



# El Índice Integral de Salud de Ecosistemas (IISE): un indicador multicriterio de sustentabilidad netamente latinoamericano

**Bernardo Aguilar González**

Fundación Neotrópica - Northern Arizona University - Universidad Interamericana de Costa Rica.

Apartado 236-1002. Paseo de los Estudiantes. San José, Costa Rica, América Central.

[baquilar@neotropica.org](mailto:baquilar@neotropica.org)

Fecha de recepción: 29/06/2008. Fecha de aceptación: 06/11/2008

## Resumen

La Sustentabilidad es un problema complejo, más allá de las soluciones de índole estrictamente ambiental y/o tecnológica. En esta realidad se enfrentan problemas axiológicamente diversos (ambiente, economía, sociedad), al igual que problemas prácticos en ambientes multidisciplinarios y se actúa sobre sistemas socio ecológicos cuya definición como unidades discretas es difícil. Plantear indicadores de sustentabilidad implica un esfuerzo que se extiende desde los ámbitos éticos, organizativos y educativos hasta los estrictamente técnicos. Asimismo se observa la tendencia a la cooperativización de los procesos de sustentabilidad. Es un proceso paralelo de desarrollo académico y de sociedad civil hacia la democracia ecológica.

En esta línea de pensamiento, este trabajo reflexiona sobre la experiencia del Índice Integral de Salud de Ecosistemas (IISE). Este fue diseñado en Costa Rica a fin de evaluar la sustentabilidad de áreas protegidas manejadas y se ha aplicado también en Puerto Rico y Estados Unidos. En estas experiencias se ha generado información sobre las necesidades de los sistemas de valoración. Ha sido implementado dentro de modelos participativos de conservación. Allí, ha servido para el monitoreo iterativo. Reflexionar sobre esta experiencia pretende ayudarnos a comprender las implicaciones de su potencial uso como herramienta de multicriterio para la toma de decisiones económico-ecológicas dentro de un marco de ecología política.

**Palabras clave:** Indicadores de sustentabilidad; multicriterio; IISE; conservación colaborativa; adaptabilidad.

## Abstract

Sustainability is a complex problem, beyond solutions that are strictly environmental or technological. In this reality, axiologically diverse problems (environment, economy, society) are faced as well as practical multidisciplinary problems and actions in socio-ecological systems that are hard to define as discrete units. To propose sustainability indicators implies an effort extending from ethical, organizational and educational matters to strictly technical ones. Also, a trend of collaborative models taking charge of sustainability processes is common today. It is a parallel process of academic and civil society development toward ecological democracy.

In this line of thinking, this research reflects on the experience of the Holistic Ecosystem Health Indicator (HEHI). It was originally designed in Costa Rica to evaluate the sustainability of managed protected areas and has also been applied in Puerto Rico and the United States. This experience has generated information on the needs of valuation systems. It has been implemented in collaborative models of conservation. There it has supported iterative monitoring. Reflecting on this experience seeks to help understand the implications of its potential use as a multicriteria tool in support of ecological economic decision making within a political ecology framework.

**Key words:** Sustainability indicators; multicriteria; HEHI; collaborative conservation; adaptability.

## 1. Breve introducción

Este trabajo presenta una reflexión sobre la aplicación de un indicador multicriterial de sustentabilidad desarrollado en Costa Rica: El Índice Integral de Salud de Ecosistemas (IISE-HEHI en Inglés). Se presenta el

indicador y la evolución de sus aplicaciones desde la década de los noventa hasta hoy día. Se desarrollan dos etapas en la evolución de las aplicaciones: El indicador pretendió inicialmente, entre 1995 y 2002, ser un indicador multidimensional de sostenibilidad agregado en un índice. Más



adelante, su uso se trasladó a sistemas de conservación colaborativa dentro de un marco que cambia su naturaleza y utilización inicial al incorporarse elementos participativos en su desarrollo y aplicación (desde el 2002).

La evolución respondió mucho a la evolución teórica que se ha dado en las áreas de sostenibilidad, economía ecológica y ecología política en los últimos 14 años. Por ello, al documentar la evolución del indicador, se intercalan los avances conceptuales a los que corresponden.

Esta evolución paralela (metodología y marco teórico de referencia) sirve de base para una reflexión conclusiva en la cual se sistematizan las lecciones que se han aprendido de ella durante los años de trabajo con este instrumento teórico-metodológico.

## **2. Primera fase: un “Indicador Apropriado” para un problema específico en un contexto determinado (1995-2000)**

### **2.1 El problema a resolver: medir la Sostenibilidad en las Zonas Protectoras**

El ISEE, se originó en 1995 como parte del trabajo de investigación del Centro de Estudios sobre Desarrollo Sostenible. Un grupo investigador, liderado por el autor, se encontró con un problema que se hacía difícil de resolver con las herramientas teóricas disponibles. Con el fin de ayudar en la conservación de las Zonas Protectoras (ZP) localizadas en el cantón de Atenas, Costa Rica, se decidió que era inicialmente necesario el evaluar su sostenibilidad.

Ahora bien, la ZP, conforme la ha perfilado la legislación ambiental costarricense, es un modelo que se designa para la protección de las cuencas hidrográficas. En dichas zonas se permite la existencia de propiedad privada y de diversos usos de la tierra diferentes de la cobertura boscosa. Por vía del trabajo de extensión ambiental, se pretende incentivar a los propietarios dentro de las zonas a las prácticas de manejo sostenible de los recursos naturales. Todo ello de acuerdo con planes de manejo adecuados.

Las ZP que subsisten en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) en Costa Rica generalmente se encuentran en las partes altas de diversas cuencas. Dada esta combinación de protección de cuencas y propiedad privada, la normativa de protección de las áreas aledañas a los cuerpos acuíferos adquiere mayor relevancia. Estas áreas se encuentran, de acuerdo con la legislación forestal costarricense, bajo el régimen de áreas de protección especial. Según la Ley Forestal son áreas de protección casi todas las aledañas a los cuerpos acuíferos superficiales. La ley establece distancias mínimas que deben mantenerse con cobertura boscosa, excepción hecha de proyectos declarados de conveniencia nacional.

Asimismo, las ZP son importantes en razón de las zonas de vida en las que se ubican y el potencial que tienen como corredores biológicos. La mayoría de ellas se encuentra en el Valle Central y la región del Pacífico Central, zonas que, según estudios científicos, incluyen 11 de las 23 zonas de vida presentes en Costa Rica (Powell et al. 2000). Estas zonas de vida casi no se encuentran en los modelos de propiedad pública del SINAC (Parques Nacionales, Reservas Biológicas, etc.).

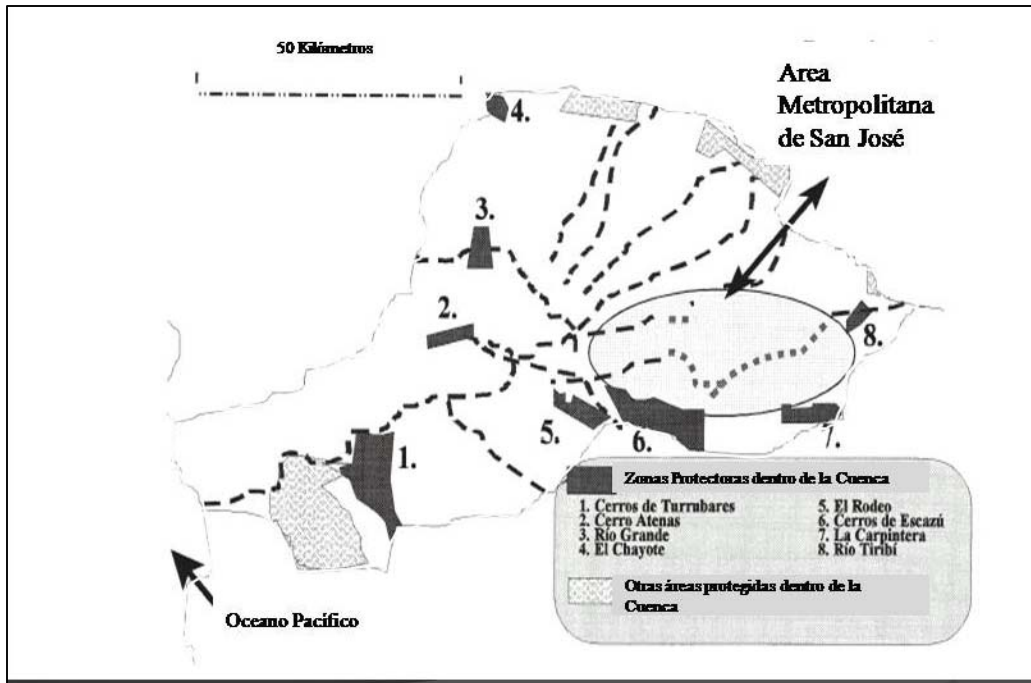
La mayoría de las ZP fueron creadas en la década de 1970. Cubren un 11.7% del total de área bajo protección en la sección continental del país (3% del territorio total continental de Costa Rica) (Sistema Nacional de Áreas de Conservación).

Inicialmente, el estudio se limitó a la zona de Atenas en el oeste del Valle Central. Luego se expandió a un análisis comparativo de todas las ZP ubicadas en la cuenca del Río Grande de Tárcoles (Figura 1), una de las más importantes en Costa Rica en tanto sirve a la gran área metropolitana de San José para suministro de agua y como vertedero de contaminación.

