

Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones

(Indicators of sustainable development for decision making)

Cendrero Uceda, Antonio
Universidad de Cantabria
DCITIMAC, Fac. de Ciencias
Avda. de los Castros, s/n
39005 Santander

BIBLID [1137-8603 (1997), 12; 5-25]

Se discute el problema de encontrar indicadores adecuados para medir el grado de sustentabilidad. Se presenta el enfoque seguido por la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, basado en el uso de indicadores de presión, estado y respuesta para el medio considerado como fuente, sumidero, soporte y su reflejo sobre el bienestar humano. Se proponen ejemplos de indicadores así como un método para la obtención de índices agregados.

Palabras Clave: Indicadores ambientales. Desarrollo sostenible

Lan honek sostengarritasun maila neur lezaketen adierazle egokien arazoaz dihardu. Nazio Batuen Garapen Eramangarriari buruzko Batzordeak izan duen ikuspegia aurkezten da. Presio, egoera eta erantzuna inguruarekiko izan dira horren oinarria, ingurugiroa sorburu, hustubide eta euskarriztat hartuz, bai eta ongizalean duen islada ere kontuan hartzen dela. Adierazle zenbait proposatzen dira adibide gisa, bai eta indize elkartuak lortzeko metodo bat ere.

Giltz-Hitzak: Ingurugiro adierazleak. Garapen eramangarria

On discute le problème de trouver des indicateurs pour mesurer la soutenabilité. On présente la façon de l'énvisager suivie par la Commission des Nations Unies sur le Développement Soutenu, basée sur la considération d'indicateurs de pression, état et réponse pour l'environnement considéré comme source, égout, support et ses conséquences pour le bien-être humain. On propose des exemples d'indicateurs ainsi qu'une méthode pour l'obtention d'indicateurs intégrés.

Mots Clés: Indicateurs de l'environnement. Développement soutenable

INTRODUCCION

El concepto de desarrollo sostenible, aunque enunciado desde hace tiempo de forma implícita o explícita, irrumpe de manera generalizada como término de uso frecuente en los medios de comunicación y en los entes responsables de la toma de decisiones a raíz de la publicación del conocido "Informe Brundtland" (Comisión de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

La sencillez teórica del concepto de desarrollo sostenible ("desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para cubrir las suyas", de acuerdo con la definición del informe Brundtland, pero que también puede formularse de manera diferente) y el hecho de que representa una idea con la cual pocas personas podrían manifestar su desacuerdo, contrasta con la dificultad de proponer modelos y ejemplos prácticos, que sirvan para proporcionar guías útiles para la consecución de ese tipo de desarrollo.

De una manera general, podríamos decir que es relativamente sencillo definir lo que *no es sostenible*. Así, no es sostenible, a medio o largo plazo, una política de desarrollo que implique el crecimiento continuado (en el número de personas, en la utilización de los recursos, en el nivel de consumo, etc.), puesto que vivimos en un mundo finito que es incompatible con ese uso ilimitado. Tampoco es sostenible, por ejemplo, un sistema de producción que base su abastecimiento energético en los combustibles fósiles, pues éstos existen en cantidades finitas y que no se renuevan a una escala temporal compatible con la historia humana, o bien una explotación pesquera que realice capturas anuales superiores a la tasa de renovación biológica de las especies explotadas.

Sin embargo, resulta más difícil, por no decir imposible, medir de forma precisa el "grado de sustentabilidad" de una política de desarrollo o de utilización del medio natural. ¿Cómo podríamos encontrar algún procedimiento para determinar ese grado de sustentabilidad y, por tanto, estar en condiciones de evaluar desde esa óptica las políticas de desarrollo o los sistemas productivos?. Para ello es muy conveniente contar con algún tipo de *indicadores* de carácter cuantitativo, que reflejen características o cualidades significativas y que se puedan combinar para obtener *índices* numéricos, de tal forma que proporcionen una base útil para la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales y de desarrollo. Esos indicadores e índices, aunque no permitan establecer de manera taxativa que una política de desarrollo es sostenible, sí pueden servir para determinar si es más o menos sostenible que otras, o bien establecer si evoluciona hacia una situación de mayor o de menor grado de sustentabilidad.

En cualquier caso, sea cual sea su plasmación práctica (y sean cuales sean los indicadores utilizados) el desarrollo sostenible, para serlo verdaderamente, habrá de reunir las siguientes características:

- Ambientalmente realista (acorde con el funcionamiento y limitaciones de los sistemas naturales).
- Socialmente justo (evitando desigualdades que no son éticamente admisibles y que pueden dar lugar a tensiones que hagan el sistema inviable).
- Económicamente viable (de forma que no requiera recursos muy cuantiosos o exija sacrificios dolorosos).
- Políticamente aceptable (que no sea rechazado por la sociedad).

Los esfuerzos de la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible y del Programa SCOPE

El programa SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), en colaboración con la Comisión sobre Desarrollo Sostenible del Consejo Económico y Social de Naciones Unidas, ha acometido un proyecto sobre "Indicadores de Desarrollo Sostenible" que trata de ayudar a resolver algunas de las dificultades indicadas (Gouzee et al., 1995). Uno de los problemas que se plantea en el citado proyecto es la dificultad de definir en términos cuantitativos el desarrollo sostenible y, por tanto, de establecer metas claras de cara a la consecución del mismo. Se constata así la necesidad de disponer de indicadores adecuados. Pero para que dichos indicadores sean realmente aplicables, han de ser claros, simples y universales, de forma que sirvan para informar al público y puedan influir en la toma de decisiones. Indicadores muy complejos y de difícil comprensión, o que requieran esfuerzos importantes para la toma de los datos correspondientes, posiblemente no resolverían el problema, ya que no se podrían utilizar en muchos países del mundo.

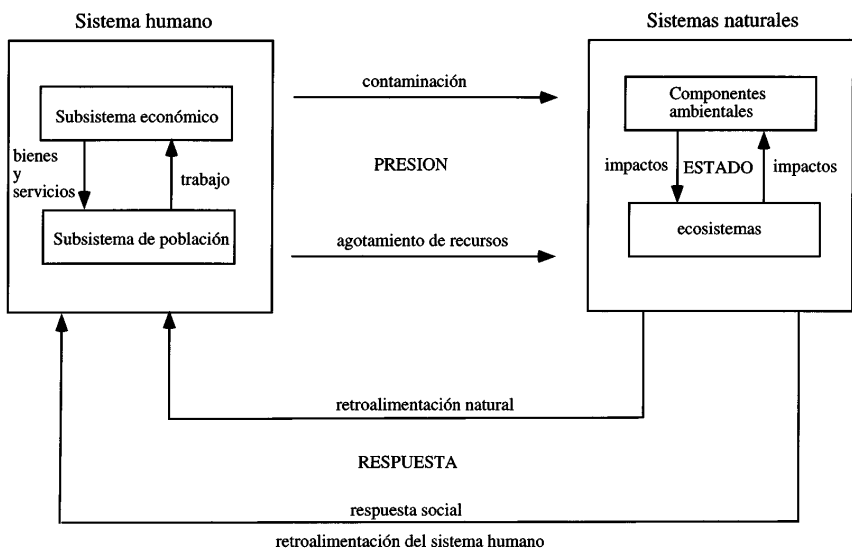


Figura 1. Marco conceptual para los indicadores de presión, estado y respuesta (modificado a partir de UNEP-UNDPCSD, 1995)

