

En las últimas décadas, tanto los indicadores de medio ambiente como los indicadores de sostenibilidad han experimentado un gran auge y proliferación. Sin embargo, hasta la fecha resultan muy escasos los estudios sistemáticos de los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente en clave de escala, entendiendo por escala las dimensiones espaciales, temporales, cuantitativas o analíticas usadas para medir y estudiar un determinado fenómeno. Esta escasez afecta al ámbito internacional, nacional y regional.

La expansión por doquier de las iniciativas de las administraciones, las organizaciones no gubernamentales y las empresas a favor del Desarrollo Sostenible han multiplicado, y complicado extraordinariamente, el entendimiento de su profusa y ambigua terminología. Por esta razón, esta publicación pretende aportar un texto actualizado que oriente, sintetice, clarifique y compile los métodos y técnicas de la métrica del Desarrollo Sostenible, desde un enfoque multiescalar. La hipótesis de partida es que el enfoque multiescalar es preciso y viable en el estudio y aplicación de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente.

Y es que cada nivel de organización tiene diferentes problemas, cuestiones a resolver y teorías a formular. Por ejemplo, en la jerarquía de los sistemas vivos cada nivel ha originado una rama científica de la biología; el nivel molecular a la biología molecular, el nivel celular a la citología, los tejidos a la histología, y así hasta la biogeografía y el estudio de los ecosistemas (Mayr, 1982). La decisión de escala, su extensión y resolución determinan de forma crítica los patrones de comportamiento de nuestro sistema de estudio (Clark C Gibson, Elinor Ostrom y T.K. Ahn, 2000).

El documento consta de dos bloques diferenciados: uno, teórico-analítico, que comprende los cinco primeros capítulos, y otro, empírico-analítico, que abarca los capítulos 6 y 7.

El sistema metodológico empleado se sirve de una serie de técnicas de investigación, algunas de carácter general - como el análisis documental, bases de datos, bibliografía y recursos de Internet -, otras, de carácter más específico, acordes con las exigencias propias de cada apartado. El capítulo 3 referente a la definición de **conceptos previos** trata las principales definiciones empleadas en la literatura científica, señalando su significado, en virtud de la necesaria y profusa utilización que se va a hacer de éstas a lo largo del texto. Así son delimitados los conceptos de Desarrollo Sostenible, sostenibilidad, indicador, indicador ambiental, indicador de sostenibilidad, sistema de indicadores y escala.

En el capítulo 4 se **revisan los principales patrones de aproximación** a los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, sin pretender una relación exhaustiva de todos los indicadores y sistemas de indicadores existente, tarea que sobrepasaría el objeto de este trabajo, sino una visión panorámica ordenada de los enfoques o dimensiones analíticas utilizadas en este vasto campo. Como resultado de un modelo de intersecciones se propone una nueva síntesis taxonómica de los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente.

El siguiente paso es elaborar un método sencillo para la concepción y evaluación de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, que denominaremos **método INDICGEN**. Este método, objeto del capítulo 5, relaciona ordenadamente las cuestiones previas pertinentes al diseño ideal de un indicador o sistema de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, y tiene por resultado una lista final de chequeo. Ulteriormente, ya en el capítulo 6, los principios y subprincipios del citado método se confrontan con la **situación** de los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, lo que permite un diagnóstico de la situación actual de los indicadores.

El método INDICGEN es aplicado en el capítulo 7 en un caso concreto para el diseño de un indicador de sostenibilidad territorial. Este nuevo indicador, denominado **ISOS**, evalúa el grado de sostenibilidad relativa de los territorios a partir de una serie de indicadores seleccionados con la ayuda de un análisis factorial de componentes principales para un conjunto de países. El análisis espacial del indicador ISOS se realiza estudiando su relación con la latitud, además de analizar su relación con el Producto Interior Bruto per cápita, obteniendo como productos mapas de isopletas de ISOS. El capítulo concluye con una propuesta de regionalización que identifica diferentes **regiones y áreas de isosostenibilidad del sistema-mundo**.

Cada capítulo del documento desenlaza en su correspondiente apartado de conclusiones. Por último, la confluencia de las conclusiones de carácter transversal es resuelta en el capítulo 8 de conclusiones finales.

