

Medida del desarrollo sostenible mediante el uso de indicadores e índices

Emilio José García Vilchez y María Isabel Sánchez Báscones

Measuring sustainable development using indicators and indexes

RESUMEN

En la actualidad, existe la necesidad de conocer la evolución en materia de sostenibilidad de una compañía a partir de sus resultados, dado que este aspecto puede ser crítico para su supervivencia en la situación de crisis mundial.

En este artículo se muestran diferentes modelos de agregación de indicadores que miden la sostenibilidad de una entidad, pública o privada, y que sirven para simplificar la realidad y poder llevar a cabo una toma de decisiones objetiva sobre los aspectos que son susceptibles de mejorar, de acuerdo con los resultados que se obtienen año tras año.

Inicialmente, es necesario fijar el conjunto de indicadores que se van a usar, para, posteriormente, llevar a cabo la recopilación de los datos y, por último, poder calcular el índice agregado que agrupa el conjunto.

Recibido: 29 de septiembre de 2010

Aceptado: 14 de octubre de 2010

ABSTRACT

At present, there is a need to know the developments in the sustainability of a company from its results, since this aspect can be critical to their survival in the global crisis.

In this article, we present different models of aggregation of indicators to measure the sustainability of an entity, public or private, which serve to simplify reality and to carry out an objective decision-making on issues that are likely to improve, according to the results obtained on a yearly basis.

Initially it is necessary to determine the set of indicators that will be used, in order to then carry out the data collection and finally, to calculate the aggregate index which encompasses the whole set.

Received: September 29, 2010

Accepted: October 14, 2010

Palabras clave

Indicadores, índices, sostenibilidad, impacto ambiental

Keywords

Indicators, indices, sustainability, environmental impact

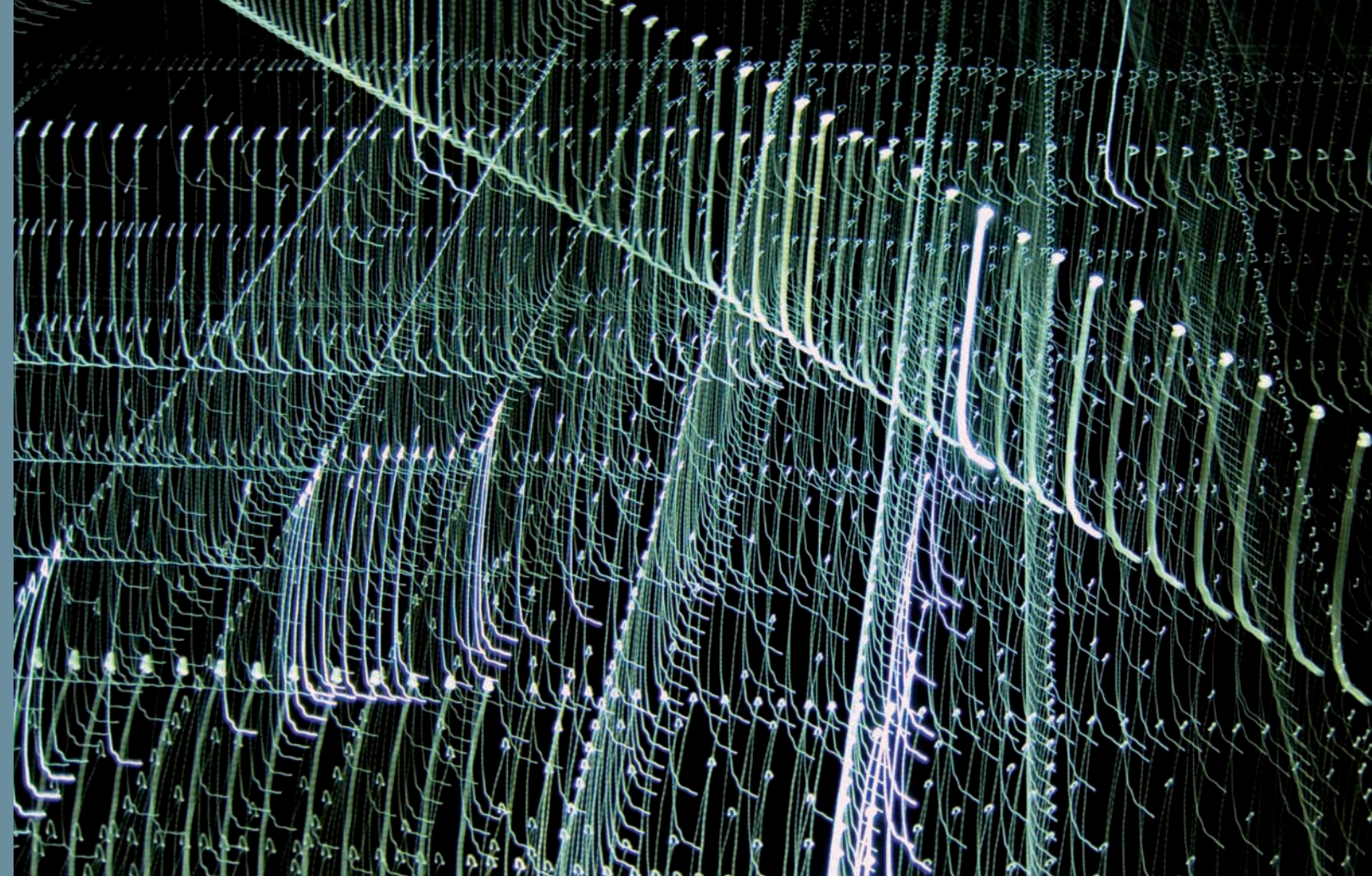


Foto: Pictelia

Para poder medir la evolución de los resultados de una compañía en un ámbito concreto es preciso contar con una variable temporal numérica que nos oriente sobre “lo bien o lo mal que estamos haciendo las cosas” en nuestra organización, que nos ayuden a gestionar los recursos de la compañía para obtener resultados consistentes a largo plazo y que satisfagan las necesidades y expectativas de todos los grupos de interés. A este dato o conjunto de datos numéricos se les denomina indicadores.

Son simplificaciones de la realidad que la cuantifican a través de una escala y permiten comparar con un objetivo, dando información referente al objeto de estudio (OCDE, 1997).

Además, este conjunto de valores también nos capacita para compararnos con el sector y la competencia en procesos de *benchmarking*, en el que la clave reside en separar las medidas comunes en funciones similares para entender a los competidores y no competidores durante toda la cadena de valor del producto (Camp, 1989).

Como ya señalaban Böhringer y Löschel (2006), la supervisión del avance hacia el desarrollo sostenible necesita identificar indicadores que proporcionen información manejable sobre las condi-

ciones económicas, sociales y medioambientales.

Cada vez es más habitual que los organismos públicos internacionales más prestigiosos desarrollen y calculen, anualmente, índices ambientales, sociales o económicos, e incluso en algunos casos trabajen con índices agregados de desarrollo sostenible (Schuschny, 2008).