Hay algunos conceptos e ideas que conviene tener en cuenta en este punto y que ayudan a plantearse de manera global el problema de los indicadores. En primer lugar, el concepto de indicadores de presión, estado y respuesta. Según se muestra en la Figura 1 (UNEP-UNDPCSD, 1995), existen toda una serie de acciones derivadas de la actividad humana que representan *presiones* sobre el medio; es el caso, por ejemplo, de la construcción de urbanizaciones alrededor de una bahía. Esas presiones dan lugar a que se modifiquen ciertos parámetros que sirven para describir el *estado* del medio ambiente; por ejemplo el contenido de contaminantes en las aguas. Finalmente, la modificación de esos parámetros de estado puede dar lugar a unas *respuestas* de los sistemas naturales, a través de procesos de retroalimentación (por ejemplo, disminución de las poblaciones de ciertas especies), y de los sistemas sociales, que actúan para remediar los problemas producidos; un ejemplo de ese tipo de respuesta sería la realización de inversiones para la construcción de depuradoras.

Otra idea a destacar es la necesidad de considerar las dimensiones ambientales, económicas, sociales e institucionales de la sustentabilidad. La sustentabilidad de un cierto modelo de desarrollo, según se ha dicho más arriba, depende en gran medida de los condicionantes ambientales, pero no solo de éstos; los aspectos económicos y sociales, así como la existencia de mecanismos institucionales adecuados, también son importantes para lograr un desarrollo sostenible.

Finalmente, se señala la conveniencia de disponer de índices agregados que puedan proporcionar una imagen sinóptica del estado del medio o del grado de sustentabilidad. Esos índices pueden transmitir una imagen global que integre de manera más fácilmente comprensible un conjunto de características que pueden expresarse por separado por medio de diferentes indicadores. La información contenida en esos indicadores podría resumirse así, de forma simplificada, en uno o unos pocos índices. La utilidad de este tipo de índices está bien establecida y es bien conocida en otros ámbitos; por citar solamente algunos, se puede mencionar el Índice de Precios al Consumo, el cual combina en una sola cifra los datos relativos a los aumentos de precios de artículos muy diversos (a pesar de que ese IPC no refleja de manera precisa el aumento de gasto real que una persona o una familia han de afrontar, tiene una indudable utilidad); el Índice de Desarrollo Humano de Naciones Unidas, que se establece combinando datos relativos a los ingresos, la educación y la salud de la población de un país; el índice utilizado para otorgar la Bandera Azul a las playas de la Unión Europea, que combina una serie de indicadores sobre la calidad de las aguas y del entorno así como sobre las instalaciones y servicios existentes. Como es bien sabido, la simple existencia y divulgación de este tipo de índices, aunque no se utilicen de manera explícita para definir políticas, es suficiente para influir en las actuaciones de los organismos públicos y entes privados correspondientes.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible debería reunir las siguientes características:

- Deben ser limitados en número y manejables, de modo que se puedan aplicar de inmediato y en cualquier país, a ser posible acudiendo a información que ya se recoja habitualmente o que sea fácil de obtener. En este sentido, es importante disponer de indicadores sencillos y que tengan un alto grado de agregación.
- Los indicadores deben ser multidisciplinarios, no sectoriales, tratando de cubrir las distintas dimensiones de la sustentabilidad.
- Es conveniente que los indicadores contemplen la gran diversidad de situaciones existentes en los distintos países, tanto socioeconómicas como del medio natural.
- A fin de aumentar la aplicabilidad y flexibilidad del sistema de indicadores, sería deseable disponer de un "núcleo" mínimo común y de un "menú" opcional.

INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE E INFORMACION PARA EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

La Figura 2 (UNEP-RIVM, 1994) representa de manera esquemática el ciclo de la toma de decisiones y ayuda a establecer el papel que los indicadores de desarrollo sostenible pueden jugar en ese proceso a nivel nacional, regional o local.

¿Cómo y en que fase del proceso pueden utilizarse?

- en la identificación de problemas y en la concienciación sobre los mismos (como catalizadores de las decisiones)

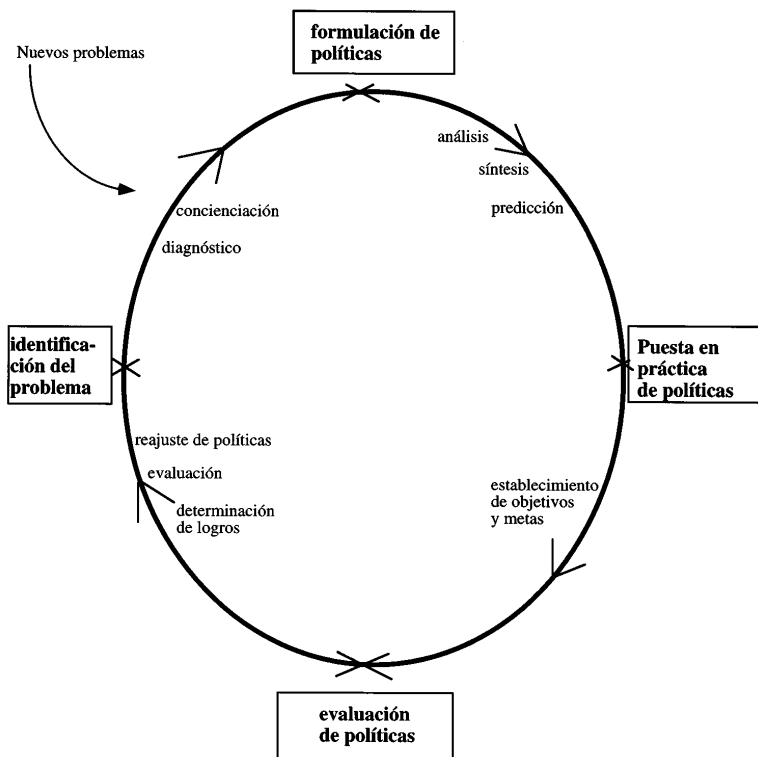


Figura 2. El ciclo de toma de decisiones (modificado a partir de UNEP-RIVM, 1994)

- en la formulación de políticas y el establecimiento de objetivos (ayudando a definir metas específicas)
- en la puesta en práctica y evaluación de las políticas (ayudando a determinar si se han alcanzado los resultados que se pretendían)

¿Por qué y para qué es conveniente utilizar esos indicadores, dentro del proceso general de recogida de información?

- Para reducir la carga que representa la elaboración de distintos tipos de informes a nivel nacional e internacional. Los indicadores son instrumentos que ayudan a simplificar la información.
- Para establecer prioridades en la obtención de datos. Los indicadores sirven para mostrar las lagunas de conocimiento existentes y ayudan a orientar los recursos disponibles en la dirección más adecuada.
- Para ayudar a hacer evaluaciones de las capacidades existentes a nivel nacional. Pueden servir para definir las necesidades existentes en un país de cara a establecer y aplicar un sistema de indicadores adecuado; también son útiles para indicar como se puede llevar a cabo la ayuda de las organizaciones internacionales para la mejora de las capacidades de un país.

