

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN ECOSISTEMAS**

### **ECOSYSTEMS SUSTAINABILITY INDICATORS**

Jesús Martínez Martínez

Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. Código Postal 35017. Las Palmas de Gran Canaria. España.

#### **RESUMEN**

Se consideran, como indicadores de la sustentabilidad de un ecosistema, ante proyectos de desarrollo, el índice de uso, las caídas de calidades (naturales y paisajísticas, entre otras) y los impactos ambientales, además de un índice de síntesis.

Como indicador de base, se encuentra el índice de uso, que comprende parámetros de permisibilidad y de idoneidad. Este índice tiene en cuenta las acciones del proyecto y los factores y procesos del ecosistema. La metodología es válida para las áreas forestales.

#### **ABSTRACT**

The indicators of the sustainability of an ecosystem can be the index of use, the lowering of qualities (natural and those of landscape, among others) and the environmental impacts, as well as index of synthesis. As a starting indicator we find the index of use, which includes parameters of permissibility and of suitability, which take into account the actions of the project of development and the factors and processes of the ecosystem, which would include forest areas.

#### **INTRODUCCION: CONCEPTOS GENERALES**

En la actualidad, es muy común el empleo del término "sustentabilidad". Sin embargo, y aunque el concepto quede muy bien delimitado, en la mayoría de los casos sólo se desarrollan exposiciones muy retóricas, casi inútiles en su aplicabilidad. Aquí, se pretende llegar a unos indicadores de sustentabilidad, en relación con determinados proyectos. De esta forma, se podría evitar la degradación de ecosistemas y los costes que supondrían posteriores recuperaciones.

Se admite como "sustentabilidad" la obtención del mayor "capital" de un recurso por el hombre, siempre que el ecosistema, donde tiene lugar la intervención, no quede hipotecado para las generaciones futuras. Esto supone la preservación de

la potencialidad, tanto de la biodiversidad como de la calidad del "continente" geológico.

En el cálculo de la sustentabilidad de todo proyecto de desarrollo, en cualquier tipo de ecosistema, ha de considerarse los siguientes apartados:

1. Compatibilidad, a priori, de la intervención con la ordenación y planificación del territorio a manejar. Se han de tener presente las limitaciones que imponen la declaración de espacios geográficos protegidos (parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, etc.);

2. Identificación, descripción y discusión de las variables y parámetros que condicionan, en gran medida, las calidades y los procesos físicos y biológicos de los entornos geográficos a intervenir;

3. Estimación del índice de uso del proyecto, que tenga en cuenta los parámetros de permisibilidad y de idoneidad;

4. Estimaciones y/o evaluaciones de:

- caídas de calidades (naturales, paisajísticas, para el hombre, etc.),
- cálculo de índices de uso, que consideren parámetros de permisibilidad y de idoneidad,
- impactos que conllevarían la ejecución del proyecto en cuestión,

5. Puesta a punto, in situ, de un seguimiento de las estimaciones de las caídas de calidades y de evaluaciones de impactos, durante y después de la realización del proyecto. Así, se obtendría una información de retro-alimentación, para introducir modificaciones en el manejo del territorio.

Se acepta, de una forma provisional, la sustentabilidad ambiental de un proyecto cuando:

- no hayan parámetros excluyentes, entre los de permisibilidad, en el índice de uso;
- las caídas de calidades y las medidas de los impactos no rebasen determinados valores umbrales, discutidos en términos relativos;
- y los factores y procesos significativos del ecosistema soporten, como máximo, degradaciones compatibles, de acuerdo con los criterios de Estruch (1992), por las distintas acciones de un proyecto. Una degradación compatible sería aquella que se recupera en poco tiempo, si cesan las causas de la alteración.

Luego, los valores numéricos de estos tres aspectos serían indicadores de la sustentabilidad de un proyecto.

