la justicia, el libre juego de las ideas, los derechos humanos, en general, la educación, la cultura, el arte; 3) desde el punto de vista ecológico, se le valora por factores como la salud, el aire puro, el agua limpia (Mata y Quevedo 1990).

Capacidad de carga: (Sinónimo: capacidad portante). Propiedad óptima de aguante o sostenimiento de un ambiente, para que una población estable se mantenga en equilibrio indefinidamente. Algún factor o sustancia limitante, o la combinación de ambas, evita el aumento de esa población, en condiciones naturales. La capacidad de sostenimiento o de carga es un punto balanceado entre la producción y resistencia ambiental y la reproducción

potencial de una población. Una vez sobrepasada la capacidad de soporte de un ambiente, éste se degrada aceleradamente. El desequilibrio trae a su vez la merma de esa capacidad y la población o migra o se muere. (Mata y Quevedo 1990). También: (capacidad biótica) el medio puede soportar una cierta carga animal (por ejemplo) ligada a sus posibilidades de producción de materia vegetal. Esta capacidad de carga biológica puede ser llamada capacidad biótica (Daget y Godron 1979).

Complejidad: Característica de un sistema que está formado por varios elementos fuertemente enlazados o relacionados entre sí. Se habla de complejidad ecológica cuando se trata de un sistema natural (definición derivada de Diccionario Enciclopédico Salvat Universal 1975).

Conservación: Gestión dirigida a la preservación y uso racional de los recursos naturales, para asegurar el mejor beneficio, que tiende al desarrollo sostenible de la sociedad (Mata y Quevedo 1990). También: el medio de manejar los recursos naturales, el aire, el agua, el suelo, los minerales y las diferentes especies de plantas y animales, incluido el hombre, con el objeto de obtener una calidad de vida óptima para la humanidad (Daget y Godron 1979).

Contaminación: Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos, que molestan o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la flora y fauna, que degradan la calidad del ambiente y, en general, el equilibrio ecológico, los bienes particulares y públicos en general (Mata y Quevedo 1990).

Crecimiento bruto: Incremento del PIB.

Crecimiento neto: Aumento del PIB per cápita.

Cuenca: Región amplia del planeta que rodea un mar o lago. Depresión de la superficie terrestre en un área determinada, con una salida por el sector más bajo. Región o área de drenaje en la que se recogen las aguas llovidas que sobre ella caen, dirigiéndolas hacia

quebradas, arroyos y ríos, que a su vez son transportadas a lagos o mares; el límite de una cuenca está definido geográficamente por la divisoria de las aguas, el borde superior más allá del cual fluye en dirección opuesta hacia otra cuenca (Mata y Quevedo 1990). Cuenca es la unidad espacial natural de biogeoestructura, donde se integran los componentes sólidos, líquidos y gaseosos formando unidades definidas de ocupación del espacio (Rodrigo 1988).

Cuenca hidrográfica:

Zona geográfica cuyo desagüe superficial confluye en un río principal. Es factor que hay que tomar en cuenta en la planificación integral regional, especialmente en relación con el uso prioritario del agua y, en general, de la explotación racional de los recursos naturales de esa región. El equilibrio ecológico está íntimamente ligado a la estabilidad de las cuencas (Mata y Quevedo 1990).

Degradación:

Término aplicado a cualquier proceso de transformación de un sistema, orden, estructura o sustancia compleja a un nivel inferior. Así tenemos la degradación geológica, biológica o biodegradación, química del suelo, física del suelo (Mata y Quevedo 1990). También: evolución en un sentido desfavorable del estado de un ambiente por la acción de factores de alteración.

Desarrollo:

Crecimiento con mejoramiento de la distribución del ingreso y de la calidad de vida bajo la condición de estructuras en permanente adecuación. También: aumento acumulativo y durable, ligado a cambios sociales, de la cantidad y la calidad de los bienes y servicios y los recursos de una población (Hachette 1976).

Descriptor:

Son expresión tanto de una característica de un sistema, como de la base de recursos del sistema, de la base de recursos de sistemas exógenos conectados, de la operación del sistema o de la operación de sistemas conectados (ICRAF 1989).

Diversidad:

Propiedad de tener variedad de componentes en un sistema determinado.

- Diversificación:** Aumento del número de componentes en un agroecosistema o en un sistema cualquiera.
- Ecología:** Ciencia generalizadora que estudia las relaciones de los factores bióticos, abióticos y antropogénicos como un todo, dentro de los ecosistemas en particular y la biosfera en general (Mata y Quevedo 1990). También: estudio de las relaciones entre seres vivos y con su ambiente : (Hachette 1976).
- Ecosistema:** Conjunto formado por una o más comunidades bióticas (seres vivos) con el medio físico (recursos abióticos) que le rodea, en una zona determinada (Mata y Quevedo 1990). También: conjunto estructurado englobando en una sola y única unidad funcional al biótomo y la biocenosis (Hachette 1976).
- Energía:** Capacidad de los cuerpos materiales para realizar un trabajo; es la facultad de poner la materia en movimiento, a pesar de la existencia de una fuerza que se resiste a él. Existen muchas y muy variadas formas de energía, que se convierten unas en otras y que se caracterizan por dos factores: calidad y cantidad (Mata y Quevedo 1990).
- Equidad:** Condición de "un crecimiento con las siguientes características: participativo, que permita la iniciativa privada y la amplia participación de los individuos, bien distribuido, que sea benéfico para todos los individuos" (PNUD 1991).
- Especialización:** Acción y efecto de especializar o especializarse. Especializar: cultivar con especialidad un ramo determinado de una ciencia o de un arte. También: limitar una cosa a un uso o fin determinado (Real Academia Española 1986).
- Estagnación:** Paralización, estancamiento (de una economía), deja de crecer, se paraliza (adaptado de Diccionario Enciclopédico Salvat Universal 1975).

Externalidades: (positivas y negativas)	Costos y beneficios sociales causados por las actividades de una industria (actividad humana en general), que no están reflejadas en el precio al que se vende el producto de esa industria (actividad). Incluye los costos de la contaminación por afectar al ambiente, los de la descontaminación y de las secuelas de la explotación irracional de las materias primas (Mata y Quevedo 1990). También incluye los beneficios sobre, por ejemplo, la conservación de un ecosistema, el mejoramiento de la calidad del agua y otros.
Funciones:	Expresan la relación entre una variable dependiente y una o varias variables independientes. A su vez, cada variable independiente puede ser dependiente de una o varias variables independientes que la explican (adaptado de Diccionario Enciclopédico Salvat Universal 1975).
Incremento:	Crecimiento.
Indicadores de sostenibilidad:	Son valores o calidades que dan las características de un descriptor relevante a la sostenibilidad. Es una medida del efecto de un sistema y su operación sobre un descriptor (ICRAF 1989). También: índices destinados a apreciar, de manera resumida, el estado de una sociedad (sistema) (Hachette 1976).
Perturbación/ Alteración:	Modificación favorable o desfavorable del estado de un ambiente (Hachette 1976).
Polución:	Expresión de origen inglés para la contaminación del medio ambiente por sustancias nocivas, pero no por elementos o agentes infecciosos (Mata y Quevedo 1990). También: 1) introducción, directa o indirecta, de un agente de polución en un ambiente determinado; 2) resultado de esta acción, presencia del agente de polución en el ambiente (Hachette 1976).
Preservación:	Mantenimiento en su estado original, de un recurso natural, una estructura o situación que ha sido heredada del pasado, sin cambios en su existencia (Mata y Quevedo 1990).

- Recursos:** Conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa (Real Academia Española 1986).
- Recursos genéticos:** Contenido genético de la vida silvestre, sobre todo de las especies vegetales, precursoras de las domesticadas. Han sido creados por el proceso de evolución natural, efectuado a lo largo de millones de años; constituyen un punto de partida importante para el mejoramiento genético y el fortalecimiento de las especies domesticadas por el hombre (Mata y Quevedo 1990).
- Recursos naturales** Elementos bióticos y no bióticos de la Tierra, así como las diversas formas de energía recibida (energía solar) o producidas sin la intervención del hombre (mareas, vientos). Se pueden distinguir los: 1) recursos renovables por reproducción (seres vivos) o por los ciclos biogeoquímicos (agua, carbono); 2) los recursos no renovables; y 3) los recursos permanentes (energía solar) (Hachette 1976). También: cualquier factor del medio ambiente natural que pueda significar algún provecho al hombre, como el agua, el aire, el suelo, los minerales, el relieve, los animales y toda forma de vida silvestre, incluso su arreglo estético (Mata y Quevedo 1990).
- Región:** Porción de territorio determinada por caracteres étnicos o circunstancias especiales de clima, producción, topografía, administración, gobierno y otros. (Real Academia Española 1986).
- Resiliencia:** Capacidad de una especie de llenar lo más rápidamente posible todo vacío provocado en la población por circunstancias diversas. También: capacidad de reproducción neutralizada, no empleada, comprimida por un ambiente hostil, pero capaz de una expansión súbita al primer alivio del ambiente (Daget y Godron 1979).
- Sistemas creados:** Sistemas ecológicos creados por el hombre, que reemplazan los sistemas naturales y que representan un cambio de uso de la tierra. Un sistema creado es un cultivo agrícola limpio. Puede referirse también a ganadería.