Echándole un vistazo al modelo de conservación en cuestión, se comprendió que es un sistema peculiar en el cual los elementos sociales y ambientales se

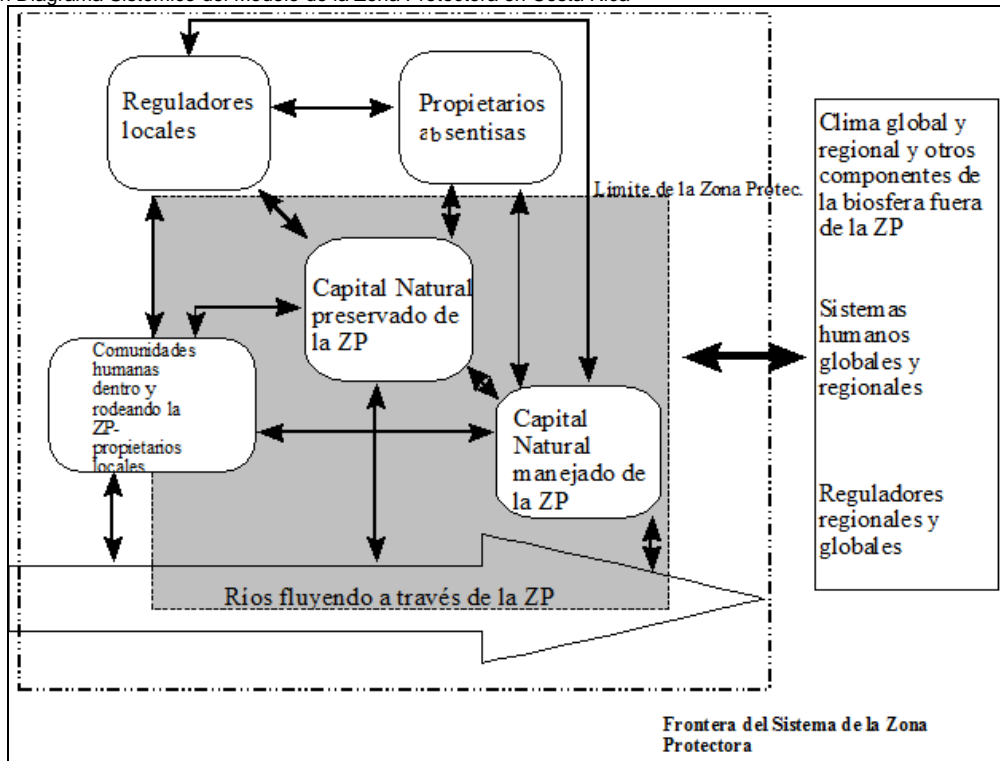


Figura 1. Zonas Protectoras en la cuenca del Río Grande de Tárcoles en Costa Rica



Fuente: Adaptado de Aguilar (1999)

Figura 2. Un Diagrama Sistémico del Modelo de la Zona Protectora en Costa Rica



Fuente: Adaptado de Aguilar (1999)



combinaban con mayor complejidad (Figura 2).

Conforme se observa, no podíamos limitarnos a definir la sustentabilidad mediante indicadores ambientales, por lo que tuvimos que recurrir a la literatura en ciencias de sostenibilidad en boga en la época.

## **2.2 El estado de arte en ciencias de la sostenibilidad en la época de la primera fase: expresión en Costa Rica**

En 1995, la literatura sobre sostenibilidad se encontraba muy centrada en el desarrollo de indicadores. El ímpetu conceptual que se desató a fines de la década de los ochenta con el informe Brundtland, había sido encausado por los organismos internacionales, hacía el esfuerzo tecnocrático (Quiroga 2001). Esta moda teórica había permeado la realidad científica de Costa Rica donde se desarrollaba, entre otros esfuerzos, un sistema nacional de indicadores de sostenibilidad.

Los estudiosos clasifican los indicadores en tres grupos de acuerdo con la evolución conceptual del desarrollo sostenible: de la primera, segunda y tercera generación. Los de la primera generación (desarrollados entre 1980 y el presente) son los que habitualmente reciben el nombre de indicadores ambientales o de sostenibilidad ambiental. Estos son indicadores de sostenibilidad parciales, que dan cuenta desde un sector productivo específico ó desde la singularidad o un número reducido de dimensiones.

Los indicadores de la segunda generación se desarrollan a partir de 1990. Son indicadores multidimensionales (v.gr. ambientales, sociales, económicos, etc.). Quiroga (2001) nos dice que este desarrollo ha sido mundialmente liderado por la Comisión de Desarrollo Sostenible dentro del sistema internacional y cuenta con esfuerzos en varios países. Los indicadores se presentan conjuntamente pero no se vinculan en forma esencial. Hay iniciativas que se esfuerzan en agregar estos indicadores que se llaman de metodología "conmensuratista" (índices/monetizados). Se dice que son

metodológicamente discutibles y que para finales de los noventa mostraban su falta de carácter sinérgico.

El tercer grupo de esta evolución conceptual es el de los indicadores de tercera generación. Quiroga (2001) nos dice que se trata de indicadores vinculantes que en pocas cifras permitan tener un acceso rápido a la integración multidimensional en forma transversal y sistemática. Para el inicio de este milenio aún la mayoría de los esfuerzos disponibles se quedaban en la primera y segunda generación. Ese marco teórico permea el nacimiento y primeras aplicaciones del IISE.

## **2.3 Metodología y resultados**

Así, nos encontramos con un sistema socioambiental que no podía evaluarse con un indicador de sostenibilidad de primera generación. En ese tiempo, el enfoque teórico de salud de ecosistemas se presentó como una alternativa novedosa para los investigadores de sostenibilidad.

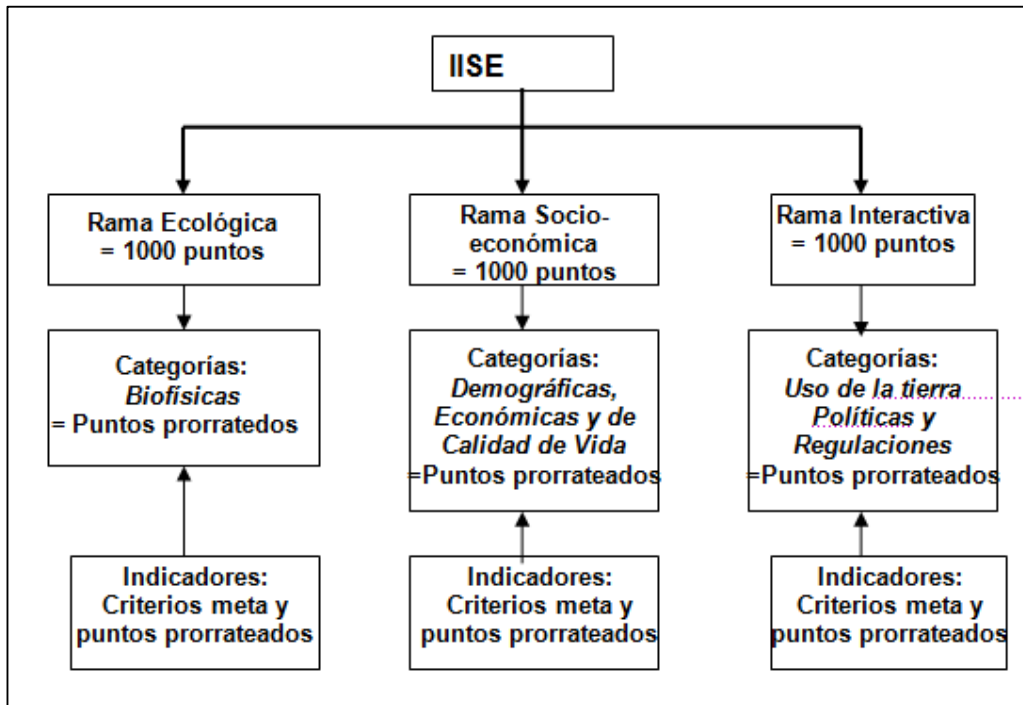
Este marco se consideró apropiado en tanto proponía (Rapport 1995) una co-dependencia de los sistemas sociales y ambientales, que se podía medir de acuerdo con parámetros que caracterizaban un sistema socioambiental "saludable": vigor, diversidad y estabilidad o resiliencia (Costanza 1992). Ello influyó al equipo de investigadores que basado en ese marco se avocó a desarrollar una herramienta de evaluación que permitiera capturar con mayor exactitud la complejidad característica de los sistemas socioecológicos contenidos en las ZP.

Se creó un indicador que se puede considerar de multicriterio basado en tres dimensiones: una dimensión social, otra ecológica y una que contempla las interacciones entre las dos: interactiva. Esta estructura fundamental se presenta en la Figura 3.

Cada categoría tiene puntos asignados de acuerdo con su relevancia para medir los parámetros planteados dentro de los objetivos de manejo de la unidad. Asimismo, cada categoría tiene una serie de indicadores que reciben puntos inicialmente de la misma manera (véase Tabla 1).



Figura 3. Estructura fundamental del Índice Integral de Salud de Ecosistemas



Fuente: Adaptado de Aguilar (1999)

Tabla 1. Categorías Utilizadas para la Aplicación del IISE en las Zonas Protectoras de la Cuenca del Grande de Tárcoles, Costa Rica

Categorías Ecológica	Categorías Socio-económicas	Categorías Interactivas
Calidad del Suelo Cobertura Boscosa Ribereña Calidad del Agua Biomasa Uso de la Tierra Productividad Primaria Regeneración Biodiversidad Erosión	Ingreso Acceso a Servicios Estabilidad Laboral Roles de Género Datos Demográficos Fuerza Comunal	Uso y Distribución de la Tierra Protección de Cuencas Degradación del Suelo Participación Ciudadana Cumplimiento con la Legislación Conciencia Ambiental

Fuente: Adaptado de Aguilar (1999)

Se aplicó el indicador a siete ZP (Figura 4). Estas aplicaciones resultaron útiles para conceptualizar las necesidades de sustentabilidad de la región.