3.1 DESARROLLO SOSTENIBLE

Para comprender el término Desarrollo Sostenible es conveniente en primer lugar atender a las diferentes partes que lo componen. El “**desarrollo**” de una región puede entenderse como potencial de crecimiento económico, de bienestar social o como centralidad funcional del territorio, merced a la concentración de actividades estratégicas (Méndez. 1997). Otra acepción se refiere al desarrollo humano, en tanto “proceso que establece e interrelaciona la formación de capacidades económicas, sociales y culturales que permiten al individuo, como parte de una sociedad, evolucionar en el sentido de una abstracción mental previa” (Morán Álvarez. 1996). Por su parte, si consideramos la definición que la Real Academia Española recoge para el término “**sostenible**” se aprecia que hace alusión a la capacidad para mantenerse por sí mismo.

Crecimiento y desarrollo no son sinónimos. Daly distingue entre “**crecimiento**” como una expansión cuantitativa en las dimensiones físicas del sistema económico, y “desarrollo”, como un cambio cualitativo de un sistema económico no creciente en equilibrio dinámico con el medio ambiente, expandiendo potencialidades hacia estadios más perfectos (Martínez Alier & Martínez Magaña. 1997). Otros autores (Pena Trapero. 1977) diferencian entre crecimiento y desarrollo matizando que mientras el crecimiento se vincula a un aumento cuantitativo de productos y mercancías, el desarrollo se trata como un concepto cualitativo referido a la elección de la organización social y el sistema económico.

De las más de 300 definiciones de Desarrollo Sostenible existentes (Hodge, Hardi, & Bell. 1999), la más utilizada es la acuñada en el Informe Brundtland. Según ésta, el Desarrollo Sostenible (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. 1988) es “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Encierra en sí dos conceptos fundamentales:

- El concepto de **necesidades**, en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad preponderante;
- La idea de **limitaciones** impuestas por el estado de la tecnología, la organización social y la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Es esta definición la que vamos a emplear, con carácter general a lo largo del documento. Empero, existen otras definiciones clásicas de Desarrollo Sostenible, como aquel que se logra al llegar a la intersección entre los tres elementos clave- ecología, economía y sociedad-, englobando así el punto de vista de ecologistas; ecológicamente viable, de economistas; económicamente viable, y de sociólogos; socialmente deseable (Campbell & Heck. 1999).

El Desarrollo Sostenible se puede interpretar en clave de optimización multicriterio y como tal no responde a una única solución, sino a un rango de opciones que variará en función de la ponderación de las metas establecidas (Spangenberg. 2000).

3.2 SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad es un concepto antiguo, utilizado ampliamente desde los orígenes de la selvicultura, en los que su fundador Hans Carl von Carlowitz reconoce las implicaciones sociales y económicas del concepto: no extraer más madera de la que los bosques son capaces de producir en el largo plazo (Klöpfer. 2002). Podemos remontarnos aún más en la historia, autores como el demógrafo Thomas Malthus (1798) o el fisiólogo Justus von Liebig (1862) abordaron el tema (Novartis Foundation for Sustainable Development. 2003), si bien con un lenguaje distinto al actual. Otros autores destacables son David Ricardo (1766-1834) y su ley de los rendimientos decrecientes o John Stuart Mill, uno de los primeros economistas en contra de la conversión de todo el capital natural a capital producido por el hombre (Constanza, Cumberland J., Daly H., Goodland R., & Norgaard R. 1999).

Aunque existe una gran variedad de opiniones sobre qué significa sostenibilidad (Agencia Europea de Medio Ambiente. 1998), una concepción general puede derivarse de la definición propuesta en el informe de la Comisión Mundial para el Medio ambiente y el Desarrollo (1987). La sostenibilidad es una **relación** entre los sistemas humano y ecológico que permite mejorar y desarrollar la calidad de vida, manteniendo, al mismo tiempo, la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. 1988). Se trata pues de una definición muy relacionada con los principios contemplados en la Estrategia Mundial de Conservación de la Naturaleza de los años 80.

La sostenibilidad es un concepto más amplio en su aplicación que el de Desarrollo Sostenible, puesto que es aplicable a escalas infraregionales, así como a productos y servicios (López. 2001). Se concibe como un proceso más que un estado en sí mismo. La integración de la sostenibilidad económica, medioambiental y social converge finalmente en el concepto de Desarrollo Sostenible (Munasinghe. 1993). Por tanto, la sostenibilidad es un concepto aplicable a diferentes niveles u objetos; sea un sector económico, un producto, una ciudad o una empresa. Quiere decir esto que, pese a poder tener una extensa gama de aplicaciones, la sostenibilidad suele ser empleada también con significados sectoriales más restringidos, por ejemplo la sostenibilidad económica, como mantenimiento del capital económico, la sostenibilidad ambiental como el mantenimiento de los recursos naturales, y la sostenibilidad social como la preservación del capital social.