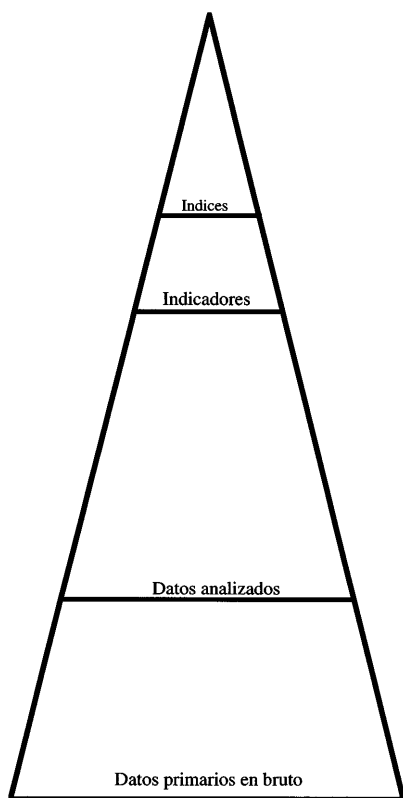


Figura 3. Niveles sucesivos en la jerarquía de la información (SCOPE, 1995)

Los indicadores, por tanto, representan un instrumento para sintetizar y transmitir información de manera significativa, dentro del proceso de toma de decisiones. En cualquier proceso de recogida e interpretación de la información es conveniente tener presente que ésta tiene una cierta jerarquía, tal como se muestra en la Figura 3 (SCOPE, 1995). Los datos primarios sobre un determinado problema suelen ser muy numerosos y no están ordenados; a través de pasos sucesivos esos datos se van organizando y reduciendo a un pequeño número de indicadores y de índices que sintetizan los aspectos más relevantes. Tenemos así que los indicadores cumplen tres funciones principales: simplifican la información, la cuantifican y ayudan a comunicarla de manera que resulte más fácilmente comprensible. Los indicadores de desarrollo sostenible pueden servir para estructurar y homogeneizar los procesos de elaboración de informes; facilitar la integración de los aspectos ambientales, económicos y sociales de la sustentabilidad; y promover una utilización equilibrada de los conceptos del medio como fuente, como sumidero y como soporte para las actividades humanas. Esto se pasa a comentar a continuación.

La Figura 4 (SCOPE, 1995) muestra esquemáticamente las relaciones principales entre las actividades humanas y el medio ambiente. De acuerdo con ese esquema se puede concebir el papel del medio como fuente de diferentes recursos, como sumidero de distintos tipos de residuos generados por las actividades humanas y como soporte de dichas actividades y suministrador de servicios útiles. Es indudable que las actividades humanas influyen sobre la capacidad del medio para cumplir estos tres tipos de funciones y, a través de los cambios que puedan producirse en ellas, en el bienestar humano.

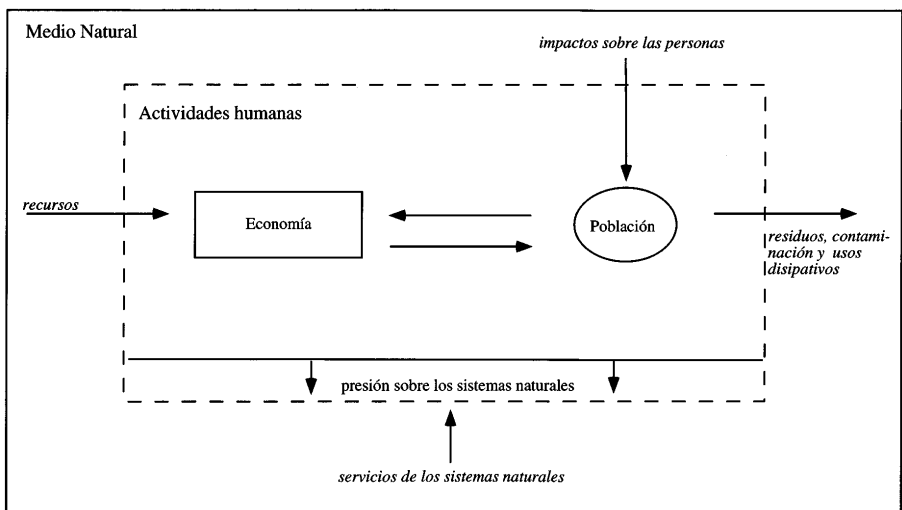


Figura 4. Esquema de las interrelaciones entre las actividades humanas y el medio natural (modificado a partir de SCOPE, 1995).

Nos encontramos así que podemos considerar que las actividades humanas plantean una serie de "demandas" sobre el medio, el cual, a su vez, proporciona una cierta "oferta" de bienes y servicios (Figura 5). Es evidente que las actividades humanas serán tanto más sostenibles cuanto más se ajusten sus demandas a la oferta del medio. Así, se podrían señalar como criterios generales de sustentabilidad: la utilización de insumos de recursos renovables debe ser igual o inferior a la tasa de renovación de éstos; los ritmos y las intensidades de explotación de los recursos no renovables deben ser pequeños en comparación con las cantidades totales disponibles; las actividades deben utilizar el espacio sin sobrepasar la capacidad de acogida del territorio; las emisiones de distintos efluentes no deben sobrepasar la capacidad de asimilación de los receptores. Aunque esos criterios generales son difícilmente rebatibles, su plasmación práctica puede presentar dificultades importantes.

La capacidad del medio como fuente, sumidero y soporte representa en la actualidad un factor limitante primordial para el desarrollo; la escasez de "capital natural" es en muchos casos una limitación que puede resultar más importante que la de capital monetario. Esto, naturalmente, puede tener consecuencias negativas para el desarrollo humano.

En cualquier caso, parece claro que un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible debería incluir: indicadores del medio como fuente, indicadores del medio como sumidero, indicadores de la calidad del medio como soporte, indicadores de bienestar humano.

Dentro del marco conceptual anterior, se pueden proponer una serie de indicadores de presión, estado y respuesta que ayuden a medir en términos significativos diferentes componentes de la sustentabilidad, al menos en lo que se refiere a la determinación de tendencias. Los indicadores pueden agruparse en categorías que permitan establecer índices agregados relativos a las cuatro características mencionadas: fuente, sumidero, soporte, bienestar humano.

CRITERIOS SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE; MODELO CONCEPTUAL

