

Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones

Recibido para evaluación: 09 de Mayo de 2005
Aceptación: 22 de Mayo de 2006
Recibido versión final: 28 de Julio de 2006

Camilo Polanco¹

RESUMEN

Se analizan los últimos lineamientos internacionales propuestos por la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico (OCDE) y las Naciones Unidas (UN), en el uso de los indicadores ambientales, tanto en su tipología, manera de selección y modelos para estructurar la información, para la gestión, el desempeño ambiental y la toma de decisiones de las organizaciones y entidades responsables en la temática. Se analizan las ventajas y desventajas de cada modelo, así como las características de cada uno de sus indicadores. Los modelos que aquí se analizan son Presión – Estado – Respuesta (PER) y sus desarrollos conceptuales como son Fuerza Motriz-Estado-Respuesta (FER); Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR); Modelo-Flujo-Calidad (MFC); Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta (PEI/ER) y finalmente Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta-Gestión (PEI/ERG). El uso de uno u otro modelo dependerá de la calidad de la información que se tenga y de los objetivos que se persigan.

PALABRAS CLAVE: Indicadores Ambientales, Gestión Ambiental, Modelos, OCDE, UN, Apoyo a la Toma de Decisiones.

ABSTRACT

The last international features proposed by the Organization for Economic Cooperation Development (OECD) and United Nations (UN) are analyzed in the use of the environmental indicators, in typology, selection criteria, and models, for organizing the information for management, environmental performance, and decision making. The advantages and disadvantages of each model are analyzed, as well as their environmental index characteristics. The analyzed models are Pressure – State – Response (PSR) and its conceptual developments: Driving Force – State – Response (DSR), Driving Force – Pressure – State – Impact – Response (DPSIR), Model – Flow – Quality (MFQ), Pressure – State – Impact – Effect – Response (PSIER), and, finally, Pressure – State – Impact – Effect – Response – Management (PSIERM). The use of one or another model will depend on the quality of the available information, as well as on the proposed objectives.

KEY WORDS: Environmental Indicators, Environmental Management, Models, OECD, UN, Decision Making Support.

*1. Geólogo Universidad EAFIT.
Candidato a MSc Medio Ambiente
y Desarrollo, Universidad Nacional
de Colombia Sede Medellín.
cpolanco@eafit.edu.co*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años la Organización de Cooperación de Desarrollo Económico¹ (OECD) con sede en París ha venido trabajando en políticas ambientales y en actividades adoptadas por los países miembros, en la elaboración y utilización de la información ambiental reunida en indicadores ambientales y articulada a aspectos económicos y sociales.

Durante varios años las políticas de los países miembros de la OECD priorizaron sus acciones en obtener una información confiable, armonizada y fácilmente comprensible, tanto por las autoridades ambientales, como por otras entidades públicas, empresas, ONG's y público en general. Al mismo tiempo, actividades internacionales y de cooperación sobre el ambiente continuaron su crecimiento (OECD, 2003).

Uno de los errores más comunes en el tratamiento de la información ambiental ha estado relacionado con la confusión entre sus sistemas y su soporte. En este sentido es importante subrayar que han sido mayores los desarrollos conceptuales y las ejecuciones alrededor de diseños, arquitecturas de modelos orientados de acuerdo con la teoría básica de sistemas, que a definir lógicamente, organizar sus componentes, articular los diferentes subsistemas, interconectarlos y desarrollar formatos y estructuras de salidas entendibles y manejables sobre diversas fuentes de información.

Los objetivos de política sirven para precisar cada uno de los elementos del sistema de indicadores. Por lo tanto es preciso establecer el ámbito a que hace referencia la sostenibilidad del desarrollo. Posteriormente, se deben organizar en un marco lógico que ayude a su fácil acceso e interacción en "esquemas de organización analítica", sin olvidar su conceptualización, como se muestra a continuación:

- *Temático:* organiza la información según problemas ambientales específicos identificados y analizados.
- *Por recursos o medio:* cubre separadamente aire, agua, suelo y recursos bióticos.
- *Sectorial:* los recursos son considerados como factores de producción para el tratamiento de temáticas tales como agricultura, silvicultura, pesca, minería y energía.
- *Espacial:* los problemas ambientales se clasifican según una escala, la cual puede ser local, regional, nacional o global.
- *Ecosistémico:* se organiza la información de acuerdo con unidades territoriales con características ecológicas distintivas e interrelacionadas.
- *Causal:* supone que las actividades humanas ejercen una presión en el medio, que registra cambios. Por lo tanto, se debe mantener el equilibrio ecológico. En este marco se desarrollan indicadores bajo el modelo de "Presión-Estado-Respuesta" (PER), el cual será abordado más adelante. junto con otros modelos tan importantes como Fuerza Motriz-Estado-Respuesta (FER); Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR); Modelo-Flujo-Calidad (MFC); Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta (PEI/ER) y Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta-Gestión (PEI/ERG).

Los indicadores ambientales y sus sistemas se convierten en instrumentos fundamentales y alternativas tecnológicas para operar la generación, almacenamiento, análisis y flujo de la información, una vez acordada su relevancia, pertinencia y síntesis.

El presente trabajo desarrolla en su primera parte los propósitos y alcances de la información y política ambiental de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, sus funciones y definiciones de indicadores ambientales, su interrelación y los criterios para su selección. En una segunda parte se explican algunos de los modelos más usados por diferentes organismos en el mundo, con sus ventajas, desventajas y características de sus indicadores.

1. SE cita en inglés (OECD) o en español (OCDE), según el idioma de la publicación consultada y citada.

2. PROPÓSITOS Y ALCANCES DE LA INFORMACIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL DE LA OCDE

El entendimiento, generación, manejo y administración de la información ambiental y sus desarrollos instrumentales, como retos planteados recientemente alrededor de las políticas ambientales, permiten responder a dos grandes necesidades, sutilmente generalizadas, en toda la literatura temática y que recogen, además, la problemática nacional y local de los países miembros de la OCDE:

- a. La necesidad de contar con información adecuada para tomar decisiones referentes a la protección y mejora del ambiente y para su seguimiento en términos de un "desarrollo sostenible" (OCDE, 1994), así como para satisfacer la demanda de información pública sobre problemas ambientales relevantes.
- b. La necesidad de disminuir la gran cantidad de información científica del ambiente a un número manejable de parámetros, apropiado para esos procesos de toma de decisiones y de información pública (Environmental Canadá, 1996).