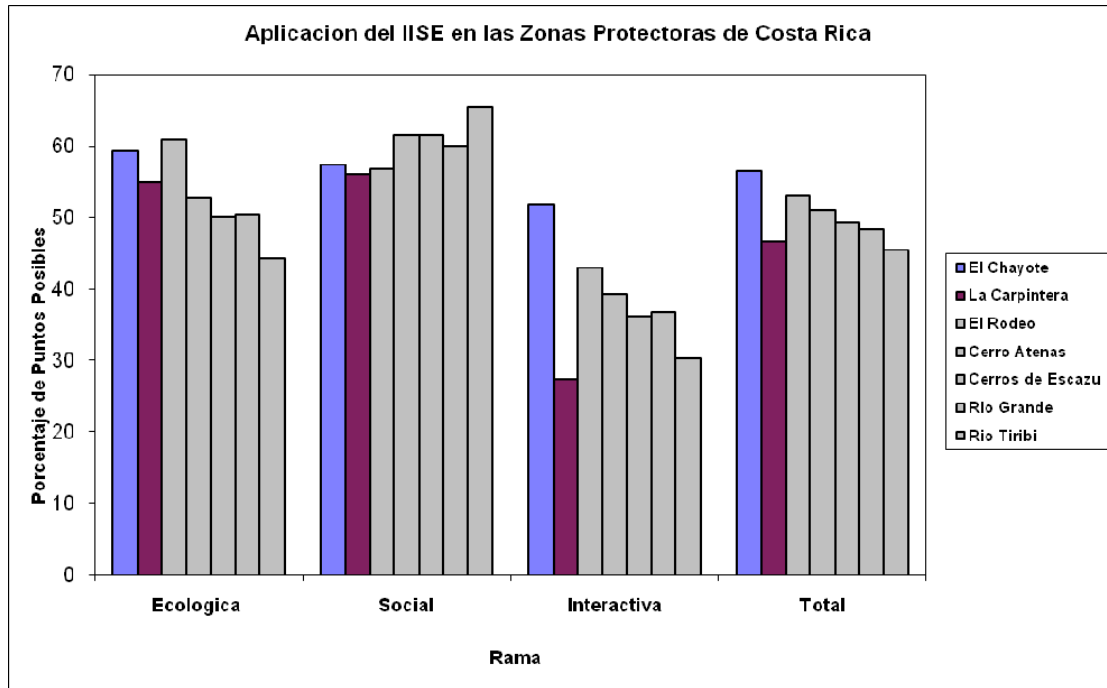
Uno de los resultados más interesantes para nosotros fue como todas las dimensiones del indicador nos dieron elementos importantes para entender el estado de cada zona. Así, al comparar dos zonas como la ZP el Chayote y

La Carpintera, la verdadera diferencia entre las dos se da a nivel de los aspectos de manejo de los recursos y desarrollo institucional y participativo que están representados en el indicador interactivo.

Sentimos de ello que estábamos honrando la complejidad del contexto estudiado. Así, al examinar las realidades de estas zonas, resultaba claro que la forma de incrementar la



Figura 4. Resultados de la Aplicación del IISE a 7 Zonas Protectoras en la Cuenca del Río Grande de Tárcoles en Costa Rica



Fuente: Adaptado de Aguilar (1999)

sustentabilidad del manejo radicaba en la promoción de la educación ambiental y de la mejora en las condiciones sociales de las comunidades involucradas. Así, en el caso de la ZP El Chayote, a pesar de encontrarse ecosistemas fundamentalmente manejados, la organización comunal cooperativa y el bienestar generado por los cultivos y otras actividades productivas, incidían en que las comunidades estuviesen más organizadas e involucradas en el proceso de conservación. Entretanto, La Carpintera tiene algunas pocas grandes propiedades con zonas de reserva de bosque en manos de terratenientes en contraste con algunas comunidades pobres y desinformadas. La marginalidad y falta de conciencia llegan al extremo de que, estando dentro de la ZP, se les preguntó a los habitantes sobre su existencia y la mayoría no conocían de su existencia. Para culminar el cuadro de contraste y presión, el basurero de Río Azul, hasta hace poco el depositario de la mayoría de los desechos sólidos de la zona metropolitana de la ciudad de San José, capital de Costa Rica, se hallaba dentro de los límites de esta ZP, al lado de estas comunidades pobres y precarias (Figura 5).

Pudimos observar como el indicador, a pesar de su candidez sí proveía información útil para entender los sistemas socioecológicos dentro de todas sus dimensiones conjuntas.

### 3. Segunda fase: siguiendo la moda de la privatización de la conservación (2000-2002)

#### 3.1 El impulso en la narrativa conservacionista dominante

Para principios de la década del 2000, la literatura en desarrollo sostenible impulsa fuertemente las nociones de privatizar para conservar. La evolución del concepto del desarrollo sostenible desemboca en una fuerte presencia de los criterios de tecnociencia. Así, el esfuerzo por utilizar métodos alternativos de evaluación del éxito económico se ve permeada por esfuerzos para enverdecer el sistema de libre mercado, sin discusión crítica de la narrativa dominante del momento. La literatura apunta a métodos como la energía implícita, la huella ecológica, la emergencia, el análisis de ciclo de vida, el ecodiseño y otros métodos de este estilo



Figura 5. Localización del Basurero de Río Azul dentro de la ZP la Carpintera

## Basurero de Río Azul



Fuente: Aguilar (2008)

(Aguilar 2002). Ideas como el libre mercadismo verde (Anderson & Leal 2001), el capitalismo natural (Hawken et al. 1999) y la utilización de la creación de derechos de propiedad privada para resolver problemas globales como el cambio climático son aceptadas como parte de la ortodoxia dominante (Barnes 2003).

### 3.2 El IISE en la conservación privada no colaborativos

Con posterioridad a las aplicaciones en ZP en el Valle Central, el IISE fue aplicado en varios escenarios en Costa Rica y Puerto Rico, de acuerdo con los intereses de los programas de Estudios Ambientales y Estudios Culturales y Regionales de Prescott College, en Arizona, EEUU.

Se realizaron análisis completos de la Estación Biológica Privada Cuericí, cerca de Villa Mills en el Cerro de la Muerte en Costa Rica y una iniciativa de conservación privada

en San Salvador, Municipio de Caguas, Puerto Rico. En ambos casos, los resultados se compartieron con los propietarios. Ambos estudios revelaron un fuerte contraste entre las unidades privadas de conservación y las condiciones sociales de las comunidades circundantes. Así, en ambos casos la rama social tuvo los resultados más bajos, al tiempo que la ecológica o la interactiva los obtenían sensiblemente más altos (Figura 6).

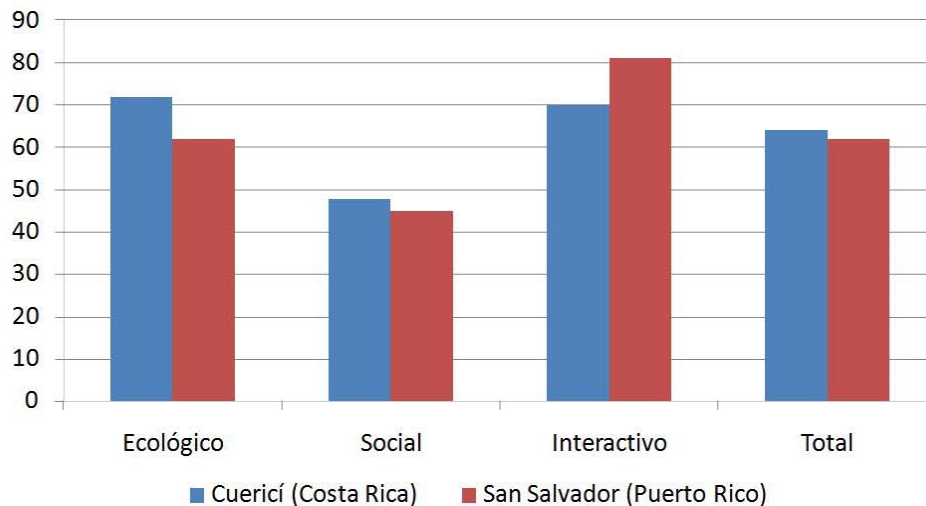
Uno de los detalles interesantes de esta aplicación fue que los indicadores de distribución de la tierra, que anteriormente se encontraban en la rama interactiva y en cierta manera se contabilizaban menos en la rama social, fueron sustituidos por indicadores de distribución del ingreso (indicador GINI) y se ubicaron solamente en la rama social. Creemos que este factor contribuyó a realzar las diferencias. Lo cierto es que aquí el indicador mostró las diferencias típicas de un cuadro de polarización social donde los





Figura 6. Aplicaciones del IISE a Reservas Privadas en Costa Rica y Puerto Rico

## Aplicaciones del IISE a Reservas Privadas en Costa Rica y Puerto Rico



Fuente: Elaboración propia con base en Muñoz (1999) y Houchin et al. (2001)

propietarios privados de las unidades de conservación pueden hacerla por su posición de privilegio, mas están rodeados por la presión de la situación social circundante.

#### 4. Tercera fase: esfuerzos colaborativos y participativos hacia un ambientalismo social (2002-2009)

##### 4.1 Los nuevos retos

La tercera etapa del desarrollo del IISE encuentra una confluencia de elementos contextuales y teóricos que ayudan a un refinamiento integral. Así, se comprende la utilidad de su aplicación y análisis crítico dentro de contextos colaborativos, con una orientación claramente identificada dentro de la evolución de las ciencias postnormales, y, como herramienta de evaluación, monitoreo y de promoción del proceso de aprendizaje necesario en los sistemas socioambientales, complejos y adaptativos.

Con vista en los cambios políticos que suceden con el giro hacia la izquierda en América Latina, y dentro de las tendencias de ambientalismo social que se dan en la región, se trata de aplicar el IISE como herramienta de empoderamiento comunal de una perspectiva de ecología política. Así, se trata de capturar, en su capacidad de representar realidades complejas, los conflictos ambientales, y los posibles medios para resolverlos, en los que se ven envueltas las iniciativas de conservación colaborativa.

##### 4.2 Hacia la democracia ecológica: aportes de la evolución teórica y metodológica de la Ecología Política y la Economía Ecológica

Alrededor del mundo, se presencia en esta primera década del Siglo XXI una tendencia hacia la cooperativización de la conservación. La existencia de organizaciones asociativas para el manejo de los recursos naturales y áreas protegidas es más común cada día. En los Estados Unidos de América, esta





tendencia se ha manifestado contribuyendo a un interés creciente en la *colaboración* como instrumento con gran potencial para resolver los conflictos sobre el manejo de las áreas protegidas y los recursos naturales. Se ha desarrollado toda una veta de investigación científica que se enfoca en la evaluación de los procesos colaborativos en tanto su eficacia para este tipo de manejo (Koontz et al. 2004).

