

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y MODELOS MULTICRITERIOS: PERSPECTIVAS FUTURAS

EXPERIENCE AND FUTURE PERSPECTIVE ON SUSTAINABILITY INDICATORS AND MULTI-CRITERIA MODELS

RAFAEL MONTERDE DIAZ¹

RECIBIDO: 12-12-10

ACEPTADO: 15-06-10

¹ Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Valencia, España. E-mail: rmonterd@gmail.com

RESUMEN

La importancia del diseño de indicadores y sistemas de indicadores que conjuguen capacidad explicativa y simplicidad constituye un reto constante para investigadores y profesionales de la sostenibilidad. Los procesos de monitoreo y evaluación de programas para la promoción del Desarrollo Sostenible requieren cada vez más de mecanismos capaces de capturar la complejidad de las interacciones entre actores y entorno, pero no por ello se ha de sacrificar la función de difusión de información, buenas prácticas y lecciones aprendidas, inherente a los procesos evaluativos. En este sentido, la bibliografía muestra un gran número de propuestas metodológicas que si bien incorporan los avances científicos y técnicos en modelización, complican enormemente los sistemas haciendo de éstos herramientas aptas únicamente para especialistas. Este proceso limita significativamente las posibilidades de participación pública de la ciudadanía en las políticas de sostenibilidad. En el presente artículo se realiza una revisión sobre la evolución de indicadores y sistemas de indicadores de sostenibilidad, en paralelo a la evolución de aplicaciones de modelos multicriterio discreto a aplicaciones en área de sostenibilidad. Mediante el análisis de las corrientes principales durante las dos últimas décadas, la propuesta converge hacia unas bases para el establecimiento de aplicaciones MCDM con criterios de calidad técnica, facilidad de uso y promoción de la participación pública.

Palabras clave: indicadores, sistemas, multicriterio, MCDM, sostenibilidad.

ABSTRACT

The importance of design of indicators and systems that combine explanatory power and simplicity is a constant challenge for researchers and practitioners of sustainability. The processes of Monitoring and Evaluation of Sustainable Development programs increasingly require mechanisms capable of capturing the complexity of the interactions between actors and environment, but without sacrificing the function of dissemination of information, good practices and lessons learned which are inherent in the evaluation processes. In this sense, the literature shows a large number of methodological proposals incorporating scientific and technical advances in modeling systems but greatly complicating them, and consequently making them suitable only for specialized technicians. This process limits the chances of public participation of citizens in Sustainability Policy. In this article evolution of indicators and sustainability indicators in parallel with the development of applications of discrete multicriteria models for applications in the area of sustainability are both revised. By analyzing the mainstream over the past two decades, the proposal converges to a basis for establishing MCDM applications with technical quality, ease of use and promotion of public participation.

Key words: Indicators, systems, multicriteria, MCDM, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios relacionados con la sostenibilidad constituyen un área de conocimiento de marcado carácter multidisciplinar. Las diferentes dimensiones presentes en aquello que llamamos “medioambiente” son múltiples y, como también es sabido, aunque en algunos casos no es percibido, están fuertemente interrelacionadas. Sin embargo, la evolución de la gestión medioambiental, y en particular, la ejecución de actividades de evaluación, como es el caso de la evaluación de la eficiencia energética, han venido dándose en ausencia de un respaldo teórico profundo que conformara un cuerpo de conocimiento, reflejo de aquella naturaleza multidisciplinar, más allá de la suma de sus componentes.

La práctica de la evaluación de programas bajo el paraguas de la “sostenibilidad”, así como otras actividades de la gestión relacionada con la triple interacción económica-medioambiental-social, han sido llevadas a la práctica, en la mayoría de los casos, con algunas carencias en cuanto a rigor metodológico se refiere. Éste es un caso especialmente relevante, preocupante y, por tanto, urgente en la praxis de la sostenibilidad en España, en el que la legislación no ha facilitado el acompañamiento del desarrollo de actividades económicas con un cuidado estudio de su repercusión ambiental y socialmente responsables. Aunque son varias las causas, en el centro de ellas se encuentra la ausencia de modelos contrastados científicamente y con un nivel de consistencia que permita reducir los riesgos de fracaso en la toma de aquellas decisiones con una alta probabilidad de impacto en el entorno.

La complejidad del problema a resolver aumenta cuando se considera el hecho de que en la realidad de la planificación y la gestión de proyectos como los de eficiencia energética, gran parte de la información necesaria para la toma de decisiones no parte, ni puede partir, por

su propia naturaleza, de fuentes científicas, entendidas éstas como aquellas referencias extraídas de procesos con un profundo fundamento teórico y una experimentalidad que cumple con todos los cánones clásicos de repetitividad, trazabilidad, etc. Es muy probable, por tanto, que el proceso maneje una gran cantidad de información absolutamente heterogénea, más si cabe cuando se pretende introducir en él la participación de los diferentes actores involucrados.

En el presente artículo se realiza un análisis bibliográfico de la evolución de los principales enfoques disponibles para la construcción de sistemas de indicadores de sostenibilidad, para pasar posteriormente a justificar la idoneidad de los modelos multicriterio discreto a tal fin en base a los desarrollos publicados principalmente en las dos últimas décadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente trabajo se han empleado las publicaciones más relevantes en la bibliografía especializada, en un periodo aproximado de tres décadas, con algunas excepciones puntuales de referencias anteriores al mismo pero que, por su relevancia en el contexto, han sido incluidas en el texto.

Se ha aplicado análisis documental a un total de 92 referencias en el área de indicadores y sistemas de indicadores de sostenibilidad, así como en aplicaciones de las Técnicas Multicriterio Discreto de Ayuda a la Decisión (Multiple Criteria Decisión Maker - MCDM), ligadas a medioambiente y/o sostenibilidad, principalmente en el periodo 1980-2010. Para la elaboración de los diferentes marcos se ha empleado análisis de discurso, planteando para ello un primer marco general referido a sistemas de indicadores de sostenibilidad, para pasar posteriormente a la elaboración de las corrientes de evolución descritas en el siguiente apartado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 INDICADORES Y SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD: ELEMENTOS BÁSICOS Y PRINCIPALES ENFOQUES

El propósito principal de los indicadores de sostenibilidad es impulsar la acción. Esta dimensión transformadora es fundamental, pero en la práctica resulta poco presente tanto en el diseño como sobre todo en el uso de indicadores en la gestión ambiental.