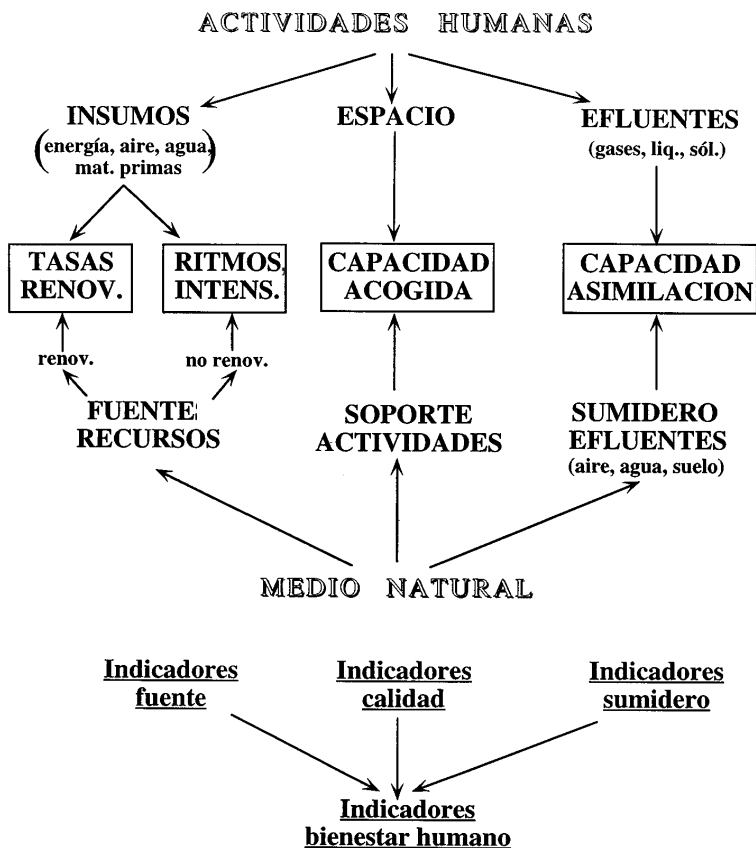


Figura 5. Modelo conceptual para el establecimiento de criterios sobre desarrollo sostenible y para la identificación de indicadores (en parte a partir de D. Gómez Orea, comunicación personal, 1995).

El Cuadro 1 presenta algunos ejemplos de indicadores de desarrollo sostenible referidos a los aspectos ambientales, económicos, sociales e institucionales de la sustentabilidad, relacionándolos con los capítulos correspondientes de la Agenda 21 (UNEP-UNDPCSD, 1995). En el Cuadro 2 se reproduce la matriz de indicadores ambientales provisionalmente propuesta por el Banco Mundial, en la cual se incluyen indicadores de: fuente, sumidero, soporte y bienestar humano. Finalmente, el Cuadro 3 presenta la relación que para esos cuatro tipos de indicadores (referida a indicadores de presión) propone el equipo de trabajo del proyecto de SCOPE y la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. Esta comisión (SCOPE, 1995) propone aplicar cuatro índices, que combinen y resuman los cuatro grupos de indicadores propuestos, si bien todavía no han formulado propuestas específicas para la obtención de los mismos.

CUADRO 1. Ejemplo de algunos indicadores de presión, estado y respuesta para ciertos aspectos de tipo económico, social, institucional y ambiental del desarrollo sostenible (a partir de UNEP-DPCSD, 1995)

CATEGORIA	Capítulos Agenda 21	Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuesta
ECONOMICA	Cap. 2 Cooperación internacional	Tasa de crecimiento real del PIB (%)	PIB per cápita (\$US)	Participación de la inversión en el PIB (%)
	Cap. 4 Pautas de producción y consumo	Agotamiento de recursos minerales (% de reservas probadas)	Reservas minerales probadas (t)	Relación entre los consumos de recursos renovables y no renovables (%)
SOCIAL	Cap. 3 Pobreza	Tasa de paro (%)	Población en situación de pobreza absoluta (No.; %)	_____
	Cap. 6 Protección y promoción de la salud	% de la población sin acceso a agua saludable	Tasa de mortalidad infantil (%)	% del PIB dedicado a la salud
INSTITUCIONAL	Cap. 8,38,39,40 Estructuras de toma de decisiones	_____	Obligatoriedad de EIA (si/no)	Ratificación de acuerdos internacionales relacionados con el desarrollo sostenible (si/no)
	Cap. 23-32 Papel de los grupos sociales	_____	Representación de los principales grupos sociales en los consejos nacionales de desarrollo sostenible (si/no)	_____
AMBIENTAL	Cap. 9 Protección de la atmósfera	Emisiones de CO ₂ (l)	Concentraciones de CO ₂ (ppm)	Gasto en medidas anticontaminación (\$US)
	Cap. 10 Planificación y gestión de recursos territoriales	Cambios de uso del territorio (km ²)	área afectada por erosión del suelo Km ² /índice de erosión	zonas protegidas (% del total del territorio)

<u>TEMA</u>	<u>PREISION</u>	<u>ESTADO</u>	<u>RESPUESTA</u>
<u>Indicadores de fuente</u>			
1. Agricultura	valor añadido/prod. bruta degrad. suelo inducida	% riqueza en tierras cultivadas limitaciones climáticas y de suelo	términos de intercambio rural/urbano
a. calidad del suelo			
b. otros			
2. Bosques	cambios de uso del suelo	sup., vol., distribución, valor bosques	relación input/output, tasa reciclado
3. Recursos marinos	contam., demanda pescado consumo intensidad de uso	reservas de especies marinas población abastecida (%)	% cobertura convenciones int. medidas de eficiencia implantadas
4. Agua	tasa extracción	% riqueza en recursos geológicos reservas probadas	balance materiales en planes nac. subsidios para eficiencia energética
5. Recursos geológicos	tasa extracción	reservas probadas	relación input/output, tasa reciclado
a. combustibles fósiles	tasa extracción		
b. metales y minerales	tasa extracción		
<u>Indicadores de sumidero</u>			
1. cambio climático			
a. gases de invernadero	emisiones de CO2	concentr. gases invernadero en atm.	política de eficiencia energética
b. ozono estratosférico	consumo aparente de CFCs	concentr. CFCs en atmósfera	% cobertura convenciones int.
2. Acidificación	emisiones NOx, SOx	concentr. NOx, SOx y pH en precipit.	gasto en medidas anticontaminación
3. Eutroficación	uso de fosfatos y nitratos	BOD, P y N en ríos	% pobl. con tratamiento residuos
4. Toxificación	prod./carga de residuos tóxicos	concentr. Pb, Cd/etc. en ríos	% gasolina sin plomo
<u>Indicadores de soporte</u>			
1. Biodiversidad	cambios de uso del territorio	habitad/res. nat.	% áreas amenazadas protegidas
2. Océanos	esp. amenazadas/extintas (% total)		
3. Areas esp. (p.ej. marismas)			
<u>Indicadores de bienestar humano</u>			
1. Salud	incidencia de enfermedades	esperanza de vida al nacer	% gasto público en salud
a. calidad del agua		oxígeno disuelto, coliformes fecales	acceso a agua salubre
b. calidad del aire	demanda energética	concentr. partículas, SO2, etc.	
c. riesgos laborales			
2. Seguridad y calidad alimentaria			
3. Vivienda/urbanismo	densidad población (pers/km2)		
4. Residuos	prod. res. ind. y municipal		% gasto público en vivienda
5. Desastres naturales			

CUADRO 3. Indicadores de desarrollo sostenible propuestos por SCOPE (1995), agrupados en categorías para la obtención de índices agregados. Entre paréntesis se indican posibles adiciones.

