

Herramientas para la Toma de Decisiones en América Latina y el Caribe: Indicadores Ambientales y Sistemas de Información Geográfica



Tools for Making Decisions in Latin America and the Caribbean: Environmental Indicators and Geographical Information Systems



G
70
.4
W5
c.2

6
70
4
WS
C.2

HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE:

INDICADORES AMBIENTALES Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

TOOLS FOR MAKING DECISIONS IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN:

ENVIRONMENTAL INDICATORS AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

MANUEL WINOGRAD, R. NORBERTO FERNANDEZ, ANDREW FARROW

CENTRO
INTERNACIONAL DE
AGRICULTURA
TROPICAL
INTERNATIONAL
CENTER FOR
TROPICAL
AGRICULTURE



PROGRAMA DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA EL MEDIO
AMBIENTE

UNITED NATIONS
ENVIRONMENT
PROGRAMME

CONTRIBUCION AL PROCESO GEO-2 (GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK)
DEL PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE

CONTRIBUTION TO GEO-2 (GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK)
PROCESS OF THE UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

PROYECTO CIAT/UNEP INDICADORES AMBIENTALES Y DE SUSTENTABILIDAD
PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE

CIAT/UNEP PROJECT ON ENVIRONMENTAL AND SUSTAINABILITY INDICATORS
FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN



UNIDAD DE INVESTIGACION Y
DOCUMENTACION

389129

15 OCT. 1998

CONTENIDO

	Página
Agradecimientos	1
I. Introducción	3
II. El desarrollo y uso de información	4
II.1 El ciclo de toma de decisiones	4
III. Indicadores ambientales y marco conceptual de referencia	5
III.1. Marco conceptual de referencia para el desarrollo de indicadores	6
III.2. La pirámide de la información	8
IV. Los sistemas de información geográfica	9
IV.1 Características de los SIG para le desarrollo y uso de indicadores	10
IV.2 Reconciliación de escalas, niveles y usos de la información	11
IV.3 Síntesis, agregación y visualización de la información	12
V. Desarrollo de indicadores para LAC	12
V.1 El proyecto CIAT-PNUMA	14
V.2 Prioridades ambientales y causas subyacentes	15
V.3 Criterios de selección de indicadores e información	15
V.4 Datos disponibles: acceso y calidad	16
VI Ejemplo de aplicación: ecosistemas y uso de tierras en América Latina y el Caribe	19
VII Conclusiones	22
VIII Bibliografía	63

CONTENTS

	Page
Acknowledgments	25
I. Introduction	27
II. Development and information management	28
II.1.The Decision-making cycle	28
III. Environmental indicators and conceptual reference framework	29
III.1.Conceptual reference framework for the development of indicators	30
III.2.The information pyramid	31
IV. Geographic Information Systems	33
IV.1.Characteristics of GIS for the development and use of indicators	34
IV.2.Reconciliation of scales, levels and uses of indicators	35
IV.3.Synthesis, aggregation and visualization of information	36
V. Development of indicators for Latin America and the Caribbean	37
V.1.The CIAT-UNEP project	37
V.2.Environmental priorities and underlying causes	38
V.3.Criteria for the selection of indicators and information	39
V.4.Available data: access and quality	40
VI. Application example: ecosystems and land use in Latin America and the Caribbean	42
VII. Conclusions	46
VIII. References	63

Agradecimientos

Al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) por su apoyo financiero que permitió la publicación del presente trabajo.

A Edmundo Barrios y Marta Aguilar, del CIAT; y Veerle Vandeweerd y Kaveh Zahedi, del PNUMA, por sus valiosos comentarios.

A Julio Martínez (Oficina de Publicaciones, CIAT) por su colaboración en la edición y publicación y a Raquel Arevalo de Azrak por la traducción de texto al Inglés.

I. Introducción

En la vida diaria se utilizan diferentes tipos de "información" para ayudar en la toma de decisiones. Así por ejemplo la presión, el pulso y la temperatura del cuerpo nos indican acerca del estado de salud general de las personas. La presión del aire, la temperatura y la humedad relativa del ambiente sirven para conocer y pronosticar el estado del clima. El producto bruto interno, las tasas de desempleo y de inflación, se utilizan para mostrar la evolución y tendencias de la economía de un país o región. No obstante, indicadores equivalentes que nos permitan observar y seguir la situación del medio ambiente y la sociedad, el impacto de los procesos de desarrollo sobre los recursos naturales y las funciones ecológicas, las respuestas que la sociedad genera para mejorar su medio ambiente y las interrelaciones entre los diferentes factores del desarrollo, están aún poco avanzados.

Esta situación conduce a que en la actualidad los científicos, los técnicos y las instituciones, pocas veces pueden proveer de información confiable, comprensible y oportuna a los políticos, los decisores, los planificadores y el público en general, acerca de los beneficios y costos del proceso de desarrollo, de las causas y consecuencias que estos puedan tener sobre el medio ambiente, los recursos naturales y la sociedad, así como sobre la efectividad y eficiencia de las políticas y estrategias adoptadas.

Si bien a nivel mundial existe un consenso acerca de la necesidad de un desarrollo sostenible, el tránsito hacia ese tipo de modelos de desarrollo debe pasar de la retórica a la definición y aplicación de estrategias, políticas y acciones. Esto implica la necesidad de generar y utilizar nuevas herramientas y medios, que permitan que la toma de decisiones se convierta en un proceso basado en el análisis y seguimiento del desarrollo desde una perspectiva a diferentes niveles y escalas. Por esto, el concepto de desarrollo sostenible implica, además de consideraciones de tipo social,

cultural, económico y ambiental, el tomar en cuenta particularmente las dimensiones temporales y espaciales. El *tiempo*, pues el desarrollo se relaciona con aspectos dinámicos, como el progreso y el crecimiento. El *espacio*, puesto que la sostenibilidad y las políticas se relacionan con el lugar en donde se aplican las acciones de desarrollo y donde ocurren los cambios sobre el medio ambiente y la sociedad.

Dentro de este contexto, la producción y uso de información tienen un papel crítico que jugar, puesto que ella puede proveer de bases firmes al proceso de toma de decisiones y el seguimiento del proceso de desarrollo y el medio ambiente. Los sistemas de información geográfica (SIG), los indicadores y las bases de datos, son herramientas que permiten integrar conjuntos de datos e información en una base georeferenciada común, en función de las necesidades de gestión en el ámbito local, nacional, regional y mundial; mejorar los métodos de recolección de datos; facilitar su uso e intercambio; y mejorar la calidad de la información utilizada en los procesos de toma de decisiones.

La información producida, permitirá, entre otros, determinar los cambios y condición del medio ambiente y los recursos naturales en relación con el proceso de desarrollo y la sociedad; así como elaborar diagnósticos sobre las causas y efectos de los problemas detectados o de los cambios en el estado del medio ambiente y la sociedad. De esta manera, se podrán elaborar respuestas y acciones apropiadas; y pronosticar los impactos actuales y futuros de las actividades humanas sobre el medio ambiente, para poder definir estrategias, acciones y políticas alternativas.

El objetivo del presente trabajo es mostrar, sobre la base de un ejemplo, el desarrollo y uso de indicadores y los sistemas de información geográfica, para la producción de información, como herramienta de ayuda a la toma de decisiones. El ejemplo se centra en la región de América Latina y el Caribe, pero muestra el uso de estas herramientas

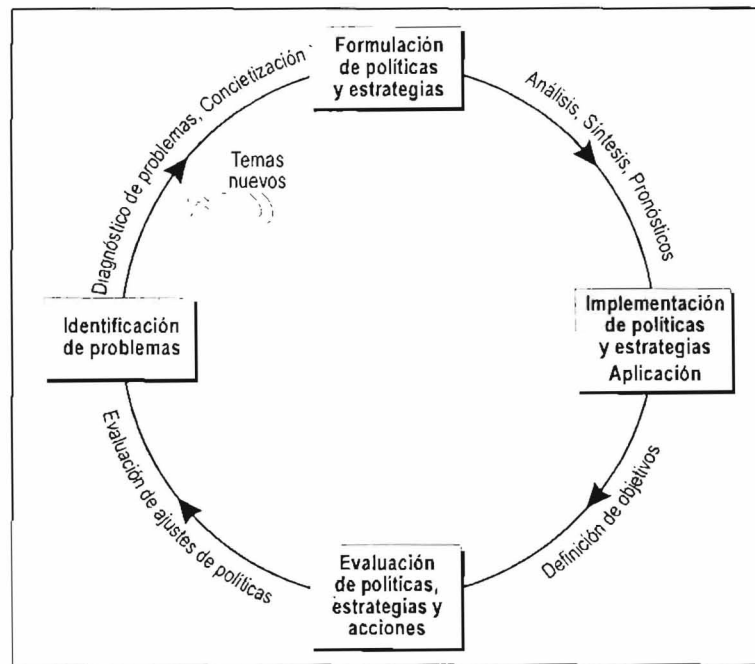


Figura 1: Ciclo de toma de decisiones (adaptado de: UNEP/DPCSD, 1995)

La implementación y aplicación de las políticas, estrategias y acciones, implican establecer un marco amplio de metas relacionadas con objetivos y normas, científicamente validados, a ser cumplidos y/o adaptados de las etapas previas del ciclo de toma de decisiones. Aunque algunos objetivos y metas pueden ser expresados en términos de indicadores descriptivos asociados con el problema (por ejemplo, la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos), en esta etapa es necesaria la elaboración de un conjunto de indicadores agregados e índices asociados a los objetivos y metas a ser alcanzados de manera de poder monitorear la eficacia en el cumplimiento. No obstante los objetivos y metas deben ser revisados periódicamente, según las circunstancias, evolución y percepciones de los problemas.

Finalmente, la última etapa del ciclo de toma de decisiones se refiere a la evaluación de la efectividad y del impacto de las políticas, estrategias y acciones adoptadas. La realización de objetivos y metas, y los progresos por las medidas tomadas, deben ser evaluados a fin de asegurar el mejor costo-beneficio, permitir el ajuste de

las acciones y estrategias, y garantizar la mejor respuesta de la sociedad. La evaluación de la efectividad y el impacto de las políticas y acciones adoptadas, se pueden realizar mediante *indicadores específicos* para la evaluación de políticas; los cuales son normalmente de tipo *agregados*.

Dado que el proceso de desarrollo es dinámico, a lo largo del mismo surgirán nuevos temas prioritarios y problemas; lo que hará necesario una nueva identificación de problemas para la definición de políticas, una implementación de estrategias y acciones diferentes, y una nueva evaluación de las acciones tomadas y de las respuestas generadas.

III. Indicadores ambientales y marco conceptual de referencia

El concepto de desarrollo ha sido asimilado generalmente a crecimiento económico y por consiguiente las herramientas disponibles para su monitoreo son útiles para analizar algunas de las consecuencias, pero no las causas y en particular las interrelaciones y efectos sinérgicos entre los componentes sociales, económicos y

las categorías de este modelo, ha uno que puede ser definido como de **Presión-Estado-Impacto-Respuesta** (P-E-I-R). Así, este nuevo modelo permite elaborar cuatro grupos de indicadores; el primero para observar las causas (*presiones*) de los problemas ambientales y de desarrollo; el segundo se relaciona con la calidad (*estado*) del medio ambiente y los recursos naturales en función de las acciones

antrópicas y la situación de la sociedad; el tercer grupo permite observar el *impacto* y los efectos de las actividades humanas sobre el medio ambiente y la sociedad; y, finalmente, el cuarto grupo se refiere a las medidas y *respuestas* que toma la sociedad para mejorar el medio ambiente y el desarrollo. (FIGURA 2)

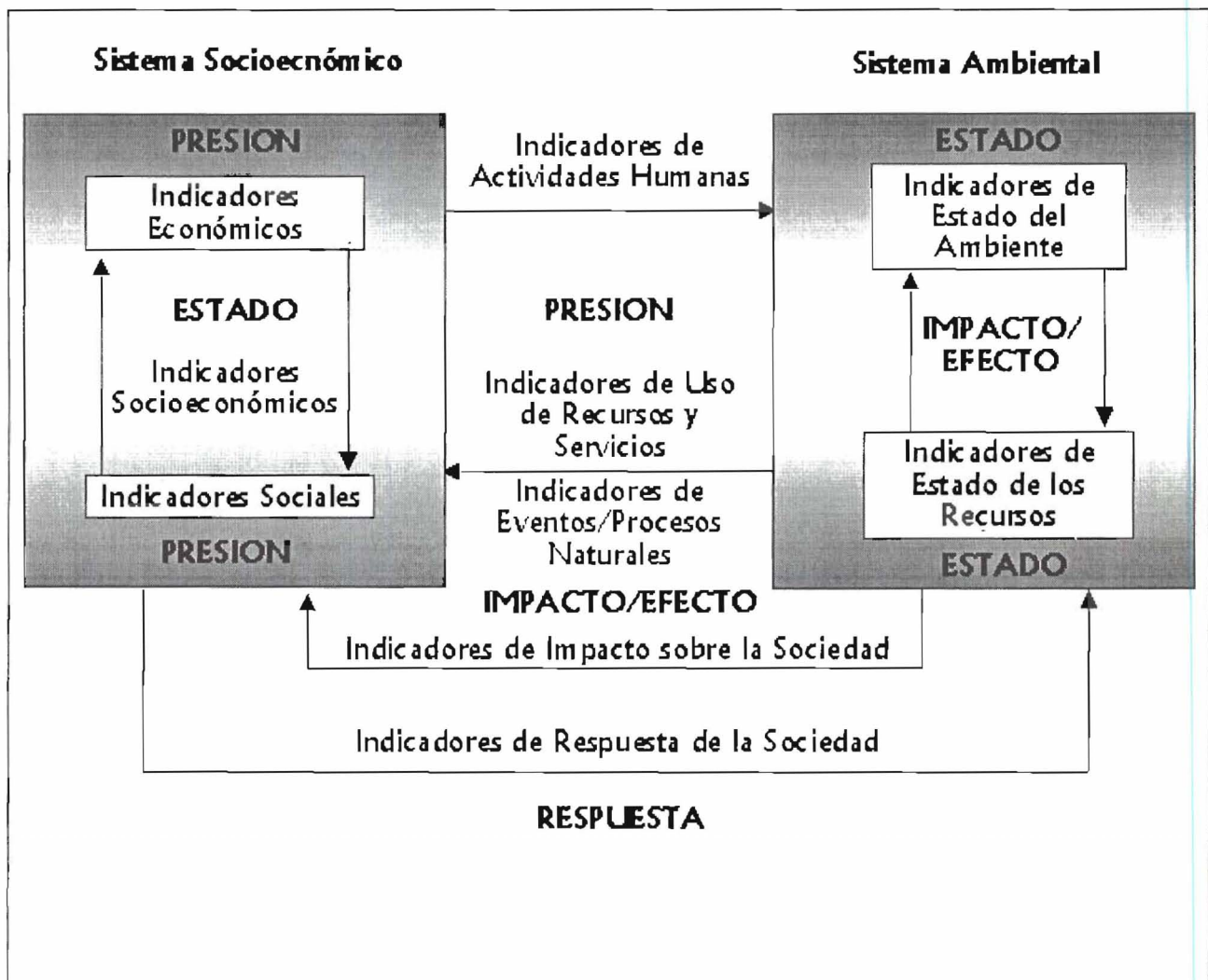


Figura 2: El modelo de Presión-Estado-Impacto-Respuesta (fuente: EPA, 1995; Winograd, M., 1995a)

ellas, la dificultad en el acceso a datos confiables, la ausencia de metodologías comunes para la elaboración de información, y la falta de marcos conceptuales armonizados para el desarrollo y uso de indicadores en el ámbito mundial, regional y nacional. En la realidad, la situación podría representarse entonces, como una pirámide invertida con una gran cantidad de indicadores e índices, y una falta sorprendente de datos que apoyen la producción de dicha información (FIGURA 3B).