Un indicador de sostenibilidad difiere de la pura información ambiental al formar parte de un proceso de transformación para la mejora ambiental, tanto a niveles de gestión como a nivel de políticas. Por ello, los indicadores y sistemas de indicadores son específicos de los contextos y los procesos de los que forman parte. No por ello resulta imposible desarrollar modelos comparables, pero su enfoque de utilidad está centrado e integrado allá donde tiene sentido como herramienta de política ambiental. De ahí, que resulte complejo elaborar un “estado del arte” en material de sistemas generales de indicadores de sostenibilidad para cualquier actividad en cualquier contexto, local, nacional o supranacional. Como afirman autores como Braat (1991) o Notter y Liljelund (1993), los indicadores efectivos son aquellos diseñados teniendo en cuenta un grupo meta específico.

Por ello es importante desligar parcialmente la comparabilidad de los sistemas de su uso como herramienta de política y/o gestión ambiental. Es evidente, sobre todo en referencia a problemáticas ambientales globales, que la existencia de indicadores que trascienden fronteras es necesaria para la descripción del fenómeno. Sin embargo, las decisiones específicas si aterrizan en contextos específicos, con particularidades ambientales y sobre todo socio-económicas y socio-culturales muy diversas, en los que un set de indicadores

específicos permita considerar las diferentes dimensiones del medioambiente, así como las especificidades de cada territorio.

Como aspectos comunes a los sistemas efectivos de indicadores de sostenibilidad, existe cierto consenso en que al menos deben cumplirse dos criterios de calidad: **relevancia y mesurabilidad o comparabilidad en la medida**. En referencia al primero, un indicador efectivo de sostenibilidad requiere de una significatividad más allá del propio valor medido, requiere un significado que represente un fenómeno a cierta escala. Este es un aspecto que se viene introduciendo en el discurso desde hace más de tres décadas (véanse referencias como Ott, 1978). En este sentido, la identificación de lo que en ciertos ámbitos ha venido en llamarse indicadores clave (key indicators), vendría por la vía de la reducción estadística a factores de mayor capacidad explicativa de los fenómenos. Véase como ejemplo, el caso de la medición de emisiones de dióxido de azufre como representativas del “nivel de contaminación atmosférica”, siendo muchos más los componentes contaminantes presentes en la atmósfera.

En referencia al segundo criterio general, un indicador debe ser comparable con un valor de referencia que cobre sentido para aquellos que van a emplearlo. Esta capacidad de medición es la base para dotar a un indicador de la capacidad de transformación citada, por ejemplo mediante la capacidad de identificar valores actuales y valores futuros deseables. Este es un aspecto presente en la práctica totalidad de los sistemas de indicadores de sostenibilidad existentes, siendo los valores deseables aquellos estándares de calidad ambiental que permiten guiar la política y/o la gestión ambiental.

Existen otros criterios de calidad presentes en la literatura, que de un modo u otro convergen en los elementos a tener en cuenta, como se muestra a continuación. Cabe destacar en la bibliografía autores como Kelly y Harwell (1990), Tunstall (1992), así como, por su impacto en las

políticas ambientales a nivel internacional, las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 1993). Todo este tipo de taxonomías, en coherencia con la dinámica histórica del Desarrollo Sostenible como concepto, surgen en la década de los 90. Para Kelly y Harwell, los sistemas de indicadores deben cumplir las siguientes funciones:

- Poner en valor aspectos intrínsecamente importantes para el territorio (aspectos económicamente sensibles, especies en peligro de extinción);
- Alertar de cambios significativos con suficiente antelación (variabilidades de frecuencia inapropiada, respuestas/reacciones del sistema demasiado lentas, capacidad de discriminar tipos o niveles de cambio);
- Dotar de sensibilidad al proceso de toma de decisiones (identificar el estrés producido en el territorio);
- Trazar el proceso (capacidad de monitorear avances);
- Identificar la vulnerabilidad del territorio.

Por su parte, para Tunstall, la finalidad de los indicadores de sostenibilidad deben ser útiles en términos de:

- Valoración de las condiciones ambientales y sus tendencias a nivel nacional, CDEsupra-nacional y global;
- Comparar regiones y países;
- Realizar pronósticos;
- Alertar de cambios significativos con suficiente antelación;
- Medir condiciones en relación a objetivos y metas.

Finalmente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) identifica tres criterios clave:

- Relevancia y utilidad política para los usuarios en la cual debe proveer de una fotografía clara de las condiciones ambientales, sencillo de interpretar, trazable en el tiempo, sensible a cambios, comparable a nivel internacional, aplicable a niveles territoriales específicos, disponer de una meta específica de calidad;
- Robustez analítica, bien fundamentado tanto científica como técnicamente, basado en estándares internacionales consensuados, capaz de ser conectado con otros sistemas de indicadores;
- Mesurabilidad, siendo posible obtenerlo a un coste razonable, documentable, actualizable de acuerdo con procedimientos confiables.

En relación a las tipologías teóricas de indicadores, no ha habido aportes significativos desde las tres últimas décadas. La referencia fundamental se encuentra en el **modelo presión-estado-respuesta**, introducido por Friend y Rapport (1979). Sin embargo, y especialmente durante la última década se han venido desarrollando un número significativo de baterías de indicadores, como puede observarse en la literatura. En un primer lugar, y en mayor número, se encuentran los marcos focalizados en el nivel organizativo, es decir, en la evaluación a nivel de institución, tanto en el ámbito público como en el privado, incluso en el no lucrativo (Azzone *et al.*, 1996; Ditz y Ranganathan, 1997; Johnson, 1998; Epstein y Young, 1998; Young y Welford, 1998; Bennett y James, 1999; Wehrmeyer *et al.*, 2001; Dias-Sardinha y Reijnders, 2001; Tyteca *et al.*, 2002). Un buen ejemplo de este tipo, con gran repercusión en estos momentos dado su nivel de implantación, lo constituye el **modelo GRI del Global Reporting Initiative** (2002). También existen **modelos centrados en sectores específicos**, tales como industria (Berkhout *et al.*, 2001), transporte (EPA, 1999) o multisectoriales (EEA, 2000).

A pesar de la diversidad de técnicas empleadas para su construcción, los indicadores de sostenibilidad aparecen organizados en marcos comprensivos en la mayoría de las ocasiones. La presencia de un número importante de estos, como afirma Hodge (1997), dificulta la comparabilidad, tanto en términos de instituciones, como en niveles de agregación superior, sectores, territorios, etc., al tiempo que genera cierto grado de confusión por la falta de unicidad en la terminología. Es por ello que también se encuentra en la literatura esfuerzos por describir el estado del arte de los mismos, como primer paso de un proceso de homogenización (Olsthoorn *et al.*, 2001; Johnston y Smith, 2001).