- Sistemas transformados:** Sistemas ecológicos donde la intervención del hombre ha introducido cambios en el sistema natural original como, por ejemplo, los bosques residuales o remanentes de la explotación selectiva.
- Sobrecosecha:** Aprovechamiento de un recurso más allá de su capacidad de regeneración.
- VARIABLES:** En un caso o fenómeno específico, es el valor de algo característico, cuantificable, pero que cambia dentro de las mismas unidades. Ejemplos son: la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, color del aire, crecimiento de una población, etc. (Mata y Quevedo 1990).



ANEXO 2

RECOPIACION DE LAS PRINCIPALES DEFINICIONES DE SOSTENIBILIDAD

Desarrollo humano

Desarrollo humano es crecimiento económico equitativo y sostenible (definición derivada del PNUD 1991). La definición hacia la que está orientada ahora la recopilación de estadísticas de desarrollo supera las limitaciones de la clásica definición de desarrollo que hace énfasis en el crecimiento económico como única dimensión significativa. Desarrollo humano es en realidad un concepto superior e incluyente, en el sentido de que abarca los conceptos sinónimos de desarrollo sostenible, sostenibilidad y sustentabilidad. Los diferentes sectores deberían tener como meta el desarrollo humano y no solo desarrollo económico.

Desarrollo sostenible y sociedad sostenible

Varias de las definiciones de sostenibilidad se refieren al desarrollo y sociedad sostenibles como concepto jerárquico mayor.

Desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras (FAO 1991).

Desarrollo sustentable indica el mejoramiento de la capacidad para convertir un nivel constante de uso de los recursos físicos, a fin de satisfacer cada vez en mayor medida las necesidades humanas (IUCN *et al.* 1989).

Rendimiento sostenido es el manejo de un recurso para la producción máxima continuada, consistente con el mantenimiento de un capital constantemente en renovación (Tivy y O'Hare 1982, en Brown *et al.* 1987).

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, debe ponerse énfasis en la continuidad de un flujo y no en alguna medida de valor agregado. En este sentido, cada generación tiene la obligación de pasar a la siguiente una mezcla de activos que suministre flujos iguales o mayores a la generación siguiente sin

mayor esfuerzo, por parte de esa generación, de proporcionar lo mismo a la siguiente (Norgaard 1990).

Desarrollo sostenible se refiere al uso de recursos biofísicos y económicos para obtener productos cuyo valor presente socioeconómico y ambiental representa más que el valor de los insumos incorporados, cuidando al mismo tiempo de la productividad futura del ambiente biofísico (Hart y Sands 1990).

Desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para alcanzar sus propias necesidades (WCED 1987).

Desarrollo sostenible es equivalente al progreso económico, sujeto a la constancia de las reservas de recursos naturales (Pearce 1987).

Desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones y del desarrollo tecnológico y el cambio institucional están en armonía y mejoran el potencial corriente y futuro para satisfacer las necesidades humanas. El concepto supone límites que imponen a los recursos del medio ambiente el estado actual de la tecnología y de la organización social y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas. Pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas ya mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico (WCED 1987).

Desarrollo sostenible requiere que los ingredientes de tal desarrollo y el estándar físico de bienestar que él trae se mantengan indefinidamente (King 1987).

Desarrollo sostenible implica cambios en la producción y/o distribución de bienes y servicios deseados que resulta, para una población meta dada, en un aumento de bienestar que puede mantenerse con el tiempo (Gregersen y Lundgren 1990).

El desarrollo sostenible puede sólo ocurrir cuando las necesidades de la gente y la capacidad de la base de recursos naturales para satisfacer esas necesidades están en equilibrio a través del tiempo (Gregersen y Lundgren 1989).

Sostenibilidad es la capacidad de mantener un nivel específico de producción en el largo plazo (Nijkamp 1990).

Desarrollo sostenible no es un estado fijo de armonía, sino un proceso de cambio balanceado y adaptativo. La sostenibilidad da por supuesto un

equilibrio entre desarrollo económico —todos los cambios cualitativos y cuantitativos en la economía que ofrecen contribuciones positivas al bienestar— y la sostenibilidad ecológica —todas las estrategias ambientales cuantitativas y cualitativas que buscan mejorar la calidad de un ecosistema— y que, por lo tanto, también tienen un impacto positivo en el bienestar (Nijkamp *et al.* 1991).

El desafío del progreso económico sostenible es dejar a los sistemas y recursos naturales suficientemente intactos como para permitir progreso en el bienestar económico en el futuro predecible (Repetto 1990).

Desarrollo sostenible es una estrategia de desarrollo que maneja todos los activos —recursos naturales y humanos, así como activos físicos y financieros— para aumentar la riqueza y el bienestar (Repetto 1986).

La esencia de la idea de sostenibilidad es el concepto de que las decisiones diarias no deben dañar las perspectivas para mantener y mejorar los estándares de vida en el futuro (Pearson 1985).

Una definición de sostenibilidad debería incluir la continua satisfacción de las necesidades humanas, así como necesidades de más alto nivel de tipo social y cultural tales como: seguridad, libertad, educación, empleo y recreación (Maslow 1970).

Socialmente definida la sostenibilidad, debe especificar la supervivencia y felicidad del máximo número de personas, o la provisión de necesidades mínimas aún para los grupos más pobres (Managing the .. 1977).

Los economistas tienden a asumir lo inevitable del crecimiento económico y en la mayoría de los casos no se refieren al tema de sostenibilidad. Al hacerlo, deben resolver las limitaciones que la sociedad sostenible impone al crecimiento económico y deben tratar con los valores no comercializables e incuantificables de los ecosistemas y la salud global a largo plazo (Goldsmith 1972; Ehrenfeld 1976).

Desarrollo económico sostenible es la no disminución del producto doméstico neto, ajustado con la depreciación de los recursos naturales, en la medida en que la depreciación del capital natural no sea compensada por el progreso técnico, descubrimientos de recursos naturales y cambios en los patrones de consumo (Bartelmus 1991).

Desarrollo económico ambientalmente sano y sostenible es la no disminución del producto doméstico neto ajustado ambientalmente, en la medida en que la depreciación y degradación de los activos naturales no es compensada por el

progreso técnico, descubrimiento de recursos ambientales y cambios en los patrones de consumo (Bartelmus 1991).

El foco del desarrollo sostenible se da en:

a) La reconciliación de factores económicos y sociales con los aspectos ambientales en la planificación e implementación del desarrollo económico y social, a través de b) la aplicación de principios de las ciencias económicas y sociales dentro del marco de referencia suministrado por las ciencias biofísicas sobre las respuestas de los recursos naturales o sistemas ecológicos al uso humano (Girt 1990).

Sociedad sostenible es una sociedad duradera, independiente y menos vulnerable a fuerzas externas (Brown 1981).

Condiciones sostenibles para la sociedad son aquellas que aseguran la existencia de la especie humana en la Tierra por el mayor tiempo posible. Esto se lograría con cero crecimiento de la población y un estado estable de la economía en que el consumo se ha reducido y se distribuye más equitativamente (Daly 1973).

Una sociedad estable es aquella en que todas las intenciones y propósitos pueden mantenerse indefinidamente dando óptima satisfacción a sus miembros con un mínimo de perturbación ecológica, conservando la energía y los materiales, con cero crecimiento de la población y con sentido de libertad individual (Goldsmith 1972).

La sociedad sostenible implica tomar en cuenta los límites físicos y sociales del crecimiento económico, delineando preferencias futuras sostenibles como escenarios preferidos, desarrollando estrategias para alcanzar esos futuros escenarios (Pirages 1977).