Los indicadores pueden ser usados en escalas internacionales, nacionales y locales, para conocer el estado ambiental, medidas del desempeño y reportes del progreso de acciones hacia un desarrollo sostenible. Además, pueden ser utilizados a niveles nacionales para la planificación de políticas ambientales y aclarar sus prioridades. El objetivo del trabajo de la OECD (2003) en este campo está direccionado para:

- a. Armonizar iniciativas individuales de los países miembros sobre indicadores ambientales, para desarrollar una misma estructura conceptual y aproximación, para ayudar a un futuro desarrollo y su uso y, por último, para promover el intercambio de experiencias significativas con países no miembros.
- b. Soportar el análisis y evaluación de las políticas de los países miembros, trabajar para desarrollar un conjunto base de indicadores ambientales fiables, mensurables y con relevancia política, verificar el progreso y desempeño ambiental; monitorear la integración política y permitir comparaciones internacionales efectivas.

2.1 Enfoque y resultados de la información ambiental de la OCDE

Los resultados son el trabajo entre los países miembros, empleando una aproximación pragmática, reconociendo que no existe un único conjunto universal de indicadores base, aunque existan conjuntos de utilidad para diferentes audiencias y propósitos. Para la OCDE los resultados son:

- Acordar una estructura conceptual común, basada sobre un mutuo acuerdo de conceptos y definiciones y sobre el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER); identificar criterios que ayuden a seleccionar indicadores y validar su selección. Todos los indicadores son evaluados acorde a su relevancia política, solidez analítica y mensurabilidad.
- Identificar y definir indicadores; proveer una guía para su uso en articulación con la evaluación del desempeño ambiental, enfatizando que son solo una herramienta y tienen que ser interpretados en contextos para que adquieran su mejor significado.
- Acordar el uso de la propuesta de la OCDE a nivel nacional, adaptándolas a circunstancias nacionales de los países miembros.

2.2 Funciones y definiciones de indicadores ambientales de la OCDE

Las funciones que la OCDE ha formulado para los indicadores ambientales se puntualizan en las siguientes:



- Reducen la cantidad de medidas y parámetros requeridos para dar una presentación exacta de una situación dada. Como consecuencia, el tamaño de un indicador dado y su nivel de detalle necesitan ser limitados. Un conjunto con un amplio número de indicadores tenderá a tener una visión más completa de una situación dada.
- Simplifican los procesos de comunicación de resultados a usuarios. Debido a esta simplificación y adaptación de necesidades de los usuarios, los indicadores no siempre pueden reunir las demandas de los científicos para demostrar las causas de sus problemas. Los indicadores deberían, por lo tanto, ser considerados expresión del “*mejor conocimiento disponible*” (OECD, 2003a).

Por otro lado, el uso de indicadores ambientales para el estudio del desempeño ambiental implica juntarlos con la medida y análisis de logros, también con fuerzas motrices subyacentes y con condiciones específicas del país. La OECD (2003b) distingue tres amplias categorías:

- a. *Indicadores de desempeño ligados a objetivos cuantitativos (objetivos y compromisos):* Ejemplo de ellos son tendencias de emisiones atmosféricas relacionadas con objetivos nacionales o internacionales; calidad del aire urbano relacionado con estándares nacionales.
- b. *Indicadores de desempeño ligados a objetivos cualitativos (propósitos, metas).* Estos generalmente dirigen el concepto de desempeño en dos vías: a) con respecto a la eco-eficiencia de las actividades humanas, ligada a las nociones “*desacoplamiento y elasticidad*” (i.e. emisiones por unidad del PIB, tendencias relativas de generación de residuos y crecimiento de PIB); b) con respecto a la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales (i.e. intensidad en el uso de recursos forestales o recursos hídricos).
- c. *Indicadores descriptivos:* que no están ligados a objetivos nacionales explícitos; más bien describen tendencias y condiciones mayores, que explican el “estado del ambiente” como, por ejemplo, población relacionada con plantas de tratamiento de aguas residuales, calidad de ríos y especies amenazadas.

El término desacoplamiento o “*decoupling*” se refiere a romper la relación entre aspectos económicos malos y buenos. Es decir, las tasas de crecimiento relativas de una presión directa en el ambiente y de una variable económicamente pertinente a que se liga causalmente. El desacoplamiento ocurre cuando la primera es menor que su fuerza motriz económica sobre un periodo dado. El desacoplamiento absoluto es cuando la variable ambiental decrece o permanece estable mientras que la económica crece; y es relativo cuando la ambiental crece, pero a una tasa menor que la económica.



2.3 Criterios para la selección de indicadores ambientales

Debido a que los indicadores pueden ser utilizados para diferentes objetivos, es necesario describir los tres criterios de selección fundamentales para validar su selección (OECD, 2003a):

- a. *Pertinencia política y utilidad para los usuarios:*
 - Proveer una imagen representativa de las condiciones ambientales, de sus presiones o respuestas de la sociedad.
 - Ser simple, fácil de interpretar y permitir mostrar las tendencias en el tiempo.
 - Ser sensible a cambios en el ambiente relacionados con actividades humanas.
 - Servir como referencia para comparaciones internacionales.
 - Ser de alcance nacional o aplicable hacia aspectos ambientales regionales de interés.
 - Tener un umbral o valor de referencia contra el cual puede ser comparado.
- b. *Solidez analítica:*
 - Estar bien fundamentado, desde el punto de vista técnico y científico.
 - Estar basado sobre estándares internacionales y por consensos internacionales.

- Ser versátil y poderse asociar con modelos económicos o sistemas de información y de predicción.
- c. *Mensurable: Los datos requeridos que soportan el indicador deberían:*
- Estar disponibles en la actualidad o poderse obtener con una relación costo/beneficio razonable.
- Estar acompañados de documentación adecuada e informar sobre su validez o representatividad.
- Ser actualizados en intervalos regulares conforme a procedimientos conocidos.

Los criterios para la selección de los indicadores varían de acuerdo con la institución, país y propósito; pero todos se basan en el marco lógico del proyecto al que sirven, la confiabilidad de los datos, la relación con los problemas o pertinencia y la utilidad para el usuario (García, 2005).