Asimismo, en estos autores se encuentra un esfuerzo por identificar la evolución desde indicadores de presión (centrados básicamente en la medida de magnitudes físicas) hacia indicadores de impacto más significativos. Así, el modo en el que se plantea la medición del desempeño sostenible de una institución resulta de una combinación de valoraciones cualitativas y cuantitativas, en diferentes dimensiones de la misma, desde los aspectos biofísicos ya contemplados, como las interacciones legales, las cuestiones de imagen social o la participación de los actores involucrados en los procesos.

Si bien estos modelos se desarrollan primero en el seno de la empresa privada, muchas de las presunciones son aplicables al sector público mediante algunas consideraciones de su especificidad (Boland y Fowler, 2000). La medición del desempeño ambiental, y sobre todo, su integración en los sistemas generales de gestión pública son relativamente recientes. El nivel público, en mayor medida que el privado, requiere de la complementariedad de la evaluación a nivel operativo (acciones específicas) y del nivel estratégico (elaboración de políticas), dado su rol en el contexto económico y social (como regulador, como promotor de iniciativas del sector privado y de la sociedad civil, etc.).

Algunas aportaciones recientes fijan su atención en aspectos a diferentes niveles, desde la incertidumbre en la medición de indicadores ambientales (principalmente en referencia a indicadores de presión), la conexión o potencial de integración entre sistemas de gestión ambiental (nivel operativo) y marcos de evaluación de la sostenibilidad (a nivel estratégico), o en una línea más amplia, la importancia de visualizar la dimensión de políticas de sostenibilidad en el establecimiento de sistemas de indicadores y en su medición. Para Perotto *et al.* (2007), la información puede ser comparable siempre que la medición de los indicadores se realice con un alto nivel de precisión y, sobre todo, se conozca y acote el grado de incertidumbre, hecho que según los autores no sucede en un importante número de ocasiones.

Lundberg *et al.* (2009), llaman la atención sobre la confusión que se genera en el empleo de formulaciones diferentes para objetivos y resultados de políticas y acciones cuando se emplean para la misma institución marcos ambientales estratégicos (tipo presión-estado-respuesta) y sistemas de gestión ambiental (tipo ISO). Este hecho no favorece el empleo de los indicadores como herramientas para la toma de decisiones, por lo que los sistemas adolecen de su principal función: su capacidad de uso. Por su parte, Svensson (2006) hace énfasis en la dimensión política del acto de medición y sobre todo de uso de sistemas de indicadores de sostenibilidad, y la importancia de visualizar este hecho para el correcto uso de los mismos, basado en la construcción del consenso entre actores sociales.

3.2 MODELOS MULTICRITERIO DISCRETO EN EL MARCO DE LA SOSTENIBILIDAD

Las Técnicas Multicriterio Discreto de Ayuda a la Decisión (MCDM), han venido siendo empleadas en múltiples áreas, también en aplicaciones medioambientales y recientemente en modelos de sostenibilidad. La presencia de experiencias

contrastadas en la bibliografía es una buena muestra, al tiempo que, como se describe posteriormente, abre un interesante espacio a la exploración de nuevas aplicaciones de las técnicas ya existentes.

El uso de métodos y técnicas multicriterio en aplicaciones que afectan a aspectos de sostenibilidad ha sufrido un gran crecimiento en la última década. Aunque no existe un estudio específico suficientemente exhaustivo, algunas aportaciones parciales, referidas a los métodos más extendidos, sustentan este hecho al tiempo que profundizan en sus causas. Un aporte relevante en este sentido se encuentra en Daniel *et al.* (1997), el cual puede ser tomado como referencia para el presente análisis, asumiendo las técnicas multicriterio discreto como un caso de aplicaciones propio la Investigación Operativa. *La naturaleza intrínseca de los problemas medioambientales ha generado un incremento de la demanda de aplicaciones innovadoras de métodos conocidos, en variaciones específicas de estos e incluso el desarrollo de nuevos métodos, para poder adaptarse mejor a dichas demandas. Una de las posibles justificaciones puede encontrarse en el binomio formado por la complejidad de los sistemas socioambientales (sistemas multidimensionales interrelacionados) y la insuficiente capacidad de las ciencias naturales clásicas en dar respuesta en solitario a los modos de afrontar la degradación ambiental mediante planes y políticas, a pesar de que sí hayan sido, en primera instancia, capaces de explicar algunas de sus causas.*

En este sentido, el factor de incertidumbre juega, como es sabido, un papel clave en la planificación ambiental, aspecto éste que las técnicas multicriterio han pretendido contribuir a minimizar. No obstante, no debe obviarse que el enfoque multicriterio no permite objetivar completamente realidades tan complejas en su totalidad. Por tanto, las propias técnicas en sí, tanto por dicha complejidad como incluso por su construcción, presentan un cierto grado de

incertidumbre, que debe ser sistemáticamente considerado en su aplicación (Lavelle, 1997).

Por otro lado, la propia naturaleza multidimensional de los problemas de sostenibilidad, y en especial, el reconocimiento de ésta por parte de los actores sociales, ha requerido de la consideración de diferentes valores más allá de los clásicos económicos o tecnológicos, para lo cual, el uso de técnicas multicriterio, capaces de integrarlos en un marco común en los procesos de decisión, ha resultado adecuado. Finalmente, y relacionado con lo complejo del sistema de valores implicados en decisiones ambientales, el incremento en el uso de técnicas multicriterio viene justificado por el incremento notable en el manejo de información socioeconómica y medioambiental. El desarrollo de las tecnologías de la información ha permitido la gestión de una gran cantidad de datos ambientales que es requerida, por un lado, en la medida de la multidimensionalidad del problema de sostenibilidad, y por otro, para reforzar la reducción del riesgo de incertidumbre en la toma de decisiones con trascendencia ambiental.

Como consecuencia, las técnicas multicriterio han facilitado la toma de decisiones, simplificando el proceso. Es por ello que, cada vez más, se encuentran aportaciones en la bibliografía que combinan el uso de técnicas multicriterio con el uso de sistemas de información. Es destacable en este punto el enorme incremento de las aplicaciones combinadas con Sistemas de Información Geográfica (Graymore *et al.*, 2009).

Uno de los argumentos más repetidos por los autores en la justificación sobre el uso de técnicas multicriterio se centra en los valores éticos de la gestión de la sostenibilidad, en particular en aspectos como la legitimidad de las decisiones ambientales o decisiones de cualquier índole con consecuencias ambientales de vital importancia para un territorio (Rauschmayer, 2001). En decisiones tomadas en ámbitos reducidos o de carácter particular o privado (entendido éste, como aislado o con

muy baja influencia en el entorno), la dimensión normativa de la decisión carece de relevancia.