IV. Los sistemas de información geográfica

La toma de decisiones dentro del contexto del desarrollo sostenible, implica aproximaciones a diferentes niveles y escalas así como la integración de datos sociales, económicos y ambientales. Esto crea la necesidad de manejar gran cantidad de

datos, con diferentes niveles de calidad, resolución y métodos de generación. Para responder a estas demandas de gestión de la información, es necesario la utilización de *sistemas de información*; que pueden ser definidos como un conjunto formal de procesos que, operando sobre una base de datos estructurada de acuerdo a las necesidades de los usuarios, permite la recopilación, elaboración y distribución de información útil y prioritaria para apoyar los procesos de toma de decisiones (Andreu, Ricart y Valor, 1991). Por extensión, un *sistema de información geográfica* o georeferenciada (SIG), se refiere a una colección de tecnología de información (equipos y programas) y procedimientos, que permiten el manejo de datos e información de carácter geográfico, o *espacial*, y sus *atributos* relacionados (Aronoff, 1989; Huxhold and Levinsohn, 1995).

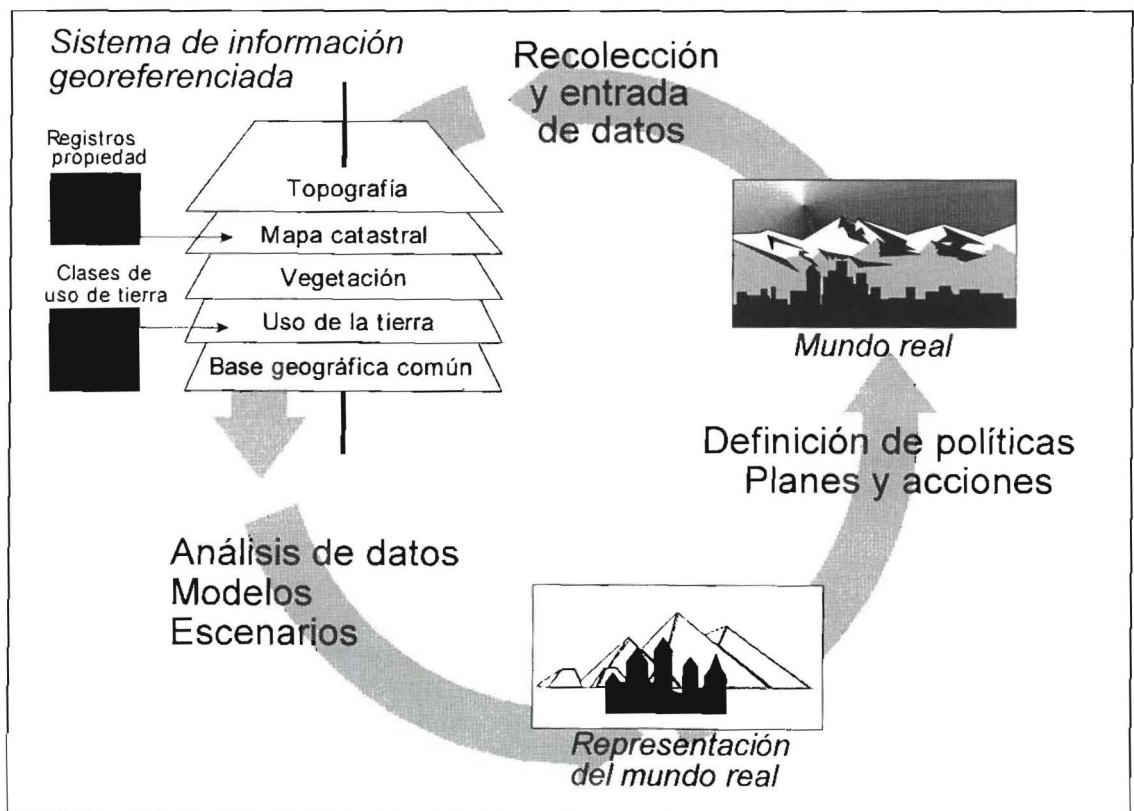


Figure 4: Sistema de información georeferenciada y el ciclo de información (adaptado de Aronoff, 1989; Bernhardsen, 1992)

ejemplo mapas básicos y de indicadores espaciales, permiten al usuario identificar y analizar las interrelaciones entre las causas y efectos de los problemas de desarrollo y medio ambiente, en un contexto espacial y temporal convirtiendo la toma de decisiones en un proceso dinámico, más acorde con la realidad.

IV.2. Reconciliación de escalas, niveles y usos de los indicadores

Como se mencionó, el desarrollo y uso de indicadores de sostenibilidad y la producción de información para la toma de decisiones debe prestar una atención especial a las dimensiones espacial y temporal con el fin de conocer donde están las presiones del desarrollo sobre el medio ambiente, cual es el estado de los recursos naturales, el medio ambiente y la sociedad, donde y como ocurren los impactos y efectos sobre el medio ambiente y la sociedad, y donde y cuales deben ser las respuestas y acciones necesarias. No obstante, los indicadores relacionados con las *presiones* y el *estado* del medio ambiente son mas fácilmente georeferenciables que aquellos relacionados con el *impacto* y las *respuestas*. Esto se debe en particular a la mayor disponibilidad de datos para temas relacionados con las presiones y estado del medio ambiente, por el tipo de indicadores necesarios y dada la naturaleza de los problemas a ser analizados sobre los cuales existe más conocimiento cuando se refiere a las presiones y estado de los recursos naturales.

De la misma manera, la elaboración de información espacial para los componentes sociales y económicos tiene grandes dificultades porque los datos para esas variables generalmente se preparan bajo consideraciones de tipo temporal (por ejemplo, el Producto Bruto Interno, la estructura de la producción, el Índice de Desarrollo Humano), sin una verdadera consideración geográfica; o, en todo caso, agregados en el ámbito nacional, lo cual

los hace de utilización muy limitada para un análisis a nivel sub-nacional.

Sin embargo, la dinámica de las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente no permiten una separación de su contexto espacial y temporal. El proceso de desarrollo implica una serie de interacciones en donde las relaciones causa-efecto pueden ser directas, indirectas, no lineales, o tener efectos sinérgicos. La existencia de este tipo de relaciones implica que en muchos casos (ver ejemplo ecosistemas y uso de tierras ilustrado en la FIGURA 6) la información relevante acerca de la sustentabilidad será provista por la combinación de valores de un conjunto de indicadores en forma georeferenciada o por la "radiografía" total mostrada por el conjunto de mapas de indicadores y no solamente por la suma, agregación o listado de ellos (Gallopín, 1996).

Al mismo tiempo, es cada vez más claro que los problemas ambientales y de desarrollo tienen características cambiantes en el tiempo y en el espacio (Holmberg, 1995). De su carácter local hace unas décadas, muchos de ellos se han convertido en problemas regionales y globales (por ejemplo el cambio climático en el caso del medio ambiente; el comercio en el caso del desarrollo). Es así como muchos de los problemas ambientales no se originan en una fuente identificada sino más bien en muchas y pequeñas fuentes difusas —como sucede con la contaminación urbana. Este cambio en el carácter y escala de los problemas implica que el *tiempo* del impacto se acorta, y su *dimensión* se agranda (por ejemplo, modificaciones en el uso de las tierras con importantes impactos en las cuencas y aprovisionamiento de agua). La cadena causal de estos problemas es entonces cada vez más compleja, con un sinnúmero de interacciones e interrelaciones que en muchos casos apenas hoy comenzamos a conocer y entender.

sustentabilidad reciben en la actualidad una atención creciente, porque aparecen como herramientas indispensables para el seguimiento y la definición de las políticas, acciones y estrategias conducentes a un desarrollo sostenible y al análisis de sus costos y beneficios (OCDE, 1991; UNEP-DPCSD, 1995; World Bank, 1995).

La gran heterogeneidad socioeconómica y ambiental de América Latina y el Caribe, no permite analizar fácilmente a la región como una simple unidad. Todo análisis regional se ve confrontado a vacíos e incompatibilidades en los conjuntos de datos, los métodos de producir la información y la disponibilidad de informes

ambientales nacionales y regionales, los cuales, además de utilizar conceptos y contenidos diferentes, tratan los temas y problemas con niveles de profundidad distintos según sean las prioridades y realidades nacionales. Sin embargo, un análisis sistemático de la información regional y nacional permiten armonizar parte de los datos de manera de realizar una síntesis regional comprensiva.

Desde esta perspectiva las *regiones o agrupamientos regionales* pueden ser utilizados como unidades políticas de integración creciente, en las cuales se elaboran políticas y estrategias de desarrollo. Las *fronteras nacionales* pueden usarse como las unidades

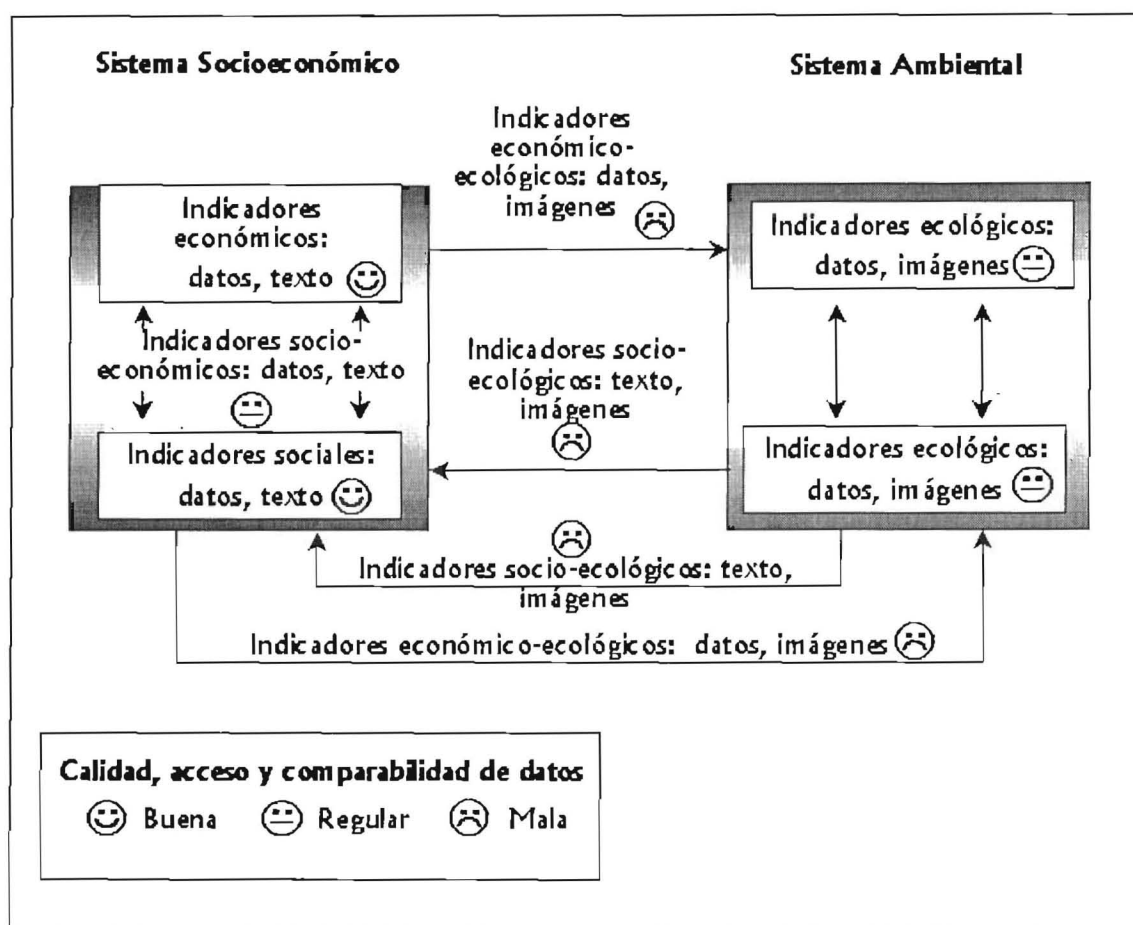


Figura 5: Tipos, características y calidad de la información disponible para la toma de decisiones. (Winograd 1995a)

sencilla. Obviamente cualquier categorización sobre los problemas o prioridades ambientales y de desarrollo contendrá inevitablemente un cierto grado de arbitrariedad. No obstante la región presenta ciertas características comunes en sus procesos de desarrollo, tales como la alta tasa de urbanización, la gran diversidad étnica y cultural, la rápida expansión de las fronteras agrícolas, los ajustes estructurales generales a los que han sido o están siendo sujetas las economías nacionales, los procesos de integración regional y mundial crecientes, los cambios en la función del Estado, una actividad emergente de la sociedad civil y un incremento en la desigualdad social y la pobreza.

