

Introducción a la
SOSTENIBILIDAD
en Andalucía

EDITA

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

AUTORES

Manuel Calvo Salazar
J. Marcos Castro
Valeriano Ruíz Hernández
Leandro del Moral Ituarte
José Díaz Quidiello
Manuel González de Molina Navarro
Gloria I. Guzmán
Antonio M. Alonso Mielgo
Roberto García Trujillo
Antonio Cano Orellana
M^a Victoria Román González
Rosario Cañabate Pozo
Feliciano García Fernández
Carlos Corral
José Luis Cañavate

DIRECCIÓN TÉCNICA

Andrés Sánchez Hernández
Secretaría General de Sostenibilidad

COORDINACIÓN

Laura Moreno Serrano
Manuel Calvo Salazar

DISEÑO

www.am-dc.com

IMPRESIÓN

Akron. Gráfica

ISBN

84-96329-54-2

Edición impresa en papel reciclado 100%

ÍNDICE

	Introducción	9
1	Sostenibilidad	13
2	Sistema Energético sostenible para Andalucía	41
3	El Agua en Andalucía: Un recurso disputado y amenazado . . .	75
4	Territorio y Sostenibilidad	105
5	Sobre la sostenibilidad de la agricultura andaluza	119
6	Crecimiento, modernización y sostenibilidad en Andalucía: algunos apuntes para el análisis	145
7	Responsabilidad social corporativa y Sostenibilidad	169
8	Instrumentos para la sostenibilidad urbana en Andalucía	205
9	La arquitectura sostenible en Andalucía	231
10	Movilidad sostenible y ciudad habitable	265

Sostenibilidad



Manuel Calvo Salazar

Biólogo. Consultor ambiental y en sostenibilidad

J. Marcos Castro

Profesor de Economía Aplicada de la Universidad de Málaga

1

Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es enmarcar teóricamente el concepto de “sostenibilidad”, de cara a entender el lugar que ocupan los sistemas humanos en la naturaleza, así como las posibilidades que tenemos de gestionarlos para asegurar su viabilidad ecológica en el sistema global en el que están inmersos.

En primer lugar ha de destacarse que se trata de un término polisémico, asimilado de la Ecología y ampliamente utilizado en las ciencias naturales. Según esta disciplina, la sostenibilidad alude a una condición que se puede mantener indefinidamente sin disminución progresiva de la calidad. Por lo general un ecosistema mantiene su integridad a lo largo del tiempo y del espacio dentro de un intervalo de estabilidad definido. Así, en realidad este término no es más que la expresión mediática de conceptos ampliamente utilizados en las ciencias naturales, especialmente las que se encargan del estudio de los sistemas naturales, o ecosistemas, tales como sucesión, equilibrio, permanencia o estabilidad.

No obstante, dada la amplia utilización mediática del término, éste tiende a una desnaturalización y confusión a causa de su desconexión entre los conceptos científicos que ayudaron a acuñarlo y el abuso en su uso actual por parte de la sociedad. Sorprendentemente, en el Diccionario de la Real Academia Española sólo aparece el término “sostenible” como adjetivo a aquel proceso “que puede mantenerse por sí mismo”, no encontrándose registro alguno referido al vocablo “sostenibilidad” o “sustentabilidad”¹.

En las páginas que siguen se realiza una reflexión sin, ánimo de exclusión de otras visiones necesarias para la consecución de sociedades más equitativas, justas, prósperas y respetuosas con su entorno, que se centra en tres de las aproximaciones más relevantes a la hora de analizar un concepto tan multi-

(1) Esta última acepción es ampliamente utilizada en Latinoamérica.

disciplinar como es la sostenibilidad: la Termodinámica, la Ecología y la Economía. Si bien no son los únicos, también hay que señalar que dentro de cada disciplina existen distintas aproximaciones en muchos casos complementarias. No obstante, se trata de exponer con claridad las ideas más consensuadas y coherentes con una visión de conjunto sobre todas ellas.

1 ARGUMENTOS TERMODINÁMICOS

Parece adecuado iniciar esta reflexión haciendo mención a las herramientas que brinda la Termodinámica, como ciencia primaria en el entendimiento de las interacciones energéticas y materiales. Para entender este enfoque, dos son las ideas: que todo se puede traducir a términos energéticos y que los sistemas abiertos pierden energía (transformada en calor) en todos los procesos.

Formalmente, la Termodinámica se ocupa de estudiar los intercambios de calor y trabajo que se realizan entre los cuerpos, es decir, el camino que la energía, en sus diversas formas, recorre entre elementos en múltiples procesos. Son de sobra conocidas las leyes de la Termodinámica, en especial las dos primeras.