Sin embargo, en el caso de decisiones en el ámbito público, bien por razón de responsabilidad en la administración del Estado, bien por la diversidad de actores implicados en el proceso, es evidente que las políticas ambientales sí poseen un valor normativo, que, como consecuencia inevitable, las reviste de un carácter moral de mayor calado. Excepto en aquellas en que las ciencias naturales pueden demostrar evidencias empíricas, muchas de las decisiones ambientales no tienen una justificación científica sobre su calidad, es decir, no son científicamente mejores que otras por sí mismas.

Las decisiones ambientales están ligadas al entorno, y, por tanto, son contextuales, por lo que no es posible establecer a priori una referencia universal de bondad en la opción de una u otra estrategia. Es por ello que, en el sentido metodológico de Popper (1971), la decisión multicriterio constituye una herramienta metodológica facilitadora del *"proceso crítico de investigación científica"* en el área ambiental. A consecuencia del grado de subjetividad inherente, en un proceso normativo conectado con un problema de elección social debe operativizarse el valor dado a cada elemento de análisis, a pesar del hecho de que los actores sociales posean diferentes visiones de dicho *"valor"*, influidos por sus propios valores identitarios, así como por sus intereses particulares en proceso objeto de estudio (O'Neill, 1993).

La praxis de la evaluación de la sostenibilidad presenta una variabilidad metodológica notable, e incluso, en un considerable número de ocasiones, una ausencia de método científicamente contrastado. *En el uso de técnicas multicriterio en la Evaluación de Impacto Ambiental existen algunos estudios recientes (Janssen, 2001) que demuestran la superioridad numérica en el uso de técnicas simples (suma ponderada) o aproximaciones a lo que podría dar en llamarse un modelo multicriterio (aunque sin referencia científica*

inidentificable). Cabría cuestionar en este punto las causas reales por las que la generalización de uso de técnicas multicriterio en esta tarea de gestión ambiental no se ha dado. Asimismo, el uso de técnicas más o menos complejas desde el punto de vista matemático puede constituir, en la práctica, una herramienta de legitimación, pero en un sentido peyorativo, entendido éste como manipulación del proceso para beneficio de un sector, actor o grupo de presión.

Las técnicas multicriterio carecen de la objetividad que en ocasiones se les ha atribuido, no en el sentido del proceso lógico, que lo es y que ciertamente constituye su fortaleza, sino en la apropiación del proceso de intervenciones ambientales por parte de los actores sociales involucrados. Algunos autores, no obstante, mantienen que el enfoque multicriterio puede ser puesto en práctica bajo criterios de legitimidad y calidad, dado que, para su uso bajo su propia esencialidad (ayuda a la decisión), facilita y al tiempo requiere de la participación de los actores involucrados de un modo *"emocionalmente comprometido con el proceso"* (Wenstøp y Seip, 2001). Así, se puede asegurar que las valoraciones ambientales asistidas no llevan implícitas las presunciones de los decisores políticos o los responsables de la intervención, sino que contienen una mayor proporción del rango de valores presentes en el territorio o, en general, en la sociedad que las asume.

Es por ello que la participación de los actores sociales en los procesos de análisis y evaluación de intervenciones con importantes consecuencias medioambientales resulta esencial, atendiendo a la propia naturaleza de las acciones, y en especial, a su finalidad. *El fomento de la participación pública de la ciudadanía no ha sido una práctica común en la planificación y la gestión ambiental hasta las últimas dos décadas, en la que comienzan a documentarse procesos puntuales y experiencias de participación de la ciudadanía en decisiones públicas que tienen, bien como centro, o como uno de los factores clave,*

el impacto ambiental de las intervenciones planificadas. Por supuesto, sigue sin ser una práctica interiorizada por la sociedad civil en general ni por las instituciones públicas responsables, a pesar de que se van realizando esfuerzos por la incorporación de herramientas de planificación con esta dimensión participativa.

Un claro ejemplo lo constituye la Agenda 21. Si se atiende a la definición de la estrategia definida en 1992 a partir de la Cumbre de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (también conocida como Cumbre de la Tierra o Cumbre de Río), el programa de la Agenda 21 constituye un interesante modelo de desarrollo sostenible del territorio, que tiene en uno de sus pilares básico la participación de los actores sociales implicados. Un buen número de poblaciones españolas se han embarcado en el desarrollo de su propia Agenda 21 local. Sin embargo, en algunos casos, lejos de su filosofía central, la Agenda 21 se ha convertido en una anécdota política, más como hito en el balance de gestión del periodo de mandato de los responsables políticos, que como un proceso participado por la sociedad civil.

Del mismo modo que la Agenda 21 como herramienta metodológica, las técnicas multicriterio poseen intrínsecamente la capacidad de facilitar la participación de los actores involucrados en el proceso de análisis y decisión. Algunos autores señalan su especial potencial para la mediación en procesos de planificación y evaluación ambientales con un alto grado de conflictividad (Bana e Costa, 2001; Beinat y Nijkamp, 1998; Bojórquez-Tapia et al., 2005; Janssen y Munda, 1999; Nijkamp et al., 1990; Romero y Rehman, 1989). Asimismo, la realimentación que ofrecen los actores permite enriquecer el análisis y, como consecuencia, la utilidad del uso de las técnicas. *Sin embargo, contrariamente a lo que sería deseable, en la aplicación en cuestiones medioambientales es más frecuente un uso puramente instrumental del enfoque* (Beinat, 2001), *que rápidamente hace esclavo del método al proceso evaluativo.*

Afortunadamente, existen experiencias exitosas, en las que la realimentación por parte de los actores ha constituido un binomio con interesantes sinergias, hecho respaldado con aportaciones como Arbel (1989) o Van der Honert (1998), entre otros ejemplos. En definitiva, se trata de un proceso evolutivo, en el que, tal y como afirma Tran et al. (2002), *un enfoque multicriterio provee de un marco de transición, desde un estado centrado en la pura emisión de juicios de valor relacionados con el entorno hasta un escenario real de toma de decisiones medioambientalmente responsables e incluyentes.*

3.3 CONSIDERACIONES OPERATIVAS EN LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS MCDA

La elección de uno u otro método no es trivial, dado que cada uno de ellos requiere, por un lado, determinados volúmenes y tipos de información, y por otro, aporta un determinado tipo de análisis, resultados y precisión. Asimismo, el contexto de evaluación (el número de actores involucrados, el grado de conflictividad, la disponibilidad de información, etc.) son factores que pueden influir en la elección de la herramienta.