Sobre la base de los principales estudios realizados sobre medio ambiente y desarrollo para América Latina y el Caribe, se puede concluir que los problemas ambientales más importantes son: el uso de las tierras, la explotación y uso de los recursos forestales, los ecosistemas y el patrimonio biológico, las aguas y cuencas, el deterioro de los recursos marinos y costeros, el ambiente y la calidad de vida en los asentamientos humanos, la energía, los recursos minerales y la industria y la contaminación. (BID-PNUD, 1990; Gallopín *et al.*, 1991; Gallopín *et al.*, 1995; PNUMA, 1997; PNUMA-AECI-MOPU, 1990; USAID-WRI, 1993)

Estos problemas pueden ser analizados, además, en función de las causas subyacentes que en la región son principalmente sociales, económicas e institucionales. De esta manera se puede analizar la magnitud de las extensiones afectadas, las transformaciones que inducen sobre los sistemas naturales y el impacto sobre la población y las actividades económicas, de manera de poder definir ciertas variables que permitan medir hasta que punto el sistema ha sido o es afectado. Estas variables pueden ser utilizadas para la selección de los indicadores del seguimiento y

monitoreo del proceso de desarrollo. Desde esta perspectiva se pueden definir 14 variables en función de los problemas y causas subyacentes regionales (Winograd, 1995a,b):

- Población,
- desarrollo económico,
- desarrollo social y humano,
- energía y transporte,
- industria y materiales,
- atmósfera y clima,
- desechos,
- agricultura y alimentación,
- bosques y sabanas,
- ecosistemas y uso de tierras,
- biodiversidad,
- recursos costeros,
- agua dulce, y
- eventos naturales.

V.3. Criterios de selección de indicadores e información

Existe una serie de elementos comunes en la elaboración de información ambiental. Para utilizar el marco conceptual como base de un sistema operativo de indicadores e información, son necesarias varias etapas; a saber, la coordinación de obtención y difusión de datos; las herramientas y medios para sintetizar, utilizar y visualizar la información e indicadores para los diferentes usuarios; y el conjunto de criterios para la selección de indicadores. En relación con este último, existe un conjunto de criterios que se pueden resumir en tres grupos básicos: (i) la confiabilidad de los datos; (ii) la relación con los problemas y las causas subyacentes; y (iii) la utilidad para el usuario.

Dentro del marco conceptual definido en la sección III.1., el objetivo final del proceso de selección es desarrollar un conjunto de indicadores para cada una de las categorías del modelo P-E-I-R. Para esto, se deben definir indicadores para las

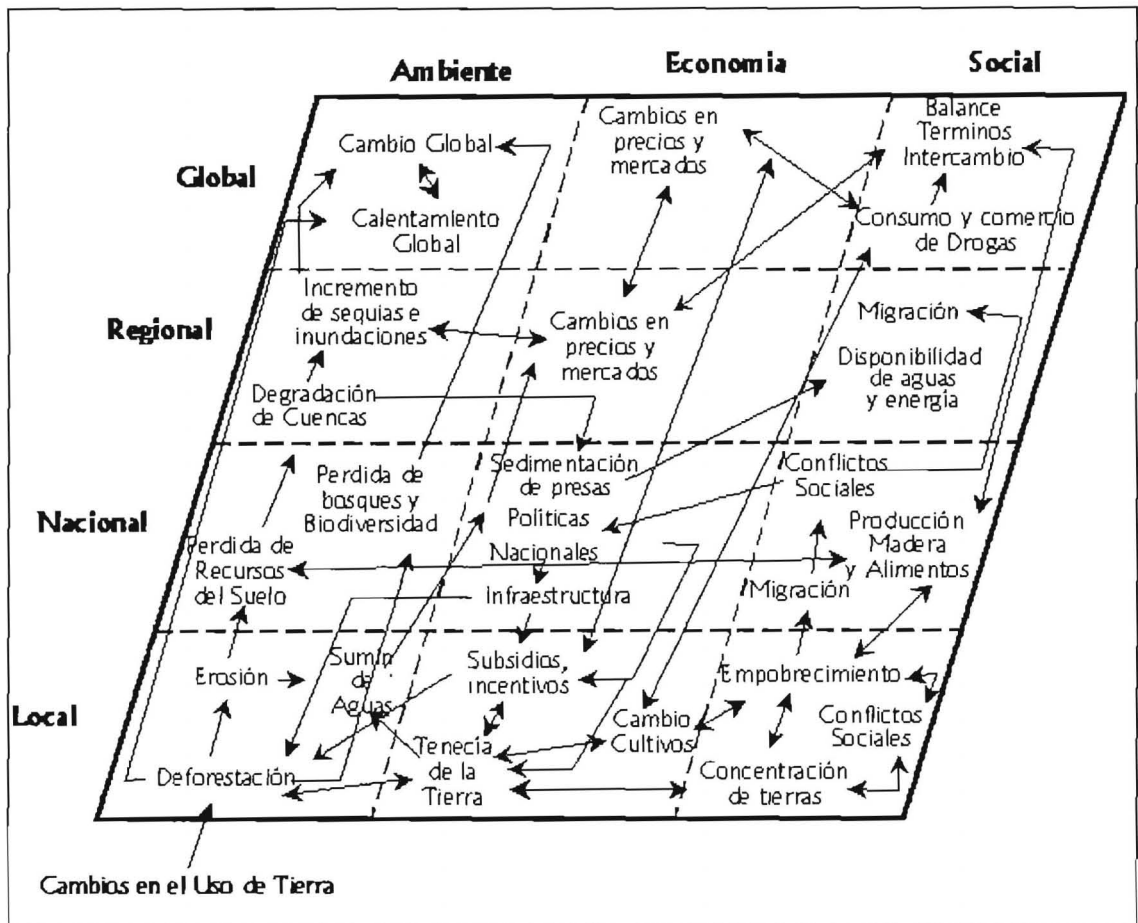


Figure 6: Interrelaciones verticales (componentes) y horizontales (escalas) en el caso del uso de tierras. (Fuente: Winograd, 1997)

para la elaboración de indicadores, se dan en relación con la cantidad y calidad de los datos existentes, el acceso y distribución de los datos/información, la síntesis e integración de la información, y la comparabilidad de los datos/información —ver FIGURA 6 (CEPAL, 1994; Needham, 1992; CIAT-PNUMA, 1996).

Por otra parte, el interés creciente en tener acceso a datos e información, y en su intercambio, implica un necesario acceso a tecnología de información de avanzada (incluyendo el desarrollo de la infraestructura y los recursos necesarios), a todos los niveles, que asegure una gestión adecuada de la información ambiental. Pero al mismo tiempo existe preocupación, y muchas veces falta de conocimiento, de cómo alcanzar estas

metas y como superar los costos de implementación que ellas llevan asociadas (CIAT-PNUMA, 1996; de Alba, Carega y Fernández, 1997). Por estas razones cabe preguntarse que tipo de tecnología es necesario para el desarrollo de indicadores y la producción de datos, o como realizar un uso más eficiente de la tecnología disponible.

En general, en América Latina y el Caribe, las bases de datos para variables sociales, económicas y demográficas, se encuentran bien desarrolladas. En el ámbito nacional se realizan periódicamente censos y estadísticas agropecuarias. Existe también, una importante cantidad de datos (provenientes de investigaciones ecológicas, inventarios ambientales y de

(deforestación, cambios de uso de tierras, incremento en los cultivos) están directamente relacionados con la dinámica de construcción de vías de acceso, migración de población, establecimiento de actividades agropecuarias y acceso a los mercados. Es decir que la principal presión de tipo económico, la constituye la "accesibilidad" (que tan fácil resulta llegar de una zona determinada a otra). Esta presión puede ser visualizada a través del Índice de Accesibilidad (FC10), el cual ha sido desarrollado en función de la infraestructura vial y la ubicación de los centros de población.

Estas presiones subyacentes, llevan a un *estado* de la sociedad que puede ser analizado en función de la "distribución de la población urbana". Es así como la

importancia de la población en relación con los ecosistemas y uso de las tierras está más relacionado a su distribución geográfica, ya sea por zonas de vida o regiones ecológicas, que a los números absolutos de personas en un país o región (FC 11: población urbana). Este índice permite analizar la presión y estado de la población, en función de la disponibilidad y necesidad del recurso tierras.

A partir entonces de las fronteras administrativas y ecológicas, de las limitaciones y potencialidades de los ecosistemas, y de las presiones y estados subyacentes, se pueden definir los *indicadores directos* —de presión, estado, impacto y respuesta— para los ecosistemas y el uso de tierras (tercera etapa del proceso de generación de

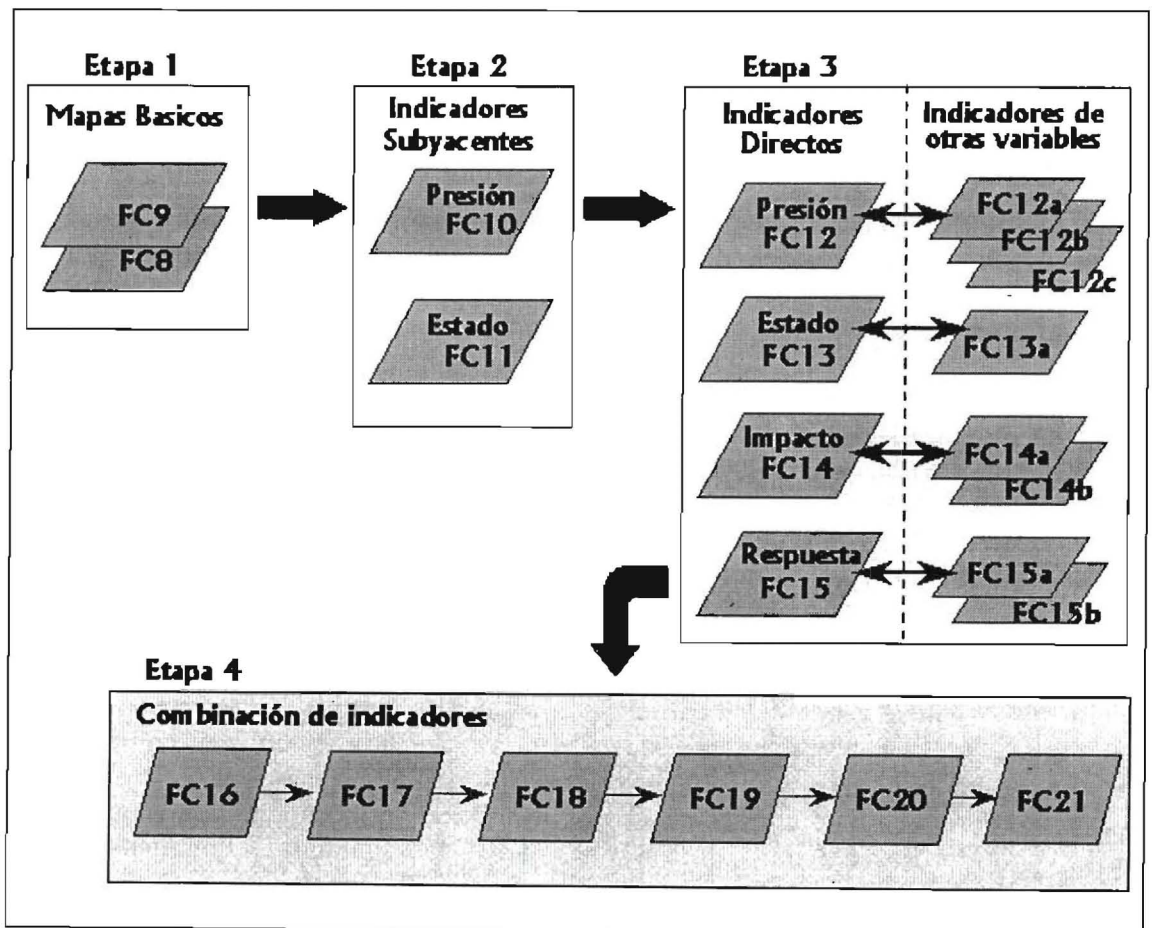


Figura 7: Secuencia de utilización de indicadores para la variable ecosistemas y uso de tierras

conservación de los ecosistemas y para orientar los usos de la tierra. Pero los *impactos* también pueden ser analizados en función de los *efectos* sobre la población humana, como consecuencia del uso de la tierra. En este caso, el indicador “áreas afectadas por el déficit de madera”, proveen información sobre el impacto de las transformaciones y usos de las zonas boscosas, y el efecto potencial de la explotación y transformación de las zonas forestales (FC 14b).

Finalmente, dentro de esta tercer etapa, es importante analizar las *respuestas* que la sociedad genera para proteger los ecosistemas, así como la efectividad de las medidas adoptadas en cuanto al uso de las tierras. En este caso el indicador puede ser las “áreas protegidas” (FC 15), el cual muestra la ubicación y tamaño de las zonas en conservación. Aquí también será necesario analizar, con información adicional sobre otras variables, el “potencial agrícola de los ecosistemas”, de manera tal de conocer la capacidad productiva de las tierras, y orientar medidas y prácticas que permitan un uso adecuado de los suelos (FC 15a). Al mismo tiempo, se podrán definir las regiones que serán necesarias proteger y conservar, con el fin de elaborar y corregir las acciones y políticas adaptadas a las limitaciones de los ecosistemas de la región (FC 15b).