Es necesario saber claramente "qué medir" y "para qué", lo cual está sujeto a una previa puesta en común de los propósitos, las variables, los problemas que se desean analizar y los indicadores ambientales pertinentes para estos. Además se debe tener claridad sobre los propósitos de un plan, programa y proyecto a desarrollar, para definir variables y sus indicadores respectivos, que permitan luego la medición de los cambios de éstas, según los objetivos y medios disponibles.

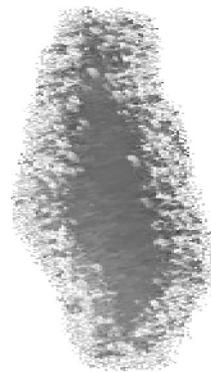
Criterios, como la calidad de los datos, son fundamentales en el uso de indicadores ambientales, y deben ser tenidos en cuenta para evitar su mala interpretación. Mensurabilidad y calidad de los datos varían mucho entre indicadores individuales. Algunos pueden ser medidos inmediatamente, otros necesitan esfuerzos adicionales antes de ser publicados y usados. Por ejemplo, muchos indicadores de respuestas sociales tienen una corta historia comparados con los de presiones ambientales y varios de condiciones ambientales.

2.4 Tipo de indicadores que utiliza la OCDE

La OCDE ha definido varios tipos de indicadores; cada uno de ellos corresponde a un objetivo y estructura específica pero interrelacionados. Todo el grupo de indicadores de la OCDE está estrechamente relacionado entre sí (Figura 1); el grupo central, denominado *indicadores base*, provee la información para el conjunto de *indicadores claves* que son usados para propósitos de comunicación pública. Los países miembros de la OECD están adaptando estos indicadores para conveniencia de sus circunstancias nacionales (OECD, 2003a).

El centro del trabajo de la OECD parte de los *indicadores base* incluidos en el grupo núcleo de la OECD, cuyo objetivo es medir el progreso ambiental, complementado con varios grupos de *indicadores ambientales sectoriales*, que ayudan a integrar las preocupaciones ambientales en políticas sectoriales. Estos indicadores son derivados de informes ambientales y trabajos hechos con base en variables para medir el desacoplamiento de presiones en el ambiente, derivadas del crecimiento económico (OECD, 2004).

Han sido ampliamente usados preferiblemente para registrar, planear, aclarar objetivos y prioridades políticas, presupuestos y evaluación del desempeño. A su vez, crece el interés por usar este número reducido de indicadores para informar a la sociedad civil y mantener una amplia comunicación con ella. La OECD, para apoyar estas iniciativas, identificó en el 2001 una corta lista de indicadores ambientales claves, construidos a partir de trabajos previos y de la experiencia ganada usando éstos en sus políticas. Tuvieron en cuenta para su selección su relevancia política con respecto a los mayores cambios de la primera década del siglo XXI, incluyendo aspectos relacionados con la contaminación atmosférica y los recursos naturales, su solidez analítica y su mensurabilidad, todos ellos indispensables para la selección de cualquier tipo de indicadores. A continuación (Tabla 1), se muestran las relaciones entre los diferentes tipos de indicadores ambientales y los propósitos de cada uno de ellos (OECD, 2004).



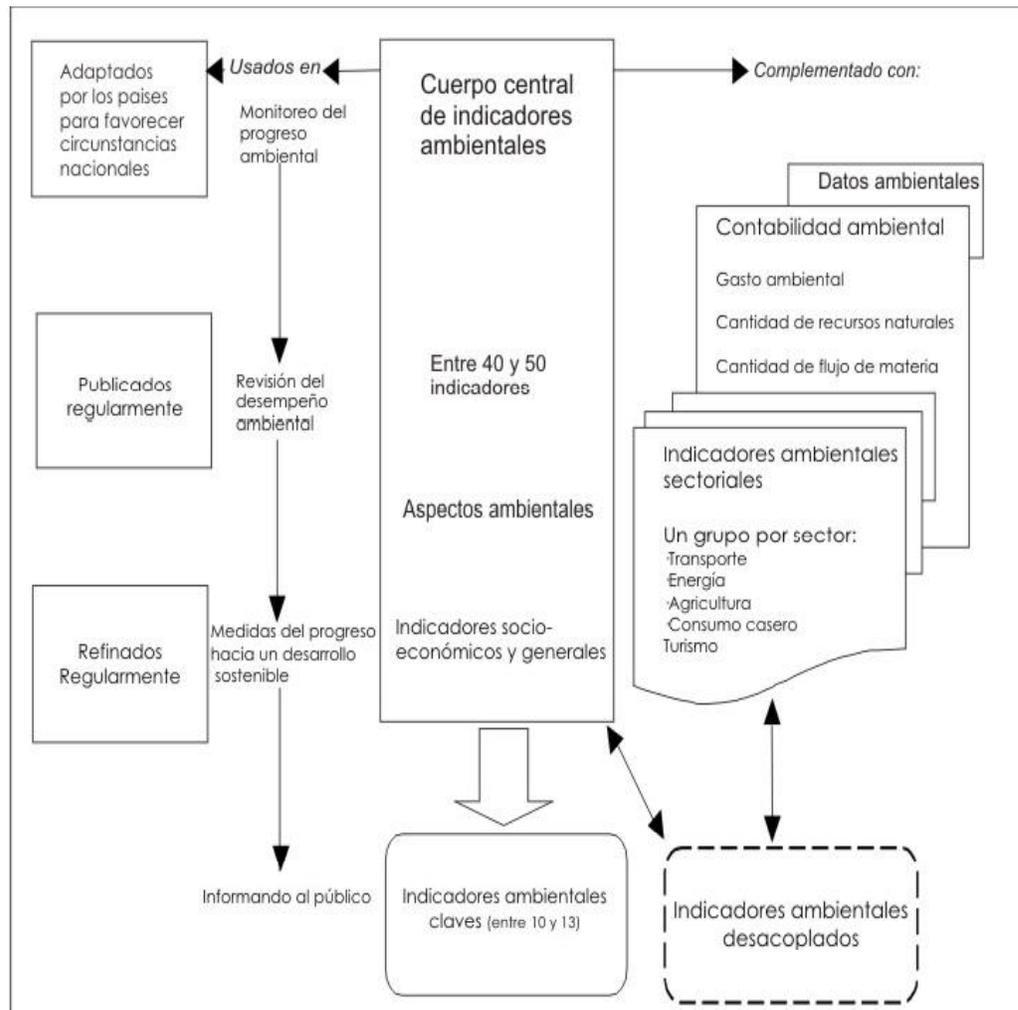


Figura 1.
Interrelaciones de los diferentes
tipos de indicadores propuestos
por la OECD
(tomado de OECD, 2004).