Algunos autores (Goicoechea et al., 1982; Hobbs, 1984; Hobbs et al., 1992; Simpson, 1996), señalan requerimientos básicos comunes para que una metodología multicriterio determinada pueda ser usada en procesos de planificación en el ámbito público, tales como los de gestión ambiental:

- Estar bien definido y debe ser fácil de entender, en particular en lo que se refiere a sus elementos centrales, es decir, definición de criterios y pesos;
- Permitir la participación del número de decisores que sea necesario;
- Ser capaz de gestionar el número de criterios y alternativas necesarios;
- Ser capaz de manejar la imprecisión y la posible incertidumbre en la información

- La obtención de información por parte de los decisores y, en general, de cualquier actor involucrado, debe ser un proceso en el que se minimicen esfuerzos (este requerimiento está relacionado fundamentalmente con las habituales restricciones de tiempo y recursos económicos).

Resulta complejo que un método multicriterio sea capaz de responder mejor que cualquiera a todos los requerimientos de un proceso de gestión ambiental. En ocasiones, el uso de una determinada técnica también responde a lo que se podría dar en llamar “*criterios de escuela*”, es decir, a la influencia sobre la formación y/o la experiencia previa de los analistas en cuanto a una determinada corriente dentro del campo multicriterio. Sin embargo, algunos autores llegan a afirmar que el uso de técnicas multicriterio de forma combinada (por citar un ejemplo, el uso de **Analytic Hierarchy Process-AHP** (Saaty, 1980) en la determinación de pesos de los criterios y el uso de **PROMETHEE** para determinación del ranking de alternativas) incurre en errores conceptuales. Por el contrario, en opinión del autor, la combinación de las mejores prestaciones de diferentes métodos redunda siempre en positivo.

Publicaciones recientes insisten en la preferencia de los modelos multicriterio en la

construcción de indicadores de sostenibilidad, basado principalmente en su mejor respuesta frente al manejo del concepto de “*valor*” en el contexto de la sostenibilidad. En el cuadro 1 se resume el análisis de Gasparatos (2010) de las diferentes dimensiones y acepciones de valor mediante un análisis comparativo con otros modelos clásicos.

La principal ventaja de los métodos multicriterio frente a otros modelos, y en especial a los índices compuestos, es su capacidad para manejar las tasas de intercambio (*trade-off*) entre las diferentes dimensiones de los indicadores y sistemas de indicadores, que en algunos casos corresponde con la realidad (y por tanto es un buen modelo) pero en otros puede resultar un simple artificio matemático. O lo que es peor, una presunción que rompe totalmente con los principios mismos del Desarrollo Sostenible, como sería el caso del Análisis Coste-Beneficio. En un modelo compensatorio de estas características, por ejemplo, se estaría asumiendo matemáticamente la posibilidad de sustitución ilimitada de recursos. Existen modelos multicriterio que permiten regular la capacidad parcial o la prohibición total de tasas de intercambio, dependiendo de la naturaleza del fenómeno considerado.

Otra ventaja, complementaria, deriva de la capacidad de uso de modelos que no requieren

Método/técnica	Concepto de valor (sistema de valoración)	Perspectiva de valoración	Rol de participante	Valor relevante para los involucrados
Valoración biofísica	Coste de producción	Eco-céntrica	Irrelevante	Biocéntrico
Valoración monetarizada tradicional	Preferencia subjetiva	Antropocéntrica	Consumidor individual	Egoísta
Valoración monetaria deliberativa	Evidencia no concluyente	Antropocéntrica	Ciudadano	Altruista
Indicadores compuestos	Posibles pérdidas de información en normalización y agregación	Posibles pérdidas de información en normalización y agregación	Posibles pérdidas de información en normalización y agregación	Posibles pérdidas de información en normalización y agregación
	Depende de la técnica elegida	Depende de la técnica elegida	Depende de la técnica elegida	Depende de la técnica elegida

CUADRO 1. Caracterización de métodos/técnicas y derivación de aspectos-consideraciones de valor a tomar en cuenta en las MCDM. Fuente: Elaboración propia a partir de Gasparatos (2010).

de la agregación y/o unidimensionalización para su uso como indicadores, permitiendo el manejo de diferentes dimensiones del indicador o del sistema sin pérdida de información. Por las características de la medición de la sostenibilidad, este tipo de modelos está creciendo en importancia (Krajnc y Glavic, 2005; Prescott-Allen, 2001).

De acuerdo con Lahdelma *et al.* (1998; 2000 a; 2000b), **las técnicas multicriterio más frecuentemente aplicadas en el área medioambiental**, son clasificadas en dos grandes bloques:

- Los Métodos de Agregación: Suma Ponderada, Teoría Multiatributo (MAUT), SMART, AHP (básico o en matrices interválicas).
- Las Técnicas de Superación: ELECTRE (II, III y IV), PROMETHEE (I y II)

Como ya se ha comentado anteriormente, los métodos de agregación constituyen el modelo más común de integración de las valoraciones realizadas en el contexto de evaluaciones ambientales. La mayoría de los métodos empleados en la práctica se asientan en suposiciones que, resultando prácticas en la mayoría de los procesos, no dejan de resultar axiomáticas si se estudian con detalle:

- Los impactos producidos pueden ser valorados cuantitativamente, incluso aquellos que son intangibles
- Existe un “*impacto global*” de la acción evaluada, que es posible calcular por medio de las evaluaciones parciales

La existencia de tal “*impacto global*” es cuestionada por la escuela constructivista (Starkl y Brunner, 2004), que destaca su preferencia por las valoraciones separadas de beneficios y costes. Explotando en profundidad este enfoque, la óptica constructivista ofrece la posibilidad de conocer en detalle los diferentes aportes de una acción objeto de evaluación mejor que la

aproximación positivista-empirista (propia de los modelos de agregación), y lo que es más importante, la diferente visión de los actores sociales involucrados en el proceso.

Algunas de estas metodologías emplean la conversión de las evaluaciones a unidades monetarias, dándoles un sentido de valoración económica que permite, como consecuencia, aprovechar las herramientas de análisis económicos ya conocidos y contrastados. El caso más conocido es el enfoque del Análisis Coste-Beneficio (ACB). Sin embargo, y como se encuentra ya bien estudiado en la bibliografía (Turner *et al.*, 2003), de nuevo se observa otro caso cuestionable en la valoración de aspectos intangibles. Una perspectiva económica del entorno físico-natural sitúa al medioambiente como un espacio de intercambio de bienes y servicios de diferente naturaleza (física, estética, moral). Este intercambio constituiría el medio que sustenta el “*mercado*” que constituye en sí mismo dicho entorno, y por tanto los bienes y servicios se convierten en los “*medios*” económicos.

Así, si existen otros modos de proveer de dichos bienes o servicios, o bien compensar por la carencia de los mismos, entonces esta sustitución o esta carencia constituye el modo en el que la economía da “*valor económico*” a los recursos.