Como se mencionara, la real utilidad y poder en el uso de indicadores y sistemas de información geográfica para apoyar la toma de decisiones, lo constituye la capacidad de estas herramientas de utilizar diferentes tipos de indicadores, superponer datos e información provenientes de diferentes fuentes, y realizar análisis espaciales detallados en zonas de especial interés. Por ello, una cuarta y última etapa en el proceso de generación de indicadores y uso de información, lo constituye la superposición de diferentes indicadores y mapas, para efectuar análisis detallados de áreas prioritarias, a fin de observar y analizar las

posibles relaciones existentes entre problemas ambientales y de desarrollo, las causas y consecuencias del uso de la tierra, las interrelaciones entre los componentes sociales, económicos y ambientales, así como las posibles soluciones para transitar hacia modelos de desarrollo sostenibles en la región. En la secuencia de figuras FC 16 a FC 21, se ejemplifica el uso de estas herramientas a través de diferentes combinaciones de indicadores —subyacentes y directos— y mapas básicos.

La FC 16 muestra la superposición de indicadores de *presión económica subyacente* (índice de accesibilidad), de *presión directa* (deforestación) y de *estado* (superficies en uso), para el caso de la región Amazónica de Brasil. Esta combinación de indicadores permite ver la relación directa entre la accesibilidad y la deforestación; y, al mismo tiempo, las áreas de concentración de actividades agropecuarias comerciales, debido al mejor acceso a los mercados.

En el caso de la FC 17, se indica la sobreposición de indicadores de *presión subyacente* (accesibilidad), *presión directa* (fronteras forestales) y de *impacto* (fragmentación de bosques) en la región tropical de América Latina. Las zonas con mayor accesibilidad tienen sus fronteras forestales más vulnerables. Al mismo tiempo, la fragmentación es mayor en aquellas zonas con fronteras forestales en peligro y con fácil accesibilidad. La fragmentación del bosque también da información sobre posibles áreas prioritarias a ser rehabilitadas o protegidas en función de la dinámica de las fronteras forestales.

Como continuación del análisis de la figura anterior, la FC 18 muestra la sobreposición de un indicador de *presión subyacente* (accesibilidad), con uno de *respuesta* (áreas protegidas), para la zona andina. Esta combinación resulta útil para la toma de decisiones en cuanto a áreas protegidas, puesto que zonas de

global, será necesaria la producción de información (sobre la base de sistemas de información geográfica) que pueda ser visualizada, integrada y utilizada por los diferentes tipos de usuarios, en las diferentes etapas de la toma de decisiones.

Aunque aún no se dispone de datos adecuados para cubrir todos los temas relacionados con el desarrollo y el medio ambiente, el principal problema en América Latina y el Caribe está más ligado al acceso, distribución y armonización de la información existente. Las posibles alternativas para mejorar la producción, disponibilidad y difusión de datos e información, deberán ser pragmáticas y factibles de ser implementadas. Por esto, ellas deberán estar dirigidas principalmente a construir y mejorar, sobre la base de los datos disponibles, bases de datos nacionales y regionales y redes para mejorar el acceso, la distribución y el intercambio de la información.

Esto implica la adopción de un marco conceptual común para el desarrollo y uso de indicadores a diferentes niveles y escalas, sobre la base de una aproximación georeferenciada y temporal, de tal manera que la información pueda ser utilizada, entre otros, para:

- determinar los cambios y condición del medio ambiente en relación con el proceso de desarrollo y la sociedad;
- dar un diagnóstico sobre las causas y efectos potenciales de los problemas actuales detectados, o sobre los cambios en el estado del medio ambiente, a fin de elaborar las respuestas y acciones adaptadas; y
- pronosticar futuros impactos de las actividades humanas y de los cambios ambientales, para así poder elaborar estrategias y políticas alternativas.

Sin embargo la difusión y aplicación del conjunto de indicadores para la toma de decisiones dependerá del desarrollo de un proceso de intercambio entre productores y utilizadores de estas herramientas. Este proceso requiere, además de un intercambio fluido de información y de una armonización de metodologías e indicadores, de un delicado balance entre la validez científica, la aceptabilidad política y la factibilidad económica y técnica para el desarrollo y uso de estas herramientas.

I. Introduction

In everyday life, different kinds of "information" are used to support decision-making. For example, blood pressure, pulse and body temperature indicates people's health condition. Air pressure, temperature and relative air humidity are helpful to know and forecast the weather.

Gross domestic product (GDP), as well as unemployment and inflation rates are used to show the economic evolution and trends in a country or region. Nevertheless, equivalent indicators, capable of enabling an appropriate overview and assessment of the state of the environment and the society, the impacts of development processes on natural resources and ecological functions, society-generated responses to improve its own environment, as well as the inter-relations among the different development factors, are not still enough advanced.

This situation leads to the fact that at present, scientists, experts and institutions can seldom provide politicians, decision-makers, policy planners and the public in general with reliable, meaningful and accurate information about the cost-benefit of the development process. Nor its possible causes and consequences on the environment, and the impact and efficiency of adopted policies and strategies.

Although there is a worldwide consensus on the need for sustainable development, the transition to these sorts of development models must move from rhetoric to the definition and application of strategies, policies and actions. This implies the need to generate and use new tools. It should also help decision-making become a process based on the analysis and follow-up of development from different scales and levels of perspective. Thus apart from social, cultural, economic and environmental considerations, the

concept of sustainable development means taking into account the particular dimensions of *time* and *space*. *Time*, since development is related to dynamic processes, such as progress and development. *Space*, since sustainability and policies are related to the place where development actions are applied and where changes in environment and society occur.

Within this framework, production and use of information has a critical role to play, in the sense that it can provide a sound basis for the decision-making process and for the follow-up of the development process and the environment. Geographic Information Systems (GIS), indicators and databases are tools that help integrate sets of data and information in a common geo-referenced base. This will be according to different local, national, regional and world management needs. These tools may also improve data-collecting methods, facilitate their use and interchange, and improve the quality of the information used in decision-making processes.

The information produced will help, among others, determine the changes and condition of the environment and the natural resources in relation with the development process and society, as well as make diagnoses on the causes and effects of detected problems, or on the changes in the state of the environment and society. In this way, it will be possible to plan appropriate responses and actions, and to forecast present and future impacts of human activities on the environment, in order to be able to define alternative strategies, actions and policies.

The objective of this work is to show, by means of an example, the development and use of indicators and geographic information systems for the production of information, as a tool to support decision-making. The example is centered in the region of Latin America and the

indicators and indices which are associated to the objectives and goals to be attained, in order to be able to monitor efficiency in their fulfillment. Nevertheless, objectives and goals must be periodically checked, depending on

circumstances, evolution and perception of the issues.

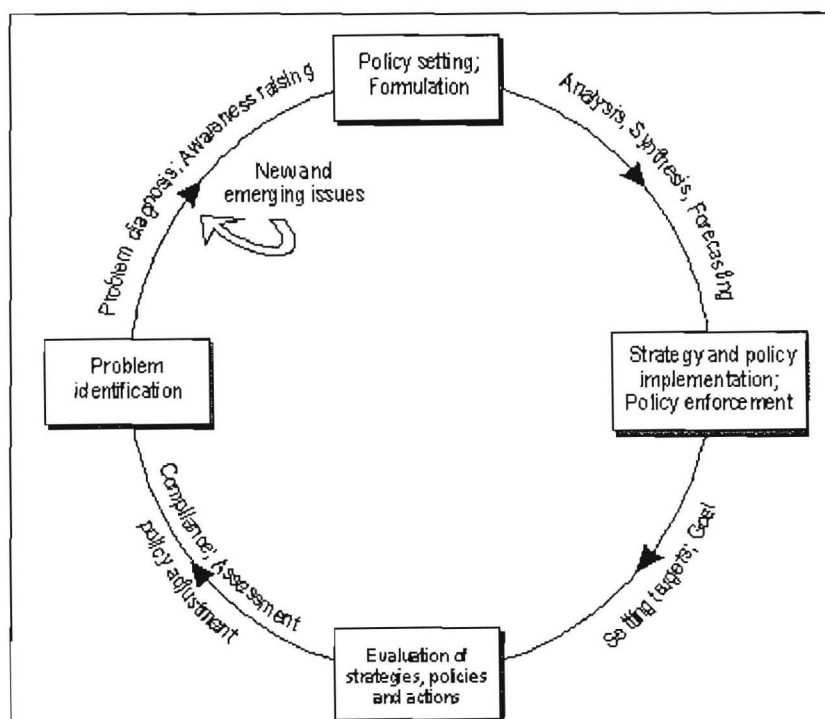


Figure 1: The decision making cycle, adapted from UNEP/DPCSD, 1995

Finally, the last stage in the decision-making cycle is related to the assessment of the effectiveness and the impact of the adopted policies, strategies and actions. The realization of objectives and goals and the progress due to adopted measures must all be assessed in order to ensure the best cost-benefit relationship, to enable the adjustment of actions and strategies, and to guarantee the best response from society. The assessment of the effectiveness and impact of adopted policies and actions can be made through *specific indicators* for policy assessment, which are normally of the *aggregated* type.

Since the development process is dynamic, new priority issues and problems will emerge all along, which will call for a

new identification of issues for policy definition, an implementation of different strategies and actions, and a new assessment of adopted actions and generated responses.

III. Environmental indicators and conceptual reference framework

The concept of development has been generally assimilated to economic growth, and therefore, the tools available for its monitoring are useful to analyze some of the consequences but not necessarily the causes, and especially the interrelations and synergistic effects among the social, economical and environmental components. This is why, within the framework of sustainable development, it is necessary to design diagnosis, forecast

pressure on the environment and natural resources, which leads to a change in the *state* of the environment, and to which society *responds* with certain measures or actions to reduce or prevent the impact. This model was used by the OECD to organize the environmental information of its member countries, in order to examine their performance and environmental results. It has also been used to structure environmental information and possible sustainability indicators according to goals and objectives in countries such as The Netherlands (Adriaanse, 1993), for the United Nations Commission on Sustainable Development (DPCSD, 1995; 1996), and for the World Bank (World Bank, 1995). The P-S-R model has also been applied at a regional scale to organize a set of environmental indicators that help measure the sustainability of land use in Latin America and the Caribbean (Winograd, 1995a), and at national and local scales for environmental planning, management and decision-making (Winograd *et al.*, 1996, 1997).

Nevertheless, due to the characteristics and the nature of development and environmental issues, in general, the use of the P-S-R model is related to a taxonomic methodology of information organization and not to a cause-effect interpretation. For this reason, this model must be adapted and refined. On one hand, for the model to be used in the follow-up and analysis of development and the relations between society and the environment, it is necessary to make a spatial and time approach, so that, on the basis of a taxonomic model of information organization, information could be obtained and/or superimposed in order to analyze and interpret causes and effects of development and environmental issues.

On the other hand, in order to determine the type and nature of the relations between society and the environment, it is necessary to incorporate other

information categories into the P-S-R model, enlarging its categories, to a model that can be defined as Pressure-State-Impact-Response (P-S-I-R). Thus, this new model allows four sets of indicators to be generated: the first, to observe the causes (*pressures*) of environmental and development issues; the second is related to the quality (*state*) of the environment and natural resources in accordance with anthropic actions and the situation of the society; the third group enables the observation of the *impact* and the effects of human activities on the environment and the society; and finally, the fourth set is related to the measures and *responses* taken by the society to improve both the environment and the development. (FIGURE 2)

III.2. The information pyramid

Indicators are developed to quantify and simplify complex phenomena, so that they can be analyzed in a given context, and communicated to the different levels of society (Adriaanse, 1993). The production of indicators requires an aggregation and synthesis process in different stages, which can be visualized by means of the so-called *information pyramid* (FIGURE 3A) (Hammond *et al.*, 1995). At the base of the aggregation process we find data obtained through monitoring and analytic processes; with which statistics and time series can be created, and these, in turn, contribute to the creation of indicators and indices. This process of data analysis and synthesis, and of information creation, must be made in accordance with the different stages in the decision-making process. This requires a specific methodology of selection for the necessary data and indicators. Obviously, the larger the availability of data and statistics is, the more efficient will be the process to aggregate, synthesize and develop indicators.

or *geographic information system* (GIS), deals with a collection of information technology (equipment and programs) and procedures, that allow the management of

data and information of a geographic or *spatial* character, and their related *attributes* (Aronoff, 1989; Huxhold and Levinsohn, 1995).