AGOTAMIENTO DE RECURSOS; "Fuente"

pérdida de fertilidad del suelo
 disminución de reservas madereras y de calidad de los bosques
 disminución de reservas pesqueras y de calidad de las pesquerías
 disminución de reservas y calidades de aguas subterráneas
 (disminución de reservas minerales)
 (disminución de reservas de combustibles fósiles)

CONTAMINACION; "Sumidero"

emisiones de gases degradadores del ozono
 CFCs, halones
 emisiones de gases de efecto invernadero
 dióxido de carbono, metano, CFCs, óxido nitroso, halones
 emisiones de gases acidificantes
 óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno
 emisiones de sustancias eutroficantes
 compuestos fosfatados y nitrogenados
 emisiones de sustancias tóxicas
 pesticidas, sustancias radioactivas, otros tóxicos importantes
 residuos sólidos devueltos al medio

RIESGOS PARA EL MEDIO; "Soporte"

distribución de la población humana
 distribución de la ganadería
 distribución de infraestructuras
 distribución de actividades extractivas y de la contaminación
 distribución de la reconversión de terrenos
 presencia de especies exóticas o exposición a las mismas
 distribución de los distintos tipos de ecosistemas
 distribución de zonas protegidas

BIENESTAR HUMANO

exposición a aguas de abastecimiento contaminadas
 exposición a la contaminación atmosférica
 exposición a vectores de enfermedades contagiosas
 exposición a alimentos contaminados
 uso de alojamientos inadecuados
 exposición a tóxicos en el medio laboral
 (exposición al ruido)

CUADRO 4. Componentes y características ambientales propuestos para la evaluación del estado de las zonas litorales. Se indican para cada característica una serie de posibles indicadores y las magnitudes en que se pueden expresar.

AIRE

contaminación

- contaminantes (ppm, promedio; No. días/año con valores sup. a un límite)
- visibilidad (m promedio; No. días/año menor a un valor límite)
- efectos sobre vegetación (% , km² afectados)
- efectos personas (No. casos, % pobl. afectada por enfermedades asociadas)

ruido

- intensidad (decibelios promedio; No. días/año sup. valor límite)

AGUAS COSTERAS

calidad

- contam. química (ppm promedio; No. días/año sup. valor límite)
- contam microbiol. (No./m³, promedio; No. días/año sup. valor límite)
- efectos sobre vida marina (No. eventos, No. individuos muertos/año)
- efectos sobre personas (No. casos, % pobl. afectada enfermedades asociadas)
- mareas rojas (frecuencia; No./m³)

aspecto estético

- turbidez (m visibilidad; promedio y No. días /año inf. valor límite)
- objetos flotantes (No./m² promedio; m³/m costa/año)

AGUAS CONTINENTALES

cantidad

- caudal ríos(m³/año; m³/s)
- volumen lagos (m³)
- volumen acuíferos (m³)
- recarga de acuíferos (m³/año)
- precipitación (mm/año)

calidad

- contenido contaminantes (ppm)
- contaminación microbiológica (No./cm³)
- DBO (mg/l)
- turbidez (visibilidad, m; sólidos en suspensión, g/l)
- objetos flotantes (vol/m orilla/año)
- incidencia vida acuática (No. especies; No. individuos afectados/año)
- incidencia en personas (No. eventos/año; No. personas afectadas/año)

ORGANISMOS TERRESTRES

cantidad

- cobertura vegetal(% cubierto; densidad)
- biomasa (g/m²)
- productividad biológica (g/m²/año)

calidad

- diversidad biológica (índices diversidad de especies, ecosistemas, etc.)
- especies de interés (No. especies; No. individuos; No. parejas reproductoras)
 - raras, amenazadas, endémicas
 - útiles
 - dañinas

ORGANISMOS MARINOS

cantidad

- biomasa (g/m² fondo; g/m³)
- productividad biológica (g/m³/año; g/m²/año fondo)

calidad

- diversidad biológica (índices diversidad de especies, ecosistemas, etc.)
- especies de interés (No. especies; No. individuos; No. parejas reproductoras)
 - raras, amenazadas, endémicas
 - útiles
 - dañinas

RASGOS TOPOGRAFICOS Y GEOLOGICOS

diversidad

- litológica (No. unidades litológicas/km; km²)
- geomorfológica (No. unidades geomorfológicas/km; km²)
- cronológica (No. unidades cronológicas/km; km²)

calidad

- lugares de interés científico.LGI's (No. e índice calidad: Rivas et al., 1995a,b)
- tamaño de la unidad (km, km²)

RIESGOS

- erosion costera(m/año, m³/m/año)
- inundaciones costeras (No. evenots/siglo; km² afectados)
- inundaciones fluviales (No. eventos/siglo; km² afect.; caudal máx. m³/s)
- tormentas (velocidad y frecuencia viento; altura y frecuencia oleaje)
- sedimentación en canales y marismas (mm/año)
- inestabilidad pendientes (No. eventos/km²/año; m³/km²/año, % area afectada)
- erosion suelo (mm/año)
- lluvias torrenciales (No. eventos > 100 mm/día ó 50 mm/hour por año)
- olas de calor o de frío (°C, frecuencia)
- tsunamis (altura, penetración; No./siglo)
- terremotos (magnitud e intensidad; No./siglo)
- erupciones volcánicas (km² afectados; No./siglo)

RECURSOS

no renovables

- minerales, rocas, mat. constr. , combustibles (t ó m³ ó valor monetario reservas)
- suelo (clase de capacidad promedio; m²; % clases A+B)
- contaminación suelos (ppm)

renovables

- madera (m³/km²/año)
- pesca (toneladas totales de capturas; g/m²/año)

PAISAJE VISUAL

- índice de calidad visual (% sobre máximo teórico; Rivas et al, 1995a,b)

ASPECTOS HUMANOS

potencial de uso/explotación

- lugares de interés arqueológico, histórico artístico (No. y calidad)
- servicios recreativos públicos (No., tipo y capacidad)
- hoteles, restaurantes (No., categoría, capacidad)
- servicios públicos (tipo; km² servidos; No. personas servido; % área servida)
- aparcamientos (No. de zonas y de plazas)
- accesibilidad (% de costa con acceso libre, km a cra. más próxima.)
- uso del territorio (% de dif. tipos; km² de cada tipo)
- régimen propiedad (No. propietarios/km²)
- tipo y densidad edificaciones (km², % construido; km², % de cada tipo)
- densidad de población (personas/km²)
- intensidad de uso (No. usuarios/km²)
- grado de relleno (% rellenado/desecado en marismas)

bienestar humano

- salud pública (No. casos enfermedades claves/100,000 personas/año)
- educación (% of pobl. con ed. secundaria; No. plazas escolares/100 personas)
- desempleo (%)
- criminalidad (tipo y No. delitos/100,000 personas/año)
- esperanza de vida (años)
- renta per capita (\$/año)
- percepción de la calidad del medio (% de la pobl. que la califica alta/muy alta)

CUADRO 5. Indicadores (y magnitudes) propuestos para obtener índices de calidad para conservación (C) y potencial de uso/explotación (E). Se indica la transformación de las magnitudes iniciales en escalas de puntuación y de valor.