Como todo proyecto de desarrollo, por norma general, hace:

- que disminuya la calidad natural,
- y que aparezcan impactos negativos en un entorno geográfico, un indicador

de síntesis comparativo de la sustentabilidad en un ecosistema será inversamente proporcional a la calidad natural del mismo y directamente proporcional a los impactos que se produzcan. Esto se expresa mediante la fórmula:

$$I_s = \frac{I_o}{C_N} 10^n$$

donde:

- $I_s$  = indicador de síntesis de la sustentabilidad.
- $I_o$  = índice de impacto global (Martínez, 1993), de un proyecto, partir de una matriz causa-efecto.
- $C_N$  = calidad natural, previa a un proyecto.
- $n$  = número de dígitos, menos uno, de la medida entera, de la calidad natural.

Pero tendría que concurrir que están ausentes los parámetros excluyentes, y el índice de uso.

De la anterior formulación, un proyecto que implique impactos positivos, en un ecosistema de baja calidad natural, dará un indicador positivo de sustentabilidad probablemente con un valor numérico bastante elevado. Por lo contrario, la sustentabilidad caería fuertemente, frente a importantes impactos negativos, en un medio de alta calidad natural.

La sustentabilidad paisajística de un proyecto sería un caso particular de sustentabilidad ambiental, y requeriría:

1. un índice de uso respecto a la calidad natural, en el que no existan parámetros excluyentes, entre los permisibles.

2. y que no se alcancen los impactos severos, respecto:

- a la calidad natural, y
- a la calidad paisajística (Martínez, 1994a y 1994b).

Para Estruch (1992), los impactos severos traducen que los factores y procesos alterados vuelven a sus condiciones iniciales muy difícilmente. Se requiere, a menudo, la adopción y puesta en práctica de medidas correctoras, o de restauración.

El indicador de síntesis de la sustentabilidad paisajística, de un proyecto, ahora se expresaría como:

$$I_{sp} = \frac{I_{op}}{C_p} 10^n$$

donde:

- $I_{sp}$  = indicador de síntesis de la sustentabilidad paisajística;
- $I_{op}$  = índice de impacto global (Martínez, 1994a), de un proyecto, conforme a una matriz causa-efecto;
- $C_p$  = calidad paisajística;
- $n$  = número de dígitos, menos uno, de la medida entera, de la calidad paisajística;

El grado de sustentabilidad de un proyecto sería mayor a medida que el indicador de síntesis tenga, relativamente:

- menor valor negativo, o
- mayor valor positivo.

## **EL INDICE DE USO COMO INDICADOR DE BASE DE LA SUSTENTABILIDAD DE UN ECOSISTEMA**

### Concepto de índice de uso

El "Índice de uso" es un valor numérico, que traduce:

- el grado de aceptabilidad de un proyecto, o de un uso determinado del territorio;
- o la alternativa óptima, si la hubiera, en relación con las calidades de una unidad territorial, o ambiental.

El índice representa a la cara inversa de otro, que mediera el impacto global.

### Parámetros de permisibilidad y de idoneidad

El índice de uso se estima mediante unos parámetros significativos, que se clasifican de la siguiente manera:

- de permisibilidad, y
- de idoneidad.

Estos serán específicos para cada proyecto, o uso del territorio, y de acuerdo con las características de la unidad territorial.

Un parámetro de permisibilidad traduce si un proyecto es:

- inadmisibile, o
- admisible.

Por ello se sub-clasifican en parámetros:

- excluyentes, y
- no excluyentes.

En cambio, los parámetros de idoneidad son comensurables (se pueden comparar y sumar), y se refieren a la “bondad” del proyecto. Uno o varios de estos, con valores cero, no implican la inaceptabilidad del uso que se propone, o que tiene lugar. Pero si repercutirá en la caída de su valor de idoneidad, que se deberá tener en cuenta, en la toma de decisiones, o en las recomendaciones.

El conjunto de parámetros de idoneidad medirán la aceptabilidad u optimalidad del proyecto, en el supuesto de que sea admisible.