Como conclusión, podemos afirmar que es necesario disponer de un conjunto de datos agregados, interrelacionados y equilibrados que permitan a una organización medir y comunicar sus resultados en el ámbito del desarrollo sostenible, valorando el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos dentro de este ámbito.

Concepto del indicador como variable para la medida

Definición

Se dispone de diferentes denominaciones para el término indicador, dependiendo del concepto en el que se utilice: ratio, métrica, *key performance indicator* (KPI), etcétera.

Asimismo, aparecen distintas definiciones sobre este término en función del ámbito de aplicación. Aquí se citan algunas de las más significativas.

Según Chevalier et al (1995), un indicador es una medida de la parte observable de un fenómeno que permite evaluar otra porción no observable de dicho fenómeno.

Gallopin (1996) lo asocia con la teoría de sistemas, tratando los indicadores como variables, en vez de valores. Son las representaciones operativas de un atributo, definidas mediante un método de medida y observación determinado, y es un instrumento analítico que representa el modelo. El comité técnico AEN/CTN 66 (2003) lo define como el dato o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. D’Elia (2001) lo enfoca hacia la expresión matemática que cuantifica el estado de la característica o hecho que queremos controlar. Por su parte, Rueda (1999) lo identifica más con variables que intentan reflejar de forma sintética una preocupación social e insertarla en el proceso de toma de decisiones. En cambio, Antequera (2005) lo asocia con medidas en el tiempo de las variables de un sistema que nos dan información sobre las tendencias de éste, sobre aspectos concretos que nos interesa analizar.

Rayén (2001) trata el indicador como un signo, típicamente medible, que puede reflejar una característica cuantitativa o

cualitativa, y que es importante para hacer juicios sobre condiciones del sistema actual, pasado o hacia el futuro.

El IHOBE (2001) lo vincula con una herramienta de control por parte de la dirección para facilitar información relevante, resumida en forma de declaraciones concisas e ilustrativas, en la toma de decisiones.

La comisión de desarrollo sostenible de la UE (2001) lo asemeja a los facilitadores del proceso de toma de decisiones, y son ellos los que pueden ayudar a medir y calibrar el progreso hacia las metas de desarrollo sostenible.

Para Bermejo (2001) son un medio de simplificar una realidad compleja centrándose en ciertos aspectos relevantes, de manera que queda reducida a un número manejable de parámetros.

Álvarez-Arenas (2000) lo relaciona con variables cuya capacidad de información o comunicación trasciende a la derivada directamente del dato o datos a partir de los cuales se calcula y cuyo contenido, que se refiere a algún problema de tipo ambiental socialmente relevante, puede ser insertado de forma coherente en los procesos de toma de decisiones de la gestión ambiental.

García y Stamples (2000) apoyan su idea de pensar en variables, apuntadores o índices relacionados con un criterio específico, en el que sus fluctuaciones revelan la variación de aquellos atributos clave del ecosistema.

En resumen, un indicador sería una variable que sirve para medir un atributo observable de forma objetiva y manejable, que permite conocer el comportamiento y la evolución de una organización en un campo determinado que, en nuestro caso, es el desarrollo sostenible.

Características de un indicador

Según la OCDE (1993), los principios básicos con los que debe cumplir todo indicador son estos siete:

- Los valores de los indicadores deben ser medibles (o al menos observables).
- Los datos han de estar disponibles o deben poder obtenerse mediante mediciones específicas.
- La metodología para la recogida y procesamiento de los datos, así como para la construcción de indicadores debe ser clara, transparente y estandarizada.
- Los medios financieros, humanos y técnicos para la construcción y monitorización de indicadores han de estar disponibles.
- Los indicadores han de estar relativizados al objetivo y ser de coste eficiente.

- Han de disponer de aceptación en el entorno en que se usen y ser apropiados para la toma de decisiones.

- La participación y el uso de los indicadores es algo fundamental.

Bermejo (2001) hace referencia a cuatro características intrínsecas a todo indicador:

- Relevancia: mostrar los efectos principales de las actividades en el medio natural.
- Exactitud: reflejar con precisión la realidad y sus cambios.
- Resonancia: ser fácilmente comprendido y estimado relevante por los colectivos pertinentes.
- Comparabilidad: que permita conocer su evolución en el tiempo y su contrastación internacional.

Medición mediante el uso de indicadores

Los indicadores traducen los resultados en medidas cuantificables con el fin de ayudar a mejorar los resultados clave de la compañía pudiendo tomar decisiones con los datos proporcionados (Azapagic, 2004).

Por otra parte, es necesario considerar los niveles de referencia de un indicador para tener un objetivo contra el cual contrastar el dato obtenido en la medición. La desviación o *gap* es lo que se transformará en el reto por resolver.

Existen ocho niveles de referencia que hay que tener en cuenta a la hora de comparar la medida obtenida con el objetivo perseguido (D’Elia, 2001):

- Nivel histórico. Se determina a través del análisis de datos de series temporales, viendo la evolución de la variable en el tiempo.
- Nivel estándar. Es el valor potencial de un sistema determinado. Una vez varíe el sistema, el estándar variará. Por tanto, deberemos tenerlo actualizado en todo momento.
- Nivel teórico. Es el dato que nos suministra el fabricante de un equipo; es la máxima capacidad cuya operación úni-

camente puede verse mejorada si mejoramos, modificamos o innovamos la tecnología actual.

- Nivel de requerimientos de los usuarios. Si una compañía quiere seguir en el negocio, debe cumplir los estándares solicitados por los grupos de interés.

- Nivel de la competencia. Si se dispone de datos de los competidores provenientes de estudios de *benchmarking*, estudios sectoriales, fuentes públicas, etcétera, podemos establecer objetivos que nos permitan reducir los costes.

- Nivel de consideración política. Una vez que la compañía establece una política, debe ser coherente con ella y capaz de controlar sus resultados para establecer el cumplimiento de los objetivos.

- Nivel obtenido tras aplicar técnicas de consenso. Cuando no se disponen de valores históricos para el indicador, ni existen valores estándar o de mercado que nos faciliten los grupos de interés, se fijan los niveles a través de un comité de expertos.

- Nivel planificado. Para cada indicador podemos tener un nivel de referencia planificado, que no es otro que metas que se impone la organización, que se deben alcanzar en un futuro inmediato.

Existe relación directa entre la desviación y los niveles de responsabilidad de la organización según se muestra en la tabla 1.