Puede decirse que, producto de este impulso, se discute el proceso de construcción de la democracia ecológica como un proceso ligado a las características mismas de los contextos socio-ecológicos. Así, interesantes propuestas apuntan hacia la prevalencia de la sociedad civil, organizada en formas asociativas informadas por principios de cooperación, confederación y sustentabilidad ambiental que resultan en un alter político económico con interesantes implicaciones para la resolución de conflictos socio-ambientales.

Buena parte del reto en el estudio de estos procesos, yace en el reconocimiento de su complejidad emergente. Así, este reto se está afrontando mediante la idea del *manejo colaborativo adaptativo*, el cual consiste en la creación de procesos de manejo iterativos que permitan a los cooperantes adaptar sus ideas al reconocimiento de la cambiante realidad de los sistemas socioecológicos (Pierce-Colfer 2005).

En mi opinión, este desarrollo forma parte también de la ola paradigmática que propone la ciencia postnormal. Aquí, las ciencias sociales, más allá de desarrollar teoría pura, sirven para sostener un espejo frente a la sociedad, alentando y facilitando reflexividad (lo que Aristóteles llamaba frónesis o prudencia). El principal objetivo de la ciencia social con un enfoque frónético es el clarificar valores, intereses y relaciones de poder en la sociedad con el fin del análisis crítico y la acción social. Es un proceso dialógico de estudio.

En este sentido, conforme lo sugiere el pionero trabajo de Giampietro et al. (2006a), especialmente cuando se refiere a las ciencias para las decisiones sociales, es

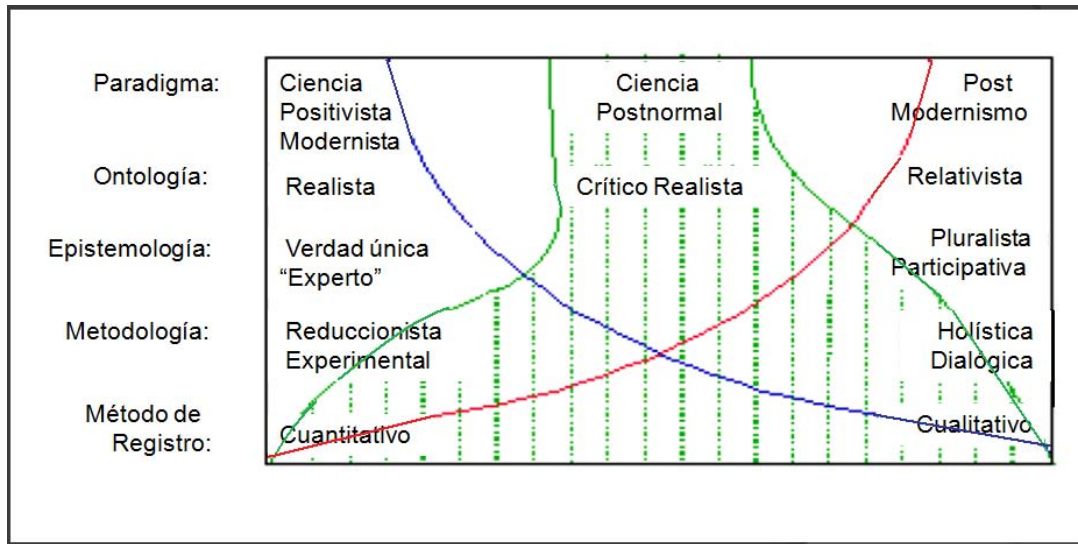
crucial establecer un proceso que garantice la calidad en la generación de los análisis científicos. Incluso propone la necesidad de hacer una evaluación semiótica de los procesos científicos, pues cada actividad científica estará ajustada a cada situación específica, rompiéndose la aspiración a una gran narrativa universal que trascienda tiempo y espacio. Estas características específicas son especialmente importantes en las ciencias de decisión social y sustentabilidad, como en los casos de procesos colaborativos de conservación. En estos casos, los autores supra citados nos dicen que la revolución de la complejidad demanda que un proceso semiótico se haga caso por caso. Todas las situaciones reales son especiales, los actores sociales deben estar de acuerdo en las percepciones, narrativas, modelos, datos e indicadores seleccionados por los científicos.

Vemos en la Figura 7, que se completa un cuadro que permite así distinguir las ciencias postnormales de acuerdo con sus aspectos ontológicos, epistemológicos, metodológicos y de registro. Obsérvese que la ciencia postnormal, a pesar de recibir un impulso del postmodernismo, acepta en su evolución algunos de los aspectos utilizados por ciencias modernistas. Asimismo, en tanto abraza como marco ontológico, un marco crítico realista, una epistemología participativa y metodologías holísticas y dialógicas, se convierte en el marco adecuado para analizar los procesos cooperativos de desarrollo sostenible/conservación en pos de la democracia ecológica.

La Sustentabilidad entonces es un problema complejo que va más allá de las soluciones de índole estrictamente ambiental y/o tecnológica. El científico de la sustentabilidad experimenta esta realidad pues se enfrenta no sólo a problemas axiológicamente diversos, en tanto debe equilibrar la sustentabilidad ambiental con la eficiencia económica y la justicia social, sino que también experimenta problemas prácticos en ambientes multidisciplinarios y actúa sobre sistemas socio ecológicos cuya definición



Figura 7. Distinción entre la ciencia modernista y postnormal



Fuente: Adaptado de Dempster (1998) como unidades discretas es difícil (Aguilar 2007).

En este esfuerzo por movilizar ciencia y tecnología, se deben manejar las fronteras entre el conocimiento y su aplicación de manera que realcen la importancia, credibilidad y legitimidad de la información que producen. Así, un sistema efectivo aplicará una variedad de mecanismos que faciliten la comunicación, traducción y mediación a través de esas fronteras (Cash et al. 2003).

Las tendencias globales de los sistemas socioecológicos, son muchas veces no solamente complejas sino contradictorias (Kates & Parris 2003). Así, la tarea del científico puede ser el identificar, dentro de las relaciones entre partes que interactúan, los vacíos de información y entendimiento que permitan al menos reducir la vulnerabilidad de los sistemas como un todo. Por ello, dentro del mundo del Siglo XXI, progresivamente la comunidad científica ha descubierto la necesidad de enfoques científicos no tradicionales.

La necesidad de entender, mediante el análisis crítico, la naturaleza de sistemas cuyos componentes en el pasado se hallaban separados por barreras disciplinarias, ha despertado una consciencia de descubrimiento aún más agresiva. La

necesaria visión integral de conjunto sirve de justificación al trabajo de varios científicos para plantear un movimiento con características de transición paradigmática. De allí que plantear indicadores de sustentabilidad implica un esfuerzo científico que se extiende desde los ámbitos éticos, organizativos y educativos hasta los estrictamente técnicos.

Así, el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, reconoce en las ciencias de la sustentabilidad, la necesidad de enfocarse en las relaciones dinámicas entre la naturaleza y la sociedad, con igual énfasis en como el cambio social afecta al ambiente y como el cambio ambiental afecta a la sociedad. De allí adquiere relevancia la complejidad de esas relaciones y la necesidad de que los esfuerzos para estudiarla sean guiados por problemas específicos que permitan crear y aplicar el conocimiento en la toma de decisiones para el desarrollo sostenible. Esta noción es acompañada por la consciencia de que para que ese conocimiento sea verdaderamente útil, debe ser "co-producido" a través de la estrecha colaboración de los investigadores y los que aplican esas ideas (Clark & Dickson 2003).

Ello implica que entre los mayores retos de la ciencia de la sustentabilidad se encuentra la creciente complejidad a nivel ontológico,



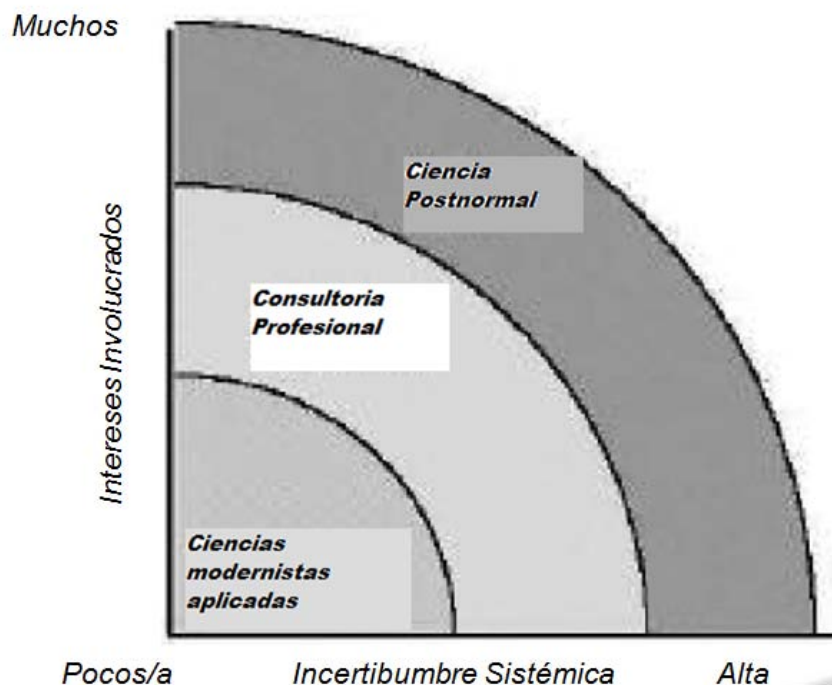
epistemológico y político que requiere de una ciencia integral que va mucho más allá que un simple estilo interdisciplinario de investigación. Se requiere del desarrollo, adopción y diseminación de un modelo científico verdaderamente para sistemas complejos. Los sistemas socio-ecológicos tienen una serie de propiedades que se desprenden de su complejidad y que ameritan esos cambios de método, criterios de verificación y calidad y marcos conceptuales. Esas características incluyen la no-linealidad, la pluralidad de perspectivas, propiedades emergentes, auto organización, multiplicidad de escalas e incertidumbre irreducible (Gallopin et al. 2001).