Crecimiento sostenible es crecimiento económico que puede ser mantenido por los ambientes físicos y sociales (específicamente mantenido por las fuentes disponibles de energía) por un futuro predecible (Pirages 1977).

La estructura de valores de una sociedad sostenible cambia el valor central del egoísmo humano por la empatía, compasión y sentido de justicia para todos. La estructura de valores difiere de aquella en la cual el valor central es la agresión y la competitividad que caracteriza a la sociedad no sostenible (Milbrath 1984).

Sostenibilidad no implica una economía estática, sino estancada, pero debemos ser cuidadosos en distinguir entre crecimiento y desarrollo. El crecimiento económico, con un incremento en la cantidad, no puede ser sostenible en forma indefinida en un planeta finito. El desarrollo económico, entendido como un mejoramiento en la calidad de vida sin necesariamente causar un aumento en la cantidad de recursos consumidos, puede ser sostenible. Crecimiento sostenido es una imposibilidad. El desarrollo sostenido debe ser nuestro objetivo primario de política a largo plazo (Costanza *et al.* 1991).

Sostenibilidad es la cantidad de consumo que puede continuar indefinidamente sin degradar los *stocks* de capital, incluyendo los *stocks* de capital natural (El Serafy 1989).

Sostenibilidad es una relación entre los sistemas económicos humanos dinámicos y sistemas ecológicos más grandes, dinámicos, pero con cambios más lentos, en la cual: a) la vida humana puede continuar indefinidamente, b) los seres humanos pueden prosperar, c) las culturas humanas se pueden desarrollar; pero en la cual los efectos de las actividades humanas permanecen dentro de límites, de manera que no se destruyan la diversidad, la complejidad y las funciones del sistema ecológico que soporta la vida (Costanza *et al.* 1991).

Norgaard (1988) refiere: "Propongo cinco definiciones para sostenibilidad de extensión creciente. Primero, se puede partir al nivel local y simplemente preguntar si las prácticas agrícolas e industriales de una región pueden continuar indefinidamente. ¿Destruirán la base local de recursos naturales y el ambiente o, igualmente malo, a la población local y a su sistema cultural? O bien, la base de recursos, el ambiente, las tecnologías y la cultura, ¿evolucionarán de una forma auto y mutuamente reforzante en el tiempo? Segundo, podemos preguntar si la región es dependiente del insumo de recursos no renovables tanto en energía como materiales más allá de sus límites, o es la región dependiente de recursos renovables más allá de sus límites, que no están siendo manejados de una manera sostenible. Tercero, podemos examinar si la región es, en cierto sentido, sostenible culturalmente, en el sentido de estar contribuyendo suficientemente al conocimiento y bases institucionales de otras regiones, o más bien es culturalmente dependiente de otras regiones. Cuarto, podemos preguntar si la región está contribuyendo al cambio del clima global, o forzando a otras regiones a cambiar su conducta, así como si tiene opciones disponibles para adaptarse a los cambios de clima y otras sorpresas impuestas por otros? Y quinto, podemos preguntar sobre la estabilidad cultural de todas las regiones en combinación y si todas ellas están evolucionando por senderos mutuamente compatibles, o se destruirán mutuamente por la guerra?".

Desarrollo regional sostenible

Desarrollo regional sostenible es aquel en el cual se asegura que la población regional pueda alcanzar un nivel aceptable de bienestar —tanto en el presente como en el futuro— el que además es compatible con las circunstancias ecológicas en el largo plazo, mientras al mismo tiempo trata de cumplir un desarrollo sostenible global (Nijkamp 1990).

Programas y proyectos sostenibles

Un programa de desarrollo es sostenible cuando es capaz de rendir un nivel apropiado de beneficios por un período prolongado de tiempo, después que la asistencia técnica financiera y gerencial por parte de un donante exógeno ha terminado (USAID 1988).

Sostenibilidad de un proyecto es el mantenimiento de un flujo neto aceptable de beneficios de las inversiones realizadas, después de su término, luego que el proyecto ha cesado de recibir apoyo tanto financiero como técnico (Cernea 1987).

Ecodesarrollo, sostenibilidad del uso de los recursos y de los ecosistemas y manejo de los recursos naturales

Un sistema sostenible de uso de la tierra es uno capaz de generar recursos endógenamente y/o exógenamente, requeridos para su manejo exitoso, a fin de alcanzar objetivos esperados por sus gestores a corto y a largo plazo. Si se requieren recursos exógenos, el sistema de uso de la tierra debe ser capaz de retribuirlos adecuadamente para asegurar el abastecimiento continuo (Avila 1989).

Uso sostenible de recursos implica la idea de que el uso de bienes y servicios aportados por una tal base de recursos puede regularse para mantener un nivel óptimo del *stock* (Nijkamp 1990).

Sustentabilidad es la capacidad de un sistema (o ecosistema) de mantener constante su estado en el tiempo. Esto se logra ya sea manteniendo invariables los parámetros de volumen, tasas de cambio y circulación, o fluctuándolos cíclicamente en torno a valores promedio (Gligo 1990).

La sustentabilidad ambiental de los procesos de desarrollo de una sociedad es una condición en que se logra la coexistencia armónica del hombre con su

ambiente, equilibrando los sistemas transformados y creados y evitando, por tanto, sus deterioros. Para que todo esto sea posible, se precisa de una correspondencia con los horizontes de las estrategias de desarrollo de largo plazo, sobre la base del acervo tecnológico que la sociedad posee y considerando su posibilidad real de disponer de los recursos materiales y energéticos necesarios (Gligo 1990).

Un sistema que innecesariamente agota, poluciona o perturba el balance ecológico de los sistemas naturales es insostenible y debe ser reemplazado por uno que respeta a largo plazo las restricciones de la naturaleza (Definición del segundo grupo según Douglass, en Ruttan 1991).

La utilidad del eslogan del desarrollo sostenible es su sugerencia de que los recursos naturales deben también ser entendidos, no sólo cuando son explotados o cosechados como un flujo de bienes al mercado, sino como un capital de trabajo que contribuye críticamente a la producción (Repetto 1987, en Ruttan 1991).

Ecodesarrollo es un desarrollo ecológicamente sano, un proceso de manejo positivo del ambiente para el beneficio humano (Holdgate *et al.* 1982).

Los componentes del ecodesarrollo son: la satisfacción de las necesidades básicas, independencia y sostenibilidad ecológica. Sostenibilidad es una relación simbiótica con la naturaleza o un desarrollo dentro de los límites que imponen las restricciones de los ecosistemas locales (Dassmann 1985).

La sostenibilidad ecológica a largo plazo requiere la protección de los recursos genéticos y la conservación de la diversidad biológica (Iltis 1983; Biological diversity ... 1986; Wilderness Society 1966).

Desarrollo sostenible es un concepto que implica límites, tanto en la capacidad de asimilación del ambiente como en la capacidad de la tecnología para mejorar el bienestar humano. Para la sociedad de desarrollo sostenible, la capacidad del ambiente para asimilar la polución de las actividades humanas es el límite último del desarrollo económico (Batie 1989, en Ruttan 1991).

La capacidad de la sociedad para resolver tanto el problema de sostenibilidad, como los problemas planteados por la disposición de desechos está inversamente relacionada con la densidad y tasa de crecimiento de la población y está positivamente relacionada con la capacidad de innovación científica, tecnológica y de las instituciones sociales (Ruttan 1991).

Sostenibilidad ambiental es la capacidad de mantener todas las condiciones e influencias en su entorno y que afectan el desarrollo de un organismo o grupo de organismos. En el sector agricultura-alimentación, la sostenibilidad ambiental es la capacidad de mantener indefinidamente el ambiente necesario para sostener la producción de la agricultura y alimentación (Girt 1990).

Utilización no sostenible es la sobre cosecha de un animal o una planta hasta un punto en que la especie está tan agotada que su valor para el hombre se reduce severamente o aún se pierde (Talbot 1984).

Los objetivos del desarrollo sostenible son la satisfacción de las necesidades básicas, la garantía de una base permanente de recursos naturales y capaz de cumplir sus funciones y la conservación de los recursos genéticos (Deutscher Forstverein 1986).

Existe una calidad de vida óptima sostenible dentro de los límites fijados por los recursos locales, regionales y aún internacionales (Watt 1977). Como complemento es necesario definir la capacidad de carga. La capacidad de carga máxima que es el tamaño máximo permisible de una población que, siendo teóricamente sostenible, existe bajo la amenaza y es vulnerable aún a pequeños cambios ambientales. La capacidad de carga óptima es un tamaño más pequeño y deseable de población y es menos vulnerable a perturbaciones ambientales (Odum 1983).