Además, es necesario valorar el sentido físico del indicador. En este aspecto, los indicadores pueden ser de dos tipos: crecientes o decrecientes (Krajnc y Glavic, 2004). Un indicador es creciente cuando a medida que aumenta su valor, el impacto en esa categoría sobre el desarrollo sostenible cuenta con un impacto positivo. En cambio, existen indicadores cuyo incremento tiene un impacto negativo en la sostenibilidad. Dentro de este grupo se encuentran, básicamente, los relacionados con la rotación de trabajadores, la accidentabilidad laboral y aquellos ambientales referidos a consumo de materias primas, agua y energía, así

Tabla 1. Relación entre las desviaciones de los niveles de indicadores y los de responsabilidad (D’Elia, 2001).

Desviación	Nivel de responsabilidad
Política frente a competencia Política frente a usuario	Alta dirección
Política frente a teórico	Gerencia de coordinación y staff
Teórico frente a estándar	Gerencia operativa
Estándar frente a histórico Histórico frente a real	Gerencia operativa hasta el nivel de operarios

como los relacionados con generación de emisiones, vertidos o residuos.

Modelos de indicadores e índices existentes

En muchas ocasiones, un problema que se presenta es la disposición de muchos indicadores para gestionar una organización, lo que puede generar complejidad, confusión o contradicción en la toma de decisión asociada a cada uno de ellos, debido a que los miembros del comité de dirección no son capaces de interpretar todos en su conjunto de forma eficiente a la hora de tomar una decisión estratégica.

Cuando una empresa se decide a utilizar indicadores para medir su desempeño y poder gestionar correctamente la actividad empresarial que está llevando a cabo, sea en el ámbito que sea, con unos objetivos y metas futuros, puede apoyarse en la norma española UNE 66175:2003 (comité técnico AEN/CTN 66, 2003) para el diseño del conjunto de indicadores e índices.

Existen diferentes tendencias en el uso de conjuntos de indicadores. Algunos autores son partidarios de utilizar un gran número (UNCSD, 1996), mientras que otros optan por usar un número menor que sirva de “testigo o alerta” (Bartelmus, 1994).

Según Castro (2002), normalmente se distingue entre indicadores simples y compuestos, sintéticos o índices (figura 1). Los primeros hacen referencia a datos obtenidos directamente de la realidad; los segundos son el resultado de combinar varios indicadores simples mediante un sistema de ponderación.

Por ello, es necesario definir cuáles de ellos son clave para el negocio o disponer de indicadores agregados (índices), que son combinaciones de los simples, que permitan mostrar de una manera resumida la tendencia global de la compañía en un ámbito de gestión.

Las ventajas que presenta un índice agregado frente a un conjunto de indicadores discreto (enfoque desagregado) son (Galván-Miyoshi, 2008) básicamente que un índice agregado nos permite valo-

Aspectos positivos de disponer de un índice agregado	Aspectos que van en contra de disponer de un índice agregado
Proveen una imagen de contexto que focaliza y facilita la interpretación y la síntesis	Si los indicadores están mal diseñados, pueden dar lugar a mensajes erróneos, confusos o poco robustos
Integran y resumen diferentes dimensiones de un tema que pueden apoyar la toma de decisiones	Al reducir la complejidad de un tema en algo supuestamente mensurable, pueden dar lugar a sesgos
Al suministrar la comparabilidad (<i>benchmarking</i>) entre las unidades de análisis y su evolución	Acarrean un alto grado de incertidumbre asociado a la integración de escalas y dimensiones diversas
Reducen el tamaño de la lista de estadísticas e indicadores que considerar en el análisis	Es esencial la interacción con <i>partners/expertos/stakeholders</i> para lograr la mutua aceptación del indicador
	Requieren seguir principios estadísticamente fundamentados y procedimientos transparentes

Tabla 2. Aspectos positivos y negativos de disponer de un índice agregado (Schuschny, 2008).

rar la evolución que existe en el tiempo de la organización, incluso a modo de función matemática, mientras que un seguimiento esporádico de indicadores sólo permite valorar alternativas con diferentes tipos de consecuencias (¿qué pasaría si el indicador X aumenta y el indicador Y disminuye?). De igual manera, el índice, una vez bien definida su agregación, permite disponer de una evaluación de expertos objetiva mientras que la evaluación basada en varios indicadores es social y más subjetiva e interpretable.

Muchas veces se presentan dificultades derivadas de la heterogeneidad o simplificación excesiva, que dificulta la interrelaciones entre los subsistemas (Gallopín, 1997).

Además de estos aspectos comentados, en la tabla 2 Schuschny (2008) menciona otros aspectos positivos y obstáculos para trabajar con un sistema de indicadores.

Para la elaboración de un índice agregado de forma satisfactoria es necesario seguir de manera rigurosa los siguientes 10 pasos (Gallopín, 1997):

- Desarrollar marco metodológico o conceptual. Antes de empezar es neces-

sario conocer bien las categorías que analizar, la información de que se dispone y los criterios de selección.

- Seleccionar indicadores. Es básico seleccionar adecuadamente el conjunto de indicadores que se va a utilizar para confeccionar el índice agregado dado que de ello dependerá su utilidad y validez.

- Análisis multivariante. Siempre que los datos lo permitan, es bueno realizar análisis estadísticos para determinar correlaciones entre indicadores con el fin de poder eliminar estadísticamente aquello que no aporte valor al conjunto de datos.

- Imputar datos perdidos. Si hay datos omitidos, se deben aplicar métodos para estimarlos a través de imputación simple o imputación múltiple. Además, se puede recurrir a otros métodos (OCDE, 2008 y Gómez et al, 2006) como son: MCAR (Missing Completely at Random), MAR (Missing At Random), NMAR (Not Missing At Random), etcétera.

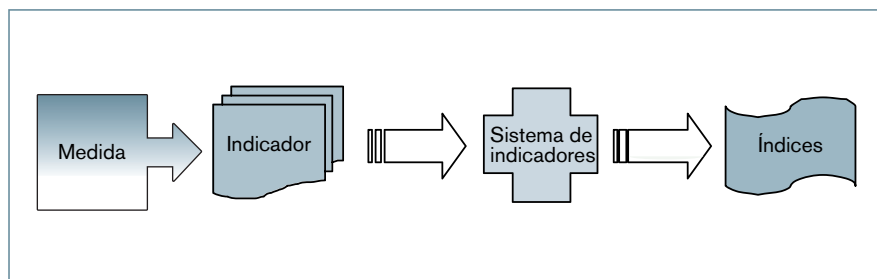
- Normalización de los datos. Si los indicadores con los que se trabaja son de diferentes unidades, es necesario normalizarlos.

- Asignación de pesos. Se asigna el peso que el indicador va a tener en el índice mediante métodos matemáticos, estadísticos o la ayuda de un panel de expertos.

- Agregación de los datos. Una vez normalizados y ponderados se agregan para obtener el índice global. Existen varios métodos: Suma de *rankings*, umbral, agregación lineal, agregación geométrica, etcétera.