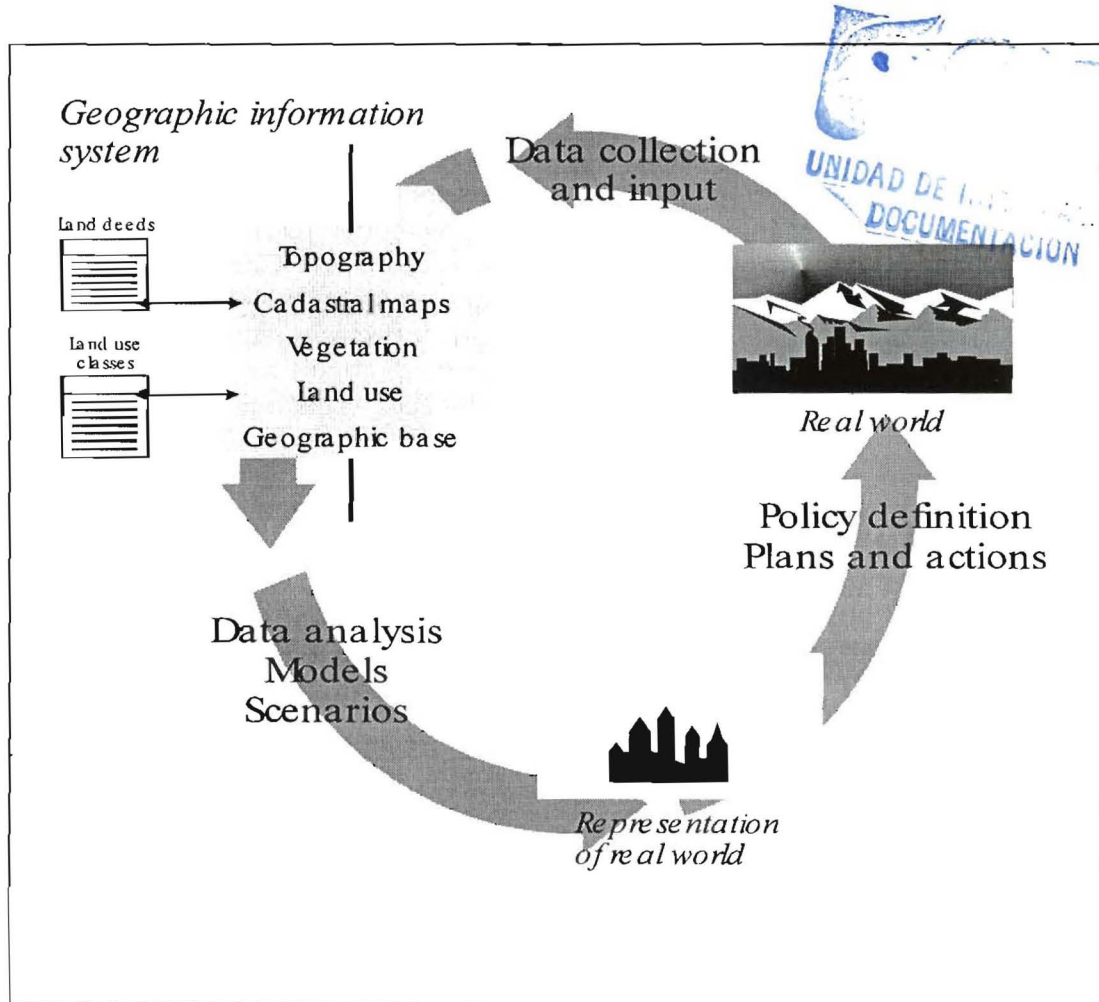


Figure 4: Georeferenced information system and the information cycle (adapted from Aronoff, 1989; Bernhardsen, 1992)

IV.1. Characteristics of GIS for the development and use of indicators

GIS are useful and necessary tools for information integration and incorporation in the decision-making process. GIS allow one to superimpose and analyze a large amount of data from different sources. This is according to geographic reference system, within a spatial and time

framework, that is more powerful than conventional methods (i.e. tabulated data, and historical series). During the last two decades, the use of GIS has evolved from the simple production of maps (automation of production process) or from the solution of sectoral problems, towards the integration of multi-disciplinary data and systems that allow the development of real management tools to support decision-making and

due to a greater availability of data for issues related to the pressures and state of the environment, and to the type of necessary indicators and the nature of issues to be analyzed, which are more widely known when they refer to pressures and state of natural resources.

Likewise, the management of spatial information for social and economical components has great difficulties since the data for those variables are generally prepared under time considerations (for example, the Gross Domestic Product, the structure of production, the Human Development Index), without a real geographic consideration. They are also generally aggregated to a national level, which makes their use very limited for sub-national level analysis.

However, the dynamic of relationships between society and the environment does not allow for a separation of their spatial and time frameworks. The development process implies a sequence of interactions where cause-effect relationships can be direct, indirect, non-linear, or have synergistic effects. The existence of these types of relationships means that in many cases (see ecosystems and land use example in FIGURE 6) the relevant information about sustainability will be provided by the combination of values from a set of indicators in a geo-referenced way, or by the picture shown by the whole set of maps of indicators, and not only by their addition, aggregation or listing (Gallopín, 1996).

At the same time, it is becoming clear that environmental and development issues have features that change in time and space (Holmberg, 1995). Many of them have turned their local character of a few decades ago, into regional and global issues (for example, climate change in the case of the environment, trade in the case of development). This is how many environmental issues do not come from a single identified source but from many

and small widespread sources, as in the case of urban pollution. This change in the character and scale of issues means that the *time* of impact is shortening, while its *dimension* is enlarging (for example, modifications in land use with important impacts on river basins and water supply). So, the causal change of these issues is getting more complex, with endless interactions and interrelations that, in many cases, we are only now starting to know and understand.

Consequently, environmental and development problems cannot be understood and solved only in the administrative domain, since many human or natural disturbances can result in impacts that do not respect political borders. So, it is necessary to take into account different levels and scales during the creation of information for decision-making. The definition and knowledge of spatial borders to delimit political, geographical and ecological units for the survey and control of development and environmental issues can have a deep impact on the effectiveness of responses, actions and management strategies.

IV.3. Synthesis, aggregation and visualization of information

The production of information for decision-making must be analyzed from the user perspective. On one hand, experts need detailed information about different aspects related to environment and development processes in order to be able to establish and appraise the state and trends of the environment, to determine the causes and extent of problems and to predict possible new impacts of human activities and environmental changes. On the other hand, decision-makers and the public in general do not always have the interest, possibility or ability to use all available information, and generally their decisions are based on part of that information. (Jennings, D. and Wattaman, S., 1994)

V. Development of indicators for Latin America and the Caribbean

The interest and need for sustainable development, and the awareness of environmental threats and of mismanagement of natural resources, have made countries, international organizations, planners, decision-makers and non governmental organizations re-examine the available means to assess and survey the evolution and trends in the state of the environment and the development processes, as well as the use of natural resources (Bakkes *et al*, 1994; Rodenburg, 1992). This is why at present, environmental and sustainability indicators receive increasing attention, since they appear as indispensable tools to follow up and define policies, actions and strategies that lead to a sustainable development, and to the analysis of their costs and benefits (OECD, 1991; UNEP-DPCSD, 1995; World Bank, 1995).

The highly heterogeneous socioeconomic and environmental character of Latin America and the Caribbean, does not allow the analysis of the region as a simple unit. Any regional analysis has to face gaps and incompatibilities in datasets, in methodologies for information gathering, and in the availability of national and regional environmental reports. These, apart from using different concepts and contents, analyze issues and problems with varying levels of depth, according to national priorities and realities. Nevertheless, a systematic analysis of regional and national information can help harmonize part of the data, in order to make a comprehensive regional synthesis.

From this perspective, *regions* or *regional groups* can be used as political units of increasing integration, where policies and development strategies are implemented. *National borders* can be used as administrative units, where political decisions leading to development processes are taken. *Life zones* can be

considered areas with common ecological and productive characteristics in which development policies and actions are performed. Finally, *basins* and *ecosystems* are local units where causes and consequences of certain development policies are visualized through a short-time scale, and which serve as pilot study areas.

V.1. The CIAT-UNEP project

In response to the need for a set of tools that help analyze, monitor and visualize development relations and trends in Latin America and the Caribbean, while integrating environmental, social and economical concerns, the United Nations Environment Program (UNEP) and the International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) started a joint project in 1995, with the purpose of developing a proposal of indicators and information for the region. This project would have to enable the integration and harmonization of regional initiatives with others at a global level, and to make those indicators accessible to decision makers, at the regional and national levels (CIAT-UNEP, 1996).

This project, which has completed its first stage in 1997, has the participation of a large number of regional and national experts, institutions and Governments, which have helped in the definition of a regional conceptual framework for the development of indicators, and in the creation of more than 150 geo-referenced indicators. These allow users to analyze and cover information at different scales and levels, in order to monitor the development process and its impact on the environment and the society. The project has produced other results, such as geo-referenced databases, a regional network of experts and institutions that work on environmental and sustainability indicators, reports listing available databases and maps in digital form, and information on the existing institutional capacity in Latin America and the

- agriculture and food,
- forests and savannas,
- ecosystems and land use,
- biodiversity,
- coastal resources,
- freshwater, and
- natural events.

V.3. Criteria for the selection of indicators and information

There exists a series of common elements in the creation of environmental information. In order to use a conceptual framework as the base of an operational system of indicators and information, several stages are necessary, such as the coordination of data gathering and dissemination; tools and means to synthesize, use and visualize information and indicators according to the need of different users; and the set of criteria to select indicators. Related to the latter, there exists a set of criteria that can be divided in three basic groups: (i) reliability of data; (ii) the relationship with problems and underlying causes, and (iii) usefulness for users.

Within the conceptual framework defined in section III.1., the final goal of the selection process is to develop a set of indicators for each one of the categories of the P-S-I-R model. In order to achieve this, it is necessary to define indicators for the identified variables, that allow measuring to what extent the system has been (or is) affected by the development process and human activities. For each variable (such as ecosystems and land use, agriculture and food, forests and savannas, etc.), it is essential to identify and select one or more indicators corresponding to each one of the categories of the adopted model, with the purpose of explicitly stating the causal relationships and the inter-relationships amongst variables. Thus, for the variable

"ecosystems and land use" the pressure indicator is *changes in land use*. This pressure leads to a state of ecosystems that can be identified with indicators of *areas under use*. The impacts and effects of these pressures and state can be seen with the indicator *rate of land degradation*, and the responses generated by society can be seen with the indicator *projections in land use*.

As mentioned, in many cases the relationships among pressure, state, impact/effect and response are not lineal, and so the use of this model may lead to a taxonomic classification. Nevertheless, the organization of indicators and the possibility to overlay information and indicators from other variables (such as agriculture, forests and savannas, biodiversity, and others) help visualize some of the existing interactions and relationships, thus getting an overview of the development process and its relationship with the environment.

V.4. Available data: access and quality

Availability and access to good environmental and socioeconomic data are required in order to adequately analyze and monitor the state of the environment and development processes. Lack of data implies a reduced use of indicators, which better matches a descriptive, anecdotal evaluation, rather than a systematic one (Rump, 1995). In general, the situation in the countries in Latin America and the Caribbean shows that not all data are available, or those databases is not stilling consolidated. There are data "mosaics" due to the fact that they are collected independently by different agencies, institutes, and/or national and regional organizations, which use different methodologies, classifications and standards for a wide range of purposes.

This is how, for instance, socioeconomic data are generally gathered with the purpose of a statistic survey. In the case of environmental data, they are collected

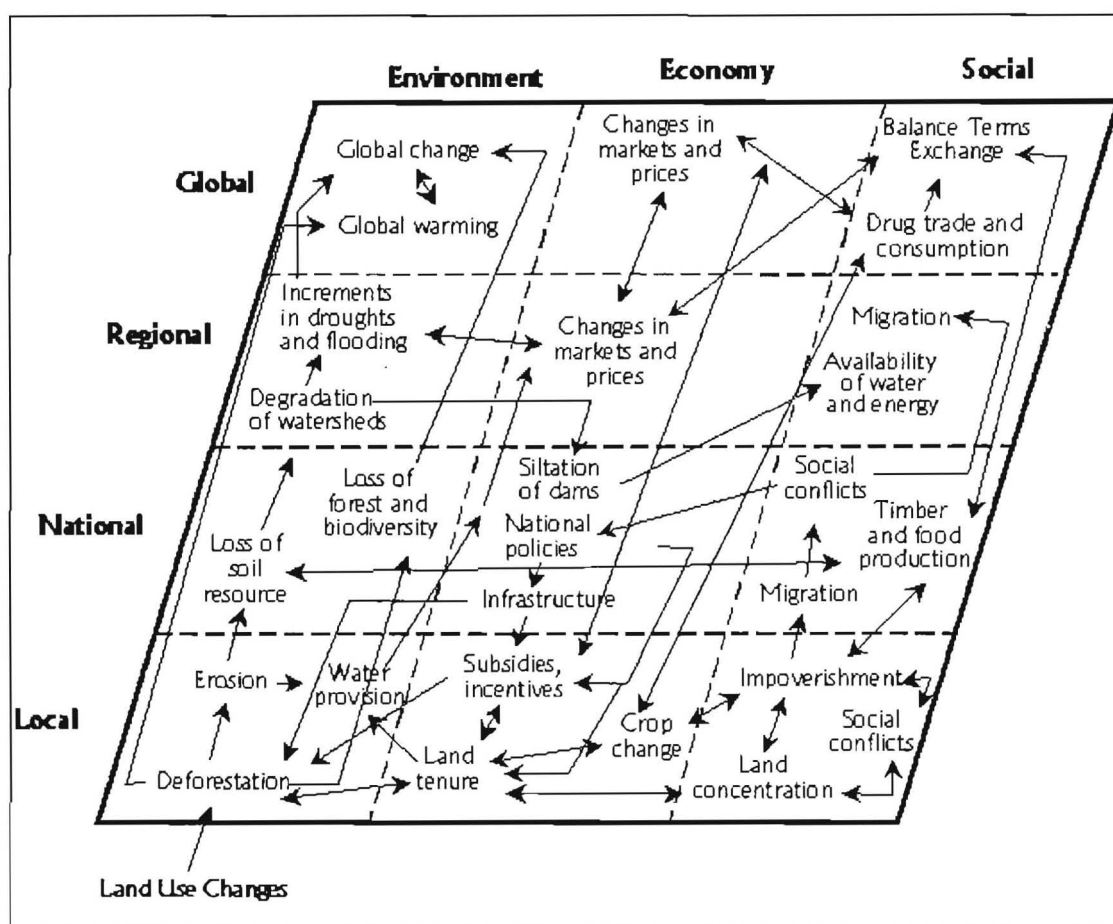


Figure 6: Vertical (components) and horizontal (scales) interrelations, in the case of land use

VI. Application example: ecosystems and land use in Latin America and the Caribbean

In order to illustrate the process of generation and the use of geo-referenced indicators for decision-making, there follows an example for the *ecosystems and land use* variable. This example helps illustrate the dynamic of relations among society, economy and environment, as well as the need to take into account the spatial and time framework (FIGURE 6). By integrating indicators and GIS the example helps also to visualize some cause-effect interactions. These interactions show that the process of decision-making (following those of monitoring and analyzing development) needs relevant information in the form of the combination of geo-referenced indicators, and not simply an

addition, aggregation or listing of these indicators.