El concepto de manejo forestal científico ha sido equivalente a manejo forestal sostenible. Sostenibilidad es la capacidad de una unidad forestal de producir en forma permanente y óptima madera, servicios de infraestructura y otros bienes y servicios para utilidad de las generaciones presentes y futuras. Probablemente es en la actividad forestal donde primero se definió la sostenibilidad como concepto, puesto que ya en 1713, von Carlowitz no sólo estableció el concepto, sino también advirtió sobre los problemas, sobre la conservación del suelo, sobre la pobreza y la satisfacción de necesidades (Speidel 1972). Sin embargo, la crítica principal al manejo forestal sostenible, especialmente en la forma practicada en Europa, es que el concepto central es la producción de madera y no de todos los otros bienes y servicios del bosque. En el campo forestal, el principio del "rendimiento sostenido" se ha aplicado principalmente a las plantaciones forestales y muy poco a los bosques naturales.

La ITTO ha adoptado recientemente una nueva definición de manejo forestal sostenible: es el proceso de manejar en forma permanente la tierra forestal y de lograr uno o más objetivos claramente especificados de manejo para lograr un flujo continuo de los productos y servicios del bosque deseados sin una reducción indebida en sus valores inherentes y productividad futura, y sin

efectos indebidos indeseables en el ambiente físico y social (ITTO sesión de noviembre de 1991).

Uso sostenible de la energía

Sistema de energía sostenible es una transición de un sistema global de energía, basado en el consumo de combustibles fósiles no renovables a un sistema sostenible basado en combustibles renovables, no agotables (Anderer *et al.* 1981).

Agricultura sostenible

Desarrollo sostenible debe incorporar el manejo racional de los recursos dedicados a la producción agropecuaria, a fin de satisfacer las necesidades cambiantes de la sociedad, manteniendo o fortaleciendo la base actual de recursos, evitando la degradación del ambiente (CGIAR 1990).

Agricultura sostenible es el manejo efectivo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes, mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo (BIFAD 1988).

Sostenibilidad es el mantenimiento de la producción en el tiempo, sin degradación de la base de recursos naturales de la cual dicha producción es dependiente (Young 1989).

Sostenibilidad = productividad + conservación de recursos (Young 1989).

Conservación de recursos = mantenimiento de la productividad de los recursos (Young 1989).

Sostenibilidad es la habilidad de un agroecosistema de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza disturbadora mayor; también es la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una perturbación o alteración mayor (Conway 1985).

Sostenibilidad es la capacidad de abastecer la demanda en expansión por bienes agrícolas en términos cada vez más favorables. Para los que apoyan esta definición, la declinación a largo plazo de los precios reales de los productos agrícolas representaría evidencia de que el crecimiento de la producción agrícola estaba siguiendo un sendero sostenible. Por contraste, un aumento

sostenido de los precios reales de los productos agrícolas podría ser interpretado como que existe una seria preocupación por la sostenibilidad (Definición del primer grupo según Douglass 1984, en Ruttan 1991).

La agricultura sostenible pone énfasis en la permanencia no solo de la base física de recursos, sino también en un conjunto amplio de valores de la comunidad. El objetivo principal es el fortalecimiento o revitalización de la cultura rural y de las comunidades rurales, guiados por los valores de administración (gestión) e independencia y un enfoque integrado u holístico a las dimensiones físicas y culturales de la producción y el consumo (Definición del tercer grupo según Douglass, en Ruttan 1991).

Agricultura alternativa es cualquier sistema de producción de fibra o alimento que persigue sistemáticamente los siguientes objetivos: incorporación cuidadosa de procesos naturales como reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno y relaciones peste-predador en el proceso de producción agrícola; reducción del uso de insumos exógenos a la granja que tienen potencial de provocar daños al ambiente o a la salud de los granjeros o consumidores; uso productivo mayor del potencial biológico y genético de las especies animales y vegetales; mejoramiento de la complementariedad entre patrones de cultivo y el potencial productivo y las limitaciones físicas de las tierras agrícolas para asegurar el mantenimiento a largo plazo de los niveles de producción; y producción rentable y eficiente con énfasis en el manejo mejorado de la conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos (Ruttan 1991).

Agricultura sostenible es tanto una filosofía como un sistema de hacer agricultura. Los sistemas agrícolas sostenibles se basan en rotación de cultivos, residuos agrícolas, abonos animales, leguminosas y abonos verdes, residuos orgánicos exógenos a la finca, cultivo mecánico apropiado, además de material mineral de soporte para maximizar la actividad biológica, para mantener la fertilidad y productividad del suelo. Se usan sistemas de control de plagas, enfermedades y malezas de tipo natural, biológico y cultural (Hill 1990, en Ruttan 1991).

Una de las condiciones fundamentales de la sostenibilidad de la agricultura en un mundo de pobreza generalizada y de desnutrición, es que la producción aumente lo suficiente para satisfacer la demanda creciente de alimento y que mantenga los precios de los alimentos permanentemente en decrecimiento (Repetto 1987, en Ruttan 1991).

La sostenibilidad ha asumido particular importancia a causa de la drástica caída en los estándares de vida que han acompañado los programas de ajuste en muchos países. Definimos el crecimiento real de la agricultura como

sostenible si supera el crecimiento de la población (Faini y de Melo 1990, en Ruttan 1991).

Desarrollo sostenible debe incluir: a) el desarrollo de tecnología y prácticas que mantengan y/o mejoren la calidad de la tierra y de los recursos de agua; y b) que mejoren el rendimiento de plantas y animales y mejore las prácticas que faciliten la sustitución de tecnología química por tecnología biológica de producción (Ruttan 1991).

Sostenibilidad de la agricultura depende en último término del manejo de tierra, agua, pastos y recursos forestales de manera que puedan retener sus potenciales productivos. Estos potenciales están ampliamente contenidos en la actividad biológica de los suelos, en el equilibrio ecológico de las plantas e insectos, y la calidad del agua y el aire en el agroecosistema. Todos son afectados por las tecnologías productivas y el manejo de los recursos (BID 1990).

La agricultura sustentable se interpreta según el objetivo que se busque. Estos podrían agruparse en a) de producción: aumento sostenido en la disponibilidad de bienes; b) de conservación: mantener tanto la calidad de los servicios prestados por ecosistemas naturales como su biodiversidad; c) sociales: lograr una distribución equitativa de los beneficios respetando las tradiciones culturales; d) institucionales: descentralizar los niveles de decisión para el manejo de los recursos naturales (a nivel de área ecológica, cuenca, comunidad) (Torres 1991).

Agricultura sostenible debe conservar la base del recurso suelo sin degradación, y debe ser económicamente viable y socialmente aceptable (Brown *et al.* 1987).

Sostenibilidad de la agricultura es la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas (Altieri 1983).

Desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure cubrir y satisfacer en forma continua las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Tal desarrollo sostenible (en el sector agrícola, forestal y pesquero) conserva los recursos de tierra, agua y los recursos genéticos de plantas y animales, no degrada el ambiente, es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (FAO 1991).

Los medios de evaluar la sostenibilidad de la agricultura son la justicia intergeneracional, la resiliencia de los sistemas de producción de alimentos a perturbaciones externas y la estabilidad de producción en el tiempo (Hudgens y Harwood 1991).

ANEXO 3

EJEMPLOS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Cuadro 1. Deforestación
Indicadores para el análisis de dos mediciones.