<u>Indicador</u> (magnitud)	<u>intervalo</u>	<u>esc. puntos</u>	<u>valor C</u>	<u>valor E</u>
contaminación aire (ppm respecto lim. legal, l.l.)	0 - l.l.	0 - 100	1 - 0	1 - 0
contaminación mar (coliformes respec. lim. legal)	0 - l.l.	0 - 100	1 - 0	1 - 0
objetos flotantes (m ² /m costa/año)	0.01 - >1	0 - 100	1 - 0	1 - 0
contamin. agua cont. (ppm respecto lim. legal)	0 - l.l.	0 - 100	1 - 0	1 - 0
disponibilidad agua sub. (caudal pot. anual x10 ⁶ m ³)	0 - >0.5	0 - 100	0 - 1	0 - 1
cobertura vegetal natural (% de la unidad)	0 - 100	0 - 100	0 - 1	1 - 0
especies raras/amenazadas (No. en unidad)	0 - >5	0 - 100	0 - 1	1 - 0
diversidad de ecosistemas (No. ecosistemas/ha)	1 - >10	0 - 100	0 - 1	1 - 0
tamaño unidad, playas (x 10,000 m ²)	<1 - >50	0 - 100	0 - 1	0 - 1
tamaño unid., marismas, etc. (km ²)	<0.5 - >10	0 - 100	0 - 1	0 - 1
extensión aguas costeras (km hasta isobata 20 m)	<0.1 - >3	0 - 100	0 - 1	0 - 1
LGI's (No./calidad. >0.4 en unid.)	0 - >5	0 - 100	0 - 1	1 - 0
erosión costera (m/año)	<0.01 - >1	0 - 100	0 - 1	1 - 0
inundaciones (eventos/siglo)	<1 - >50	0 - 100	0 - 1	1 - 0
inestabilidad acantilados (% afectado en 100 años)	0 - 50	0 - 100	1 - 0	0 - 1
tasa sedimentación (mm/año)	<1 - >50	0 - 100	1 - 0	0 - 1
tormentas (días viento >100 km/h/año)	<0.1->10	0 - 100	0 - 1	1 - 0
potencial pesquero (kg/km ² /año)	<10 - 1000	0 - 100	0 - 1	0 - 1
calidad paisaje visual (índice calidad)	0 - 1	0 - 100	0 - 1	0 - 1
interés cultural/histórico (No. lugares en unidad)	0 - >5	0 - 100	0 - 1	1 - 0
densidad población (personas/km ²)	<1 - >1000	0 - 100	1 - 0	0 - 1
grado construcciones (% unidad urbanizado)	0 - 100	0 - 100	0 - 1	1 - 0
extensión de rellenos (% unidad rellenado)	0 - >75	0 - 100	1 - 0	0 - 1
régimen propiedad (propietarios/km ²)	1 >100	0 - 100	1 - 0	1 - 0
servicios (% unidad servida)	0 - 100	0 - 100	1 - 0	0 - 1
accesibilidad de la unidad (km a cra. más próxima)	>50 - <0.5	0 - 100	1 - 0	0 - 1
intensidad de usq (No. usuarios/km ²)	<10 - >10,000	0 - 100	1 - 0	0 - 1
intensidad tráfico barcos (No barcos/km ² , promedio)	<1 - >50	0 - 100	1 - 0	1 - 0

CUADRO 6. Pesos de los indicadores utilizados para derivar los índices de calidad para conservación (C) y potencial de uso/explotación (E) para distintos tipos de unidades litorales. Se ha seleccionado en todos los casos un máximo de seis indicadores. **playas** incluye las dunas asociadas; **acantilad.** incluye éstos y las zonas inmediatamente adyacentes; **marismas** incluye zonas intermareales; **agua cost.** se refiere a las zonas de profundidad menor de 20 m; **z. bajas** designa las zonas bajas costeras no urbanizadas.

INDICADORES	playas		acantilad.		marismas		agua cost.		z. bajas		
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E	
Contaminac. aire			.07		.05		.05			.13	
Contaminac. mar	.09	.15			.16	.05	.26	.32			
Objetos flotantes							.10				
Contamin. agua cont.										.11	
Disponibil. agua subt..											.26
Cobertera vegetal nat.										.29	
Esp. raras/en peligro.	.17		.28		.19		.15			.15	
Diversidad ecosistem.					.28		.27				
Tamaño unid.	.06	.25			.19	.21	.14	.27			
LIG's			.15							.06	
Estabil. acant./pdte.			.09	.15							.19
Erosión costera	.11	.06									
Tasa sediment.					.06						
Tormentas		.07						.07			
Inundaciones						.16					.21
Potencial pesquero								.16			
Calidad paisaje	.27		.16	.29	.17					.15	.11
Ext. construcciones	.30		.22							.24	
Densidad población						.36					
Grado relleno marism.					.12						
Intensidad de uso		.37									
Intensidad tráf. barcos							.08	.13			
Interés cult./hist.			.10								
Régimen propiedad				.26							
Accesibilidad		.10		.18							
Servicios				.05							.10

OBTENCION DE INDICES AGREGADOS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA EVALUACION DE LA SUSTENTABILIDAD

El proceso de obtención de índices que combinen diferentes indicadores y sirvan para realizar una evaluación integrada de la calidad del medio se ilustra a continuación para el caso de las zonas litorales. Si bien los indicadores que se presentan en lo que sigue se refieren específicamente a ese tipo de áreas, la metodología que se propone es aplicable a todo tipo de ambientes, sin más que seleccionar los indicadores adecuados.

Conceptualmente, se puede establecer una subdivisión idealizada, "vertical" del medio, considerando por separado una serie de componentes ambientales que se superponen unos sobre otros, pero que en realidad no existen por separado. Cada uno de esos componentes (que puede considerarse como una "capa de información") presenta una serie de características que pueden describirse y medirse por medio de ciertos indicadores. El Cuadro 4 presenta una lista de esos componentes y de ciertas características e indicadores para su descripción (Cendrero, 1995).

Por otro lado, también es posible subdividir el medio de manera "horizontal", en una serie de unidades que tienen existencia real, con una expresión espacial concreta que puede representarse por medio de mapas. Esas unidades, por ejemplo, pueden corresponder a ambientes o medios naturales y/o humanizados. En el caso de zonas litorales se pueden diferenciar ambientes tales como: playas y dunas, flechas de arena e islas de barrera, marismas y zonas húmedas litorales, acantilados y zonas adyacentes, aguas costeras, zonas urbanizadas, zonas bajas litorales no urbanizadas, otro tipo de zonas no urbanizadas. Los ambientes citados pueden subdividirse a su vez en unidades menores y de mayor grado de homogeneidad interna, de acuerdo con sus rasgos geológico-geomorfológicos, comunidades biológicas, procesos activos y usos del territorio (Cendrero et al, 1992).

Es evidente que el estado del medio ambiente (o la calidad ambiental) en cada una de esas unidades reales puede describirse en función de los indicadores antes mencionados, relativos a los diferentes componentes o "capas de información" sobre el medio. Ahora bien, si se quiere pasar de esa serie tan amplia de indicadores expresados en unidades tan diversas a un índice que los combine y proporcione una imagen global de la calidad ambiental, será preciso realizar las siguientes operaciones: a) seleccionar los indicadores relevantes; b) traducir las unidades y escalas heterogéneas por medio de las cuales se expresan los diferentes indicadores a escalas comunes y homogéneas; c) establecer un procedimiento de ponderación y de integración de los indicadores seleccionados y traducidos.

La selección de indicadores relevantes es difícil y ha de hacerse teniendo en cuenta el interés y la importancia de la característica considerada, la precisión del indicador utilizado para medirla, la facilidad de obtención de los datos correspondientes, la finalidad de la evaluación, la escala del análisis y el lapso temporal al cual se va a aplicar. Como en todo proceso de selección, es evidente que existe una cierta subjetividad. Una posible forma de resolver el problema es hacer la selección por medio de cuestionarios sistematizados entre científicos y expertos en zonas litorales, o entre responsables de la planificación y gestión de las mismas, dependiendo del tipo de evaluación que se desee realizar.