Los países miembros de la OCDE, reunidos periódicamente, en busca de analizar y validar el tipo de indicadores ambientales más pertinentes a su realidad ambiental y a sus objetivos de política, han propuesto un grupo de ellos utilizados en la mayoría de los países miembros y otros que requieren desarrollos futuros, dentro de los cuales se destacan los siguientes:

Cambio climático: Intensidad de emisiones de CO₂, índice de emisiones de gases de efecto invernadero

Capa de ozono: Índice de consumo aparente de sustancias que disminuyen la capa de ozono

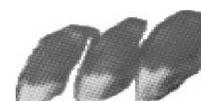
Calidad del aire: Intensidades de emisiones de SO_x y NO_x

Generación de residuos: Intensidades de generación de residuos municipales

Calidad de agua: Tasas relacionadas con tratamientos de aguas residuales

	Claves	De base	Sectoriales	Derivados de contabilidad ambiental	Desacoplados
Propósito	Da una visión general de aspectos ambientales claves y tendencias relacionadas en los países de la OECD.	Mantener rastreos de progresos ambientales y factores involucrados en ellos y monitoreo de políticas ambientales	Promover y monitorear lo concerniente a formulación e implementación de política ambiental	Medida de desarticulación de presiones ambiental desde crecimiento económico	
	Herramienta para comunicación pública	Herramienta para revisar desempeño ambiental	Herramienta para revisar el desempeño ambiental Herramientas para monitorear el progreso hacia un desarrollo sostenible		
Audiencia	Publico Tomadores de decisiones de alto nivel (ambientales y otros)	Gobiernos nacionales Tomadores de decisiones ambientales Publico Comunidad internacional	Gobiernos nacionales Tomadores de decisiones sectoriales ambientales		
Características y coberturas	Número reducido de indicadores seleccionados desde los de base (entre 10 y 15) Común a los países de la OECD	Número limitado de indicadores de base (50 aprox.) Común a países OECD Común a diferentes usuarios y conjunto de indicadores Para ser adoptados por países para favorecer sus circunstancias nacionales	Amplio numero de indicadores Un conjunto de indicadores por sector Complemento a los indicadores de base Sectores cubiertos: transporte, energía, forestal, agricultura, consumo domestico, turismo.	Indicadores seleccionados derivados desde: Cuantificación de Recursos Naturales (Forestales y hídricos) Cantidad de Flujo de material de base Incluidos en OECD conjunto de base	Indicadores derivados desde otros grupos y desde cuantificación ambiental. Alejar anomalidades Para ser usados en conjunto con otros indicadores
Alcance	Indicadores de nivel nacional para uso en trabajos internacionales	Indicadores de nivel nacional para uso en trabajos internacionales Promover crisis sectoriales y/o sub. nacionales posibles y recomendadas			Nivel nacional y sectorial específico para uso en trabajos internacionales
Estructura	Modelo PER (centrado en presiones y condiciones ambientales) Aspectos claves en países OECD acerca de polución, recursos naturales y valoración	Modelo PER (presiones y condiciones ambientales, respuesta social) Aspectos de base reflejados en: Ambientales en países OECD Sectoriales y socio-económicos seleccionados	Análisis de políticas: ajustado al modelo PER (tendencias ambientales de importancia; interacción con el ambiente, aspectos economía y política)	Contabilidad de estructuras	PER (focalizado sobre presiones)
Grandes publicaciones	Indicadores ambientales claves (2001)	Conjunto de base (1994, 1998, 2001) Reporte síntesis (1993) Conjunto preliminar (1991)	Transporte, (desde 1993) Agricultura (desde 1997) Consumo domestico (1999)	Energía (desde 1997)	Flujo de materia (2003) Contabilidad ambiental (1995) Cuantificación de Recursos Naturales (1993)
Análisis del desempeño ambiental, cuatro a cinco países examinan publicaciones cada año desde					

Tabla 1.
Indicadores ambientales de la OECD, propósitos y usos (tomado de OECD, 2004).



2.5 Modelos de indicadores ambientales existentes

Un modelo es una abstracción de la realidad y por ello su formulación debe tener claridad de propósitos u objetivos, funcionalidad, información requerida y selección de variables más representativas o relevantes en aquella situación y escala particular a modelar. Los resultados y conclusiones a las que se llegan dependen del uso de uno u otro modelo y, en muchas ocasiones, difieren parcial o totalmente el uno del otro.

La selección y elaboración de la información contenida en datos requieren modelar fenómenos por conocer y simplificar el problema que se pretende identificar a través de un número limitado de variables posibles a medir e interrelacionar. La selección de indicadores claves para establecer las relaciones funcionales entre las variables urbanas y ambientales es complejo y con grandes niveles de incertidumbre, pero es fundamental cuando se busca la sostenibilidad.

El resultado de los verdaderos índices depende de lo asertivo del modelo matemático que los rige, específicamente del sentido de los parámetros que lo integran. Por otro lado, los indicadores ambientales reconocidos son sectoriales y responden linealmente a las variaciones positivas o negativas de lo que miden (Folch, 1999). Por último, enfatiza que una de las dificultades más significativas al momento de formular indicadores, índices, basados en algún modelo para la sostenibilidad, es la diferencia entre la *objetividad relativa* y la *subjetividad coherente*. Ambas situaciones expresan umbrales definidos y definibles para abordar situaciones complejas en términos de fenómenos discretos. Esta condición genera la necesidad de formular indicadores socio-ambientales y eco-paisajísticos que establezcan los umbrales máximos y mínimos que permitan precisar la evolución del desarrollo sostenible.