Indicador	Fórmula	Nombre/ interpretación	Unidad/ observ.
AT	Medido	Area total	(ha; km ²)
AD _t	Medido	Area deforestada en el año (t)	(ha; km ²)
AR _t	AT-AD _t	Area restante en el año (t)	(ha; km ²)
ADT _t	(AD _t /AT) x 100	Porcentaje del área total ya deforestada en año (t)	(%)
ART _t	(AR _t /AT) x 100	Porcentaje del área total todavía forestada en el año (t)	(%)

Indicadores para el análisis de dos mediciones

Indicador	Fórmula	Nombre/ interpretación	Unidad/ observ.
I _t	AD _t -AD _{t-1}	Incremento del área deforestada entre los años consecutivos t & t-1	(ha; km ²)
IM _{y_z}	(AD _z - AD _y)/n	Incremento medio anual de deforestación o velocidad media de deforestación entre los años no consecutivos y & z	(ha/año; (km ² /año) y<z, z-y= n Variante de L
IT _t	(I _t /AT) x 100	Porcentaje del área total destruida entre los años t & t-1	(%) Variante de L
IT _{y_z}	(IM _{y_z} /AT) x 100	Porcentaje del área total destruida, en promedio anual, entre los años y & z	(%) Variante de IT
TC _t	(I _t /AD _{t-1}) x 100	Tasa de crecimiento de deforestación entre los años t & t-1	(%)
TCM _{y_z}	(IM _{y_z} /AD _y) x 100	Tasa de crecimiento (simple) medio anual de deforestación entre los años y & z	(%) Variante de TC
IR _t	(I _t /AR _{t-1}) x 100	Porcentaje del área restante en el año (t) que fue destruida entre los años t & t-1	(%)
IRM _{y_z}	(IM _{y_z} /AR _y) x 100	Porcentaje del área restante en el año y que fue anualmente destruida entre los años y & z	(%) Variante de IR
TC _{y_z}	[(AD _z /AD _y) ^{1/n}]-1	Tasa de crecimiento (compuesto) medio anual de deforestación entre los años y & z	(% cuando es multiplicado por 100)

Análisis con tres o más mediciones (cont.).

Indicador	Fórmula	Nombre/Interpretación	Unidad/ Observ.
AC_t	$(I_t - I_{t-1})$	Aceleración anual de deforestación o variación en la velocidad de deforestación entre los años t & t-1	(ha o km ² por año)
AC_{yz-vz}	$(IM_{yz} - IM_{vz})$	Aceleración media anual de deforestación o variación en la velocidad de deforestación entre los períodos yz & vz	(ha o km ² por año) variante de AC v < y < z
ATC_{yz-vz}	$(TC_{yz} - TC_{vz})$ x 100	Aceleración de la tasa de crecimiento (compuesto) medio anual de deforestación entre los períodos yz & vz	(% por año) variante de AC

Fuente: Rente 1991.

**Cuadro 2. Conjunto de indicadores.
Indicadores de cambios de los recursos.**

Indicador	Indicador primario	Indicador secundario	Tipo de datos requeridos
Agua			
Cantidad	x		Flujo de corriente, capa freática, almacenaje natural y patrones de drenaje.
Calidad	x		Propiedades químicas, físicas y biológicas.
Confiabilidad		x	Altas y bajas estacionales y anuales. Disponibilidad de fuentes alternas.
Accesibilidad		x	Derechos de acceso y conflictos.
Suelo			
Erosión	x		Pérdidas del mantillo debido a viento y agua. Erosión de hondonadas, canales o riberas.
Productividad	x		Propiedades químicas y físicas del suelo. También: rendimientos (cultivo, pasto, madera).
Disponibilidad de tierra, adaptabilidad		x	Porcentaje de necesidades satisfechas. Porcentaje de tierra submarginal cultivada.
Periodos en barbecho		x	Suficiencia del período en barbecho.
Vegetación			
Coefficiente de vegetación permanente	x		Razón de áreas con vegetación permanente en áreas abiertas o cultivadas.
Vegetación natural, Composición, densidad	x		Composición de especies y densidades.
Areas abiertas	x		Porcentaje de la cobertura de árboles/arbustos en áreas abiertas.
Productividad		x	Rendimientos (incluyendo productos secundarios).
Otros		x	Hábitat, diversidad de especies, etc. También: acceso y control local.

Cuadro 2 (cont.).

Indicador	Indicador primario	Indicador secundario	Tipo de datos requeridos
Especies silvestres			
Población	x		Número de especies, densidades.
Hábitat	x		Extensión (tamaño, área) y calidad.
Otros			
Áreas únicas	x		Depende de la localización y naturaleza del objeto. Puede ser geológico, histórico, santuario, arqueológico, diversidad de especies.

Fuente: Weber 1990.

Cuadro 3. Expansión de indicadores por incorporación de criterios adicionales.A. Definición.

Incremento específico de un indicador de muestra de emisiones de azufre¹.

Punto de referencia	Principio general o básico	Justificación	Ejemplos generales
Indicador de referencia	Estado estándar del indicador, útil para propósitos descriptivos. Enfocado en los requerimientos humanos de corto plazo.	Las emisiones de azufre pueden servir como un indicador descriptivo útil para los impactos que causamos en el medio ambiente.	Uso común: toneladas/SO _x /año. Indicador Propuesto por NRTEE ² : toneladas SO _x /Gj de energía utilizada.
Fundamento 1: Alcance más amplio	El diseño del indicador ESD debe reconocer que la economía y el comportamiento humano son partes de un ecosistema más amplio, el cual los sostiene.	Debemos seleccionar un indicador que nos diga cómo los ecosistemas seleccionados son afectados por las emisiones de azufre.	Deposición total de sulfato: toneladas SO ₄ /año. Deposición promedio de sulfato en áreas importantes del ecosistema: kg SO ₄ /ha/año ³
Fundamento 2: Elementos distributivos explícitos	Equidad social - en términos de la incidencia de costos y beneficios. Debe ser un componente explícito de los indicadores ESD.	Debemos seleccionar un indicador que nos diga cómo diversos grupos de ingreso y de interés son afectados por las emisiones de azufre.	Deposición promedio de azufre en tierras de indígenas o tierras agrícolas marginales: kg SO ₄ /ha/año
Fundamento 3: Aplicaciones como herramienta de proyección	Indicadores ESD deben ser útiles para aplicaciones prospectivas, y no sólo como indicadores que describen condiciones pasadas o actuales.	Podemos confiar en relaciones históricas descriptivas que también proveen información sobre tendencias potenciales futuras.	Indicador NRTEE con utilidad potencial: toneladas SO _x /Gj de energía utilizada. Calcule alternativamente la elasticidad de impacto que no adopta linealidad directa: %SO ₄ /%GDP

Cuadro 3 (cont.).

Incremento específico de un indicador de muestra de emisiones de azufre¹.

Punto de referencia	Principio general o básico	Justificación	Ejemplos generales
Fundamento 4: Refleja vínculos explícitos	Trazar conexiones entre el comportamiento económico humano y la salud del ecosistema más amplio es una función vital de los indicadores ESD.	Requiere información sobre vínculos entre el estrés causado por el hombre y la productividad del ecosistema.	Informes conjuntos sobre las emisiones de azufre (SO _x /año) y las tasas de crecimiento del bosque. Δ(m ³ crecimiento de bosque/emisiones SO _x)
Fundamento 5: Refleja incertidumbre inherente	La incertidumbre no cuantificable en el comportamiento del ecosistema y la respuesta exige que los indicadores ESD comuniquen explícitamente dicha incertidumbre a los que toman las decisiones.	Nos obliga a expresar tanto los alcances potenciales en la medición actual, como los niveles potenciales de urgencia en la modificación del ecosistema.	Informes conjuntos sobre el alcance de niveles actuales de deposiciones de SO _x /ha/año con alcance potencial de niveles críticos a la salud del ecosistema (tSO _x /ha/año). Indicador compuesto del alcance de porcentaje logrado.

1 Preparado por H.J. Ruitenbeek 1991. Los indicadores utilizados aquí demuestran cómo podrían aplicarse los fundamentos y no representan un endoso ni sugieren que estos indicadores específicos sean los más apropiados desde la perspectiva científica o económica. En muchos casos se requiere más investigación para identificar los indicadores más apropiados.

2 Tomado de un documento de discusión preparado por Marbek (1990), distribuido por la National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE).

3 Por ejemplo, el Informe sobre el Estado del Medio Ambiente de Environment Canada (1986), señala las áreas forestales afectadas por distintos niveles de deposición de sulfato.

Fuente: Ruitenbeek 1991.

Cuadro 3 (cont.). B. Expansión del conjunto de indicadores.