Según los principios básicos de la economía de mercado, esta valoración (monetarización, en su caso) constituye además un instrumento de medida transparente y consensuado entre los actores económicos. Sin embargo, toda esta construcción teórica se ve cuestionada cuando la posibilidad de “*sustitutivos*” no es viable físicamente, por ejemplo si no existe un modo científico de valorar las consecuencias de un proceso de degradación ambiental en el bienestar, o en casos en los que la sustitución no sea socialmente aceptable. Por otra parte, lo apropiado de este enfoque puede verse condicionado también por la escala de los impactos a

los que se refiere el estudio. Según los expertos (Van den Bergh, 1999; Balmford *et al.*, 2002), la valoración monetaria es más significativa en pequeña escala, cuando la evaluación es referida a cambios marginales.

Por otro lado, la Teoría Multiatributo (MAUT) juega un papel relevante en las valoraciones ambientales. Esta teoría permite la aplicación de un concepto más abstracto y más completo de beneficios y costes ambientales, por medio de la función de utilidad a optimizar, compuesta por diferentes atributos ambientales. En la mayoría de las aplicaciones se ha buscado la sencillez del modelo que, sin gran perjuicio en la calidad de evaluación, permitiera comunicar mejor la información del proceso entre los actores involucrados en la decisión. Por ello, *la técnica SMART figura entre las más aplicadas en problemas medioambientales*. De hecho, esta búsqueda de la simplificación de un problema complejo por medio de problemas simples agregados lleva a utilizar, sobre todo en aplicaciones prácticas, técnicas tan sencillas como el reparto en 100 puntos para ponderaciones e incluso para valoraciones de alternativas (una explicación de este hecho desde el punto de vista de la psicología de la percepción puede encontrarse en Morera y Budescu (1998). De ahí que algunas mejoras del método aparecen tras la introducción de estas sencillas técnicas (Edwards y Barron, 1994).

En el caso multiatributo, uno de los factores fundamentales lo constituye la definición de la ponderación de criterios, así como el establecimiento de las funciones de utilidad. En cuanto a la ponderación, la tendencia habitual en las aplicaciones es, de nuevo, la simplificación del procedimiento, por lo que resulta más frecuente el procedimiento de asignación directa (cardinal). Algunas aplicaciones específicas en medioambiente, más sofisticadas, emplean el concepto de entropía aplicado por Zeleny (1982), como es el caso del método NAIAD (Munda, 1995).

En el campo de los análisis de riesgo ambiental, los procedimientos de agregación propuestos son más complejos. Resulta más habitual el uso de funciones no lineales para la descripción de indicadores o funciones de utilidad en atributos ambientales, dado que en muchos casos la definición de los mismos se basa en la acumulación de efectos en el tiempo. En este tipo de aplicaciones, los modelos basados en el uso del Análisis por Envoltura de Datos (más conocido por su denominación en inglés, Data Envelopment Analysis (Charnes *et al.*, 1978) son los más frecuentes. En el campo de la definición y uso de las funciones de utilidad los tipos de aplicaciones son más diversos. *Un estudio exhaustivo en la construcción y uso de funciones de valor en aplicaciones medioambientales puede encontrarse en Beinat (1997).*

Tanto como técnica específica (según el diseño inicial de Thomas Saaty) como con variaciones posteriores y combinaciones con otras herramientas matemáticas, AHP constituye probablemente el método multicriterio discreto más extendido y más popular de su género. No existen estudios específicos sobre su aplicación en el ámbito medioambiental. En la revisión bibliográfica más recientemente publicada (Vaidya y Kumar, 2006), de las 150 publicaciones con aplicaciones de AHP estudiadas, tan sólo se clasifica una de ellas en el campo de la *"gestión ambiental"*. Sin embargo, tanto en las referencias del propio estudio, como en cualquier búsqueda específica que pueda realizarse, puede comprobarse que AHP ha sido aplicado en multitud de áreas relacionadas con aplicaciones ambientales (desde el manejo de recursos naturales hasta generación de energía, desde la planificación y la gestión hasta la construcción de indicadores de evaluación y prospectiva)

En un enfoque completamente diferente a los procedimientos de agregación, se encuentran las técnicas que aplican el concepto de superación, objeto fundamental de la presente investigación. Las aplicaciones más simples de

este enfoque se encuentran en el uso, más o menos completo, de métodos de votación. Sin embargo, en este epígrafe destacan, como ya se ha mencionado, las familias ELECTRE y PROMETHEE.

Algunos autores realizan una férrea defensa de la calidad evaluativa que ofrecen los métodos basados en relaciones de superación. Destaca el estudio de Salminen *et al.* (1998) en el que son comparados dos métodos de superación (ELECTRE III, y PROMETHEE versiones I y II) y un método multiatributo (SMART), todos ellos con aplicaciones en el área ambiental y que cuentan con significativos casos de estudio en la bibliografía. Según los autores, aunque no existe una gran diferencia en una modelización más “suave”, los métodos de superación, y especialmente ELECTRE se destaca por su capacidad de regular la influencia de la compensación en el resultado final, contrariamente al modelo multiatributo. Por el contrario, esta potencia matemática contrasta, en negativo, con su dificultad informativa en la interacción con el decisor, que, según éste y también otros autores, resulta un factor clave de rechazo. Más allá de consideraciones prácticas (en el sentido de probabilidad de que un decisor político acepte el uso de una u otra técnica), esta función comunicativa resulta de especial relevancia ética en las aplicaciones actuales, en las que la participación de los actores involucrados en los procesos públicos por medio de estrategias efectivas incluyentes constituye un valor en alza.

Para finalizar este apartado, cabe una breve consideración sobre la determinación de parámetros del modelo que expresan las preferencias de los decisores. Éste resulta el problema operativo más complejo en la aplicación de métodos multicriterio. Es conveniente precisar que la complejidad no estriba tanto en la dificultad de comprensión de los parámetros y su sentido. Por el contrario, de nuevo las relaciones de poder entre los actores involucrados en el proceso son el factor fundamental en la superación de esta

fase. Como solución, algunos autores han desarrollado propuestas que reducen o incluso eliminan la necesidad de esta información sobre preferencias, o bien no la solicitan a los decisores de forma explícita, hecho que minimiza el riesgo de conflictividad del proceso. Destacan entre ellos las reglas basadas en Entropía, el Análisis de Aceptabilidad (Bana e Costa, 1986; 1988), ELECTRE IV o más recientemente el método SMAA (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis, Lahdelma *et al.*, 1998), cuyas aplicaciones fundamentales ha sido precisamente en el área medioambiental. También cabe señalar el uso del DEA como herramienta complementaria para afrontar esta fase.