En los 90's surgen los primeros indicadores ambientales que responden a una lógica de razonamiento en su proceso de generación, se ajustan a un modelo de pensamiento secuencial, lineal, que usa información de tipo vectorial, esto es, origen-dirección-destino, y que intenta establecer una secuencia coherente entre el diagnóstico de una situación sectorial y la manera como éste es enfrentado (la respuesta). Este es el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER), que se explica a continuación.

2.5.1 Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)

Desarrollado por primera vez por Friend y Rapport (Pino, 2001) a finales de los 80's, y adoptado y difundido por la OECD, el modelo PER se basa en que las actividades humanas ejercen de una manera directa e indirecta (presiones) sobre el ambiente, afectando su calidad y cantidad de recursos naturales (estado). La sociedad responde a estas presiones adoptando políticas ambientales, económicas y sectoriales, tomando conciencia de las acciones llevadas a cabo (respuesta). Este modelo representa una ventaja para evidenciar las presiones, estados y respuestas, que ayudarán a los tomadores de decisiones o al público en general a pensar que existe una interdependencia entre las acciones ambientales que se tomen y sus impactos, además de otras como las relaciones un poco más complejas en los ecosistemas y entre el ambiente-economía o ambiente-sociedad (OECD, 2002).

Este modelo tuvo varios cambios durante la última década, debido a las limitantes que se detectaron en su lógica de razonamiento, que corresponde de manera efectiva a las condiciones de incertidumbre, funcionamiento sistemático, perspectiva holística, ecosistémica, propia de un modelamiento ambiental, en el que coexisten las tres dimensiones consideradas para el desarrollo sostenible (económica, social y ambiental). Desde una perspectiva sistémica, la complejidad implícita en el funcionamiento jerárquico debe reconocer no sólo las variables que hacen parte de cada nivel jerárquico sino también, las interrelaciones que se originan de su funcionalidad (Figura 2). Solo así se puede reducir el nivel de incertidumbre propio del sistema ambiental, social y económico, en su conjunto (Pino, 2001).

Dependiendo del objetivo para el cual el modelo PER es utilizado, puede ser ajustado de acuerdo con las necesidades de una mayor precisión o con características particulares. Entre los ejemplos, está el modelo fuerza motriz-estado-respuesta, utilizado por la CDD de Naciones Unidas (UN, 2001), cuyos trabajos se basan principalmente en indicadores de desarrollo sostenible; y por



el otro lado, está el modelo fuerzas motrices-presión-estado-impacto-respuesta utilizado por la Agencia Europea para el Ambiente (OECD, 2002), que serán explicados más adelante.

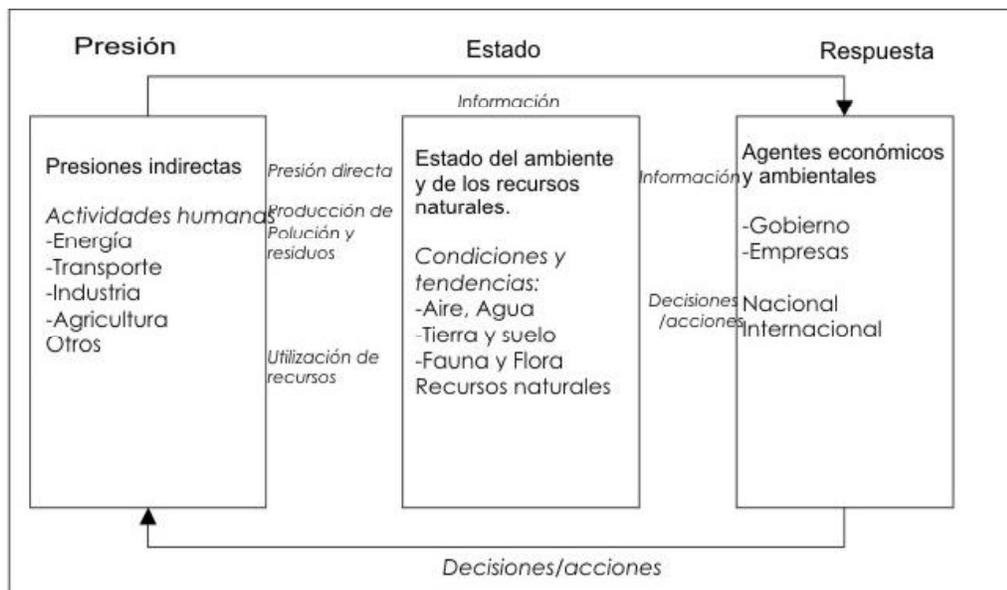


Figura 2.
Estructura del modelo PER,
propuesto por la OECD (2002).

Algunas de las características de los indicadores que utilizan en el modelo PER son::

a. *Indicadores de presión:*

- Se entiende como “presión” aquellas presiones subyacentes o indirectas (o sea una actividad propiamente dicha o las tendencias importantes desde un punto de vista ambiental), así como las presiones inmediatas o directas (i.e utilización de recursos y emanaciones de polución y residuos).
- Están estrechamente asociados a métodos de producción y de consumo; reflejan frecuentemente intensidades de emisión o de utilización de recursos y sus tendencias y evoluciones, dentro de un determinado período.
- Pueden también servir para evidenciar los progresos realizados intentando disociar las actividades económicas de las presiones ambientales correspondientes.
- Pueden igualmente ser utilizados para evaluar el grado de ejecución de objetivos nacionales y de lineamientos internacionales (i.e objetivos de reducción de emisiones).

b. *Indicadores de Estado:*

- Hacen referencia a los indicadores de calidad y cantidad de recursos naturales y del ambiente.
- Reflejan los objetivos finales de una política ambiental y tratan de mostrar en forma general el estado del ambiente y su evolución en el tiempo.
- En esta categoría entran las concentraciones de contaminaciones de diferentes medios, exceso de cargas críticas, exposición de la población a ciertos niveles de contaminación, estado de la fauna y flora y de las reservas de recursos naturales, entre otros.
- En la práctica, las mediciones de las condiciones ambientales pueden tornarse difíciles o innecesarias, por eso, las presiones sobre el ambiente son frecuentemente empleadas como sustituto.

c. *Indicadores de respuesta:*

- Muestran el grado de respuesta de la sociedad a cuestiones ambientales. Estas comprometen acciones y reacciones individuales y colectivas para: 1) atenuar o evitar los efectos negativos de actividades humanas sobre el medio ambiente; 2) imponer un límite de las degradaciones ya inflingidas al ambiente y remediarlas; y 3) conservar y proteger los recursos naturales y el medio ambiente.
- Dentro de esta categoría entran los recursos económicos gastados en la protección del ambiente; los impuestos y subvenciones relacionados con él; los sectores de mercado representativos de bienes y servicios del ambiente; las tasas de reducción de poluciones y reciclaje de residuos. Todos ellos informan repuestas sociales para identificar condiciones ambientales (OECD, 2003b)

Lo más frecuente es encontrar un conjunto de indicadores de presión, un segundo grupo de indicadores de estado y un último y tercer grupo de respuesta, todos ellos propuestos de manera independiente, sin relación causa- efecto directa, sino más bien indirecta. Todos se relacionan con el tema que los motiva pero no entre sí.