Según Morse y Fraiser (2005), el resultado de un índice agregado dependerá de los datos a incluir y fuentes por analizar, la transformación de los datos a la escala

Figura 1. Proceso de elaboración de índices agregados (Castro, 2002).



de interés, el tratamiento de los datos y el método de agregación utilizado y pesos asignados. Además, es necesario tener en cuenta el concepto de incertidumbre epistemológica, que Functowicz y Raventz (1990, en Rotmans y Van Asselt, 2001) definen como la parte que el modelo de indicadores no es capaz de definir en el índice agregado debido a la complejidad de la realidad en estudio.

- Análisis de robustez y sensibilidades. Se lleva a cabo para validar el proceso con el que se ha obtenido el indicador agregado compuesto. Se analiza la dispersión y variabilidad del resultado.

- Vinculación del indicador con otras variables. Estudiar las interrelaciones matemáticas que puedan existir tras el análisis del indicador con otra variable.

- Presentación y diseminación. Son varias las formas de presentar la información: a través de gráficos, cuadros de mando, *rankings*, gráficos con medias móviles, etcétera.

El poder disponer de índices o indicadores sintéticos es básico para poder contar con una visión global de la sostenibilidad. Rutherford (1997) propone cuatro posibles modelos de relación entre los indicadores de sostenibilidad:

- Modelos de correlación. El objetivo es reducir el número de variables que son relevantes en el proceso de toma de decisión, describiendo la relación entre ellas. Sólo tiene en cuenta la correlación lineal, sin valorar la causa-efecto.

- Modelos *input-output*. Modelos que trabajan con flujos monetarios y de personas, considerando relaciones estáticas y lineales. Las relaciones no lineales o las retroalimentaciones no son recogidas adecuadamente.

- Modelos de sistemas complejos y conceptuales. Modelo basado en ecuaciones de estado que refleja las relaciones existentes entre variables. La simulación y la predicción son posibles en este modelo, al igual que la consideración de las relaciones no lineales y la retroalimentación.

- Modelos de escenarios. Sobre los modelos anteriores se proponen escenarios para ver los efectos que tienen en la toma de decisión las variables consideradas.

Existen varios ejemplos contrastados de modelos de indicadores e índices agregados que han sido aplicados con éxito en diferentes ámbitos y por diferentes entidades, públicas y privadas.

Modelo PER

El modelo PER (presión-estado-respuesta) es un modelo de indicadores ambientales aplicado al territorio y des-

arrollado por el Grupo sobre el Estado del Medio Ambiente de la OCDE (1994), con buena aceptación entre los organismos públicos dado que tiene en cuenta el proceso de toma de decisiones y marca los límites de la sostenibilidad política y pública respecto a los problemas ambientales, que a sus posibilidades de definir los estados del sistema y poder prever así sus comportamientos futuros.

Se basa en que las actividades humanas ejercen presión sobre el medio ambiente y modifican la calidad de los recursos naturales (estado). La sociedad ante esta situación responde con políticas y actuaciones (respuesta) que sirven para modificar las presiones humanas.

El modelo cuenta con un conjunto de indicadores clasificados en tres categorías:

Indicadores de presión, indicadores de estado e indicadores de respuesta.

Esta metodología ha sido aplicada por otros organismos públicos como Naciones Unidas a la Agenda 21, el Banco Mundial, EUROSTAT (Agencia Europea de Estadística) o el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España.

Modelo DPSIR

La Agencia Europea para el Medio Ambiente (1999) propuso el modelo DPSIR (direccionadores económicos e impactos) que sirve para evaluar la interacción existente entre la sociedad y el medio ambiente.

Este modelo está basado en indicadores ambientales aplicados al territorio, ampliado del modelo PER, que, además, cuenta con los direccionadores económicos e impactos (Kristensen, 2004).

Este modelo, traducido al español, se denomina como FPEIR:

F: Fuerzas directoras. Población, transporte, uso de la energía, industria, agricultura, vertederos, etcétera

P: Presiones. Uso de los recursos, emisiones atmosféricas, residuos, ruido, etcétera.

E: Estados. Calidad del aire, del agua, del suelo, ecosistemas, uso de suelo y demás.

I: Impactos. Cambios físicos, químicos o biológicos del medio ambiente o ecosistema.

R: Respuestas. Resultado de algún impacto indeseado sobre el medio ambiente o ecosistema.

Modelo de la huella ecológica

Rees y Wackernagel (1996) proponen la huella ecológica como un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana, país, región o ciudad sobre

su entorno. Es el área de terreno necesario para producir los recursos consumidos y para asimilar los residuos generados por una población determinada con un modo de vida específico, donde quiera que se encuentre esa área.

La metodología de cálculo consiste en contabilizar el consumo de las diferentes categorías y transformarlo en la superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad. Estas categorías son:

a) Cultivos: área para producir los vegetales que se consumen. Constituye la tierra más productiva ecológicamente, y genera la mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas.

- Pastos: área dedicada al pastoreo de ganado.

- Bosques: área en explotación para producir la madera y el papel.

- Mar productivo: área para producir pescado y marisco.

- Terreno construido: áreas urbanizadas u ocupadas por infraestructuras.

b) Área de absorción de CO₂: superficie de bosque necesaria para la absorción de la emisión de CO₂ debida al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

Las variables con las que trabaja no son fijas. Los valores de los pesos son todos iguales, llevando a cabo una normalización en kilómetros cuadrados (km²) (Schuschny, 2008).

El valor actual mundial es de 2,7 ha por persona. Siguiendo esta evolución, serían necesarios dos planetas Tierra en el año 2030 para satisfacer las necesidades de la humanidad.

Además, existen diferentes *software* y páginas web que posibilitan el cálculo de la huella ecológica de forma automatizada, lo que facilita y simplifica este aspecto.

Environmental sustainability index (ESI)

La agregación de indicadores en un solo valor denominado indicador de sostenibilidad medioambiental (ESI) fue propuesto por Srebotnjak (2002), con el fin de servir como criterio de *benchmarking*, dado que existe una estandarización de valores para que las variables sean homogéneas y comparables.

Está formado por cinco dimensiones descritas por 68 variables. Las dimensiones sobre las que se apoya son:

1. Sistemas medioambientales.
2. Daños medioambientales.
3. Reducción de la vulnerabilidad humana.
4. Capacidad social e institucional.

5. Global *stewardship*.

El modelo cuenta con un total de 20 categorías de indicadores.

Cada una de las variables con las que trabaja cuenta con pesos iguales, llevando a cabo una normalización basada en el método Z Score (Schuschny, 2008).

Modelo de krajnc y Glavic

Krajnc y Glavic, de la Universidad de Maribor (Eslovenia), proponen el cálculo de un índice agregado en función de los indicadores Global Reporting Initiative (GRI) facilitados por una compañía en su memoria anual de sostenibilidad.

Este índice compuesto de sostenibilidad se calcula, tras la normalización de valores, realizando ponderaciones entre los indicadores basadas en el método de la jerarquías analíticas AHP (Saaty, 1980).