Así, conforme lo reconoce la doctrina, sólo la ciencia postnormal provee el marco filosófico apropiado para el análisis (Funtowicz & Ravetz 1994). Se dice que las metodologías tradicionales son poco efectivas cuando la incertidumbre en cuanto a las condiciones de los sistemas socio-ecológicos es alta y las potenciales consecuencias de las decisiones

son muy significativas en cuanto al número de sujetos afectados. En estos casos, garantizar la calidad del conocimiento útil para las decisiones políticas requerirá que una comunidad extendida de partes interesadas entre en diálogo. La ciencia postnormal puede proveer un camino a la democratización de la ciencia, y, representa una respuesta ante las tendencias actuales hacia la postmodernidad (Funtowicz & Ravetz 1993) (Figura 8).

El proceso de adquisición de relevancia del enfoque científico postnormal se encuentra ligado a la fragmentación y globalización de la política que ha resultado en una evolución científica aparte de las instituciones tradicionales que es independiente o en oposición a ellas. Cada vez más en los países desarrollados, se convoca al público a discutir los avances científicos y tecnológicos que antes sólo se reservaba a los técnicos y

Figura 8. Ubicación de las ciencias postnormales en relación a los intereses involucrados y a la incertidumbre sobre las condiciones del sistema socioecológico



Fuente: Adaptado de Funtowicz & Ravetz (1993)



a los políticos. Especialmente en asuntos donde la incertidumbre es grande y los conflictos de intereses son difícilmente evitables, los resultados tienen tendencia a politizarse y a ventilarse en foros públicos de información (Funtowicz & Ravetz 1993).

El corazón de esta concepción es la “calidad” más que la “verdad”. Así, la comunidad extendida de interesados desarrollará su propia interpretación extendida de los hechos integrando su interpretación de los patrones del mundo natural y del comportamiento de los sistemas técnicos y sociales (Ravetz 2001).

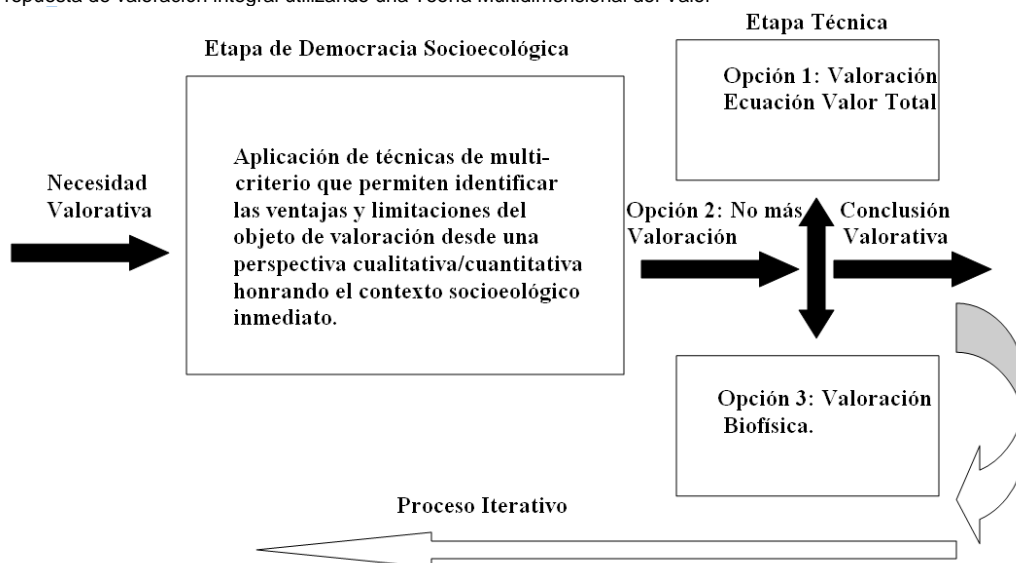
Puede encontrarse en la Economía Ecológica, y específicamente en el problema de la valoración, una expresión de este desarrollo teórico de gran utilidad. Partiendo de una noción amplia del valor, se ha propuesto que en una teoría multidimensional del valor se integran las tres posiciones de la literatura económico ecológica en lo que respecta al valor: “asignativa” de valor monetario, biofísica y multicriterial o cualitativa (Aguilar 2007).

La tercera clasificación agrupa varias opciones que buscan capturar la complejidad de los procesos de toma de decisiones. Dada la posibilidad de evaluaciones conflictivas, la tendencia actual es utilizar estas técnicas como soporte para la toma de decisiones. Es decir, no se busca descubrir una solución única en forma de una cifra o de un cociente. Se busca mayor entendimiento de la naturaleza de los conflictos que involucra una decisión y la forma de resolverlos.

La Figura 9 muestra una posible integración dentro del proceso multicriterial. Se trata de agregar las consideraciones cualitativas, de multicriterio, junto con las consideraciones de eficiencia biofísica y “asignativa”.

El primer filtro debe ser la comprensión plena del contexto valorativo y el balance de indicadores ambientales, sociales y económicos que puede provenir de la aplicación de técnicas de multicriterio. Ello puede ser realizado por los jurados de ciudadanos o por facilitadores que auxilien a las entidades regionales o comunales en el desarrollo de estos diagnósticos multicriteriales. La gama de opciones que existe en esta materia es amplia y utiliza

Figura 9. Propuesta de valoración integral utilizando una Teoría Multidimensional del Valor



Fuente: Aguilar (2007)



muchas herramientas interesantes como las telarañas de decisión. Se llama esta etapa, etapa de democracia socioecológica (Aguilar 2007).

Es posible que los interesados accedan a valoraciones técnicas de valor monetario o eficiencia que se realicen como parte del proceso multicriterial. Asimismo, puede ser que se concentren en el proceso de elucidar preferencias y priorizar intereses y de que pasado este primer filtro, se consideren las opciones de realizar valoraciones biofísicas y monetarias con el fin de afinar los criterios de eficiencia y escala que permitan una mejor decisión. Puede ser que los interesados decidan *prima facie* que el proyecto no es viable, y, así, el proceso valorativo se detiene. Ahora bien, puede ser que decidan que necesitan más información técnica.

Debe tenerse en mente que al reconocerse la naturaleza cambiante de los procesos socioecológicos, se debe contemplar la necesidad de visitar el proceso valorativo dentro de un proceso de monitoreo reiterativo. En esta propuesta, también se incorporan elementos fundamentales de la anterior caracterización de las ciencias postnormales con vista de la complejidad emergente que puede acompañar estos procesos decisorios y valorativos.

Así, integrando, el proceso valorativo debe ser *participativo y democrático*. Igualmente, debe ser concreto: enfocado en las necesidades del contexto socio-ecológico específico. También, el proceso requiere ser *iterativo y adaptativo*. Asimismo, el proceso de valoración debe ser *sesgado hacia los principios de asignación eficiente de recursos, distribución equitativa de la riqueza y escala sostenible* que propone la economía ecológica para evaluar la sostenibilidad. Completando el cuadro preanalítico, el proceso valorativo debe ser *informado por el principio precautorio* y debe ser *complejo* (reconociendo la necesidad del uso de métodos de registro cualitativos y/o cuantitativos) y por lo tanto *transdisciplinario*.

Encontramos en este modelo solución a algunos de los retos implícitos en este tipo de

análisis según Giampietro & Ramos Martín (2005). Ellos son:

1. Inconmensurabilidad técnica en razón de requerirse análisis multidimensionales y multiescalares;
2. Inconmensurabilidad social, determinada por la imposibilidad de juzgar la mejor solución con vista en valores humanos;
3. Imposibilidad de generar escenarios exactos por ser sistemas adaptativos que evolucionan a través de diversas escalas.

Giampietro et al. (2006b) nos indican que el problema de las inconmensurabilidades técnica y social puede resolverse aceptándolas, no pretendiendo generar un numerario común en una forma sustantiva (una herramienta objetiva) y desarrollando procedimientos para identificar y resolver los potenciales conflictos de intereses.

Así, se propone en la literatura la utilización de la evaluación de multicriterio como una herramienta de aprendizaje sobre la estructura del problema en cuestión, de los intereses involucrados, incluidas las estructuras de poder y las posibilidades de acuerdo social ante los problemas socio-ecológicos (De Marchi et al. 2000). Para desarrollar indicadores dentro de este marco, Mayumi & Giampietro (2006) recomiendan hacer explícita el cierto grado de arbitrariedad que implica el dar más peso a unas perspectivas que a otras. Asimismo, se recomienda el uso del este tipo de herramientas como símiles, más que como modelos. Es decir, se trata de crear comparaciones más que de crear abstracciones de la realidad (distinguiendo conmensurabilidad fuerte, débil y comparabilidad) (Martínez-Alier et al. 1998).

#### 4.3 El contexto político latinoamericano

Paralelamente con la evolución científica supra apuntada, América Latina se encuentra hoy en día en lo que Andreas Kalyvas llamaría un momento de política extraordinaria (Kalyvas 2008). Este es un momento en el que se presenta un aparente



renacimiento de la soberanía popular, donde el pueblo emerge –se vuelve visible- como el poder constituyente que determina nuevas formas de organización política. La promiscuidad del giro a la izquierda, asimismo, genera espacios para la reconceptualización teórica en tanto abre el imaginario colectivo a nuevas ideas. Así, las ideas de democracia ecológica y ciencia postnormal encuentran un espacio apropiado en nuestra región.

Parte de la expresión de movimientos sociales en la región de este “giro” es el surgimiento (o resurgimiento) en la región de corrientes de ambientalismo social, o, conforme lo llaman Guha & Martínez-Alier (2000), ambientalismo de los pobres que se presenta como alternativa a los modelos de conservación elitista o de tecnoeficiencia que se desarrollaron a fines del siglo XX. Nutridos son los trabajos de investigación publicados en la revista *Ecología Política* que ejemplifican esta corriente.