El establecimiento de escalas comunes puede realizarse a través de un procedimiento similar al propuesto, por ejemplo, por Batelle (1972). Los valores de todos los indicadores, independientemente de las magnitudes en las que se midan, se transforman en una escala adimensional de 0 - 100, en la cual el "0" corresponde al *valor más bajo* del indicador y el "100" al *más alto posible, o bien a un umbral máximo* que se establezca. Esa escala "de puntuación" de 0 - 100 se transforma a continuación en una escala "de calidad" de 0 - 1, en la cual el "0" representa *la peor condición ambiental* del indicador y el "1" *la mejor*. En unos casos, por ejemplo la contaminación química o la incidencia de riesgos naturales, la peor condición corresponde a valores altos del indicador; en otros, como la productividad biológica o la calidad visual del paisaje, lo peor corresponde a los valores más bajos. Naturalmente, esa transformación de los indicadores tiene que hacerse teniendo en cuenta el tipo de índice que se pretende obtener y la cualidad que se trata de evaluar; lo mejor desde el punto de vista de una cierta cualidad puede ser lo peor desde el punto de vista de otra. En el Cuadro 5 se muestra un ejemplo de posible transformación de una serie de indicadores expresados por medio de magnitudes heterogéneas en escalas comunes de "puntuación" y de "calidad", para la obtención de dos tipos de índices, uno de calidad ambiental y otro de potencial de uso y explotación (Cendrero y Fischer, 1996; Cendrero, 1996).

La ponderación de los distintos indicadores para la obtención de índices implica establecer la importancia relativa de cada uno de ellos, la cual puede expresarse en forma de tanto por

ciento del valor total del índice. Este proceso de ponderación es necesariamente subjetivo y depende de los valores, criterios y prioridades que existan en la sociedad correspondiente. Nuevamente, una posible forma de resolver el problema es acudir a encuestas sistematizadas entre los grupos cuya opinión pueda ser especialmente significativa. Estos, dependiendo de la finalidad del análisis, pueden ser científicos, planificadores, público en general, etc. La aplicación del método Delphi (Balkey, 1968; Cendrero y Díaz de Terán, 1987) es un procedimiento bastante utilizado en este campo, pero puede emplearse cualquier otro. El Cuadro 6 presenta, a modo de ejemplo, el resultado de la realización de ese tipo de encuestas para la selección de indicadores y para la ponderación de los mismos, de cara a obtener índices de calidad y de potencial de uso/explotación. Las encuestas correspondientes a este ejemplo se llevaron a cabo, respectivamente, entre investigadores y planificadores de zonas litorales en California (Cendrero y Fischer, 1996).

El paso siguiente, la integración de los diferentes indicadores para la obtención de índices agregados, puede hacerse acudiendo a sistemas de agregación ponderada (Cendrero y Díaz de Terán, 1987, Cendrero et al., 1993), por medio de expresiones tales como:

$$Q = \sum_{i=1}^n W_i \cdot V_i; \quad (\sum W_i = 1)$$

Q = índice de calidad ambiental de una unidad territorial

W_i = peso del factor/indicador considerado

V_i = valor del indicador (escala de calidad)

n = número de factores/indicadores usados

Valor máximo teórico de Q = 1

Esta misma expresión puede utilizarse para calcular el índice de "potencial de uso/explotación" (U/E), utilizando, lógicamente, distintos indicadores y pesos.

A partir de los valores de Q y de U/E se pueden obtener valores promedio para todas las unidades de un mismo tipo dentro de una jurisdicción administrativa, por ejemplo las playas.

$$IQ(\text{playas}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

x_i = km o km² de playa/unidad

Q_i = índice de calidad de cada playa/unidad

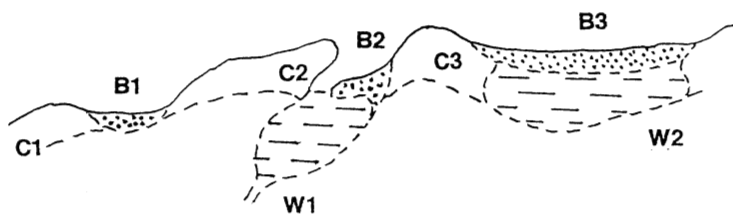
n = número de playas/unidades

Como Q_i siempre varía entre 0 y 1, también es posible calcular promedios para todas las unidades de una jurisdicción, independientemente de su naturaleza, tal como se muestra en el esquema de la Figura 6.

Índices del tipo de Q y U/E pueden resultar de utilidad para fines bastante diversos. Los cambios en el valor de Q se pueden emplear para auditar los impactos de proyectos, planes y políticas, tanto en una unidad dada como en un grupo de unidades o en una jurisdicción administrativa. Si, por ejemplo, dicho valor aumenta con el tiempo en una unidad tal como una marisma, para el conjunto de un sector del litoral o para un municipio, se puede decir que la política seguida es ambientalmente correcta. El método, por tanto, proporciona una vía para evaluar los "impactos integrados", expresados como cambios en la calidad ambiental global establecida a partir de indicadores de estado seleccionados, incluso aunque no comprendamos totalmente los procesos que afectan a cada indicador.

Por otro lado, los cambios esperados en el valor de ciertos indicadores pueden incorporarse al índice, para la estimación de los impactos ambientales que se derivarían de la implantación de un determinado proyecto. Si se pueden predecir con una fiabilidad razonable las variaciones que el proyecto produciría en los indicadores individuales que intervienen en el índice de calidad ambiental, es posible calcular éste para la situación existente y para la que habría una vez implantado el proyecto. La diferencia entre ambos valores sería una medida del impacto ambiental esperable.

La combinación de los índices de "calidad para la conservación" y "potencial de uso/explotación" en un diagrama de conservación/explotación, como el que se muestra en la Figura 7, puede ser útil para decidir sobre alternativas de uso, para hacer un seguimiento ("monitoreo") de la evolución de la calidad ambiental y para evaluar la sustentabilidad de los planes y políticas seguidos. Una unidad ambiental (una playa, una marisma, un bosque, una zona urbana, etc.) se puede representar en dicho diagrama por medio de un punto, en fun-



$$Q_{\text{sector}} = \frac{X_{W1} \cdot Q_{W1} + X_{W2} \cdot Q_{W2} + X_{B1} \cdot Q_{B1} + X_{B2} \cdot Q_{B2} + X_{B3} \cdot Q_{B3} + X_{C1} \cdot Q_{C1} + X_{C2} \cdot Q_{C2} + X_{C3} \cdot Q_{C3}}{\sum X_i}$$

Figura 6. Procedimiento para la obtención de valores promedio de calidad ambiental en un sector litoral formado por unidades naturales de distintos tipos. B: playas; C: acantilados y zonas adyacentes; W: marismas y zonas intermareales; X: km lineales de costa ó km² de cada unidad (Cendrero y Fischer, 1996).

ción de los valores que tengan sus índices Q y U/E. Cuanto más cerca se encuentre la unidad del vértice superior derecho del diagrama, tanto mayor será su calidad para la conservación y su potencial de uso; por el contrario, unidades próximas al vértice inferior izquierdo tendrán escaso interés desde ambos puntos de vista. Es evidente, por otro lado, que las unidades que se sitúen junto al vértice superior izquierdo tendrán alta calidad ambiental y bajo potencial de uso, mientras que las próximas al vértice inferior derecho presentarán baja calidad para la conservación y alto potencial de uso. Este diagrama, por tanto, puede emplearse para identificar unidades sensibles y para establecer prioridades entre conservación y explotación para diferentes unidades.