Hay diferentes ejemplos prácticos de aplicación de esta metodología a indicadores de desarrollo sostenible en distintas publicaciones a las empresas Henkel (Krajnc y Glavic, 2004), BP y Shell (Krajnc y Glavic, 2005).

Modelo de la EPA

El modelo de la Environment Protection Agency (EPA) de EE UU fue desarrollado por Sikdar (2009), y aplicado a selección de alternativas de la multinacional BASF, se basa en construir un índice D comprendido entre 0 y 1 que permita comparar dos sistemas formados por indicadores, a través de una agregación geométrica de los mismos:

$$D = \left(\prod_{i=1}^n [c_i (y_i/x_i)] \right)^{1/n} \quad \text{donde:}$$

c_i es un factor de peso para cada métrica.

x_i e y_i son valores de n diferentes métricas (m_1, m_2, \dots, m_n) que describen el comportamiento de dos sistemas: $S_1 (x_1, x_2, \dots, x_n)$ y $S_2 (y_1, y_2, \dots, y_n)$.

Índice entorno de sostenibilidad (IES)

Este índice es calculado por la Fundación Entorno-WBCSD España en los informes periódicos trianuales de sostenibilidad que publican desde el año 2006 (Fundación Entorno-BCSD España, 2006).

Se basa en la agregación de diferentes subíndices relacionados con la influencia de sus grupos de interés (SVIPI), importancia de problemas sobre sostenibilidad (SVIDS), valoración de las actuaciones y herramientas de sostenibilidad (SIAS), valoración de formación en

Tipo de empresa	Valor del IES
Excelente	IES 85%
Proactiva	70% IES < 85%
Reactiva	40% IES < 70%
Pasiva-indiferente	15% IES < 40%
Negativa	IES < 15%

Tabla 3. Valoración del IES (Fundación Entorno, 2009).

sostenibilidad de la dirección (SFDS) y valoración de la organización y gestión de la sostenibilidad (SOGS).

El cálculo del índice entorno de sostenibilidad (IES) se realiza de la siguiente manera:

$$IES = SVIPI + SVIDS + SIAS + SFDS + SOGS.$$

La interpretación del resultado se valora siguiendo los criterios de la tabla 3.

Agenda Local 21

Tal como se definió en la Cumbre de Río en el año 1992, las entidades gubernamentales debían establecer la Agenda Local 21, creando un sistema de indicadores (UNCED, 1992).

Las 12 agrupaciones de indicadores comunes más utilizados son los propuestos por el Gobierno Vasco en su documento de agenda local (Intxaurreaga e IHOBE SA, 2003):

1. Medio ambiente (9 indicadores).
2. Territorio y planeamiento: disponibilidad de zonas públicas abiertas y uso sostenible del suelo.
3. Movilidad y transporte: movilidad local y transporte de pasajeros y distribución de la superficie municipal a infraestructuras de transporte.
4. Recursos naturales: consumo de agua y consumo de energía.
5. Residuos: generación y gestión de residuos y vertidos al agua.
6. Integración del medio ambiente en las actividades del municipio: sistemas de gestión medioambiental en el municipio.
7. Medio social y económico (tres indicadores). Pobreza y exclusión social, tasa de paro y satisfacción de la ciudadanía con la comunidad local.

Modelo BRIDGESworks

Es un modelo desarrollado por el CWRT Sustainability Metrics (SM) en colaboración con el American Institute of Chemical Engineers (AIChE). Está basado en cinco grupos de indicadores clave que miden la sostenibilidad de una industria (Beaver y Beloff, 2000):

- a) Ineficiencias de materias primas.
- b) Ineficiencias de energía.
- c) Consumo de agua.
- d) Emisiones tóxicas a la atmósfera.
- e) Contaminación.

Ha sido diseñado para que sea simple, útil, fácilmente entendible, económico desde el punto de vista de recopilación de datos, reproducible, robusto, protegido por el usuario (información confidencial) y aplicable para toda la cadena de suministro y ciclo de vida del producto.

El modelo cuenta con un *software* específico para realizar los cálculos de manera automática correspondientes a los indicadores propuestos.

European Common Indicators

Conjunto voluntario de indicadores propuestos por Ambiente Italia Research Institute (2003), centrados en una perspectiva local urbana. Cuenta con 10 indicadores principales y permite comparar a los municipios europeos y así poder establecer *rankings* y buenas prácticas de sostenibilidad.

Los grupos de indicadores en los que se apoya este modelo son:

- a) Satisfacción de los ciudadanos con la comunidad local.
- b) Contribución local al cambio climático.
- c) Movilidad local y transporte de pasajeros.
- d) Disponibilidad de áreas públicas locales abiertas y servicios.
- e) Calidad del aire.
- f) Desplazamientos de los escolares desde y hacia el colegio.
- g) Gestión sostenible llevada a cabo por el Ayuntamiento y empresas locales.
- b) Contaminación por ruido.
- i) Uso sostenible del territorio.
- j) Promoción sostenible de productos.

Finalmente, el documento propone una serie de recomendaciones para mejorar el desempeño de la comunidad a favor de su sostenibilidad dentro de cada uno de los indicadores propuestos.

Ecoindicador 99

El modelo Ecoindicator 99 (Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, 2000) consiste en un conjunto de indicadores que muestran la carga ambiental de un producto o proceso. Con un *software* específico, es posible calcular otros indicadores complementarios.

Las cinco categorías que dispone la herramienta son:

- a) Materias primas. Los indicadores definidos para los procesos productivos

están calculados para un kilogramo de material.

b) Proceso productivo. Hace referencia al tratamiento y proceso de varios materiales. Cada tratamiento lleva asociadas sus correspondientes unidades de medida (metros lineales, kg, etcétera).

c) Procesos de transporte. En función de cada modo de transporte del producto (avión, tren, carretera, ferrocarril) el impacto será diferente. La unidad utilizada habitualmente para este indicador es toneladas-kilómetro.

d) Procesos de generación de energía. Unidades de electricidad o calor en función del tipo de energía utilizado para cada etapa, desde la utilizada para extraer la materias primas hasta la empleada para la gestión del fin de vida.

e) Fin de vida: gestión de los residuos y reciclaje. Por último, se determina en fin de vida que se le otorga a cada producto, teniendo en cuenta los diferentes tipos componentes de los materiales y productos.

Para cada categoría, se determinan los indicadores asociados a cada variable de la misma y, posteriormente, se multiplican por la cantidad, obteniendo al final al sumar un valor del indicador que es comparable con otro diseño del mismo producto en el que podemos sustituir alguna variable para ver el aumento o disminución sobre esta puntuación de manera rápida y cuantitativa y, así, seleccionar la alternativa más sostenible.

Norma UNE 66175:2003. Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores

Es una norma española elaborada por AENOR (comité técnico AEN/CTN 66, 2003) que fija las pautas para la definición y desarrollo de indicadores de gestión de cualquier proceso o actividad.