Su principal ventaja al momento de aplicarlo es su procedencia, ya que al ser propuesto por un organismo internacional de gran cobertura y reconocimiento, la información generada mediante la aplicación de este modelo es fácilmente comparable, accesible y comunicable. Puede ser aplicado global o sectorialmente para una variable o un conjunto de ellas, a escala local, regional o internacional, en un momento dado o en un período predeterminado.

Parte de los indicadores de presión, y aún cuando originalmente no están diseñados para tal efecto, establecen una priorización de los problemas en un lugar específico, dado que serán usualmente aquellos más evidentes los que presentan una mayor presión y que a su vez justificarán establecer los de respuesta.

Cada apartado de la fórmula genérica PER puede ser ampliado en su contenido, añadiéndole mayor especificidad al tema. Ejemplo de ello son los modelos que se describen más adelante.

Como desventajas se puede decir que, debido a su lógica causal y lineal (vectorial), no es posible establecer relaciones entre distintos indicadores; cada uno es válido por sí sólo y como tal debe ser abordado.

Derivado de su lógica, la información obtenida sólo permitirá establecer el diagnóstico de la situación pero no puede ser empleada en programas o políticas donde se aplique el principio de prevención. No es un modelo preventivo.

A pesar de sus desventajas, este modelo ha sido el de mayor uso en organismos, instituciones y asociaciones europeas de renombre (Tabla 2).

2.5.2 Modelo Fuerza motriz – Estado – Respuesta (FER) o Driving Force State Response (DFSR)

Este es un modelo propuesto por el Departamento de Coordinación de Políticas y Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (UN, 2001), el cual utiliza el modelo PER como base, pero con una diferencia bien marcada y es que se extiende hacia las dimensiones consideradas no ambientales derivadas de las actividades antrópicas. Específicamente mide las interacciones entre las actividades humanas y las del ambiente. Además, organiza y presenta datos provenientes de distintas áreas o sectores y recursos.

Siguiendo con la evolución de los modelos, FER incorpora un elemento más a la lógica original: interpreta el impulso original como la *fuerza motriz* que debe ser precisada por medio de un indicador *ad hoc*, el cual intenta medir dimensiones consideradas no ambientales; luego surge una interpretación analítica teórica, en la que se intenta establecer las relaciones entre el sistema y su entorno (Rueda, 1999).

A diferencia del modelo PER, éste reemplaza el concepto de presión por el de *fuerza motriz*, debido a que el primero se asocia con un aspecto negativo, mientras que el segundo transmite la

Organismos, Institución o Asociación	Programa	Estructura
OECD	Towards Sustainable Development, Indicators, 1998	Quince áreas temáticas divididas en dos grandes grupos: ambientales y socioeconómicos.
EUROSTAT	Indicators for Sustainable Development	Cuatro grupos enmarcados en los capítulos de la Agenda 21: económico, social, ambiental e institucional.
EUROSTAT/TAU (Consultora ambiental, Madrid, España) y EMAIL (Environmental management and information liaison, Leiden Holanda)	Environmental Management and Information (quince países de la Unión Europea)	Diez áreas temáticas que forman un conjunto total de 60 indicadores
IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales)	A Sustainable World: Defining and Measuring Sustainable Development. 1995.	Diez áreas temáticas que incluye desde la economía, política, cultura, sociedad, ambiente y recursos naturales.
UNCSD (Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible). Banco Mundial.	Indicators of Sustainable Development. 1995.	Tres grandes grupos: ambiental, social y económico. Incorpora los apartados de: recursos, lugar de destino, soporte vital e impacto sobre la salud.
Países Nórdicos (Dinamarca, Noruega, Suecia, Islandia y Finlandia)	Indicators of the State of the Environment in the Nordic Countries. 1997.	Se trabaja en base a indicadores ambientales estructurados en trece áreas ambientales.
Repúblicas Bálticas (Estonia, Letonia y Lituana)	Conferencias 1996-1997	Cinco áreas temáticas para ser aplicadas en el diseño de indicadores ambientales en común.
España (Ministerio de Medio Ambiente, dirección general de Calidad y Evaluación Ambiental)	Indicadores Ambientales. Una propuesta para España. 1996. Sistema español de indicadores ambientales: área de medio urbano. 2000.	Cuatro áreas temáticas principales: Atmósfera, Residuos, Medio Urbano y Recursos Naturales. Área urbana: 12 atributos, 3 de Estado, 3 de Presión y 6 de Respuesta

Tabla 2.
Programas de indicadores ambientales de organismos, instituciones y asociaciones que utilizan el modelo PER (tomado de MINMA, 2000).

idea de cambios positivos o negativos, pero que también se agrega a la secuencia lógica el impacto, evaluado cualitativa o cuantitativamente, antes de la formulación de las respuestas.

Hay que tener en cuenta que la *fuerza motriz* debe ser especificada con precisión en sus diferentes aplicaciones o interpretaciones, debido a que una misma variable que se considere como fuerza motriz puede tener un impacto económico – social positivo, pero uno negativo en la dimensión ambiental.

A continuación se describen las características de los indicadores y algunos ejemplos (Tabla 3) que hacen parte de las tres categorías de este modelo.