#### **4.4 Avances metodológicos y nuevos resultados: conservación colaborativa en Talamanca y Arizona, EEUU**

##### **4.4.1 El Caso de ASACODE en Talamanca, Costa Rica**

El contexto teórico-socio ambiental descrito, orientó las aplicaciones en dos direcciones. Como parte de los programas de educación socio-ambiental de Prescott College, nació la iniciativa de explorar formas asociativas de conservación que empoderaran a los habitantes de las regiones alejadas. Así, se buscó aplicar el análisis en pequeñas unidades colaborativas manejadas en la región de Talamanca, en el sureste de Costa Rica, específicamente en el prestigioso Corredor Biológico Talamanca-Caribe.

Durante 3 años trabajamos con la Asociación Sanmigueleña de Conservación y Desarrollo (ASACODE), cerca del Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. En este contexto, confiamos que nuestro avance iba a ser sustancial y que íbamos a poder desarrollar más la credibilidad del indicador mediante su aplicación en una asociación que

parecía presentar un verdadero ejemplo para utilizar la conservación como un método de movilidad social y sostenibilidad.

En sus inicios en 1986, ASACODE fue caracterizada como una de las organizaciones ambientales de más proyección en la región. Su diseño inicial, influenciado por las ideas de la Asociación ANAI, buscaba la implementación de diversas actividades económicas y de conservación que permitieran a los asociados no solamente generar un ingreso sostenible en armonía con la naturaleza, sino servir como ejemplo que incentivara a los campesinos de esta región de frontera a no migrar a las zonas urbanas. La asociación se ubica en el cantón de Talamanca, el cantón de menor desarrollo humano de Costa Rica (Figura 10).

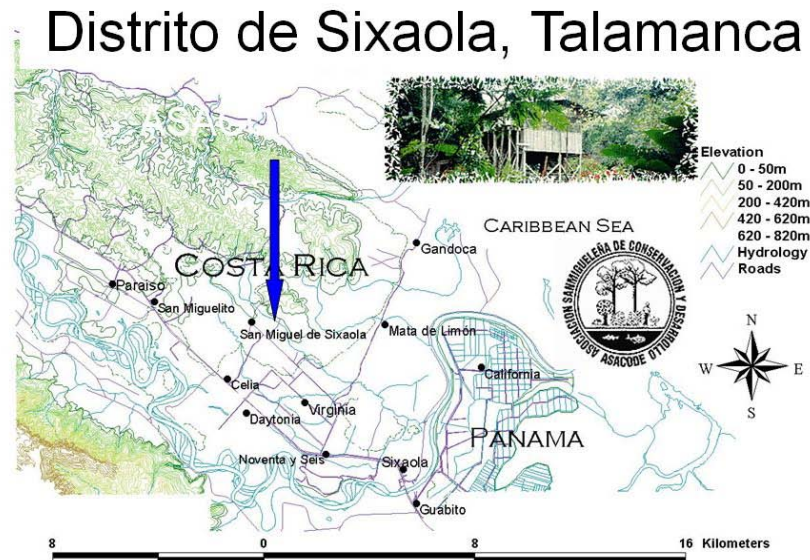
El modelo inicial incluía tres operaciones: manejo natural de bosque, aserradero regional de bajo impacto y una operación ecoturística y de conservación combinada con agricultura orgánica para la subsistencia y para el abastecimiento de un albergue rústico llamado CASACODE. La intención era que las comunidades de la región, especialmente San Miguel de Sixaola, se beneficiaran de este modelo (Valverde et al. 1995). Su potencial era tal que recibió el apoyo y atención de varias agencias nacionales e internacionales de conservación y desarrollo como la FAO.

Para el comienzo de la aplicación en el año 2002, ASACODE había liquidado dos de sus operaciones, subsistiendo solamente CASACODE y las partes de la operación lideradas por una de las familias involucradas en la asociación. El objetivo entonces era el tratar de entender lo que había pasado y tratar de sugerir algunas potenciales medidas que ayudaran a la sostenibilidad económica de la asociación. Después de un proceso de 3 años de investigación se entregó a la organización un reporte con los resultados del IISE.





Figura 10. Localización Aproximada de ASACODE en Sixaola, Talamanca, Costa Rica



“Somos campesinos buscando armonía con la naturaleza”

Fuente: Adaptado de trabajo SIG de Jeff Bayha en Aguilar et al. (2006)

En este reporte, las conclusiones apuntaron a que las comunidades aledañas a ASACODE tenían ingresos bajos, eran en su mayoría desintegradas, poco motivadas para la conservación, con bajos niveles de educación. En general, los aspectos sociales fueron particularmente bajos. Sin embargo, los aspectos interactivos también eran interesantes, con pocos pobladores conociendo la asociación o sintiéndose integrados a los esfuerzos de conservación del área en las áreas bananeras, mas con conocimiento y sintiendo algún efecto positivo de la asociación en las comunidades más cercanas a la misma (Aguilar et al. 2006).

Se ofreció cooperación con un programa de monitoreo y soporte que ayudara a la asociación a tomar el papel que pretendía en sus orígenes. Asimismo habíamos logrado la introducción de herramientas de sistemas de información geográfica al proceso de análisis de manera que permitía una visión gráfica de los resultados (Figura 11).

Sin embargo, el esfuerzo fue inútil. Razones personales y de índole económica habían herido a la organización hasta convertirla en una familia que, ante todo, tenía que preocuparse por su subsistencia. El reporte no pasó de ser un ejercicio de investigación. Erróneamente creamos un ejemplo de conservación y desarrollo sostenible vertical que no pudo hacer explícita la utilidad del esfuerzo, y, por lo tanto, la internalización del IISE no se logró.

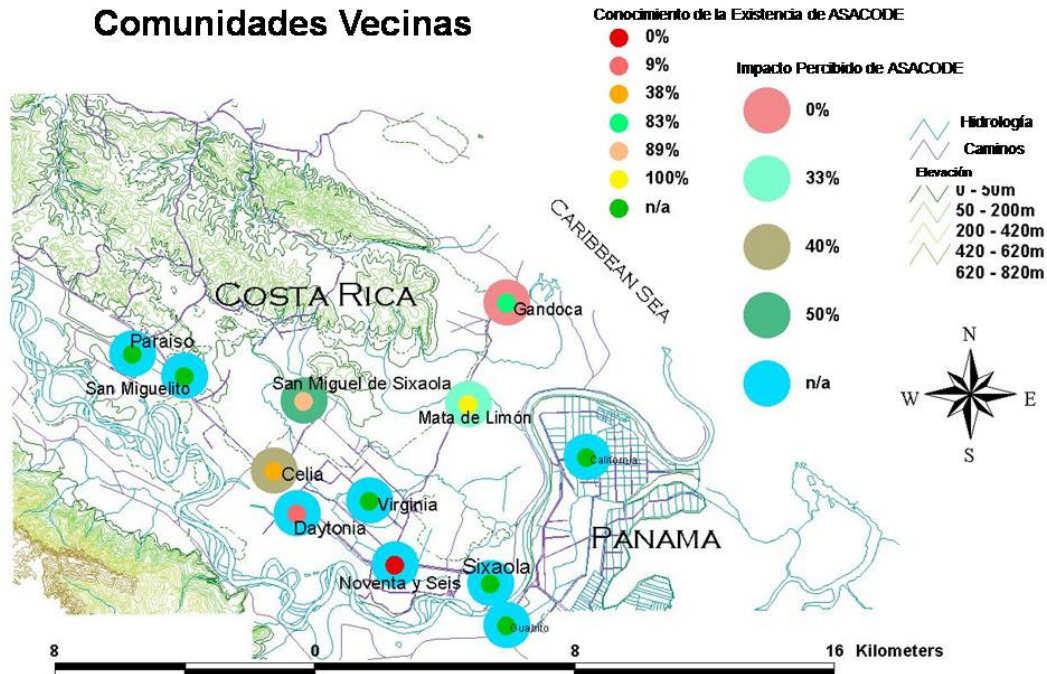
Así, el crecimiento en las conclusiones sobre la aplicación del indicador fue limitado. De gran utilidad sin embargo fue el entendimiento del nivel de candidez del esfuerzo desde la perspectiva de proceso.





Figura 11. Resultados sobre Conocimiento e Impacto Percibido de ASACODE por las Comunidades Vecinas

## Conocimiento Sobre e Impacto Percibido de ASACODE en las Comunidades Vecinas



Fuente: Elaboración original de Jeff Bayha en Aguilar et al. (2006)

### 4.4.2 Rompiendo la verticalidad científica y entendiendo el manejo adaptativo: el proceso colaborativo del Diablo Trust en Arizona

El avance más importante se ha dado en las aplicaciones que se hicieron en Arizona en un proceso colaborativo conocido como el Diablo Trust (DT). En este proceso, se logró por primera vez adaptar la metodología a las necesidades de un proceso cooperativo e iterativo y del manejo adaptativo que caracteriza a esta organización. El establecimiento de una relación de cooperación entre Prescott College y la Northern Arizona University, contribuyó con este proceso de evolución.