Basa su filosofía en un descenso desde la política y estrategia de la compañía, la definición de indicadores alineados con ésta, hasta el seguimiento de los indicadores a través de un cuadro de mando. Además, propone ejemplos concretos de indicadores asociados a objetivos, su representación gráfica para el seguimiento de tendencias.

Modelo GDP O PIB

Este modelo basa su argumento en el seguimiento del producto interior bruto (PIB), en inglés, *gross domestic product* (GDP), pero como indicador de consumo y no de bienestar, dado que no existe una relación directa (Wilson et al, 2008).

El PIB se argumenta a veces como un indicador del desarrollo sostenible basado

en el supuesto de que el crecimiento económico es la mejor estrategia para mejorar la salud ambiental según la OCDE.

Índice de desarrollo humano o HDI

El índice de desarrollo humano (HDI o Human Development Index) fue desarrollado por Naciones Unidas (Watkins et al, 2009) es un intento de mejorar las limitaciones del PIB como una medida de desarrollo humano.

El índice incluye tres componentes básicos del desarrollo humano (United Nations Development Programme, 2009):

- Una vida larga y saludable: se mide a través de los años de esperanza de vida de la población.
- Conocimientos: el indicador utilizado es la tasa de alfabetización de adultos y tasa de matriculación escolar.
- Un nivel de vida digno: se mide a través del PIB per cápita.

Utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, que mide la asociación o interdependencia entre dos variables aleatorias continuas, se demuestra que existe una correlación positiva muy alta entre el HDI y el PIB per cápita superior a la implícita en el nivel de vida variable que explica únicamente un tercio del índice.

Modelo IndicaRSE

Es la quinta edición de un modelo de indicadores aplicado a las regiones sudamericanas, que sirve de instrumento de autoevaluación, basado en indicadores en materia de RSE internacionales (CentraRSE, 2008). Se utiliza básicamente para medir políticas y prácticas.

Cuenta con un cuestionario de 286 preguntas organizadas a través de siete ejes:

1. Gobierno, con valores y transparencia (seis aspectos relacionados).
2. Público interno (cuatro aspectos relacionados).
3. Medio ambiente (cuatro aspectos relacionados).
4. Proveedores (cuatro aspectos relacionados).
5. Consumidores y clientes (cuatro aspectos relacionados).
6. Comunidades (cuatro aspectos relacionados).
7. Política pública (cuatro aspectos relacionados).

Wellbeing Index

Los índices del bienestar de las naciones han sido desarrollados por Prescott-Allen(2001). El informe evalúa la sostenibilidad en 180 países con 36 indicadores del índice de bienestar humano y 51

indicadores para el ecosistema. La intersección de los dos grupos calcula el valor del índice, buscando siempre una optimización de ambos. Esto ocurre cuando ambos son buenos. La representación gráfica se realiza a través de dos círculos concéntricos en forma de huevo.

Se comenzó a editar en el año 2005, reemplazando al ya comentado Environmental Sustainability Index (ESI). Clasifica 149 países haciendo uso de 25 indicadores dispuestos en seis categorías:

- a) Salud ambiental.
- b) Contaminación del aire.
- c) Recursos hídricos.
- d) Biodiversidad y hábitat.
- e) Recursos naturales productivos.
- f) Cambio climático.

Este índice proporciona una herramienta poderosa para mejorar la formulación de políticas y el desplazamiento de la toma de decisiones ambientales dado que se apoya en un despliegue claro de objetivos.

Environmental Performance Index o EPI

El Environmental Performance Index (EPI) ha sido desarrollado por el Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) de la Universidad de Columbia (Nueva York) y del Yale Center for Environmental Law and Policy (YCELP), de la Universidad de Yale (Connecticut) (Esty et al, 2008).

Se comenzó a editar en el año 2005, reemplazando al ya comentado Environmental Sustainability Index (ESI). Clasifica 149 países haciendo uso de 25 indicadores dispuestos en seis grupos:

- a) Salud ambiental.
- b) Contaminación del aire.
- c) Recursos hídricos.
- d) Biodiversidad y hábitat.
- e) Recursos naturales productivos.
- f) Cambio climático.

Este índice proporciona una herramienta poderosa para mejorar la formulación de políticas y el desplazamiento de la toma de decisiones ambientales dado que se apoya en un despliegue claro de objetivos.

Environmental Vulnerability Index (EVI)

El índice de vulnerabilidad medioambiental es la base de todo el bienestar humano. Fue desarrollado en 2008 por South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC) y United Nations Environment Programme (UNEP) junto con sus socios.

El EVI cuenta con 32 indicadores de riesgos, ocho de resistencia y 10 que miden los daños.

Los indicadores de riesgos se refieren a la frecuencia y la intensidad de los fenómenos peligrosos. Los de resistencia se refieren a las características propias de un país que le hacen más o menos capaz de hacer frente con los peligros naturales y antropogénicos. Esto incluye medidas tales como el tamaño absoluto (hay menos opciones para los refugiados en los países pequeños) y el número de fronteras comunes (hay mayores riesgos de efectos transfronterizos).

Living Planet Index

El Living Planet Index, publicado por World Wildlife Fund (WWF) en 2008, está diseñado para monitorear el estado del mundo de la diversidad biológica. En concreto, sigue las tendencias en un gran número de poblaciones de especies de la misma manera que un índice bursátil realiza seguimiento del valor de un conjunto de acciones. Está basado en las tendencias de casi 5.000 poblaciones de 1.686 especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces de todo el mundo.

Este índice mundial es el agregado de dos subíndices relacionados con la zona: templado (que incluye polar) y tropical.

Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW)

El ISEW es un intento de medir los factores subyacentes que crean un verdadero progreso (Matthews et al, 2003). Este índice, aplicado al país de Gales, tiene como base el gasto derivado del consumo personal, y luego se hacen una serie de ajustes para llegar al valor del índice en un año determinado. Forma parte de una serie de indicadores globales de sostenibilidad. Tiene un valor potencial si se utiliza junto con otros indicadores para informar y estimular el debate sobre el estado de la naturaleza y la medida del proceso de desarrollo humano.

Las ventajas con las que cuenta este índice son:

- Incorpora aspectos sociales y de bienestar y valora la distribución de los recursos en una sociedad.
- Proporciona un valor objetivo y comparable de los beneficios netos para la sociedad derivados de su producción y el consumo.

United Nations Urban Settlement Programme Urban Indicators Toolkit
Modelo de indicadores desarrollado por el United Nations Human Settlements Programme (UNHSP) (1997) para la medida de la evolución de los asentamientos urbanos mediante la recogida

y el análisis de un conjunto mínimo de datos, formado por:

- 23 indicadores cuantitativos básicos urbanos y clave que incluyen indicadores cuantitativos que son importantes para la política y relativamente fáciles de obtener. Cada indicador está definido de forma detallada, indicando la metodología de recogida de datos y cálculo, forma de valorar el género, nivel de profundidad de los datos e interrelación con otros indicadores.