En casos con información parcial de las preferencias de los decisores existen aplicaciones de AHP con matrices interválicas, así como también DEA y SMAA. Pese a estas posibles soluciones particulares, el hecho de poder prescindir de parte o de la totalidad de la información preferencial de los decisores tiene como resultado lógico el empobrecimiento del modelo de decisión. Como consecuencia, en algunas aplicaciones, los métodos citados anteriormente pueden no llevar el proceso hacia una solución concluyente.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de técnicas multicriterio en la ayuda a la toma de decisiones es inherente a los estudios realizados en el marco de los Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad. De hecho, Lawrence (1997) ya incluía esta disciplina en su concepción epistemológica de la Evaluación de Impacto Ambiental. Los problemas intrínsecos de este tipo de evaluación, tales como la selección de alternativas y la valoración de impactos ambientales poseen un carácter multicriterio incuestionable dado que ambos son abordados bajo la consideración de diferentes factores, y para los cuales resulta imposible, o cuanto menos arriesgado, reducirlos a un único criterio.

En este sentido, en el presente trabajo se discute la definición de Indicadores y Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad como un proceso que, en esencia, constituye un problema multicriterio. En opinión del autor y del equipo de investigación en el que se ha desarrollado el trabajo, se trata de uno de los más importantes en el contexto de la sostenibilidad, debido fundamentalmente al hecho de que el Monitoreo y la Evaluación ex-post dependen fuertemente de un buen diseño inicial.

Por otra parte, como se ha mostrado mediante el estudio de la bibliografía pertinente, la escasez de contribuciones que exploren la capacidad de las técnicas multicriterio en la resolución de este problema es notable. No se ha encontrado una explicación evidente a esta carencia, aunque podrían apuntarse algunas razones. Por un lado, entre los expertos en las diferentes áreas ambientales existe la creencia, no exenta parcialmente de razón, de que no existe una técnica multicriterio universal y cuyos resultados sean irrefutables, por lo que su aplicación a problemas reales no está libre de cierto riesgo. Por otra parte, está también muy extendida la creencia de que estas técnicas sustituyen la labor del decisor, automatizando el proceso. Si bien esta afirmación no es cierta desde el punto de vista del diseño de las técnicas, la práctica real, y no sólo en el campo ambiental, ha llevado aparejada cierta dosis de aislamiento del decisor en la evaluación. De este modo, las técnicas multicriterio han opacado el proceso, injustificadamente, mediante una argumentación basada en la "complejidad" de los algoritmos matemáticos presentes en la gran mayoría de ellas.

Es éste un rico debate en el que existen algunas aportaciones de interés (Munda, 2004), que incluso plantean la existencia de componentes intrínsecos a los métodos multicriterio que impiden la participación social en el proceso de evaluación en el que son aplicados. Sin perder de vista la importancia de esta afirmación, el

autor del presente trabajo no se identifica totalmente con este enfoque, si bien si coincide con Munda en los síntomas sociales que genera. La exclusión de la participación social en procesos de Evaluación de la Sostenibilidad en los que se emplean técnicas multicriterio no es debida a la naturaleza del método sino a la praxis, en la que lógicamente inciden otros factores, más relacionados con las necesidades y los intereses de los actores sociales involucrados en el proceso.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBEL, A. 1989. Approximate articulation of preference and priority derivation. *European Journal Operational Research* 43: 317-326.
- AZZONE, G., R. MANZINI, G. NOCI, R. WELFORD y C.W. YOUNG. 1996. Defining environmental performance indicators: an integrated framework. *Business Strategy and the Environment* 5: 69-80.
- BALMFORD, A., A. BRUNER, P. COOPER, R. COSTANZA, S. FARBER, R.E. GREEN, M. JENKINS, P. JEFFERISS, V. JESSAMY, J. MADDEN, K. MUNRO, N. MYERS, S. NAEEM, J. PAAVOLA, M. RAYMENT, S. ROSENDO, J. ROUGHGARDEN, K. TRUMPER, y R.K. TURNER. 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297: 950-953.
- BANA E COSTA, C.A. 1986. A multicriteria decision aid methodology to deal with conflicting situations on the weights. *European Journal of Operational Research* 26: 22-34.
- BEINAT E. y P. NIJKAMP. 1998. *Multicriteria evaluation in land-use management: methodologies and case studies*. Ed. Kluwer. 206 p.
- BEINAT, E. 2001. Multi-criteria analysis for environmental management. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10: 51.
- BENNETT, M. y P. JAMES. 1999. ISO 14031 and the future of environmental performance evaluation. En: Bennett, M., James, P., Klinkers,

- L. (Eds.), *Sustainable Measures-Evaluation and Reporting of Environmental and Social Performance*. Greenleaf Publishing, Sheffield, UK. 76-97.
- BERKHOUT, F., J. HERTIN, G. AZZONE, J. CARLENS, M. DRUNEN, C. JASCH, G. NOCI, X. OLSTHOORN, D. TYTECA, F.V.D. WOERD, M. WAGNER, W. WEHRMEYER y O. WOLF. 2001. *Measuring the Environmental Performance of Industry (MEPI)*. Final Report. EC Environmental and Climate Research Programme: Research Theme 4, Human Dimensions of Environmental Change. 261 p.
- BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A., S. SÁNCHEZ-COLON y A. FLORE-MARTINEZ, A. 2005. Building Consensus in Environmental Impact Assessment Through Multicriteria Modeling and Sensitivity Analysis. *Environmental Management* 36 (3): 469-481.
- BOLAND, T. y A. FOWLER. 2000. A systems perspective of performance management in public sector organisations. *The International Journal of Public Sector Management* 13: 417-446.
- BRAAT, L. 1991. The predictive meaning of sustainability indicators. En: Kiuk, O. y Verbruggen, H (Eds), *In search of indicator of sustainable development*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 57-70.
- CHARNES, A., W. W. COOPER y E. RHODES. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2: 429-444.
- DIAS-SARDINHA, I. y L. REIJNDERS. 2001. Environmental performance evaluation and sustainability performance evaluation of organizations: an evolutionary framework. *Eco-Management and Auditing* 8: 71-79.
- DITZ, D. y J. RANGANATHAN. 1997. *Measuring Up: Toward a Common Framework for Tracking Corporate Environmental Performance*. World Resources Institute, Washington, DC. 173 p.
- EDWARDS, W. y F. H. BARRON. 1994. SMARTS and SMARTER: improved simple methods for multi-attribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 75 (3): 187-206.
- EPSTEIN, M.J., y S. D. YOUNG. 1998. Improving environmental performance through economic value added. *Environmental Quality Management* 1-7.
- ESPINOZA, G. y B. RICHARDS. 2002. *Fundamentals of environmental impact assessment*. Inter-American Development Bank-IDB. Training Program. Trainers' Course on Environmental Management and Assessment for Investment Projects. 179 p.
- GASPARATOS, A. 2010. Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. *Environmental Management* 91: 1613-1622.
- GLOBAL REPORTING INITIATIVE . 2002. *Sustainability reporting guidelines*. Global Reporting Initiative. Boston, USA. 193 p.
- GOICOECHEA, A., D. HANSEN y L.DUCKSTEIN. 1982. *Introduction to multiobjective analysis with engineering and business applications*. Ed. John Wiley. USA. 205 p.
- HOBBS, B. F. 1984. *Experiments in multicriteria decision making and what we can learn from them: An example*. En Beckmann, M y Krelle, W. (eds.) *Decision making with multiple objectives*. Ed. Springer-Verlag. USA. 214 p.
- HOBBS, B. F., V. CHANKONG y W. HAMADEH. 1992. Does choice of multicriteria method matter? An experiment in water resources planning. *Water Resources Research* 28 (7):1767-1779.
- HODGE, T. 1997. Toward a conceptual framework for assessing progress toward sustainability. *Social Indicators Research* 40: 5-98.
- JANSSEN R. y G. MUNDA. 1999. Multi-Criteria Methods for quantitative, qualitative and fuzzy evaluation problems. En Van den Bergh, J. *Handbook of environmental and resource economics*. Ed. Edward Elgar. 837-852.
- JANSSEN, R. 2001. On the Use of Multi-Criteria Analysis in Environmental Impact Assessment in The Netherlands. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10: 101-109