#### Cálculo del índice de uso.

La fórmula de cálculo del índice de uso, se ajustará a las anteriores hipótesis de partida. Esto se consigue, entre otras alternativas, si se aplica una expresión, en donde:

1. Los parámetros de permisibilidad se encuentren como “multiplicadores” de toda la expresión matemática, y tomen los valores de:

- uno, cuando el proyecto es admisible, y
- cero, si el proyecto es inadmisibile.

De esta manera, un solo parámetro excluyente (con valor cero), determina un índice de uso nulo (rechazo total o inviabilidad del proyecto).

2. Los parámetros de idoneidad aparecen como sumandos. Los valores de estos estarán dentro de una escala arbitraria, por ejemplo, entre 0 y 10.

3. Como todos los parámetros no tienen la misma importancia, estos estarán afectados por coeficientes (tantos por uno). Así, en el caso hipotético de una calificación máxima, en todos los parámetros, no se rebasa la escala establecida.

Según las premisas anteriores, la expresión matemática se configura como sigue:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n C_i N_i \right] \prod_{j=1}^m M_j$$

donde:

- I = índice de uso,
- C = coeficientes de los parámetros de idoneidad, en tantos por uno, de acuerdo con la importancia de los mismos,
- N = valores de los parámetros de idoneidad, en una escala de 0 a 10,
- n = número máximo de parámetros de idoneidad,
- M = parámetros de permisibilidad, con valores de 0 ó 1,
- m = número máximo de parámetros de permisibilidad.

Un I con valor cero indica inadmisibilidad.

## EJEMPLOS DE APLICACION DEL INDICE DE USO

En el manejo de lagunas costeras, o ambientes próximos (saladares, por ejemplo), el índice de uso de determinados proyectos se estimará, en principio, con una serie específica y peculiar de factores, o parámetros, exógenos antropogénicos (extraños e introducidos por el hombre), frecuentemente inherentes a la ejecución de las intervenciones. Estos parámetros medirán, entre otras cosas, la sostenibilidad de los recursos biológicos y geológicos significativos del ecosistema. Un listado provisional, al efecto, sería:

1. Factores o parámetros de la idoneidad del proyecto:
  - a). Justificación socio-económica de la intervención, o como repercutiría esta en la protección - conservación del medio ambiente. Coeficiente de importancia: 0.25;
  - b). Grado de impacto paisajístico: Como se visualiza la intervención, y/o vertidos ocasionados por el uso del territorio. Coeficiente de importancia: 0.10;
  - c). Efectos sobre la biocenosis que producen el levantamiento, o la eliminación, de tendidos de cables sub-aéreos, y otras estructuras, en el borde o a través de la laguna. Se considera, básicamente, la mortandad, por choques, en una avifauna a proteger. Coeficiente de importancia: 0.35;
  - d). Removilizaciones muy localizadas y transitorias de los sedimentos, en el fondo de la laguna. La turbidez no debe producir efectos significativos en la biocenosis. Coeficiente de importancia: 0.20;
  - e). Actuaciones en el entorno próximo (en la vegetación de borde), que conlleven una caída en la apartación de materia orgánica a los mares vecinos, desde la laguna. La productividad y riqueza de los ecosistemas marinos dependen, en parte, de estas aportaciones. Coeficiente de importancia: 0.05;
  - f). Características de la infra-estructura subsidiaria necesaria para el proyecto, previas y a realizar en el territorio circundante. Coeficiente de importancia: 0.05;
2. Factores que determinan la permisibilidad, o no, del proyecto:
  - a). Conformidad del proyecto con los usos y explotaciones regulados por la legislación, referente a la conservación de espacios naturales bajo protección.
  - b). Todas aquellas perturbaciones, que repercutan:
    - en las áreas de refugio (dormitorio) y reproducción animal,
    - y en las áreas de hibernada, para aves migratorias, del ecosistema lagunar.
  - c). Destrucción, y ocultación de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesan-

tes, ausentes en entornos de carácter regional.

d). Cambios físico-químicos (temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc.), que rebasen, por separado, o en conjunción, el umbral crítico de tolerancia, a partir del cual hay letalidad, en mayor o menor grado, en la biocenosis lagunar. Se tiene presente si se atenta:

- a la singularidad biológica,
- y a la supervivencia de unas posibles especies raras, o en peligro de extinción, del ecosistema.