- 9 indicadores obtenidos de datos cualitativos. Datos cualitativos o listas de verificación que aportan una evaluación de las zonas que no fácilmente se puede medir cuantitativamente. Son preguntas de auditoría acompañadas generalmente de casillas de verificación sí/no.

Michelin Environmental Footprint (MEF)

El Grupo Michelin ha desarrollado un indicador agregado denominado como Michelin Environmental Footprint (MEF) (Grupo Michelin, 2005), en el que valora los impactos ambientales de su huella ecológica teniendo en cuenta los siguientes aspectos y ponderaciones (figura 2):

- Consumo de recursos. Valora el consumo de agua y energía, valorando cada uno de los aspectos con el 15% de contribución al indicador agregado.
- Emisiones a la atmósfera. En este apartado contabiliza las emisiones de COV, cuyo peso es del 25% y las emisiones de CO₂ con el 15%.
- Residuos generados, valorando la cantidad generada y la cantidad enviada a vertedero, ambas con el 15% de contribución al indicador global.

Conclusiones

Todo lo que se mide se puede controlar, y lo que es controlable es mejorable. Todo paso hacia la mejora comienza con la definición de un conjunto de indicadores que sirva de referencia, y en el caso de que necesi-

sitemos un conjunto de ratios, lo más acertado es disponer de un índice agregado.

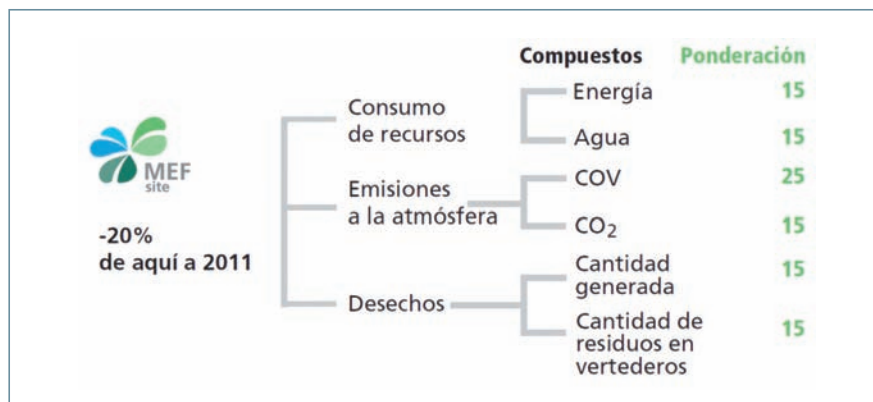
Las diferentes posibilidades de llevar a cabo dicha agregación de indicadores dentro del campo de estudio son varias, como se ha puesto de manifiesto en este artículo. Cada una tiene sus peculiaridades y especificidades, según el ámbito, con diferentes sistemas de agregación de datos y diferentes indicadores, enfocados a la población y crecimiento la gran mayoría.

Ningún modelo de todos los analizados se puede considerar mejor que otro; cada uno puede ser utilizado dentro de un contexto determinado, un ámbito de aplicación concreto, en función de los datos que se disponga, las intercompañías y/o agregaciones que se quiera llevar a cabo y lo fácil o complicado que sea poder obtener los necesarios para llevar a cabo el cálculo (valoración del esfuerzo frente a la recompensa).

Para el caso de querer determinar el impacto que una compañía genera al entorno y la sociedad donde opera en materia de sostenibilidad (ambiental, social, económico y el del ciclo de vida del producto) únicamente tres modelos frente a los 24 analizados pueden cuantificar objetivamente este aspecto, de manera total o parcial:

1. Ecoíndice 99, que solo cuantifica agregadamente el ciclo de vida del producto.
2. Michelin Environmental Footprint, que solo determina el aspecto ambiental de manera integrada.
3. El modelo de Krajnc y Glavic, que integra en un único índice el valor de sostenibilidad de la compañía. Este modelo utiliza los indicadores del GRI, que son los de mayor prestigio para medir el grado de sostenibilidad de una compañía dentro del ámbito mundial. Una vez que la empresa conoce los indicadores del modelo GRI, puede llevar a cabo una simple agregación matemá-

2. Indicador agregado Michelin Environmental Footprint.



tica de los mismos a través del método de la jerarquías analíticas AHP, disponiendo así de un único índice agregado de sostenibilidad que es comparable de manera temporal (año tras año) pudiendo medir tendencias y establecer planes de acción para los aspectos relevantes y, además, teniendo la posibilidad de realizar intercomparaciones con otro tipo de empresas que lleven a cabo su medición mediante el uso de este mismo método.