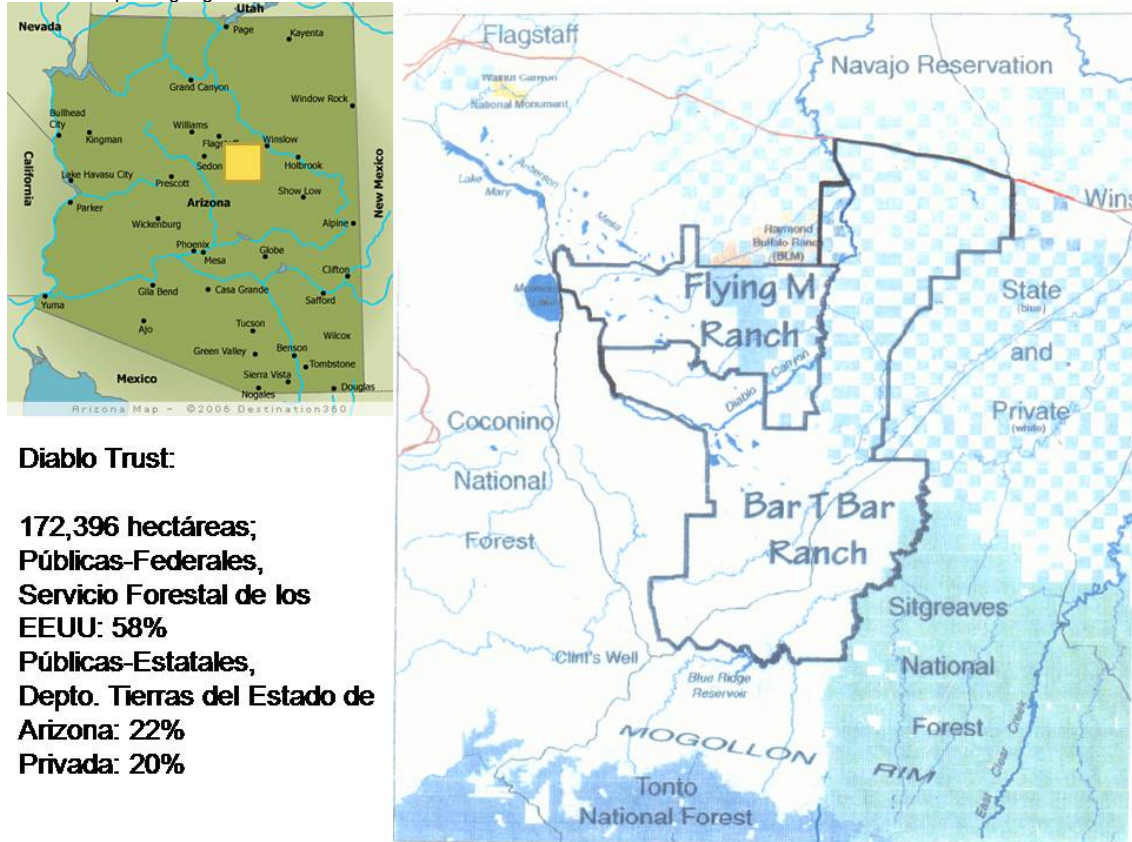
El DT es una organización colaborativa compuesta por rancheros, conservacionistas, académicos y representantes de organizaciones gubernamentales que maneja un área de 172,396 hectáreas aproximadamente. En 1999, esta organización definió una visión integral en la

que incluyó objetivos holísticos y un proceso decisorio. Los objetivos holísticos pretenden armonizar sus metas en cuanto a calidad de vida, con otras de producción sostenible y conservación.

El proceso decisorio adoptado, con el fin de alcanzar consenso en sus decisiones, se basa en comités o "pods" (literalmente se traduce como vaina). La organización funciona como un árbol de decisiones en la cual las "vainas" se combinan. Así, se busca alcanzar un balance en las decisiones respecto al manejo de las tierras del DT, ubicadas en la región del norte de Arizona en un ecosistema que predominantemente se encuentra compuesto por pastizales, bosques de Pino de Ponderosa (*Pinus ponderosa*), chaparral y comunidades de pino de piñón y enebro. El área se encuentra en un régimen de propiedad mixta en la cual se intercalan propiedad privada y pública (Figura 12).



Figura 12. Descripción geográfica del Diablo Trust en Arizona



#### Diablo Trust:

**172,396 hectáreas;**  
**Públicas-Federales,**  
**Servicio Forestal de los**  
**EEUU: 58%**  
**Públicas-Estatales,**  
**Depto. Tierras del Estado de**  
**Arizona: 22%**  
**Privada: 20%**

Fuente: Adaptado de Muñoz-Erickson (2004)

Aquí, el DT cumple con la propuesta de la literatura de adaptabilidad y resiliencia en tanto el proceso de aprendizaje social y los resultados sostenibles pueden ser particularmente facilitados por los procesos participativos y de manejo adaptativo (Stringer et al. 2006).

De este aprendizaje ha nacido el mayor cambio que se ha introducido al proceso del IISE. El proceso para definir los indicadores se hizo en este caso mediante una metodología participativa que incluyó a los grupos interesados involucrados en el esfuerzo colaborativo.

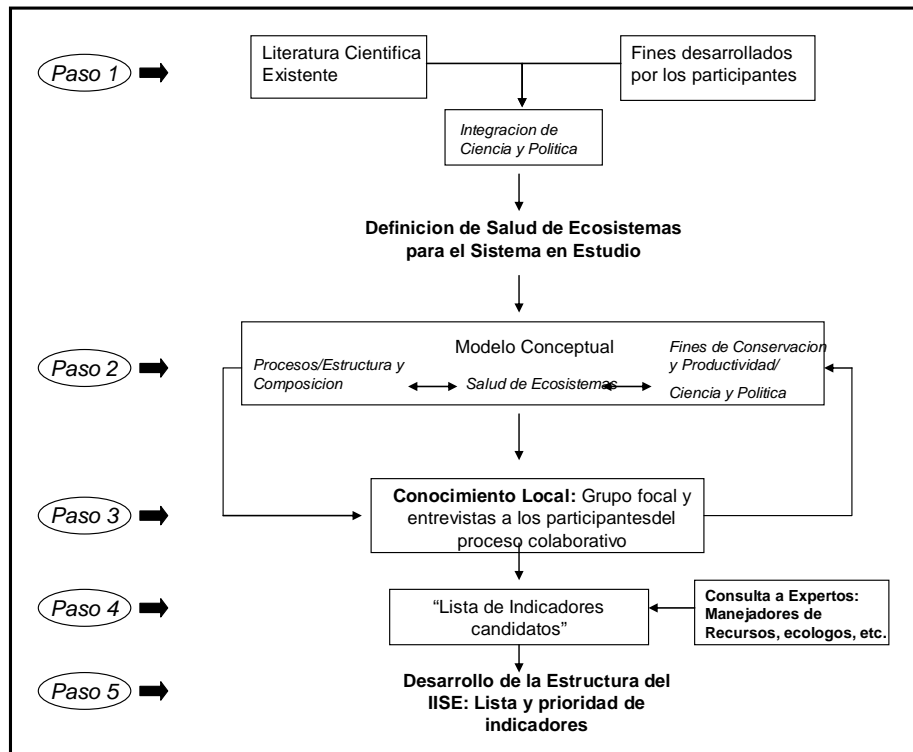
La Figura 13 ilustra el proceso seguido con el DT. Mediante la combinación de la literatura científica y de los objetivos holísticos del DT, se definió en primer término una noción de salud de ecosistemas (sostenibilidad) que fuera apropiada para el contexto de la organización. Ello nos llevó con posterioridad

a la definición de un modelo conceptual proponiendo los aspectos que el indicador buscaría monitorear. Este modelo fue discutido y refinado en un proceso iterativo que incluyó el conocimiento local mediante entrevistas a los participantes del proceso colaborativo y grupos focales. De ello se derivó una lista preliminar de indicadores y protocolos que fue finalmente priorizada y estructurada con base en información científica y talleres con la vaina científica y de monitoreo del DT (Muñoz-Erickson et al. 2007).

Hoy día el proyecto se encuentra en fase de implementación. Luego de hacer una primera ronda de recolección de datos y procesamiento de resultados, se entregó al DT un reporte y se realizaron talleres para transferir su uso (Muñoz-Erickson et al. 2006). El proyecto ha adoptado hoy el nombre de IMfoS (Monitoreo Integrado para



Figura 13. Metodología Colaborativa para Desarrollar el IISE con el Diablo Trust



Fuente: Adaptado de Muñoz-Erickson et al. (2007)

la Sustentabilidad) y es ahora parte de los programas del DT.

De la interacción con los participantes quedó claro que la ciencia desarrollada sobre lo que podrían llamarse estados óptimos de los ecosistemas en cuestión se halla lejos de un consenso científico establecido. Por ello, los primeros resultados se tomaron como parámetros para medir la evolución futura.

Así, se concluyó que el éxito de esta aplicación se encuentra en el proceso. Quizás el éxito mayor que se logró en este proceso de internalizar el indicador, ha sido demostrado por las evaluaciones hechas mediante encuestas preliminares y posteriores que han mostrado que en general la confianza con el indicador como una buena herramienta de monitoreo complejo ha aumentado. Asimismo, hoy día el DT está a cargo de la aplicación del indicador y ha conseguido sus propios recursos para la

implementación. Una de las nociones que ha quedado clara es que el indicador debe adaptarse a las condiciones de cada aplicación. Por ello, los miembros del DT son conscientes de que en cada aplicación periódica pueden revisar la estructura y métodos de implementación de su IISE. Es decir, se trata de una herramienta adaptativa de monitoreo, y, en este sentido, apta para la resolución de conflictos ambientales de esta organización asociativa ambiental.

## 5. Conclusiones

La experiencia del Índice Integral de Salud de Ecosistemas, ha generado un proceso de aprendizaje producto de su implementación a través de los años para evaluar la sostenibilidad de diversos tipos de iniciativa ambiental.



El indicador pretendió inicialmente ser un indicador multidimensional de sostenibilidad agregado en un índice. No se pretendió utilizar el IISE más que como una herramienta estática de descripción y diagnóstico de los elementos de sistemas socio-ecológicos manejados.

Más adelante, su uso se trasladó a sistemas de conservación colaborativa que permitieron reflexiones más profundas sobre los procesos socio-ecológicos de conservación. En esta dimensión, el IISE se ha convertido en una herramienta de mayor utilidad para lograr entender las conexiones entre las ciencias postnormales y los procesos de implementación de las iniciativas de sustentabilidad.

Asimismo, dentro de los parámetros que ha definido la literatura económico ecológica y de ecología política, el IISE ha logrado, mediante su evolución aplicada responder a las necesidades de una herramienta de multicriterio en tanto:

1. Ha evolucionado como una herramienta eficiente para implementar un enfoque multi/inter/transdisciplinario;
2. Ha permitido que los investigadores entiendan su responsabilidad científica en una forma amplia que abarca las implicaciones para sistemas socioecológicos complejos;
3. La participación pública ha ayudado a mejorar el aprendizaje social en las aplicaciones especialmente dentro de marcos de conservación colaborativa;
4. Ha permitido entender y hacer explícitos los sesgos éticos propios de una herramienta multicriterial para evaluar sostenibilidad;
5. Ha evolucionado permitiendo que los procesos de cuantificación, priorización y los protocolos de obtención de datos sean más representativos de los intereses sociales involucrados pero manteniendo asimismo consistencia con la información y presunciones utilizadas;

6. Igualmente, ha evolucionado en su conceptualización como una herramienta de comparabilidad o, a los sumo, de conmensurabilidad débil, en tanto ha sido utilizado más para comparaciones a través de sus diferentes ramas con el fin de ganar una impresión del estado comparativo de los elementos de la sostenibilidad, que como una herramienta de diagnóstico y pronóstico que busca dar una evaluación definitiva, unificada y con pretensiones de verdad universal.