As an aid to the understanding of this example, FIGURE 7 shows the sequence of the use of indicators and the map combination process; in such a way that this figure constitutes a methodological sheet that enables one to see the "road" through the different stages in the use of information. The maps and final indicators for each one of the categories of the P-S-I-R model, mentioned in FIGURE 7, are presented graphically in the color figures (CF8 to CF21) in Annex 1.

The process of generation and use of indicators for decision-making can be visualized in four stages. In the first one, it is necessary to define a basic reference framework within which the decisions governing development processes are to be taken, and the natural resources,

So, based on the administrative and ecological borders, on the limitations and potentialities of the ecosystems, and on the underlying pressures and state, it is possible to define *direct indicators* --for pressure, state, impact and response-- for the different ecosystems and land use (third stage in the process of generation of indicators and use of information).

The main *direct pressures* that exist in the region are the transformation of natural ecosystems into agricultural activities, and the intensifying of agricultural land use. These pressures can be visualized by means of the "change in land use" indicator (CF12). This indicator is related to the change in the different categories of land use --either in percentage of the total area or in hectares-- such as natural areas, altered, agricultural, cattle-raising, forest, uncultivated, and urban areas, in a given time period. Nevertheless, the dynamic of these pressures makes necessary, for this analysis, the use of information on other variables, such as forests and agriculture. Thus, the inclusion of information on "annual deforestation" (CF12A), on the "distribution of livestock population" (CF12B), and on the "situation of forest and agricultural borders" (CF12C) are useful to complement the analysis.

Unfortunately, the data for these indicators are not available, in the same way, for all the countries in the region. For instance, as regards the distribution of "annual deforestation", there is available information only for the Brazilian Amazon, Colombia and Bolivia. As regards "livestock population", the resolution of available data does not allow to create very detailed maps, since the gathering of those data is oriented more to the number of heads than to their location. Something similar occurs in the case of the data for "human population". Considering the "changes" in land use, the situation is even more serious, since there is no geo-referenced information for time-series; which means that the indicator has to be developed in the different countries.

However, the existing information can be improved by means of its combination with, for example, the "location of forest and agricultural borders".

As regards the *state* of ecosystems and land use, as a result of underlying and direct pressures, it can be analyzed on the basis of "areas under use"; where "natural, agricultural, cattle-raising and altered areas" constitute the *state indicator* (CF13). In general, low-resolution satellites (AVHRR) generate the kind of data used for this type of indicator; therefore, it is not possible to distinguish detailed categories of land use, and, consequently, this information needs to be analyzed with caution. This is how agricultural and altered areas include pasture for cattle raising, and in the case of some crops in tropical areas, they cannot be distinguished from natural areas. For these reasons, in order to get a more realistic view, the indicator "areas under use" has to be complemented with information on the indicator "crop centers" of the main products of the variable agriculture (CF13A). The example in CF13A shows the different crop centers for the production of cassava, beans and rice, given their sub-regional importance. Obviously, the relevance of crop centers will change according to the region or sub-region under study.

A consequence of the use of land use, are the *impacts and effects* on ecosystems. The *impacts* can be analyzed on the basis of "land degradation" (CF14). As in the previous steps, in this case it will also be necessary to use additional information in order to get a more complete view of the produced impacts. This is how the "forest fragmentation" indicator -for the forest variable- gives important information on the degree of separation among habitat blocks, or types of remaining discrete ecosystems and smaller ones (CF14A), which has important implications for the conservation of ecosystems and to planning the use of land. But the *impacts* can also be analyzed on the basis of the

be analyzed on the basis of this information, since the need for funds for conservation and protection measures in these areas will differ, depending on the type of access.

Nevertheless, development policies and strategies are not restricted to the protection and conservation of ecosystems; in the regional domain it is necessary to count with coordinated policies regarding production and land degradation. The state of productive lands, illustrated by the *crop centers* and *agricultural area* indicators (CF19) can be combined with the *land degradation* indicator. In this way, policies and actions can be oriented, and strategies and production systems can be defined, in order to solve problems in areas with highly productive potential.

But, in addition, the definition of policies and strategies for land use and conservation of ecosystems must take into consideration the potential agricultural yields and the rate of land degradation, with the purpose of designing production systems that could be adapted to the ecological and economical conditions of the different regions. So, the combination of the *impact* (rate of degradation) indicator and *response* (potential agricultural yield) indicator, shown in CF20, can provide important information about research and development priorities for land use at the regional level. The potential agricultural yield is related to the best combination of crops on the basis of soil characteristics, the climate and technology (high, medium and low input levels), translated into caloric equivalents per unit of production during the year. (Kcal/ha/year).

Finally, the combination of an indicator of each category, such as *underlying pressure* (accessibility index), *state* (areas under use), *impact* (fragmentation), and *response* (protected areas) -illustrated in CF21- provides an overview of the dynamic of land use and ecosystems. This

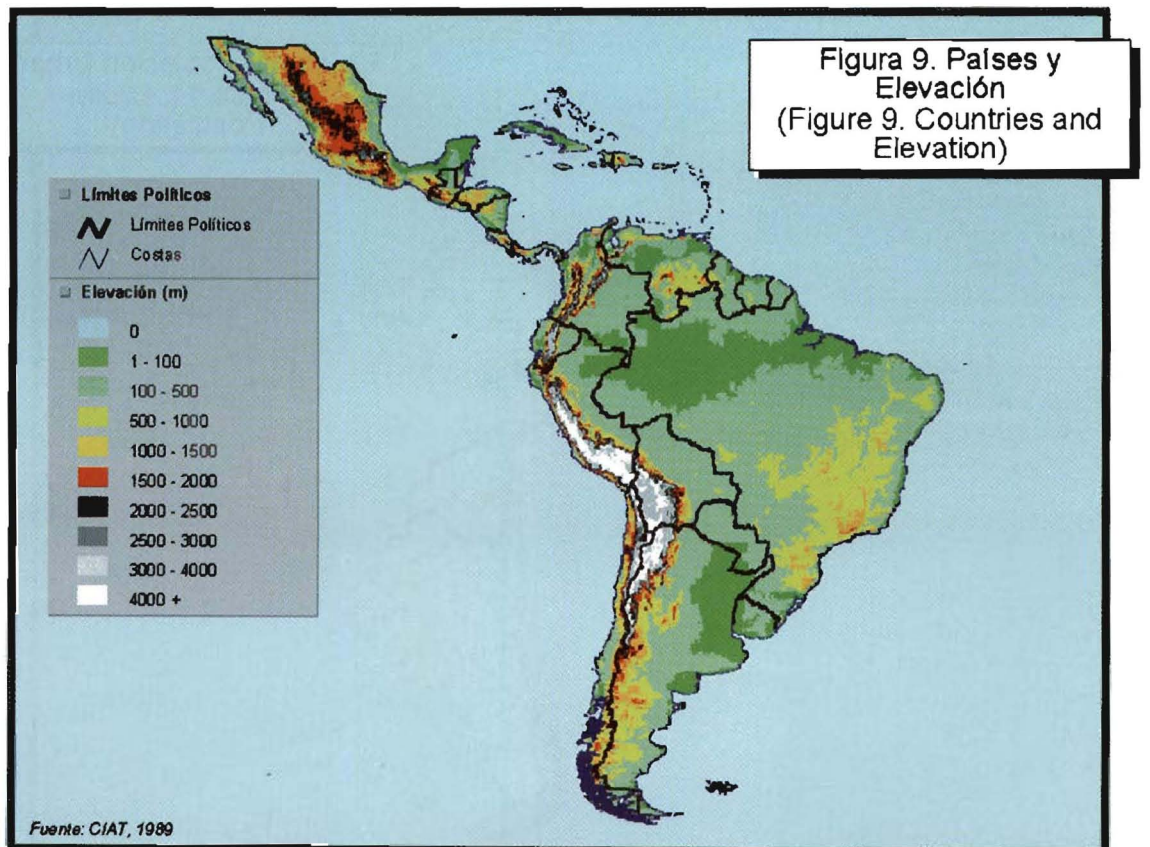
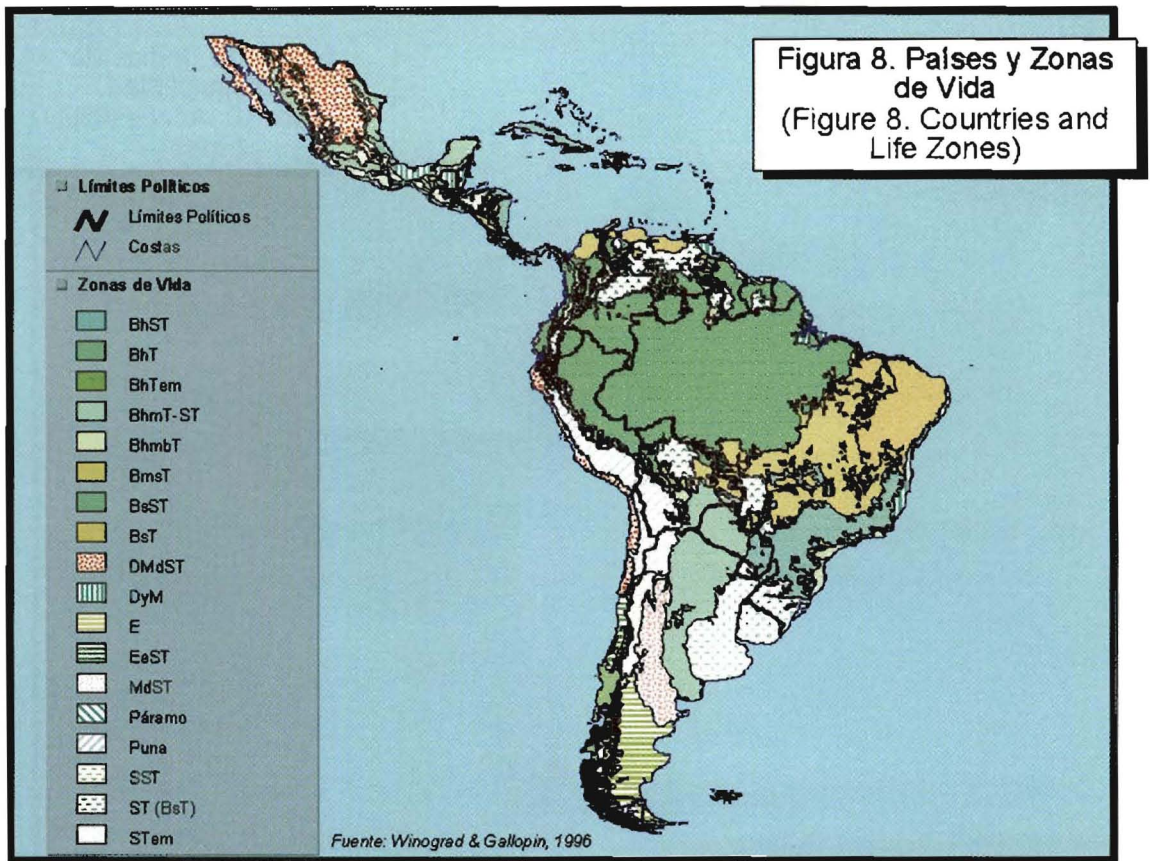
analysis at a regional level helps visualize, for example, those areas where it should be necessary to redirect actions already being implemented towards new productive activities, or to intensify land use in order to allow the protection of other zones.