Bibliografía

- Álvarez-Arenas M (2000): *Indicadores del Desarrollo Sostenible*. *Ekonomi Gerizan*, 7: 114-131, Federación de Cajas de ahorros Vasco-Navarras, Bilbao.
- Antequera Baiget J (2005): *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*. EUMED.net, Universidad de Málaga, Málaga.
- Azapagic A (2004): Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production* 12: 639-662. Elsevier Ltd.
- Bartelmus P (1994): *Towards a framework for indicators of Sustainable Development*. Department for Economy and Social Information and Policy Analysis. Working paper series 7, United Nations, New York.
- Beaver E, Beloff B (2000): *BRIDGESworks. An Integrated Approach to Sustainability Indicators and Metrics*. Bridges to Sustainability, Houston.
- Ambiente Italia Research Institute (2003): *European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile*. Ambiente Italia Research Institute, Milan.
- Bermejo, R. (2001): *Economía sostenible, principios conceptos e instrumentos*. Bakeaz - Centro de Documentación y Estudios para la Paz, Bilbao.
- Böhringer C, Löschel A (2006): Computable general equilibrium models for sustainability impact assessment: Status quo and prospects. *Ecological Economics* 60: 49-64, Elsevier Ltd.
- Camp R (1989): *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance*. ASQ Quality Press, Milwaukee.
- Castro Bonaño, M. (2002): *Indicadores de Desarrollo Sostenible urbano: Una aplicación para Andalucía*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Málaga, Málaga.
- CentraRSE (2008): *IndicaRSE. Indicadores de Responsabilidad Social Empresarial*. CentraRSE, Guatemala.
- Chevalier S, Choiniere R y Bernier R (1992): *User guide to 40 community health indicators*. Community health division. Health and Welfare Canada, Ottawa.
- Comisión de Desarrollo Sostenible de la U.E. (2001): "Novena Sesión, 16-27 de Abril 2001". New York.
- Comité Técnico AEN/CTN 66 (2003): *Norma UNE 66175:2003. Guía para la implantación de sistema de indicadores*. AENOR, Madrid.
- D Elia, G. (2001): *Cómo hacer indicadores de calidad y productividad en la empresa*. Biblioteca y editorial Alsina, Buenos Aires.
- División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (CEPAL), Naciones Unidas, New York. Gallopin, G.C. (1996): Environmental and Sustainability Indicators and the concept of situational indicators. A system approach. Environmental modelling and assessment. *Environmental Modeling and Assessment* 1:101-117, Springer, Netherlands.
- Esty DC, Kim C, Srebotnjak T, Levy MA, Sherbinin A, Mara V, et al (2008): *2008 Environmental Performance Index*. Yale Center for Environmental Law and Policy, Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) - Columbia University, New York.
- Esty DC, Srebotnjak T, Goodall M, Adonov B, Campbell K, Gregg K, et al (2005): *2005 Environmental Sustainability Index*. Yale Center for Environmental Law and Policy, Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) - Columbia University, New York.
- Fundación Entorno-BCSD España (2006): *Entorno 2006. Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española*. Díaz de Santos, Madrid.
- Gallopin GC. (1996): Environmental and Sustainability Indicators and the concept of situational indicators. A system approach. Environmental modelling and assessment. *Environmental Modeling and Assessment* 1:101-117, Springer, Netherlands.
- Gallopin GC (1997): *Indicators and their use: Information for decision making*, en Moldan B, Billhartz S (1997): Sustainable Indicators: Report of the project on Indicators of Sustainable Development. Willy and Sons LTD, Chichester.
- Galván-Miyoshi Y (2008): *Integración de indicadores en la evaluación: De sustentabilidad de los índices agregados a la representación multicriterio*. Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), México.
- García SM, Stamples DJ (2000): Sustainability Indicators in Marine Capture Species: Introduction to the Special Issue. *Marine and freshwater research* vol. 51, 5: 381-384, CSIRO Publishing, Australia.
- García Mesanat G, Sancho Pérez A (2002): *Auditoría de Sostenibilidad en los Destinos Turísticos*. Ene edición, Barcelona.
- García Mesanat G, Sancho Pérez A (2004): *Un Modelo de Sostenibilidad para los Destinos Turísticos*. Comunicación al Congreso sobre Diálogo en Turismo, Diversidad Cultural y Desarrollo Sostenible, Barcelona.
- Gómez García J, Palarea Albaladejo J, Martín Fernández JA (2006): Métodos de inferencia estadística con datos faltantes. Estudio de simulación sobre los efectos en las estimaciones. *Estadística Española* Vol. 48, 162: 241-270, Instituto Nacional de Estadística, Mundi-Prensa Libros, SA, Madrid.
- Grupo Michelin (2005): *Michelin Performance and Responsibility 2004*. Démarche Performance et Responsabilité Michelin, Clermont-Ferrand (France).
- IHOBE SA. (2001): *Guía de Indicadores Medioambientales para la Empresa*. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco, Vizcaya.
- Intxaurreaga S, IHOBE SA (2003): *Indicadores de Agenda Local 21 del Gobierno Vasco*. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco, Vizcaya.
- Krajnc D, Glavic P (2004): A model for integrated assessment of Sustainable Development. *Resources, Conservation and Recycling* vol. 43, 2:189-208, Elsevier Ltd.
- Krajnc D, Glavic P (2005): How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics* vol. 55, 4: 551-553, Elsevier Ltd.
- Kristensen P (2004): *The DPSIR Framework*. National Environmental Research Institute, Department of Policy Analysis, European Topic Centre on Water, European Environment Agency, Copenhagen.
- Matthews J, Munday M, Roberts A, Williams A, Christie M, Midmore P (2003): *An Index of Sustainable Economic Welfare for Wales: 1990-2000*. Cardiff Business School & University of Wales, UK.
- Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (2000): *Ecoindicator 99. Manual for Designers*. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, The Netherlands.
- Morse S, Fraiser ED (2005): Making dirty nations look clean? The Nation State and the problem of selecting indices as tools for measuring progress towards sustainability. *Geoforum* vol. 36, 5: 625-640, Elsevier Ltd.
- Prescott-Allen, R. (2001): *The Wellbeing of Nations*. Island Press, Washington DC.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (1993): Core set for indicators of environmental performance reviews. *Environment monographs* 83, Paris.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (1994): *Environmental Indicators*. OECD Core Set, OECD, Paris.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (1997): *Better understanding our cities. The role of urban indicators*. OECD, Paris.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2008): *Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide*. OECD, Paris.
- Rayén Quiroga M (2001): *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de Desarrollo Sostenible: estado del arte y perspectivas*. CEPAL, Naciones Unidas, New York.
- Rees W, Wackernagel M (1996): *Our ecological footprint: reducing human impact to the earth*. New Society Publishers, Gabriola Island BC (Canada).
- Rotmans J, Van Asselt MB (2001): Uncertainty Management in integrated assessment modelling: Towards a pluralistic approach. *Climatic Change* 54: 75-105, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Rueda S (1999): *Modelo de Indicadores para ciudades más sostenibles*. Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Rutherford I (1997): *Use of models to link indicators of Sustainable Development*, en Moldan B, Billhartz S (1997): *Sustainable Indicators: Report of the project on Indicators of Sustainable Development*. Willy and Sons LTD, Chichester.
- Saaty TL (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Schuschny A (2008): *Indicadores Compuestos. Algunas consideraciones metodológicas*. Taller de trabajo internacional en productos de información ambiental para la comunicación pública, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Síkdar S K (2009): On aggregating multiple indicators into a single metric for sustainability. *Clean Technologies and Environmental Policy* vol. 11, 2: 157-161, Springer Berlin / Heidelberg.
- South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), United Nations Environment Program (UNEP) (2008): *Building Resilience in SIDS. The Environmental Vulnerability Index*. UNEP, New York.
- United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) (1992): Agenda 21. United Nations, New York.
- UNCSD (1996): *Indicators of Sustainable Development: Framework and methodologies*. United Nations Commission of Sustainable Development, New York.
- United Nations Development Programme (2009): *Human Development Report 2009. Overcoming barriers: Human mobility and development*. United Nations Commission of Sustainable Development, New York.
- United Nations Human Settlements Program (UNHSP) (1997): *Monitoring Human Settlements with urban indicators*. Global Human Observatory Center, Center of Human Settlements, Nairobi.
- Wilson J, Pelot R, Tyedmers P (2008): Ensuring that development metrics consider environmental sustainability - a proposal to combine development metrics with. *International Journal of Transdisciplinary Research*. vol. 3, 1: 44-68, Elsevier Ltd.
- World Wildlife Fund (WWF) (2008): *Living Planet Report 2008*. WWF International, Switzerland.

Emilio José García Vilchez

emigarvil@gmail.com

Ingeniero técnico industrial en química, ingeniero en organización industrial y doctor en ingeniería industrial por la Universidad de Valladolid.

María Isabel Sánchez Bascónes

Doctora en ciencias químicas. Profesora titular de la Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid.