Con vista de estas consideraciones cumple apropiadamente con las exigencias de una herramienta de evaluación multicriterial, que puede utilizarse como herramienta de monitoreo en iniciativas de conservación o manejo de recursos socio-ecológicos.

Ello implica la ventaja de potencial inserción en los procesos iterativos que caracterizan el ciclo adaptativo de los sistemas complejos. En este sentido, la herramienta también se convierte potencialmente en promotora de la democracia ecológica en tanto el proceso de definición y redefinición que se ha implementado en los últimos estudios de caso es continuo e invita a la participación de todos los interesados.

Una organización que utiliza el IISE estaría bien posicionada para entender cuáles serían los potenciales efectos de una propuesta de desarrollo sobre su sostenibilidad en tanto tendría la generación de este tipo de información como parte de su proceso normal de funcionamiento, con lo cual la decisión sobre la utilización de otras herramientas decisorias (como un análisis social de multicriterio, un costo-beneficio monetario o análisis de eficiencia biofísica) contaría con más y mejor información, lo cual podría incidir en mayor eficiencia en términos del tiempo de decisión o en términos de las necesidades de reflexión adicional.

Así, el IISE se une a otras herramientas disponibles para sobrepasar la tendencia en América Latina de utilizar fundamentalmente modelos copiados, sin análisis crítico, de valoración monetaria indirecta. Sin embargo, queda mucho camino por recorrer para





implementar un verdadero balance entre las valoraciones tradicionales y las económicas ecológicas en la región. Hace falta mayor desarrollo doctrinario, académico, de aplicación y profesional. Al menos sí se puede decir que la región se está beneficiando del desarrollo de marcos integrales de valoración que son específicos y originales y que posiblemente se puedan agregar al imaginario sobre-estimulado que hoy día por fortuna se expresa en América Latina.

### Dedicatoria

El autor desea dedicar este artículo a Tischa Muñoz-Erickson, amiga, alumna y compañera de trabajo sin cuyo tesón y altura profesional a través de los años, este trabajo no habría sido posible.

### REFERENCIAS

Aguilar, B. 1999. Applications of Ecosystem Health for the Sustainability of Managed Ecosystems in Costa Rica. *Ecosystem Health* Vol. 5: 36-48.

Aguilar, B. 2002. Paradigmas Económicos y Desarrollo Sostenible: La Economía al Servicio de la Conservación. Editorial UNED, San José, Costa Rica.

Aguilar González, B. 2007. Reflexiones y estudios de caso utilizando una teoría multidimensional del valor: recomendaciones para Centro América, en UICN-UNA. Valoración económica, ecológica y ambiental. Análisis de Casos en Iberoamérica. Heredia, Costa Rica: Editorial Universidad Nacional de Costa Rica.

Aguilar González, B. 2008. Oportunidades para la Economía Ecológica y Ecología Política en Costa Rica: La Zona Protectora Cerros de la Carpintera y Otros Parques de Papel en el Valle Central. *Revista Economía y Sociedad* Vol. 33 y 34: 25-52.

Aguilar González, B., Bayha, J., Boyce, G., Boswell, C., Chang, J., Chase, A., England, R., Evans, K., Garty, A., Goldberg, L., Hellenbrad, B., Launius, S., Madden, M., Maddox, C., McElligott, J., Moore, C., McCarthy, J., Thomas, J., Trevino, L., VanSant, J., Wells, S. & M. Whitaker. 2006. Una Aplicación del Indicador Integral de Salud de Ecosistemas (Sostenibilidad) a la Asociación Sanmigueleña de Conservación y Desarrollo (ASACODE) y sus Áreas Aledañas. Reporte Final a ASACODE. Prescott College, Prescott, Arizona, EEUU.

Anderson, T. L. & D. R. Leal. 2001. Free-market environmentalism. Palgrave, New York.

Barnes, P. 2003. Who Owns the Sky?: Our Common Assets And The Future Of Capitalism. Washington D.C.: Island Press.

Cash, D. W., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., Guston, D. H., Jäger, J. & R. B. Mitchell. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 100: 8086-8091.

Clark W. & N. Dixon. 2003. Sustainability science: The emerging research program. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 100: 8059-8061.

Costanza, R. 1992. Toward an Operational Definition of Ecosystem Health. In: Costanza, R., Norton, B. G. & B. J. Haskell (eds). *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Washington D.C.: Island Press.

De Marchi, B., Funtowicz, S. O., Lo Cascio, S. & G. Munda. 2000. Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation. An empirical study for water issues in Troina, Sicily. *Ecological Economics* Vol. 34, No. 2: 267-282.

Dempster, B. 1998. Toward a Post-Normal Science: New (?) Approaches to Research. Disponible en: <http://www.bethd.ca/webs/pnsresearch/index.html> Consultado (05/04/2008).

Funtowicz S. & Ravetz, J. 1993. Science for the postnormal age. *Futures* Vol. 25, No. 7: 739-755.

Funtowicz S. & Ravetz, J. 1994. Emergent Complex Systems. *Futures* Vol. 26, No. 6: 568-582.

Gallopin, G. C., Funtowicz, S., O'Connor, M. & J. Ravetz. 2001. Science for the 21st century: from social contract to the scientific core. *International Journal of Social Science* Vol. 53, No.168: 219-229.

Giampietro, M., Mayumi, K. & G. Munda. 2006a. Integrated assessment and energy analysis: Quality assurance in multi-criteria analysis of sustainability. *Energy* Vol. 31, No. 1: 59-86.

Giampietro, M., Allen, T. & K. Mayumi. 2006b. Science for Governance: the implications of the complexity revolution. En: Guimaraes Pereira, A. (ed). *Interfaces Between Science and Society*. Sheffield, Reino Unido: Greenleaf Publishing.

Giampietro, M. & J. Ramos-Martín. 2005. Multi-scale integrated analysis of sustainability: a methodological tool to improve the quality of narratives. *International Journal of Global Environmental Issues* Vol. 5, No. 3-4: 119-141.

Guha, R. & J. Martínez-Alier. 2000. *Varieties of Environmentalism. Essays North and South*. Londres, Reino Unido: Earthscan.

Hawken, P., Lovins, A. & L. Hunter Lovins. 1999. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Little, Brown and Co. EEUU.



- Houchin, N., et al. 2001. Holistic Resource Management and Conservation Systems. Prescott College, Prescott, Arizona. EE.UU.
- Kalyvas, A. 2008. Democracy and the Politics of the Extraordinary. Max Weber, Carl Schmitt, and Hannah Arendt. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Kates, R., & T. Parris. 2003. Long-term trends and a sustainability transition. Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 100: 8062-8067.
- Koontz, T. M., Steelman, T., Carmin, J. Korfmacher, K. & C. Moseley. 2004. Collaborative Environmental Management. What Roles for Government? Resources for the Future. Washington D.C.
- Martínez-Alier, J., Munda, G. & J. O'Neill. 1998. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. Ecological Economics Vol. 26, No. 3: 277-286.
- Mayumi, K. & M. Giampietro. 2006. The epistemological challenge of self-modifying systems: Governance and sustainability in the post-normal science era. Ecological Economics Vol. 57, No. 3: 382-399.
- Muñoz, T. A. 1999. Evaluation of the Ecosystem Health for a Private Property in San Salvador, Puerto Rico. Prescott College, Prescott, Arizona, EE.UU.
- Muñoz-Erickson, T. 2004. Evaluating the Ecological and Social Outcomes of Collaborative Management: Ecosystem Health Indicators for Monitoring Effectiveness. Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, EE.UU.
- Muñoz-Erickson, T., Aguilar-González, B., Sisk, T. D., Loeser, M. R. & A. Richey. 2006. The Diablo Trust – Integrated Monitoring for Sustainability (IMfoS) Project. Final Report to the Diablo Trust. Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, EE.UU.
- Muñoz-Erickson, T., Aguilar-González, B. & T. Sisk. 2007. Linking ecosystem health indicators and collaborative management: a systematic framework to evaluate ecological and social outcomes. Ecology and Society Vol. 12: 6. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art6/>
- Pierce-Colfer, C. 2005. The Complex Forest. Communities, Uncertainty and Adaptive Collaborative Management. Resources for the Future, Washington, D.C., EE.UU.
- Powell, G. V. N. Barborak, J. & S. M. Rodríguez. 2000. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis. Biological Conservation Vol. 93, No. 1: 35-41.
- Quiroga, R. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Naciones Unidas, Santiago, Chile.
- Rapport, D. 1995. Ecosystem Health: Exploring the Territory. Ecosystem Health. Vol. 1: 5-13.
- Ravetz, J. 2001. New Forms of Science. In: Smelser, N.J. & P. B. Baltes (eds). International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, Oxford, Reino Unido: Pergamon Publishers.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Disponible en: [http://www.minae.go.cr/dependencias/desconcentradas/sistema\\_nacional\\_areas\\_conservacion.html](http://www.minae.go.cr/dependencias/desconcentradas/sistema_nacional_areas_conservacion.html) Consultado (20/05/2009).
- Stringer, L. C., Dougill, A. J., Fraser, E., Hubacek, K. Prell, C. & M. S. Reed. 2006. Unpacking "Participation" in the Adaptive Management of Social-ecological Systems: a Critical Review'. Ecology and Society Vol. 11 No. 2: 39. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art39/>
- Valverde, J., Vieta Morales, R. J. & A. Pacheco (coord). 1995. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales - Fase II - Documento de Trabajo: Estudio de Caso Sobre Investigación y Extensión Campesina - Proceso Endógeno y Lógico de Investigación Campesina. Roma, FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5601s/x5601s06.htm>