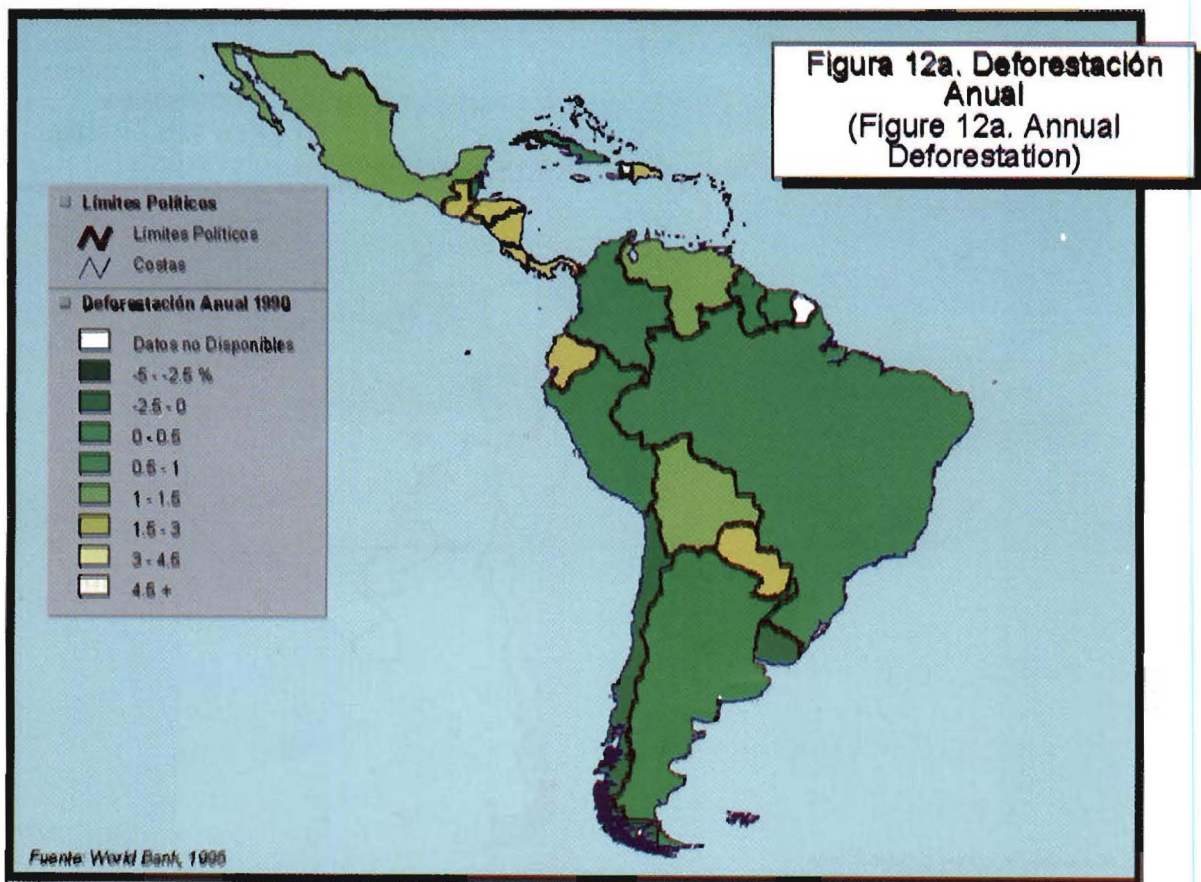
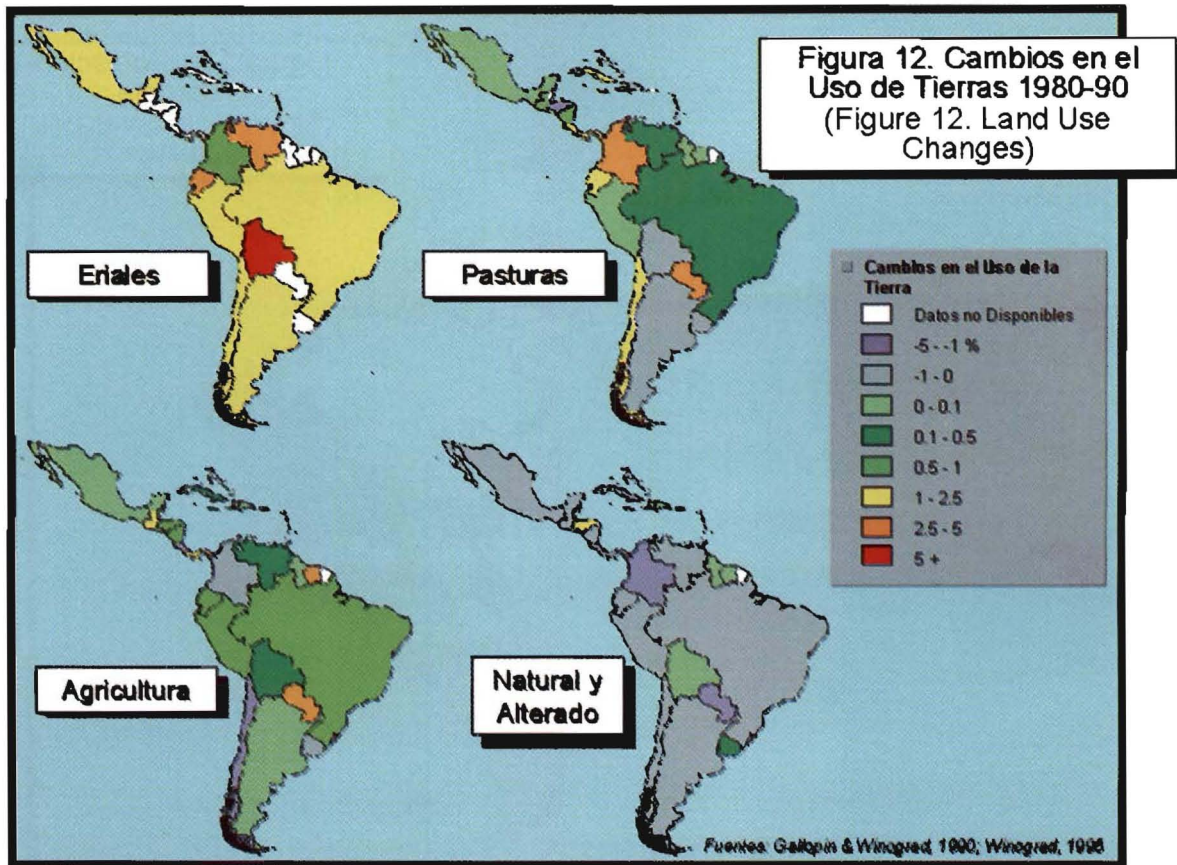
VII. Conclusions

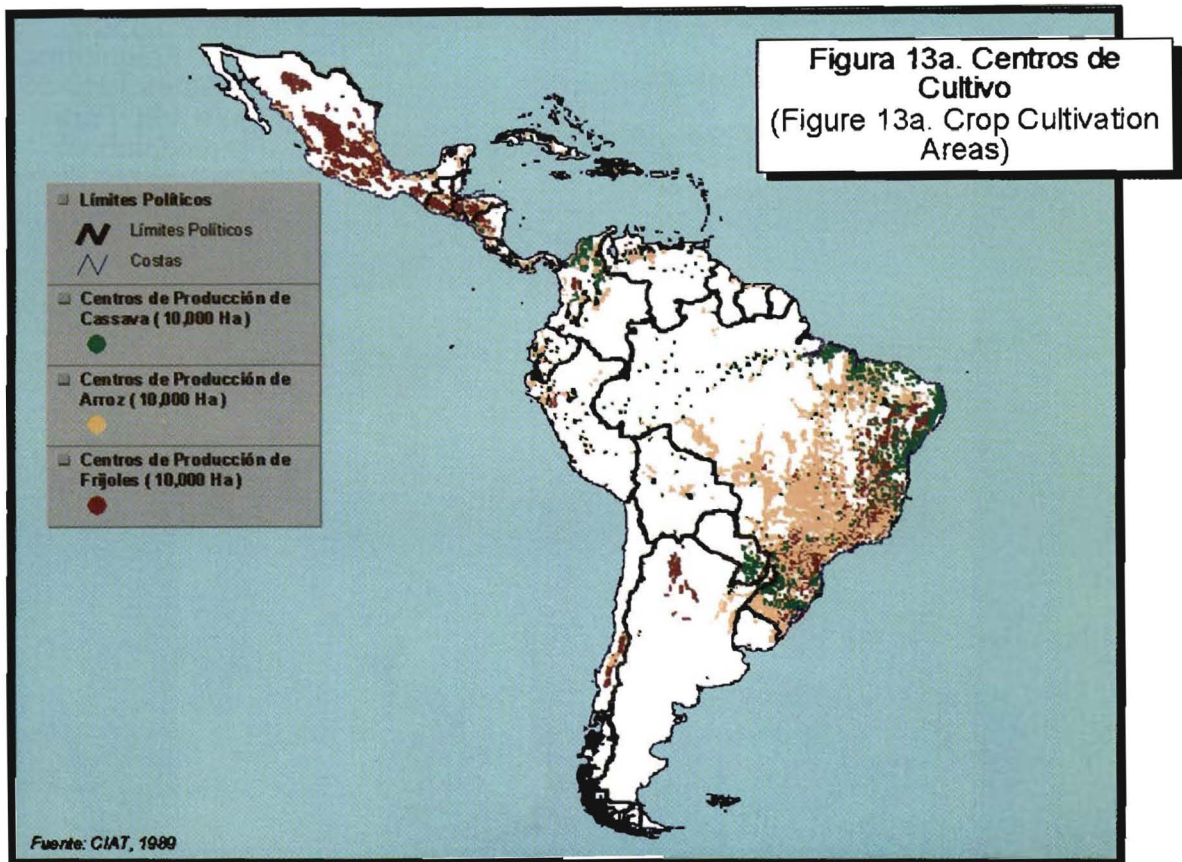
The production and use of information play a critical role in decision-making, since they provide sound bases to monitoring the development process. The integration of tools such as indicators and geographic information systems can improve the use of conceptual and methodological frameworks, such as the P-S-I-R. The incorporation of environmental indicators in the follow-up of the development process will help to improve the decision-making process, through a more realistic analysis of the causes and consequences of development and environmental issues. The integration of economic, social and environmental indicators within a spatial framework will also allow more powerful and real analysis than those made with (non-spatial) conventional methods.

However in order to use indicators correctly and efficiently it will be necessary to produce information (GIS-based) that can be visualized, integrated and used by different kinds of users in the different stages of the decision-making process.

Whilst the availability of adequate data is not enough to cover every issue related to development and environment, the main problem in Latin America and the Caribbean is related to the access, distribution and harmonization of existing information. Possible alternatives to improve the production, availability and dissemination of data and information will have to be pragmatic and easily attainable. This is why they should be geared mainly to build and improve, on the basis of available data, national and







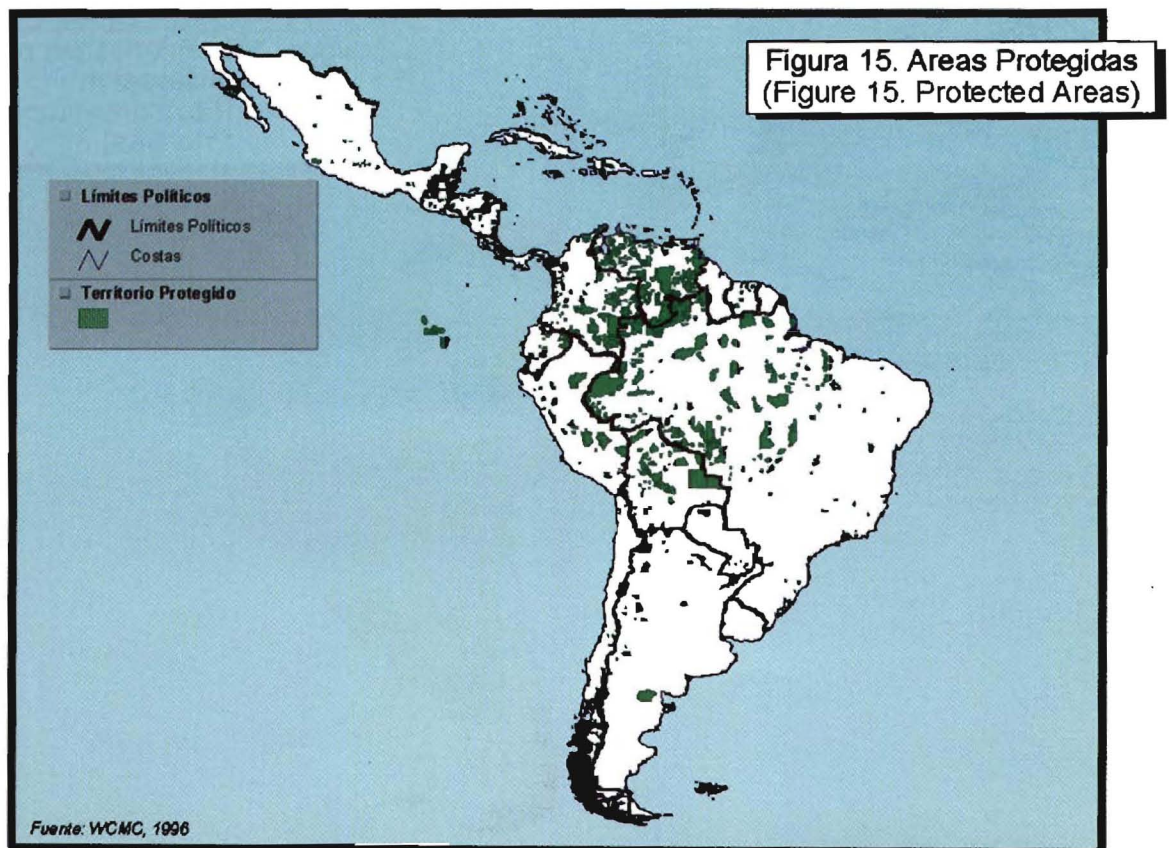
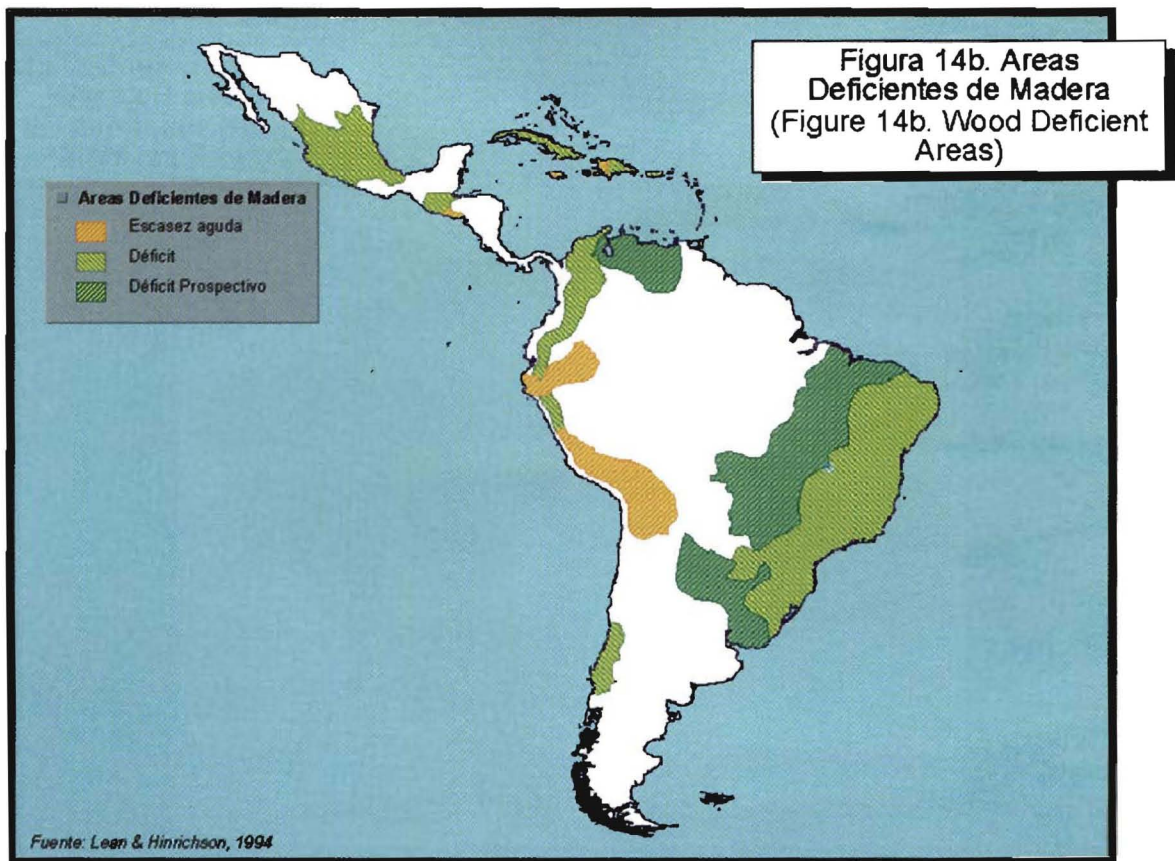
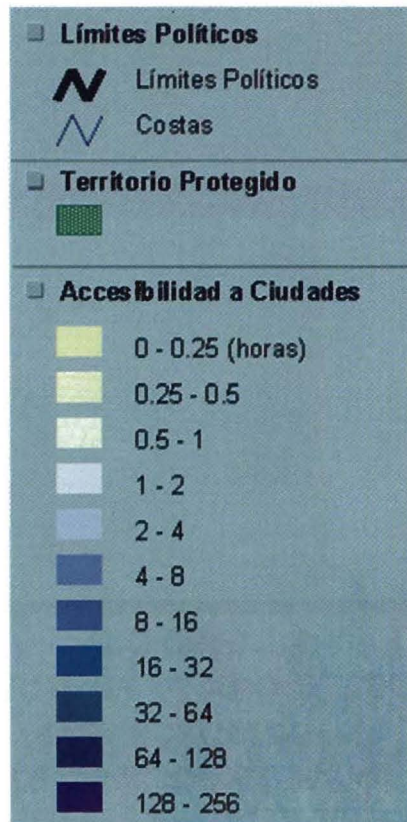
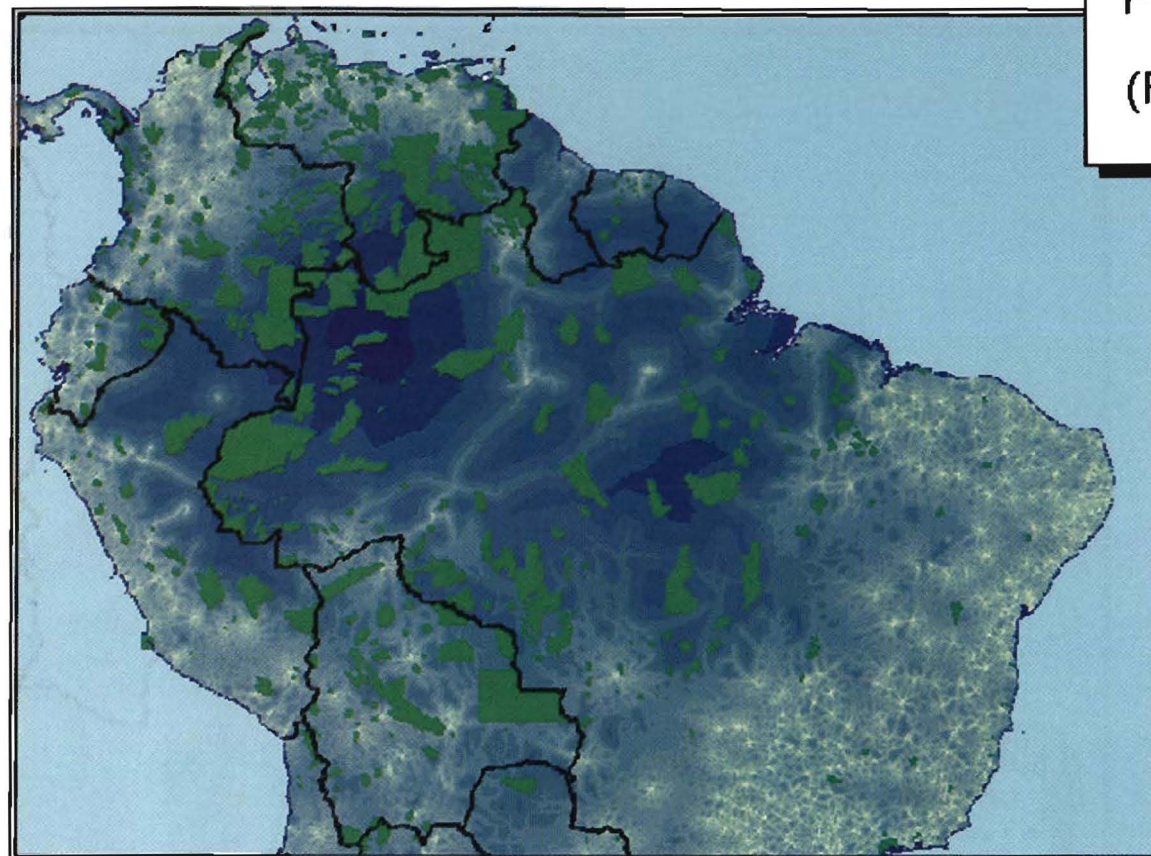