La primera ley (denominada también principio de la conservación de la energía), dice que *“la energía interna de un sistema aislado permanece constante”*.

La segunda ley tiene varios enunciados o interpretaciones, siendo la más común la conocida como el “principio de incremento de la entropía” (Sears, 1979): *“No es posible ningún proceso cíclico cuyo resultado sea la absorción de calor de un foco a una sola temperatura y su conversión completa en trabajo mecánico”*. Otro enunciado podría ser el siguiente: *“Dentro de un sistema cerrado, la dirección del cambio es siempre desde el orden al desorden, con un máximo de desorden y entropía como el último estado de equilibrio. La dirección del cambio nunca puede ser revertida, por lo que un incremento de entropía es imposible”* (Odum, 1976).

La primera ley revela que la energía ni se crea ni se destruye y que un sistema aislado, sin conexión con el exterior, no puede crear energía por sí sólo de ningún modo para incrementar o disminuir sus niveles de energía interna. La única manera que tiene de hacerlo es intercambiando energía con su entorno, tras lo cual dejaría, obviamente, de ser un sistema cerrado. En la Tierra no existe ningún sistema cerrado.

La segunda ley impone una cierta tendencia en el modo en que ocurren las transferencias energéticas. La transformación de la energía en trabajo nunca puede ser cien por cien eficiente, dado que en ellas siempre hay una cantidad de calor que se “escapa” (en el sentido de que jamás podrá transformarse en trabajo útil), y se pierde de forma irreversible. Esto significa que *“el hecho de*

que el trabajo pueda disiparse completamente en calor, mientras que el calor no pueda convertirse por entero en trabajo, expresa una unilateralidad esencial en la Naturaleza” (Sears, 1979).

Si por el contrario nos fijamos en los sistemas abiertos, una interpretación conjunta de ambos principios nos lleva a pensar que en éstos la energía presenta rendimientos decrecientes (no se traduce al 100% en movimiento, trabajo o materia, produciéndose pérdidas) y, en segundo lugar, que la irreversibilidad se manifiesta en incremento del desorden interno o entropía (disipación de energía). En términos de energía, esto supone la no recuperación de la energía consumida.

Este principio está íntimamente relacionado con el concepto de entropía, que es una medida del desorden interno de los cuerpos. Así, esa unilateralidad, antes referida, se expresa en la obligatoriedad de que, de forma espontánea, los sistemas siempre tienden a un aumento de entropía, es decir, se encaminan invariablemente hacia un mayor grado de desorden.

Las nuevas formulaciones de la segunda ley de la Termodinámica sugieren que los sistemas complejos se desarrollan a expensas de un desorden creciente de su ambiente (con las consecuencias de irreversibilidad comentadas). Estos sistemas, denominados estructuras disipativas, están permanentemente en estado de desequilibrio y requieren una entrada de energía y materia para mantener su estructura y orden internos (baja entropía), dada la continua y espontánea disipación de energía.

Como es lógico, los sistemas biológicos ni son sistemas aislados ni dejan su destino en manos de la simple espontaneidad, pues, en cierto modo, se definen en tanto en cuanto son capaces de ser sistemas abiertos y no espontáneos (en el sentido físico y no etológico del término). Los seres vivos son capaces de mantener un orden interno porque procesan energía y renuevan materiales. Para ello necesitan de un flujo constante de energía que los atraviese y que emplean en “ordenar” sus propias estructuras o en crear otras estructuras nuevas conservando su estado de baja entropía.

Pero, ¿de dónde proviene esa energía, ya que ésta no puede crearse ni destruirse? Proviene del flujo de energía interna que se libera cuando algún otro sistema se desordena, con lo cual crece su propia entropía al unísono. El cómputo global entre desorden del sistema, que en este caso actúa de fuente energética, y el orden creado, más la energía en forma de calor perdida en el proceso, es constante. No es posible un proceso en el que, si se consideran todos los sistemas implicados, la entropía disminuya. El cómputo global es siempre hacia el aumento de entropía. De esto nos advierte el segundo principio. El hecho de que también nos advierta de que estos procesos nunca son eficientes por completo, significa que los seres vivos deberán procesar una cantidad de energía mayor que la que realmente necesitan para el manteni-

miento de su orden interno; a veces, hasta diez veces más.