Incremento específico de un indicador de muestra de emisiones de azufre

Punto de referencia	Ejemplos específicos de datos			Comentarios sobre fuente y derivación
Indicador de referencia	País Canadá E.E.U.U. China Reino Unido	SO ₂ ('000 t/año) 3 760 21 100 12 920 3 750	t SO ₂ /PJ 500 310 550 440	Los estimados de las emisiones se basan en datos para mediados de los años ochentas, resumidos en WRI 1991. Los estimados de intensidad se derivan de estos datos y de los de la Agencia Internacional de Energía sobre el consumo de energía. (Nótese que 1 PJ = 1.000.000 GJ)
Alcance más amplio	Área en región atlántica de Canadá Área para cultivo de trigo Área para cultivo de maíz Bosques Agua	kg SO ₂ /ha/año 42.9 43.6 22.7 23.5	Área en riesgo 99.6% 100.0% 41.2% 46.8%	Los estimados se basan en la deposición a principios de la década de los ochentas, y se calculan con base en los datos incluidos en el Informe SOE de Environment Canada. El área de riesgo representa la proporción sujeta a deposición en exceso de 20 kg/ha/año de deposición de sulfato. Para los recursos de agua, las áreas con capacidades muy altas de amortiguamiento se excluyen de las áreas en riesgo, aún si la deposición excede el nivel de 20 kg/ha/año; áreas con capacidades bajas de amortiguamiento se consideran en riesgo si la deposición excede 10 kg/ha/año.
Elementos distributivos explícitos	Grupo de interés económico Poblaciones en tierras de indígenas Fincas con ingresos inferiores a: US\$500 000/año US\$100 000/año	kg SO ₂ /ha/año N/D N/D N/D	Población en riesgo N/D N/D N/D	El cálculo de estos indicadores se basaría en información similar a la anterior, con la diferencia de que también requiere un análisis de datos económicos organizados espacialmente. Aunque todos los datos están disponibles en Canadá, requieren análisis suplementarios antes de poder presentar los indicadores.

Cuadro 3 (Cont.). Expansión del conjunto.

Incremento específico de un indicador de muestra de emisiones de azufre

Punto de referencia	Ejemplos específicos de datos	Comentarios sobre fuente y derivación																				
<p>Aplicaciones como herramientas de proyección</p>	<p>Indicador lineal simple: Canadá = 500 t SO₂/PJ energía utilizada</p> <p>Indicadores no-lineales basados en secciones transversales o en análisis históricos tiempo-serie:</p> $\text{Elasticidad de energía} = \frac{\Delta \text{SO}_2 \text{ emisiones (\%)}}{\text{Consumo de energía (\%)}} = \text{N/D}$ $\text{Elasticidad de ingreso} = \frac{\Delta \text{SO}_2 \text{ emisiones (\%)}}{\Delta \text{PIB (\%)}} = \text{N/D}$	<p>Estos indicadores son útiles para aplicaciones prospectivas ya que hay un vínculo de comportamiento entre las actividades humanas claves. Dicha información provee una base para un mayor análisis intuitivo y formal acerca de lo que podría pasar si ciertas cosas ocurrieran en la economía (por ejemplo, si el ingreso aumenta). A menudo se usa el indicador lineal simple (aquí basado en el indicador de referencia arriba mencionado) como índice de intensidad; y es un ejemplo sencillo de un indicador con aplicaciones prospectivas potenciales (manteniendo constantes los otros "factores") que todavía se puede expresar como una "elasticidad de impacto" sencillo.</p>																				
<p>Refleja vínculos explícitos</p>	<p>Áreas pobladas de árboles en la región atlántica de Canadá:</p> <table border="1" data-bbox="766 717 1062 1358"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ontario</th> <th>Quebéc</th> <th>Atlántica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissiones anuales de SO₂ (t mill.)</td> <td>1.0</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento anual forestal (m³ mill)</td> <td>44.6</td> <td>81.5</td> <td>24.2</td> </tr> <tr> <td>Índice de rendim./emisiones (base) Índice (período siguiente)</td> <td>45.0</td> <td>135.0</td> <td>60.0</td> </tr> <tr> <td>Δ Índice</td> <td>No disponible</td> <td>No disponible</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Ontario	Quebéc	Atlántica	Emissiones anuales de SO ₂ (t mill.)	1.0	0.6	0.4	Rendimiento anual forestal (m ³ mill)	44.6	81.5	24.2	Índice de rendim./emisiones (base) Índice (período siguiente)	45.0	135.0	60.0	Δ Índice	No disponible	No disponible		<p>Las emisiones anuales se basan en estimados de 1990. Los rendimientos anuales se basan en la estimación de rendimiento de los bosques en área de deposición de sulfato mayor de 10 kg/ha/año, del Reporte SOE de Environment Canada. El índice es calculado como una relación simple.</p>
	Ontario	Quebéc	Atlántica																			
Emissiones anuales de SO ₂ (t mill.)	1.0	0.6	0.4																			
Rendimiento anual forestal (m ³ mill)	44.6	81.5	24.2																			
Índice de rendim./emisiones (base) Índice (período siguiente)	45.0	135.0	60.0																			
Δ Índice	No disponible	No disponible																				

Cuadro 3 (Cont.). Expansión del conjunto.

Incremento específico de un indicador de muestra de emisiones de azufre

Punto de referencia	Ejemplos específicos de datos			Comentarios sobre fuente y derivación	
Refleja incertidumbre inherente	Para bosques en riesgo Deposition promedio de sulfato (kg/ha/año) Deposition crítica de sulfato (kg/ha/año) Indices de riesgo (%)	Ontario 19.7 20-40 49-98	Québec 21.0 20-40 52-105	Atlántica 27.6 20-40 69-138	Las estimaciones se basan en la deposición de principios de la década pasada y se calculan a partir de información incluida en el Reporte SOE de Environment Canada. Los niveles críticos reflejan las mejores estimaciones científicas disponibles de la deposición máxima que las áreas pudieron soportar antes que la fuerza y la productividad del ecosistema declinaran. El índice de riesgo es una relación simple de los niveles reales y críticos.

Cuadro 4. Listado de indicadores regionales.

Indicadores de sostenibilidad de asentamientos en el Amazonas

Proporción de tierras utilizadas en relación con las tierras en descanso
Tendencias de productividad de los cultivos
Expansión de tierras asentadas
Erosión y pérdidas de nutrimentos
Cambios de cobertura arbórea en pendientes y riberas de ríos y riachuelos
Caudal de los principales ríos (picos de creciente)
Proporción de la madera tumbada que es utilizada (indica racionalidad de la tumba de la madera)
Prácticas agronómicas: leguminosas, policultivo
Contaminación por agrotóxicos
Ambito de las quemas
Indicadores de sobrepastoreo (malezas, compactación y otros)
Proporción de pasturas abandonadas en las tierras totales
Tierras agrícolas usadas en la ganadería
Rarificación de especies forestales valiosas
Contaminación por industrias forestales
Invasión de áreas protegidas
Ubicación y planeamiento de urbanizaciones
Áreas verdes en urbanizaciones
Incidencia de enfermedades relacionadas con los niveles de salubridad

Fuente: Dourojeanni 1990.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI, M.A. 1983. Agroecology: The scientific basis of alternative agriculture. Boulder, Colorado, Westview Press.
- ANDERER, J.; HAFELE, W.; MCDONALD, A.; NAKI, N. 1981. Energy in a finite world: Paths to a sustainable future. Ballinger, Cambridge, Mass.
- AVILA, M. 1989. Sustainability and agroforestry. In Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability. Nairobi, ICRAF.
- BARTELMUS, P. 1991. National accounts and natural resources. In Meeting, on National Accounting and Natural Resources for Latin America. San José, C.R., PNUD, Statistical Bureau.
- BATIE, S. 1989. Sustainable development: Challenges to the profession of agricultural economics. American Journal of Agricultural Economics. p. 1085-1101.
- BAYER, W.; WATERS-BAYER, ? 1989. Crop-livestock interactions for sustainable agriculture. London, International Institute for Environment and Development, Sustainable Agriculture Programme. Gatekeeper Series no. Sa 13.
- BID (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO); PNUD (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO). 1990. Nuestra propia agenda. Washington, D.C., Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe.
- BIFAD (COMITE DE DESARROLLO ALIMENTARIO Y AGRICOLA INTERNACIONAL); USAID (AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL). 1988. Environment and natural resources: Strategies for sustainable agriculture. Washington, D.C. Occasional Paper no. 12.
- BIOLOGICAL DIVERSITY goes public. 1986. Bioscience 36.
- BLASER, J. 1987. Standortliche und waldbaukundliche Analyse eines Eichen-Wolkenwaldes (*Quercus* spp.) der Montanstufe in Costa.

BOCKOR, I. 1979. Analyse vom Baumartenzusammensetzung und Bestandsstrukturen eines andinen Wolkenwaldes in Westvenezuela als Grundlage zur Waldtypengliederung. Diss. U. Göttingen.

BROWN, L.R. 1981. Building a sustainable society. New York, W. W. Norton.