No obstante, con frecuencia la sostenibilidad se emplea como equivalente de Desarrollo Sostenible, si bien algunos autores (Jiménez Herrera. 2000) no lo aceptan como sinónimos idénticos, ya que el **Desarrollo Sostenible** implica exigencias éticas de **equidad** social. Según este autor, no parece correcto hablar de sostenibilidad aislada, sino de **sostenibilidad integral**, incorporando los componentes ecológicos, sociales y económicos. Abundando más, podríamos afirmar que la sostenibilidad debe (Constanza. 1994):

- 1) Asociarse a una escala o tamaño sostenible de la economía respecto a los sistemas ecológicos que soportan los procesos vitales
- 2) Realizarse a través de una distribución justa de recursos y oportunidades entre las generaciones presentes y futuras, así como dentro de la generación actual
- 3) Dotarse de una asignación eficiente de recursos que establezca adecuadamente el capital natural.

El discurso expuesto nos conduce sin lugar a dudas al polémico tema de las diferentes formas de capital -natural, económico y humano- y sobre todo, de la sustituibilidad o no de éstas. Si se

acepta plenamente la perfecta sustituibilidad de las diferentes modalidades de capital nos referimos al concepto de sostenibilidad débil. Si por el contrario, se inadmite dicha sustituibilidad, se hará entonces alusión al concepto de sostenibilidad fuerte. Adentrémonos un poco más en estos términos para una mejor comprensión.

3.2.1 Sostenibilidad débil

La sostenibilidad débil es también denominada de “segundo orden” o en sentido amplio (Castro Bonaño. 2002). De acuerdo con Jiménez Herrero (2000), se trata de mantener una renta sostenible que posibilite mayores, o al menos, no decrecientes cotas de utilidad, consumo per capita o bienestar social. Parte de la premisa de que existe una **perfecta sustituibilidad** entre las diferentes formas de capital y de que el **capital total K_T se debe mantener constante** (dK_T/dt mayor o igual que cero).

El capital total K_T se corresponde con la fórmula (Pearce. 1993; Turner. 1993):

$$K_T = K_n + K_m + K_h,$$

Siendo

- **Capital natural K_n :** stock de la naturaleza que proporciona bienes y servicios útiles para el presente y el futuro (sistemas que sostienen la vida, biodiversidad, bosques, funcionalidad como fuentes y sumideros).
- **Capital artificial o manufacturado k_m ,** realizado por el hombre mediante medios de producción económica (edificios, bienes de equipo, carreteras, etc.).
- **Capital humano K_h ,** referido a los conocimientos humanos y la capacidad intelectual.

En un sentido amplio (Jiménez Herrera. 2000), cabría añadir a la fórmula el **capital social, cultural e institucional K_{sci} ,** que proporciona integridad, cohesión, estabilidad y capacidad organizativa a los sistemas sociales.

3.2.2 Sostenibilidad fuerte

La sostenibilidad fuerte es denominada también de “primer orden” o “en sentido estricto” (Castro. 2002). El concepto de sostenibilidad fuerte parte de que la incertidumbre, ignorancia e irreversibilidad de los sistemas naturales son de mayor entidad que los criterios de eficiencia económica (Jiménez Herrera. 2000). El fundamento es la **regla del capital natural constante** dK_n/dt mayor o igual que cero. Se distingue, siguiendo a Jiménez Herrera (2000) entre capital natural crítico K_{nc} , prácticamente insustituible (atmósfera, capa de ozono, sistema climático, biodiversidad genética de especies, de hábitat y cultural), y capital natural no crítico K_{nnc} , con una capacidad de sustitución limitada, siendo $K_n = K_{nc} + K_{nnc}$ (Pearce & Turner. 1993).

Ahora bien, el principio de precaución es un requisito fundamental en el concepto de sostenibilidad fuerte. La función a maximizar ha de ser entonces el **margen de seguridad**, en contra de la práctica convencional de su minimización (Spangenberg. 2000).