Figura 18. Combinación de Indicadores
(Figure 18. Combination of Indicators)



Fuente: WCMC, 1996; CIAT, 1996

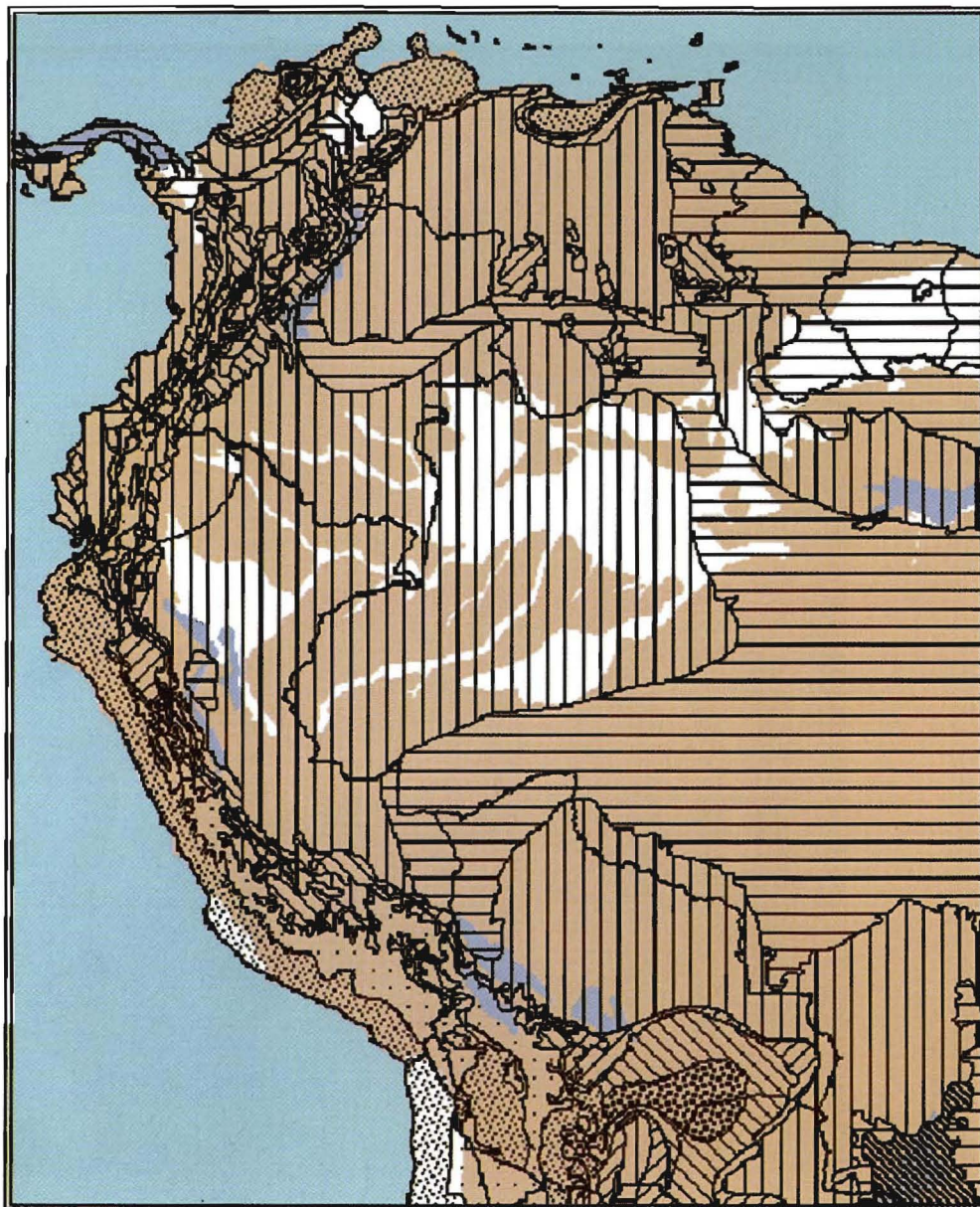


Figura 20. Combinación de Indicadores
(Figure 20. Combination of Indicators)

■ Tasa de degradación

■ Moderado

■ Rápido

■ Rendimiento Agrícola Potencial
(Insumos Intermedios)
Kcal/Ha/año

■ 0 (climas fríos)

■ < 500

■ 501 - 1000

■ 1001 - 2500

■ 2501 - 5000

■ 5001 - 7500

■ 7501 - 10000

■ 10001 - 12500

■ 12501 - 15000

■ 15001 - 20000

■ 20000 +

Fuente: Gómez & Gallopin, 1995; UNEP/ISRIC, 1990

VIII. Bibliografía/Bibliography

Adriaanse A.; 1993; *Environmental Policy Performance Indicators*, General of Environment of the Dutch Ministry of Housing, VROM, The Hague, The Netherlands.

Andrew, R., Ricart, J., and Valor, J.; *Estrategia y Sistemas de Informacion*. McGraw and Hill. 1991.

Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.

Bakkes J. A., van den Born G., Helder J., Swart R., Hope C., Parker J.; 1994; *An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives*, Environment Assessment Technical Reports, RIVM in co-operation with The University of Cambridge and UNEP-RIVM.

Bernhardsen T. 1992. *Geographic Information Systems*. VIAK IT and Norwegian Mapping Authority. 318 pp.

BID-PNUD; 1990; *Nuestra Propia Agenda*, Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, Washington D.C.

CEPAL; 1994; *Organización de la Información y de los Datos Estadísticos en el Campo del Medio Ambiente: Propuestas Metodológicas*, CEPAL, Santiago, Chile.

CIAT/PNUMA, 1996, *Indicadores Ambientales y de Sostenibilidad: Una Vision para America Latina y el Caribe*. Proyecto CIAT-PNUMA. Cali, Colombia.

De Alba, E., Careaga, J., y Fernandez, R.N., 1997. *Gestion de la Informacion Ambiental en America Latina y el Caribe*. PNUMA, Division de Informacion y Evaluacion Ambientales. Informe Tecnico - PNUMA/DEIA/TR.97-10.

DPCSD; 1996; *Indicators of Sustainable Development: Framework and*

Methodologies, United Nations, New York.

EPA; 1995; *A Conceptual Framework to Support the Development and Use of Environmental Information for Decision-Making*, Environmental Statistics and Information Division, Office of Policy, Planning and Evaluation, EPA 230-R-95-012.

Friends A., Raport D.; 1979; *Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: A Stress-Response Approach*, Statistics Canada, Ottawa, Canada.

Gallopín G.; 1996; *Environmental and Sustainability and the Concept of Situational: A System Approach*, Environmental Modelling and Assessment 1:101-117.

Gallopín G., Winograd M., Gómez I. 1991. *Ambiente y Desarrollo en América Latina y el Caribe: Problemas, Oportunidades y Prioridades*, Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos (GASE), Fundación Bariloche, Bariloche, Argentina.

Gallopín G., Gómez I., Pérez A., Winograd M. (Editores). 1995. *El Futuro Ecológico de un Continente: Una Visión Prospéctica de la América Latina*, Editorial de las Naciones Unidas y Fondo de Cultura Económica, México.

Hammond A., Adriaanse A., Rodenburg E., Bryant E., Woodward R.; 1995; *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*, World Resources Institute, Washington, D. C.

Holmberg J.; 1995; *Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability*, Institute of Physical Resource Theory, Goteborg, Suecia.

IICA/GTZ, OAS and WRI, Washington, D.C.

Winograd, M. 1995b. Marco Conceptual para el Desarrollo y Uso de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para la Toma de Decisiones *en Latinoamérica y el Caribe*. Position Paper, Proyecto CIAT/UNEP. Cali, Colombia, 50 pp.

Winograd, M. 1997. *Vertical and Horizontal Linkages in the Context of Indicators of Sustainable Development*. In *Sustainability Indicators: Report of the Project on Indicators of Sustainable Development*. Moldan, B. and Billharz, S. (Eds.) Box 2B, pp. 92-95, SCOPE 58, Wiley, England.

Winograd, M. and Eade, J. 1997. *Environmental and Sustainability*

Indicators for Latin America and the Caribbean: The Use of GIS. In *Sustainability Indicators: Report of the Project on Indicators of Sustainable Development*. Moldan, B. and Billharz, S. (Eds.) Box 1C, pp 40-46. SCOPE 58, Wiley, England.

Winograd, M., A. Farrow and J. Eade, 1998. Atlas de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para America Latina y el Caribe. CD-ROM. Proyecto CIAT-PNUMA. CIAT-PNUMA, Cali, Colombia.

World Bank; 1995; *Monitoring Environmental Progress: A Report on Work in Progress*, ESD Series, The World Bank, Washington, D.C.