Las características de los indicadores ambientales en las tres categorías del modelo FER son (Pino, 2001):

- *Indicadores de Fuerza motriz:* Aquellos representativos de las actividades humanas, procesos de consumo o producción, que impactan los objetivos de desarrollo sostenible.
- *Indicadores de Estado:* Aquellos que permiten evaluar la situación en un momento dado y en un lugar predeterminado, de manera cualitativa o cuantitativa.
- *Indicadores de Respuesta:* Indican alternativas políticas y otras respuestas sociales que dan cuenta de la disposición y efectividad de los actores involucrados y las respuestas formuladas en la concreción de la sostenibilidad. Incluyen legislación, regulación, instrumentos económicos, programas de divulgación y otros mecanismos.

Tabla 4.
Ejemplos de indicadores ambientales utilizados en el modelo FER (Pino, 2001).

Variable	Indicadores de Fuerza motriz	Indicadores de Estado	Indicadores de Respuesta
Turismo Sostenible	- Incremento de la actividad turística en lugar determinado. - Impacto positivo sobre la tasa de empleo y la actividad comercial.	- Cantidad de turistas por temporada. - Impacto negativo sobre los ecosistemas expuestos: superación de umbrales de uso, generación de residuos, problemas con el abastecimiento de agua, entre otros.	- Programa UNESCO, "Biophere Hotels", adaptación norma ISO 14001 a la actividad turística, aplicación de reglamento comunitario (ecogestión y ecoauditorias).
Cambio Climático	- Aumento de las emisiones de CO2 producido por centrales térmicas. - Impacto positivo sobre la disponibilidad de energética y las actividades asociadas a su demanda.	- Niveles de emisión de CO2 al año. - Impacto negativo por generación de gases de efecto invernadero.	- Planes energéticos autonómicos alternativos. - Campañas de grupos ecologistas.
Desarrollo sostenible	- El crecimiento y presión sostenida de la demanda por bienes y servicios por parte de la población.	- Diagnóstico de insostenibilidad del modelo de desarrollo económico vigente.	- Agenda 21 (cumbre Rio de Janeiro, 1992). - V y VI Programa de Medio Ambiente

Este modelo presenta las mismas ventajas y desventajas que el modelo PER. Sin embargo, sumado a las limitaciones propias del modelo PER, en este caso al modelo FER, se le agrega como desventaja la dificultad de incorporar las dimensiones social, económica e institucional del desarrollo sostenible (UN, 2001). Dificultad en la medida que aborda un enfoque causal y lineal para variables o dimensiones de la actividad del ser humano, que se encuentran en la práctica, fuertemente influenciadas de modo que, al trabajarlas separadamente, es fácil incurrir en errores de interpretación o de manipulación de información.

2.5.3 Modelo Fuerza motriz – Presión – Estado – Impacto – Respuesta (Driving Force – Presión - State – Impact – Response – DPSIR)

A finales de los años 90, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 1998) adoptó este modelo, considerado una ampliación de los modelos PER y FER, no obstante, incorpora en la secuencia lineal de pensamiento lógico el tema del *impacto* asociado al estado en el que se encuentra la variable que está siendo sometida a evaluación. Es decir, el *impacto* es el intento de evaluación cuantitativa o cualitativa, de los cambios de estado detectados en las tendencias sectoriales ambientalmente relevantes (*fuerza motriz*).

En teoría, ésto debería contribuir en el establecimiento de las prioridades con las que se abordarán las respuestas adoptadas por los actores involucrados en este proceso de formulación de indicadores.

Se trata de un modelo sencillo de explicación de las relaciones entre el hombre y su entorno. Este modelo, conocido como *DPSIR* e inspirado en el modelo PER de la OCDE (1994), considera que determinadas tendencias sectoriales (*fuerzas motrices* o *driving forces*) son responsables de las presiones que, a su vez, alteran el estado del ambiente. La sociedad interviene para intentar revertir el estado derivado del efecto de estas presiones adoptando medidas (respuestas) que pueden actuar sobre cualquiera de los tres ámbitos anteriores: sobre los problemas (estado) o sobre sus causas directas (presiones) o indirectas (tendencias sectoriales o fuerzas motrices). Estas medidas pueden ser, en cualquiera de estos ámbitos, de tipo corrector, mitigador o compensatorio.

La relación entre fuerza motriz económica y presiones ambientales es a menudo compleja, ya que muchas de las primeras tienen múltiples efectos en el ambiente y varias de las segundas son producto de las primeras y que en últimas, éstas son afectadas por respuestas sociales tales como cambios en los parámetros de consumo y en la estructura económica de una sociedad.

Aunque inicialmente el modelo *DPSIR* ha sido producido por un debate entre científicos y expertos en indicadores con el objeto de servir de marco para la presentación de una información

ambiental sintética, éste debe ser entendido como de conocimiento que describe el problema propio de la política ambiental: las relaciones entre sociedad y ambiente. Incluso en términos formales se considera que describe una «cadena causal», que podría adjetivarse como de la política ambiental.

2.5.4 Modelo AEMA: Modelo – Flujo – Calidad (MFC)

Este modelo de mayor complejidad intenta incorporar el enfoque ecosistémico a la lógica de formulación de indicadores de sostenibilidad: *Modelo-Flujo-Calidad* (MFC). El modelo hace referencia a dos extremos de ciudad, compacta o difusa; el flujo, son aquellas variables que implican un movimiento, un desplazamiento desde un origen a un destino y, finalmente, calidad, como modo de dimensionar el estado y evolución del ambiente.

Este modelo reconoce los municipios como sistemas ecológicos complejos, que no se encuentran en equilibrio y que, para su permanencia, requieren constantes aportes de energía, materia e información, que metabolizan y transforman procesos desde los cuales se producen desechos, entendiendo que cada modelo municipal produce distintos bienes y servicios.

Las características de los indicadores del modelo MFC (Diputació de Barcelona, 2000) son:

- *De modelo:* Son aquellos que describen procesos o fenómenos de incidencia multifactorial y están relacionados directamente con el modelo básico municipal (i.e Estructura urbana, en este caso, ocupación urbana del suelo).
- *De flujo:* Son los que desde una mirada municipal, tratan los ciclos de materia y energía desde el punto de vista de su producción, distribución, tratamiento y reutilización (i.e Producción local de energías renovables).
- *De calidad:* Son aquellos que se refieren a las condiciones finales de medio municipal. Informan sobre el estado del medio y su evolución espaciotemporal (i.e Estado ecológico de los ríos).