La regla del **capital natural crítico constante** se encuentra en una posición intermedia entre los extremos de la sostenibilidad fuerte y la sostenibilidad débil, aunque más próxima a la sostenibilidad débil, toda vez que plantea la conservación de los valores *económicos* del capital natural y de sus

flujos derivados (Jiménez Herrera. 2000). Otras clasificaciones (Turner. 1993) diferencian entre **sostenibilidad muy débil** (en el sentido de Solow), que afirma que existe sostenibilidad si se conserva el capital total, **sostenibilidad débil** (Solow modificado), que requiere además la conservación de cierta parte del capital natural, y la **sostenibilidad fuerte**, que exige la preservación del capital natural total (perspectiva de la Economía Ecológica). En su posición mas fuerte (Jiménez Herrera. 2000), la **sostenibilidad muy fuerte** plantea un **estado estacionario** (Daly H. 1973). En este modelo la satisfacción de las necesidades humanas se realiza con un crecimiento físico cero, aumentando la eficiencia del uso de los recursos, sin aumentar el volumen total de flujos de inputs y outputs (transumos). Las condiciones finales de este modelo son (Daly H. 1991; Daly H. 1996):

- Mantener la tasa de transumo de materia y energía constante, o reducirla si es posible.
- Mantener constante la población humana.
- Mantener constante el capital natural existente.

3.3 INDICADORES

La palabra indicador proviene del latín *indicare* que significa indicar, mostrar una cosa con indicios y señales ((Ministry of Environmental and Energy. 1995). Por tanto, el uso de un indicador implica el uso de un objeto que refleja algo distinto al mismo, normalmente más complejo. Así apunta también la definición de indicador como “medida de la parte observable de un fenómeno que permite valorar otra porción no observable de dicho fenómeno” (Chevalier, Chiniere, & Bernier. 1992). Cabría aludir al símil de un **espejo** para referirnos al hecho de que los indicadores son instrumentos para reflejar objetos ajenos. La importancia de dónde coloquemos el espejo junto con las características de éste (tamaño, fidelidad de la imagen producida) y de sus observadores determinarán el tipo y significancia de la información proporcionada.

Por su lado, el Instituto Francés de Medio Ambiente define indicador como un “dato que ha sido seleccionado a partir de un conjunto estadístico más amplio por poseer una significación y una representatividad particulares” (Sánchez Lechuga. 2001). De cualquier modo, tres funciones básicas distinguen a los indicadores en general (Adriaanse. 1993):

- Simplificación
- Cuantificación
- Comunicación

A lo largo del trabajo, de modo genérico, cuando se haga mención al término indicadores se hará alusión a indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, salvo alusión expresa. Para ello es preciso definir previamente estos conceptos, tal como se recoge en los siguientes apartados.

3.4 INDICADOR AMBIENTAL

Se ha descrito el significado del término indicador. Veamos a continuación qué se entiende por “ambiental”; a tal fin presentamos diversas nociones sobre el “medio ambiente”. El **medio ambiente** se puede concebir como un sistema complejo caracterizado por un entramado de interrelaciones de factores y fenómenos físicos, bióticos, socioeconómicos y culturales en continua interacción, que se manifiestan a través de flujos de materia, energía e información, proporcionándole homogeneidad es-

tructural y funcional” (UNESCO. 1983). Se trata de una definición sistémica de medio ambiente, que no entra directamente en los grandes temas del Desarrollo Sostenible, cuales son la satisfacción de las necesidades humanas y la equidad intergeneracional.

La norma UNE-EN ISO 14001:1996 define el medio ambiente como el “entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones” (AENOR. 1999). Esta es, si cabe, una definición más cerrada que la anterior en tanto va dirigida fundamentalmente a la gestión ambiental de las empresas. Por su parte, la norma UNE 150008 EX (AENOR. 2000) sobre análisis y evaluación del riesgo medioambiental acota como indicador medioambiental “elemento del entorno cuyo estado o variación permite conocer la existencia o previsión de un efecto sobre el medio ambiente”.

Según la publicación “Indicadores ambientales. Una propuesta para España”: “un indicador ambiental es, por tanto, una variable que ha sido **socialmente dotada** de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética **una preocupación social** con respecto al medio ambiente e **insertarla** coherentemente **en el proceso de toma de decisiones**” (Ministerio de Medio Ambiente. 1996).

3.5 INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

El Programa 21 de la Conferencia de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo en su capítulo 40 hizo un llamamiento destinado a implementar indicadores de Desarrollo Sostenible para proveer de una base sólida la toma de decisiones a todos los niveles, y contribuir a la sostenibilidad autorregulada de los sistemas que integran el desarrollo y el medio ambiente (Consejería de Medio Ambiente. 2001). Supuso sin ningún género de dudas un hito importante en la búsqueda de indicadores de sostenibilidad, como se indicó en el capítulo primero.