_____ ; **WOLF, E.C. 1984. Soil erosion, quiet crisis in the world economy. Washington, D.C, Worldwatch. Worldwatch Paper no. 60.**

_____ ; **HANSON, M.; LIVERMAN, D.; MEREDITH, R. 1987. Global sustainability: Toward a definition. Environmental Management 11(6).**

_____. **1991. The new world order. In State of the world 1991. New York, Worldwatch Institute.**

CCT (CENTRO CIENTIFICO TROPICAL); WRI (WORLD RESOURCES INSTITUTE). 1991. Accounts overdue: The depreciation of natural resurces in Costa Rica. Washington, D.C.

CERNEA, M. 1987. Farmer organization and institution building for sustainable development. In Sustainability issues in agricultural development. T.J. Davies, I.A. Schirmer (Eds.). Washington, D.C., The World Bank.

CGIAR (CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH). 1990. Sustainable agricultural production: Final report of the CGIAR Committee. Document no. MT/90/18.

COSTANZA, R.; DALY, H.; BARTHOLOMEW, J. 1991. Goals, agenda and policy recommendations for ecological economics. In Ecological economics: The science and management of sustainability. R. Constanza (Ed.). New York, Columbia University Press.

CONWAY, G. 1985. Agroecosystem analysis. Agricultural Administration no. 20.

CORDERO, M. 1987. Diseño del sistema de riego y caracterización de las aguas subterráneas en CoopeRfoPalmas, Carrillo, Guanacaste. San José, Universidad de Costa Rica.

DAGET, P.; GODRON, M. 1979. Vocabulaire d'ecologie. 2 ed. París, Francia, Hachette.

- DALY, H.E. 1973. *Towards a steady state economy*. San Francisco, W.H. Freeman.
- _____. 1980. *Economics, ecology, ethics: Essays toward a steady-state economy*. San Francisco, Freeman.
- _____; COBB, J.B. 1989. *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment and a sustainable future*. Boston, Beacon.
- DASMANN, R. 1985. *An introduction to world conservation*. In *Sustaining tomorrow*. F. Thibodeau, H. Fields (Eds.). New Hampshire, University Press of New England.
- DE CAMINO, R. 1992. *Sostenibilidad ecológica y económica en el manejo forestal de los bosques en un caso en Brasil y en Venezuela*. San José, C.R., Proyecto IICA/GTZ.
- DEUTSCHER FORSTVEREIN. 1986. *Erhaltung und nachhaltige Nutzung tropischer Regenwälder: Elemente einer Strategie gegen die Waldzerstörung in den Feuchttropen*. Munich, Alemania. *Forschungsberichte des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit* no. 74.
- DICCIONARIO ENCICLOPEDICO Salvat Universal. 1975. Barcelona, España, Salvat Editores.
- DOUROJEANNI, M.J. 1990. *Amazonia ¿qué hacer?* Lima, Perú, CETAE 444 p.
- DURING, A. 1991. *Asking how much is enough*. In Worldwatch Institute. s.n.t.
- EL SERAFY, S. 1989. *The proper calculation of income from depletable natural resources: Environmental accounting for sustainable development*. Y.J. Ahmad, S. El Serafy, E. Lutz (Eds.). Washington, D.C., UNEP-World Bank.
- EL-SWAIFY. 1989. *Susceptibilities of certain tropical soils to erosion by water*. D.J. Greenland, R. Lai (Eds.). Dehra Dun, India.
- EHRENFELD, D.W. 1976. *The conservation of non-resources*. *American Scientist* 64:648-656.

ESPINOZA, L.; DE CAMINO, R. 1991. Propuesta de una estrategia para el uso racional de los recursos naturales, tomando como ejemplo Puriscal. San José, C.R., PRODAF IICA/GTZ.

FAINI, R.; DE MELO, J. 1990. Adjustment, investment and the real exchange rate in developing countries. Economic Policy. p. 495-578.

FAO (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 1991. Sustainable development and management of land and water resources. In Conference on Agriculture and the Environment (1991, 'S-Hertogenbosch, The Netherlands). Rome, FAO/Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of the Netherlands. Background Document no. 1.

FERREIRA, P.; KASS, D. 1991. Stability, degradability and sustainability: Quantitative approach to the assessment of agricultural technology systems. Turrialba, C.R., CATIE. Manuscript.

FERREIRA, P. 1991. Estabilidad y sostenibilidad: Una visión comparativa. Turrialba, C.R., CATIE.

FINOL, H. 1972. Estudio fitosociológico de las unidades II y III de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. Mérida, Ven., Universidad de los Andes.

FUNDACION NEOTROPICA. 1992. Análisis de capacidad de carga para visitación en las áreas silvestres de Costa Rica. San José, Centro de Estudios Ambientales y Políticas.

GARCIA, R.V.; MORELLO, J.; MARCHETTI, B.; RUSSO, C.; HECKER, E.; CICHERO, P. 1991. Agricultura continua y degradación ambiental en el Núcleo Maicero de la Pampa Argentina: Versión preliminar. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Centro de Estudios Avanzados.

GIRT, J. 1990. Institutional approaches toward the sustainable development of agriculture for IICA. San José, C.R., IICA.

GLIGO, N. 1990. Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola. Comercio Exterior 40(12).

GOLDSMITH, E. 1972. Blueprint for survival. Boston, Houghton Mifflin.

GREGERSEN, H.M.; LUNDGREN, A.L. 1989. Linking monitoring and assessment to sustainable development. Sf. Paul, University of Minnesota. Working Paper no. 2.

_____; LUNDGREN, A.L. 1990. Forestry for sustainable development: Concepts and a framework for action. St. Paul, University of Minnesota, Forestry for Sustainable Development Program. Working Paper no. 1.

HACHETTE. 1976. Vocabulaire de l'environnement. Conseil International de la Langue Française. Francia.

HART, R.; SANDS, M. 1990. Sustainable land use systems research and development.

Presented at: USDA/ICAR/RRC Seminar (New Delhi, India).

HIGGINS, G.M.; KASSAM, A.H.; NAIKEN, L. 1982. Potential population supporting capacities of lands in the developing world. Rome, IIASA/FAO/UNFPA. Technical Report INT/75/P13.

HOLDGATE, M.; KASSAS, M.; WHITE, G. 1982. The world environment 1972-1982. Dublin, UNEP.

HUDGENS, R.E.; HARWOOD, R.R. 1991. Technological options and requirements for sustainable agriculture and rural development. In FAO/Netherlands Conference on Agriculture and the Environment (1991, S-Hertogenbosch, The Netherlands). Rome, FAO/Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of the Netherlands. Main Document no. 2.

ICRAF (CONSEJO INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACION SILVO-AGROPECUARIA). 1989. Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability. Nairobi, Kenya.

IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA). 1991. Toward a working agenda for sustainable agricultural development. San José, C.R. Program Papers Series no. 25.

ILTIS, H. 1983. What will be their fate? Tropical forests. Environment 25.

ITTO (INTERNATIONAL TIMBER TRADE ORGANIZATION). 1991. Resolución de la sesión de noviembre de 1991. Yokohama, Japón, ITTO.

- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES); UNEP; WWF. 1989. Caring for the world: A strategy for sustainability. Gland, Suiza. Second draft.**
- KING, J. 1987. Beyond economic choice: Population and sustainable development. s.n.t.**
- LEONARD, J. 1987. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: Un perfil ambiental regional. Trad. del inglés por G. Budowski y T. Maldonado. San José, C.R., CATIE. 268 p.**
- MANAGING THE commons. 1977. C. Hardin, J. Baden (Eds.). San Francisco, Freeman.**
- MARMILLOD, D. 1982. Methodik und Ergebnisse über Zusammensetzung und Aufbau eines Terrassenwaldes im peruanischen Amazonien.**
- MASLOW, A. 1970. Motivation and personality. 2nd ed. New York, Harper and Row.**
- MATA, A.; QUEVEDO, F. 1990. Diccionario didáctico de ecología. San José, C.R., Universidad de Costa Rica.**
- MCGRANAHAN, ? ; PIZARRO, E.; RICHARD, C. 1979. Methodological problems in selection and analysis of socioeconomic development indicators. Geneva, UNRISD. Report no. 79.**
- MICHELENA, R.; IRURTIA, C.; VARUSKA, F.; MON, L.; PITTALUGA, A. 1989. Degradación de suelos en el norte de la Región Pampeana. Córdoba, Arg., INTA, Centros Regionales. Proyecto de Agricultura Conservacionista. Publicación Técnica no. 6.**
- MILBRATH, L. W. 1984. A proposed value structure for a sustainable society. Environmentalist 4:113-124.**
- MILLS, J. 1989. Habitat associations and relative densities of rodent populations in cultivated areas of Central Argentina. s.n.t.**
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (EE.UU.). 1989. Alternative agriculture. Washington, D.C, Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agriculture.**

NEPSTAD, D.; FOSTER, I.; VIANA, V.; LUZ, L.; ALECHANDRE, A. 1992. Empobrecimiento biológico da floresta amazonica por seringueiros, madeiros e fazendeiros. Relatório técnico-Projeto Mapeamento, Enriquecimiento Biológico e Educacao (MEBE-PORONGABA) - Conselho Nacional dos Seringueiros. Bra., Acre.