El diagrama conservación/explotación puede utilizarse también para hacer un seguimiento de la evolución de las distintas unidades a lo largo del tiempo y, a través de esto, evaluar la sustentabilidad de las políticas seguidas. Si la posición que presenta en el diagrama una unidad o un sector del litoral se va desplazando a lo largo del tiempo hacia posiciones más próximas al vértice superior derecho, se puede decir que se evoluciona hacia situaciones de mayor grado de sustentabilidad, y viceversa si ocurre lo contrario.

Pero además, en aquellos lugares en los que exista la información adecuada, será posible aplicar el método por medio de retroanálisis, a partir de datos de archivo, registros, fotografías aéreas, etc. Se podrá así, no solo determinar la evolución en el pasado, sino también contrastar la sensibilidad de los índices ante cambios producidos en los distintos indicadores.

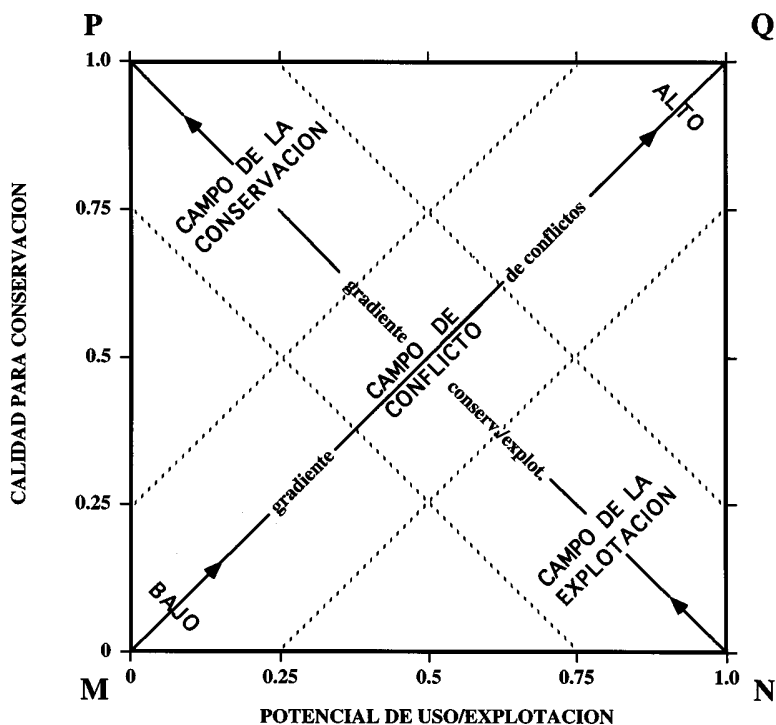


Figura 7. Diagrama conservación/explotación. Para explicación, ver texto (Cendrero, 1995).

CONCLUSIONES

Los indicadores ambientales representan un instrumento de gran utilidad para organizar, sistematizar, cuantificar, simplificar y comunicar información relativa a distintos aspectos del medio ambiente, que resulta básica para la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales.

Los indicadores pueden, a su vez, combinarse para la obtención de índices agregados, que reflejan cualidades complejas del medio y que proporcionan criterios para evaluar la sustentabilidad de políticas, planes y actuaciones que afecten al medio y a los recursos naturales.

Se ha descrito un posible procedimiento de integración que permite la obtención de índices agregados de calidad ambiental y de uso/explotación. Ese procedimiento se limita a la utilización de indicadores de estado y no establece diferencias entre indicadores de "fuente", "sumidero", "soporte" y "bienestar humano". La búsqueda de índices que integren de manera satisfactoria esos cuatro tipos de indicadores, acudiendo no solamente a indicadores de estado sino también de presión o de respuesta, es una tarea que puede ayudar de manera significativa a poner a punto mejores instrumentos para la evaluación del grado de sustentabilidad de las políticas ambientales y de utilización de los recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es resultado de trabajos desarrollados gracias a una ayuda del Programa de sabáticos de la DGICYT (PR 94-036) y al proyecto "Geomorphology and Environmental Impact assessment", Programa de Capital Humano y Movilidad, Unión Europea (ERBCHRXCT 930311).

REFERENCIAS

- BALKEY, N.C. (1968). The Delphi method; an experimental study of group opinion. Rand Memorandum 5888. P.R. Rand Corporation, Santa Monica, California.
- BATELLE COLUMBUS LABORATORY (1972). Environmental evaluation system for water resource planning. Batelle Columbus Laboratory, Springfield.
- CENDRERO, A. (1995). Earth science space and time information for environmental assessment, planning and management. In: *Space and time in environmental information systems*, Eds. H. Kremers and W. Pillmann, Metropolis Verlag, Marburg:19-36.
- CENDRERO, A and J.R. DIAZ DE TERAN (1987). The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. In: *Mineral resources extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries*, Eds. P. Arndt and G. Luttig. E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart: 149-181.
- CENDRERO, A and D.W. FISCHER (1996). Toward the development of a procedure for determining and monitoring the environmental quality of coastal areas for planning and management. *Journal of Coastal Research* (submitted).
- CENDRERO, A., E. FRANCÉS and J.R. DIAZ DE TERAN (1992). Geoenvironmental units as a basis for the assessment, regulation and management of the Earth's surface. In: *Planning the use of the Earth's surface*, Eds. A. Cendrero, G. Luttig and F.C. Wolff. Springer Verlag, Berlin - N. York: 199-234.

- CENDRERO, A., J.R. DIAZ DE TERAN, D. GONZALEZ, V. MASCITTI, R. ROTONDARO and R. TECCHI (1993). Environmental diagnosis for planning and management in the high Andean region; the biosphere reserve of Pozuelos, Argentina. *Environmental Management*, 17(5): 683-703.
- Comisión de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987). *Nuestro futuro común*. Alianza Editorial, Madrid.
- GOUZEE, N., B. MAZIYN and S. BILLHARZ (1995). *Indicators of sustainable development for decision-making*, Federal Planning Office, Bruselas.
- RIVAS, V., K. RIX, E. FRANCÉS, A. CENDRERO and D. BRUNSDEN (1995). The use of indicators for the assessment of environmental impacts on geomorphological features. *Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria*, 3:157-180.
- RIVAS, V., K. RIX, A. CENDRERO, E. FRANCÉS and D. BRUNSDEN (1996). Geomorphological indicators for environmental impact assessment; consumable and non-consumable geomorphological resources. *Geomorphology* (submitted).
- SCOPE (1995). Environmental indicators; a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development. In: *Indicators of sustainable development for decision-making*, Eds. N. Gouzee, B. Mazijn and S. Billharz, Federal Planning Office, Bruselas: 25 p.
- UNDP-UNDPDPCSD (1995). The role of indicators in decision-making. In: *Indicators of sustainable development for decision-making*, Eds. N. Gouzee, B. Mazijn and S. Billharz, Federal Planning Office, Bruselas: 17 p.
- UNEP-RIVM (1994). An overview of environmental indicators; state of the art and perspectives, UNEP/EATR. 94-01; RIVM/402001001. Environmental assessment sub-programme, UNEP, Nairobi.