- JOHNSON, S. 1998. Identification and selection of environmental performance indicators: application of the balanced scorecard approach. *Corporate Environmental Strategy* 5: 35-41.
- JOHNSTON, A. y A. SMITH. 2001. The characteristics and features of corporate environmental performance indicators: a case study of the water industry of England and Wales. *Eco-Management and Auditing* 8: 1-11.
- KELLY, J.R. y M.A. HARWEL. 1990. Indicators of Ecosystem Recovery, *Environmental Management* 14: 527-545.
- KRAJNC, D. y P. GLAVIC. 2005. How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics* 55: 551-563.
- LAHDELMA R., P. SALMINEN y J. HOKKANEN. 2000a. Using multicriteria methods in environmental planning and management. *Environmental Management* 26 (6): 595-605.
- LAHDELMA, R., J. HOKKANEN y P. SALMINEN. 1998. SMAA-Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research* 106 (1): 137-143.
- LAHDELMA, R., P. SALMINEN y J. HOKKANEN. 2000b. Using Multicriteria methods in environmental-planning and management. *Environmental Management* 26 (6): 595-605.
- LAVELLE, J. P., J.R. WILSON, H.J. GOLD y J.R. CANADA. 1997. A method for the incorporation of parametric uncertainty in the weighted evaluation multi-attribute decision analysis model. *Computers and Industrial Engineering* 32: 769-786.
- LAWRENCE, D.P. 1997. The need for EIA theory-building. *Environmental Impact Assessment Review* 17: 79-107.
- MORERA, O. F. y D. F. BUDESCU. 1998. A Psychometric Analysis of the "Divide and Conquer" Principle in Multicriteria Decision Making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 75 (3): 187-206.
- MUNDA, G. 1995. *Multi-criteria Evaluation in a Fuzzy Environment*. Ed. Physica-Verlag. USA. 217 p.
- NIJKAMP, P., P. RIETVELD y H. VOOGD. 1990. *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*. Ed. North-Holland. Holland. 274 p.
- NOTTER, M. y L.E. LILJELUND. 1993. *A Swedish system of environmental indicators*. Statistical Commission for Europe and Conference of Statisticians, Joint ECE/Eurostat Work Session on specific methodological issues in environment statistics, Bratislava. 20-23.
- OCDE. 1993. *Environmental Indicators: overview of work programme and publications*. Paris, France. 318 p.
- OLSTHOORN, X., D. TYTECA, W. WEHRMEYER y M. WAGNER. 2001. Environmental indicators for business: a review of the literature and standardisation methods. *Journal of Cleaner Production* 9: 453-463.
- O'NEILL, J. 1993. *Ecology, Policy and Politics*. Routledge. London, England. 256 p.
- POPPER, K. R. 1971. *La lógica de la investigación científica*. Ed. Tecnos. Madrid, España. 309 p.
- PRESCOTT-ALLEN, R. 2001. *The wellbeing of nations: a country-by-country index of quality of life and the environment*. Island Press, Washington DC, USA. 352 p.
- RAUSCHMAYER, F. 2001. Reflections on Ethics and MCA in Environmental Decisions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10: 65-74.
- ROMERO C. y T. REHMAN. 1989. Multiple criteria analysis for agricultural decisions. Ed. Elsevier.
- SAATY, T.L. 1980. *The analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York, USA. 248 p.
- SALMINEN, P., J. HOKKANEN y R. LAHDELMA. 1998. Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. *European Journal of Operational Research* 104: 485-496.
- SIMPSON, L. 1996. Do decision makers know what they prefer?: MAVT and Electre II. *Journal of the Operational Research Society* 47: 919-929.
- STARKL, M. y N. BRUNNER. 2004. Feasibility versus sustainability in urban water management.

- Journal of Environmental Management* 71: 245-260.
- TUNSTALL, D. 1992. *Developing environmental indicators: definitions, frameworks and issues*. En: Proceedings of World Resources Institute Workshop on Global Environmental Indicators, Washington D.C., USA. 208 p.
- TURNER, R. K., J. PAAVOLA, P. COOPER, S. FARBER, V. JESSAMY y S. GEORGIOU. 2003. Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics* 46: 493-510.
- TYTECA, D., J. CARLENS, F. BERKHOUT, J. HERTIN, W. WEHRMEYER y M. WAGNER. 2002. Corporate environmental performance evaluation: evidence from the MEPI project. *Business Strategy and the Environment* 11: 1-13.
- VAIDYA, O. S. y S. KUMAR. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research* 169: 1-29
- WEHRMEYER, W., D. TYTECA y M. WAGNER. 2001. How many (and which) indicators are necessary to compare the environmental performance of companies? A sectoral and statistical answer, En: Proceedings of Seventh European Roundtable on Cleaner Production. University of Lund, International Institute for Industrial. *Environmental Economics* 167: 3-29.
- WENSTØP, F. y K. SEIP. 2001. Legitimacy and Quality of Multi-Criteria Environmental Policy Analysis: A Meta Analysis of five MCE Studies in Norway. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10: 53-64.
- YOUNG, C.W. y R.J. WELFORD. 1998. An environmental performance measurement framework for business. *Greener Management International* 21: 30-49.
- ZELENY, M. 1982. *Multiple criteria decision making*. Ed. McGrawHill. USA. 273 p.