NIJKAMP, P. 1990. Regional sustainable development and natural resources use. In Annual Conference on Development Economics. Washington D.C., The World Bank.

Presented at: Annual Conference on Development Economics.

NIJKAMP, P.; VAN DEN BEGH, C.J.M.; SOETEMON, S.J. 1991. Regional sustainable development and natural resource use. In Annual Conference on Development Economics. Proceedings. Washington, D.C., The World Bank.

NORGAARD, R.B. 1988. Sustainable development: A co-evolutionary view. Futures. p. 606-620.

_____. 1990. Economic indicators of resource scarcity: A critical essay. Journal of Environmental Economics and Management 19:19-25.

ODUM, E. 1983. Basic ecology. New York, Saunders College.

PEARCE, D. 1987. Foundations of an ecological economics. Ecological Modeling 38:9-18.

PEARSON, C. 1985. Down to business: Multinationals, the environment and development. World Resources Institute, Washington, D.C.

PIMENTEL, O. *et al.* 1978. Land degradation: Effect on food and energy resources. Science 194:149-155.

PIRAGES, D. 1977. The sustainable society: Implications for limited growth. New York, Praeger.

PNUD (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO). 1991. Desarrollo humano: Informe 1991. Bogotá, Col., Tercer Mundo.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1986. Diccionario de la lengua española. Madrid. 2 tomos.

- RENTE, J. 1991. Discutiendo números do desmatamento. *Interciencia* 16(5).
- REPETTO, R. 1986. National resource accounting for countries with natural resource-based economics. Washington, D.C., World Resources Institute.
- _____. 1990. Deforestation in the tropics. *Scientific American* 262(4):35-45.
- RODRIGO, P. 1988. Bases ecológicas de desarrollo integral de cuencas. CATIE, Turrialba, C.R.
- RUITENBEEK, H.J. 1991. Indicators of ecologically sustainable development: Toward new fundamentals. Canadian Environmental Advisory Council. Draft.
- RUTTAN, V. 1987. Managing natural resources for sustainability. In *Sustainability issues on agricultural development*. T. Davis, I. Schirmer (Eds.). Washington, D.C., The World Bank.
- RUTTAN, V. 1991. Sustainable growth in agricultural production: Poetry, policy and science. In *Conference Agricultural Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation: Issues and Policies (1991, Feldafing, Germany)*. IFPRI/DSE.
- SABOGAL, C. 1987. Struktur und Entwicklungsdynamik eines amazonischen Naturwaldes bei Pucallpa, Perú.
- SANCHOLUZ, L. 1980. Resource husbandry in a harsh environment: The Mexican maize field. University of British Columbia. Term Paper PLA no. 521
- SCHULTES, R.E.; RAFFAUF, R. 1990. *The healing forest: Medicinal and toxic plants of northwest Amazonia*. Oregon, Timber Press.
- SPEIDEL, G. 1972. *Planung im forstbetrieb*. Hamburg, Paul Parey.
- TALBOT, L. 1984. The world conservation strategy. In *Sustaining tomorrow*. F. Thibodeau, H. Fields (Eds.). Hanover New Hampshire, University Press of New England.
- TORQUEBIAU, E. 1989. Sustainability indicators in agroforestry: The example of homegardens. In *Views and issues on agroforestry and sustainability*. Nairobi, Kenya, ICAAF.

- TORRES, F. 1991. El concepto de sostenibilidad en el desarrollo agropecuario: Notas para discusión. In Seminario Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas: Oportunidades de Colaboración Interinstitucional. Coronado, C.R.**
- USAID (UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT). 1988. Sustainability of development programs: A compendium of donor experience. Washington, D.C. Discussion Paper no. 24.**
- VAN MELLE, G. 1984. Estudio sobre la capacidad de uso de la tierra en dos áreas de las subregiones Puriscal y Caraigres. San José, C.R., GTZ. Informe 40. 60 p.**
- VERISSIMO, A.; UHL, C.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; BARRETO, P. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable development in an old Amazonian frontier: The case of Paragominas. In Forest ecology and management. Elsevier.**
- VICTOR, P.A. 1991. Indicators of sustainable development: Some lessons from capital theory. Ecological Economics 3(4).**
- VON WEIZSAECKER, E. 1990. Erdpolitik. Oekologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert del Umwelt. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.**
- WATT, K. 1977. The unsteady state. Honolulu, University Press of Hawaii.**
- WCED (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT). 1987. Our common future. Oxford University Press.**
- WEBER, F. 1990. Preliminary indicators for monitoring changes in the natural resource base. Washington, D.C. AID Program Design Evaluation Methodology no. 14.**
- WILDERNESS SOCIETY. 1966. Conserving biological diversity in our national forests. Washington, D.C., Wilderness Society.**
- WRI (WORLD RESOURCES INSTITUTE). 1986. World resources 1986. Washington, D.C.**

WRI (WORLD RESOURCES INSTITUTE). USAID (UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT); LAC. 1991. Environmental strategy options for Latin America and the Caribbean. Washington D.C.

_____ . 1991. World resources 1990-1991. Washington, D.C.

YOUNG, A. 1989. Agroforestry and sustainable use of soil resources. In Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability. Nairobi, ICRAF.

**Esta edición se terminó de imprimir
en la Sede Central del IICA
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de octubre de 1995,
con un tiraje de 1000 ejemplares.**

PROGRAMA II: Generación y Transferencia de Tecnología

El Programa de Generación y Transferencia de Tecnología fue creado como respuesta a dos aspectos básicos: el reconocimiento por parte de los países y de la comunidad técnica y financiera internacional de la importancia de la tecnología para el desarrollo productivo del sector agropecuario; y la convicción de que el potencial de la ciencia y la tecnología sólo puede ser plenamente explotado a partir del desarrollo de infraestructuras institucionales capaces de generar respuestas técnicas apropiadas a las condiciones específicas de cada país, en un marco de políticas que alienten y faciliten la incorporación de nueva tecnología en el proceso de producción.

En este contexto, el Programa II promueve y respalda acciones en los países miembros para mejorar el diseño de políticas tecnológicas, reforzar la organización y la administración de los sistemas de generación y transferencia de tecnología, y facilitar la transferencia internacional de tecnología.

Se espera que estas acciones conduzcan a un uso más racional de los recursos disponibles y hagan más efectiva la contribución para resolver los problemas tecnológicos de la producción agrícola, dentro de un marco de equitativa distribución de los beneficios y de conservación de los recursos naturales.

De acuerdo con el Plan de Mediano Plazo vigente, el Programa de Generación y Transferencia de Tecnología, para abordar estos problemas, concentra sus actividades en cinco áreas básicas:

- Diseño de una política tecnológica.
- Organización y administración en los sistemas e instituciones nacionales de generación y transferencia de tecnología.
- Desarrollo y/o fortalecimiento de los programas de capacitación de los recursos humanos.
- Cooperación recíproca y coordinación internacional en investigación y transferencia de tecnología.
- Formulación e implementación de proyectos de inversión.

El Programa II busca alcanzar sus objetivos primarios contribuyendo a resolver algunos de los principales problemas que limitan el desarrollo agrícola y el bienestar rural en los países de la región. Para ello impulsa y estimula la vinculación de la política tecnológica del sector agropecuario con otros aspectos de la política económica general; ayuda al fortalecimiento de la organización y la capacidad económica de las instituciones tecnológicas, la consolidación de los recursos humanos calificados, la capacitación y especialización de los nuevos cuadros profesionales; promueve la transferencia internacional de tecnología y la integración de la investigación a nivel nacional e internacional.

Importancia especial se da a los esfuerzos regionales que se espera permitan estrechar la amplia brecha que afrontan la mayoría de los países pequeños en cuanto a sus necesidades de desarrollo tecnológico y la cantidad de recursos que pueden invertir.