De este factor general, se deriva una serie de factores particulares, que se recogen en los apartados que se enuncian a continuación.

e). Recepción de aguas residuales, tanto industriales como urbanas, en lagunas con restingas arenosas. Los cambios físico-químicos, ligados:

- a la contaminación física, química y orgánica,
- a la turbidez que se origina,
- y a la obstrucción de la porosidad, en el depósito arenoso, por los fangos de las aguas residuales, pueden:
  - Crear condiciones desfavorables para los organismos filtradores. Las partículas tapan los sistemas de alimentación y filtración de los mismos;
  - Llegar al límite de la letalidad de muchas especies de la biocenosis lagunar, por las nuevas condiciones físico-químicas introducidas;
  - Desarrollar condiciones poco propicias para el establecimiento de comunidades maduras.
  - E impedir la renovación del agua, por una circulación lateral-vertical, por lo que perdura las condiciones adquiridas de letalidad.

f). Construcción de obras que alteren los aportes de agua a la laguna. Por ejemplo, apertura de una bocana. Con ello, cambiarían las características ambientales, que condicionan a la biocenosis.

g). Removilizaciones significativas de los sedimentos, por actuaciones mecánicas en el fondo. La turbidez puede producir efectos sensibles en determinadas especies de la biocenosis. De esta manera, se alteraría la cadena trófica del ecosistema.

h). Actuaciones en áreas próximas, o dentro del ambiente, que impliquen modificaciones en los aportes sedimentarios hacia la laguna y en la deposición de los áridos en ella. Por tales motivos, se alteraría la batimetría lagunar que, a su vez, provoca cambios en los factores físico-químicos del medio acuático, que regula la vida en el ecosistema.

i). Creación de barreras físicas internas, que perturben el diagrama de transporte de sedimentos en el ámbito lagunar. Este trae consigo cambios batimétricos, con sus efectos en la biocenosis.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones, referentes a los indicadores de la sustentabilidad en ecosistemas, se resumen de la siguiente manera:

1. Los indicadores se establecen de acuerdo con estimaciones de una serie de medidas: del índice de uso, de las caídas de calidades y de impactos ambientales.

2. El indicador base, o de partida, es el índice de uso, que contempla parámetros de permisibilidad y de idoneidad. Un proyecto de desarrollo sería sustentable si están ausentes los parámetros excluyentes, entre los de permisibilidad.

3. La metodología del cálculo del índice de uso se verifica en un escenario geográfico costero. Por otra parte, resulta fácilmente extrapolable a las diferentes modalidades de ecosistemas.

4. Se puede llegar a un indicador de síntesis, si se relacionan, simultáneamente:

- la calidad previa de la unidad ambiental, respecto a un proyecto de desarrollo,
- y los impactos ambientales que determinan ese proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

Estruch, X. 1992. Las evaluaciones de impacto ambiental en los estudios de paisaje. In: De Bolós, M. (dirección). 1992. Manual de Ciencia del Paisaje. Masson. París. 273 pp.

Martínez, J. 1993. Estimación de calidades y evaluación de impactos en ecosistemas litorales. Curso de Post-grado y para profesionales. Cumaná, 6 - 30 de Julio. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente (Venezuela).

Martínez, J. 1994a. El paisaje litoral y rural, desde la perspectiva de la ordenación, planificación y manejo de un territorio. Los impactos paisajísticos. Curso de Post-grato y para profesionales. Cumaná, 6 - 30 de Julio. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente (Venezuela).

Martínez, J. 1994b. El paisaje litoral y rural. Universidad de Oriente. Venezuela. Manual em prensa.