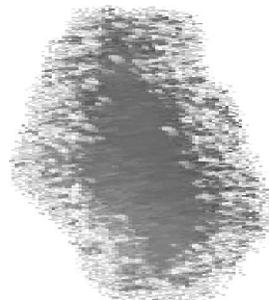
2.5.5 Modelo Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta

Este modelo, utilizado principalmente por la Agencia Europea del Medio Ambiente y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, amplía a cinco las categorías de información, tratando de hacer más exhaustivo el estudio de la relación sociedad-ambiente. De esta manera se vuelve más complejo, debido a que demanda más parámetros para la medición (en el corto, mediano y largo plazo) de los impactos y efectos ocasionados a las funciones ecológicas, a los ecosistemas y recursos naturales como a la población. Por ello, el empleo de estas dos categorías (impactos y efectos) se hace con base en modelos que proveen evidencias y/o tendencias plausibles sobre las relaciones entre problemas, causas y soluciones, lo cual, en todo caso, dependerá de la información disponible (INEGI, 2000).

2.5.6 Modelo Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta-Gestión (PEIERG)

Este modelo fue elaborado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, a partir de modificaciones del modelo PER, para analizar el impacto y efecto de las acciones tomadas y las respuestas y gestión que realiza la población frente a las presiones a las cuales es sometido el ambiente (CIAT, 1996). Dicho modelo consta de cinco grupos de indicadores.

- *Presión:* observa las causas de los problemas ambientales como presiones directas e indirectas sobre el ambiente.
- *Estado:* se relaciona con la calidad del ambiente y los recursos naturales, resultado de las acciones antrópicas.
- *Impacto/Efecto:* observa el impacto y efecto de las actividades antrópicas sobre el ambiente. Impactos y efectos que surgen a partir de las interrelaciones entre los humanos y la naturaleza y que generalmente son definidos a partir de modelos y/o análisis que dan



como resultado evidencias plausibles sobre las relaciones entre problemas, causas y soluciones.

- *Respuesta:* las medidas y respuestas que toma la población sobre el ambiente (i.e políticas, instrumentales y/o participativas que toma la población para dar respuesta a las presiones, estado, impactos y efectos sobre el ambiente).
- *Gestión:* se relaciona con el manejo de los instrumentos legales y económicos generados por la población. Estos permiten observar el uso, aplicación y manejo de los instrumentos y mecanismos de gestión, la capacidad institucional, la ejecución de normas, planes, programas, proyectos y aplicación de objetivos ambientales.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta al seleccionar indicadores ambientales y el modelo para estructurar la información, los objetivos específicos propuestos por las entidades y/o el proyecto.

La pertinencia de los indicadores ambientales se basa en la relación directa entre la variable, el indicador y el problema ambiental a resolver. Un desconocimiento de esta relación conlleva a una poca pertinencia en el uso de los mismos.

A pesar de existir muchos modelos para estructurar la información ambiental, el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) es el más usado a nivel europeo y el menos complejo de utilizar, debido a que no requiere demasiados tipos de indicadores, con lo que se logra visualizar mejor la relación causa – efecto entre las presiones sobre el ambiente, el estado como resultado de éstas y las respuestas de la sociedad frente a ellas para que finalmente, los tomadores de decisiones cuenten con una buena herramienta para la gestión ambiental.

Los indicadores no están diseñados para proveer un amplio panorama de aspectos ambientales, sino para ayudar a revelar tendencias y llamar la atención sobre fenómenos o cambios en las variables que requieren futuro análisis y posibles acciones. Los indicadores son una herramienta para evaluación y para interpretaciones científicas y de políticas orientadas. Además, necesitan ser complementados por otra información científica y cualitativa, particularmente para explicar fuerzas motrices detrás de cambios de valores de indicadores, aspecto clave para una valoración. No obstante, algunos temas no se prestan en sí mismos para evaluación por medidas cuantitativas o indicadores.

4. BIBLIOGRAFIA

- AEMA, 1998. Agenda 21, los primeros cinco años. La implementación de la Agenda 21 en la Comunidad Europea.
- CIAT, 1996. Indicadores ambientales para la toma de decisiones en la Corporación Autónoma Regional de Risaralda: marco conceptual y aplicación. Convenio (CARDER CIAT). 57 P
- ENVIRONMENTAL CANADA, 1996. Canada's National Environmental Indicators Series. <http://www1.sid.ncr.doe.ca/~ind/dfault.htm>.
- Folch, R., 1999. La sostenibilitat és l'element vertebrador del pensament postindustrial. Entrevista Luis Reales. En: Revista IDEES 2. pp 4-11.
- García, L., 2005. Lineamientos para la selección y uso de indicadores de sostenibilidad y desempeño ambiental como herramienta de gestión empresarial para Interconexión Eléctrica S.A.. Tesis de Maestría, Medio Ambiente y Desarrollo, UN, Sede Medellín. 368 P.
- INEGI. 2000. Indicadores De Desarrollo Sustentable en México. p 200.
- MINMA., 2000. Estudi sobre la utilització d'indicadors sobre l'estat dels recursos naturals en el marc dels països de la OECD. España.



- OECD, 1994. OECD Core Set of Environmental Indicators. Paris.
- _____. 1998. Towards Sustainable Development, Environmental Indicators.
- _____. 2000. International Environmental Issues and the OECD 1950-2000. An historical perspective. by Bill L. Long.
- _____. 2002. *Indicadores Ambientais: Rumo a um desenvolvimento Sustentable. serie Cadernos de referencia Ambiental. Vol 9, 209 P.*
- _____. 2003a. *Environmental Indicators: Development, measurement and use.* Reference paper. 37 P.
- _____. 2003b. *INECE-OECD Workshop on Environmental Compliance and Enforcement Indicators: Measuring What Matters.* Discussion Paper. 18 P.
- _____. 2004. OECD Key Environmental Indicators. OECD Environment Directorate. Paris, France. 36 P.
- Pino, E., 2001. Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental y urbana en las Agendas 21 local y ecoauditorias municipales. El caso de las regiones urbanas europeas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.
- Rueda, S., 1999. Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Agencia de Europea de Medio Ambiente. En: Ecología Urbana. Barcelona y la seva regió metropolitana com a referents. Beta Editorial, S.A.
- United Nations, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Second Edition. New York.