Pero, ¿qué son los indicadores de sostenibilidad?. Los indicadores de sostenibilidad nos proporcionan señales para medir el progreso hacia objetivos que contribuyen conjuntamente al bienestar humano y al bienestar de los ecosistemas (Hodge, Hardi, & Bell. 1999). Sin embargo, es conveniente diferenciar los indicadores ambientales de los indicadores de sostenibilidad. Mientras que los indicadores ambientales señalan el estado y variación del medio ambiente, los indicadores de sostenibilidad han de indicar, **además, el estado y variación del sistema humano** en relación con el sistema natural (Jiménez Herrera. 2000).

Así, un indicador medioambiental se convierte en un indicador de sostenibilidad con la adición de los factores de tiempo, límites y objetivos (Meadows. 1998). En definitiva, un indicador de sostenibilidad podrá ser aplicado de forma simple a dimensiones concretas del Desarrollo Sostenible, por ejemplo la sostenibilidad económica, o bien aplicarse a la sostenibilidad integral, es decir, aglutinando tanto componentes ecológicos, como sociales y económicos. En este último caso, estaremos hablando de **indicadores de sostenibilidad integral**.

3.6 SISTEMAS DE INDICADORES

Para definir un **sistema de indicadores** podemos utilizar la definición que hace Salvador Rueda sobre los sistemas de indicadores urbanos. Este autor identifica un sistema de indicadores urbanos como “un conjunto ordenado de variables sintéticas cuyo objetivo es proveer de una visión totalizadora respecto a los intereses predominantes relativos a la realidad urbana de que se trate” (Rueda. 1999).

Extrapolando de forma genérica podremos decir por tanto, que un sistema de indicadores es un conjunto ordenado de variables sintéticas cuyo objetivo es proveer de una visión totalizadora respecto a los intereses predominantes relativos a la realidad objeto de estudio.

Los sistemas de **indicadores ambientales** surgen, fundamentalmente, como respuesta ante la necesidad de disponer de información adecuada para la toma de decisiones en materia de política ambiental, hacer un seguimiento eficaz de sus resultados y satisfacer la demanda de información pública. Además, contribuyen a reducir la gran cantidad de información científica existente, transformándola en un número manejable de parámetros (Ministerio de Medio Ambiente. 1998). Se trata así de un sistema de información ambiental relativo a un conjunto de problemas ambientales descritos mediante variables de síntesis cuyo objetivo es proveer una visión totalizadora de los intereses predominantes relativos al medio ambiente (Ministerio de Medio Ambiente. 1996).

Los sistemas de indicadores surgen como resultado de ampliar las posibilidades de descripción inherentes al empleo de un único indicador. La utilización de un conjunto ordenado de indicadores pretende por tanto suplir estas posibles deficiencias.

Los **índices**, sean utilizados de forma aislada, o bien en el seno de un sistema de indicadores, resultan de la combinación o agregación matemática de varios parámetros, teniendo como resultado final un número. Son de gran utilidad, ya que permiten reducir un elevado número de datos en una única cifra. Normalmente, los índices oscilan entre dos valores fijos que constituyen sus límites de variabilidad.

3.7 ESCALA

Tal como se expresó en la introducción, se entiende por **escala** a las dimensiones espaciales, temporales, cuantitativas o *analíticas* usadas para medir y estudiar un determinado fenómeno. Se consideran **niveles** a aquellas unidades de análisis localizadas en una misma posición a lo largo de una escala. Por su parte, una **jerarquía** se define como un sistema de objetos o procesos agrupados conceptual o causalmente a lo largo de una escala analítica (Gibson, Ostrom, & Ahn. 2000).

Se parte de que cada nivel tiene diferentes problemas, cuestiones a resolver y teorías a formular (Dollfus. 1982; Mayr. 1982). La comprensión de los fenómenos tiene valor cuando se colocan en escalas de magnitud comparables, aun cuando el estudio de las transferencias entre distintas escalas revierte interés (Dollfus. 1982).

Si tenemos en cuenta que la sostenibilidad de un sistema debe enjuiciarse en la globalidad del sistema, no en la de sus partes (Gowdy & O'Hara. 1997), parece razonable el análisis de la sostenibilidad atendiendo a **diferentes escalas espacio-temporales y dimensiones de análisis**. Por este motivo, enlazamos con el capítulo siguiente, que recoge las distintas aproximaciones o dimensiones de análisis empleados en los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, como se verá seguidamente.