Es de notar que el concepto de entropía adquiere una enorme importancia a la hora de entender el devenir de cualquier sistema físico, y en particular los sistemas vivos. Así, ya que el sentido del cambio es siempre hacia un mayor desorden, nunca puede haber, de forma espontánea, una disminución de entropía dentro del sistema.

En el mundo que conocemos, el único sistema en permanente proceso de desorden, y del que los seres vivos se “benefician” de una forma constante, es el Sol. Si no existiera esta entrada energética, los sistemas vivos serían inviables².

1.1 La sostenibilidad según la Termodinámica

Los sistemas naturales constituyen sistemas que, en términos de entropía, disfrutan de un orden elevado o de baja entropía. Además, son capaces por sí mismos de perpetuar este estado de baja entropía, estado que han adquirido mediante procesos de crecimiento y sucesión que podrían definirse, ellos mismos, como procesos cuyo objetivo primordial es que permiten disminuir la entropía del sistema.

Pero, según lo dicho en párrafos anteriores, este proceso sería imposible sin el concurso de un flujo energético constante. En efecto, los sistemas naturales se benefician de una entrada constante de energía que procede del Sol, como se ha comentado. Pero, ¿Cuál es el montante total de energía que nos llega?

La energía que recibe el globo terrestre en las capas altas de la atmósfera se denomina constante solar y tiene un valor aproximado de dos langleys/por minuto (cal-gramo/cm^2)³. Los procesos atmosféricos de reflexión (32% de la radiación), absorción (15%) y dispersión (15%) reducen esta energía a la mitad ya en la superficie terrestre (Cuadrat & Pita, 1997, Sarmiento, 1984). Esta reducción es especialmente intensa en cuanto a determinados tipos de radiación de onda corta (rayos ultravioletas), lo cual tiene una importancia excepcional para el desarrollo de la vida tal y como la conocemos. Sin embargo, la pérdida energética no se detiene en este punto. Sólo una pequeña parte de esta energía incidente en la superficie terrestre es susceptible de ser captada por los ecosistemas para su crecimiento y mantenimiento.

(2) Esta aparentemente obviedad es ampliamente ignorada en general pues se sigue creyendo, en la práctica, que la energía puede producirse de forma espontánea y que los procesos energéticos pueden llegar a ser cien por cien eficientes. Para verificar esta afirmación baste únicamente advertir sobre el tremendo éxito cinematográfico de la saga “Matrix” basada, por entero, en un absurdo aserto energético en el cual las máquinas obtienen energía de los propios humanos. ¿Y cómo alimentan a los humanos?, cabría preguntarse.

(3) En otras unidades quizás más comprensibles, la constante solar asciende a 139 mW/cm^2 .

La fijación de esta energía, es decir, su conversión de energía luminosa en tejido vivo, por parte de los sistemas naturales se produce mediante el proceso de fotosíntesis. Este mecanismo es la única vía de entrada de energía en el ecosistema, lo que refuerza la importancia fundamental de este proceso para la vida en el Planeta. Los únicos organismos vivos capaces de realizar fotosíntesis son las plantas o seres autótrofos, como se sabe, y la energía que éstos sean capaces de almacenar, en forma de estructuras vegetales, es la única disponible para organismos -los heterótrofos- situados en otros lugares de la red trófica. Una estimación grosera de la eficiencia final arroja una cifra aproximada del 0,65 por mil (Margalef, 1991), es decir, ni siquiera una parte de energía de cada mil que llegan a las capas altas de la atmósfera es aprovechada por los seres autótrofos y, por tanto, estará disponible para el resto de seres vivos. Aun esta bajísima eficiencia, las cifras absolutas que suponen estos datos son una cantidad enorme en términos humanos. Como ejemplo aproximado es útil considerar que el territorio andaluz recibe, en sólo 5 horas de insolación, la energía equivalente al consumo energético exosomático que la sociedad andaluza realiza a lo largo de un año (Calvo & Sancho, 2001).

2 ARGUMENTOS ECOLÓGICOS

Las aportaciones que la Ecología hace al entendimiento de los sistemas humanos entroncan con frecuencia con los campos de estudio de las propias ciencias físicas y sociales. En palabras de Constanza (1991): “los sistemas ecológicos son nuestros mejores modelos de sistemas sostenibles”. Esas coincidencias no son más que un acicate para la producción de ideas conjuntas para solucionar los grandes retos ambientales a los que la Humanidad se enfrenta ya en la actualidad. Consideremos brevemente las implicaciones ecológicas de la sostenibilidad.

El concepto básico de la Ecología es el de *ecosistema*, definido inicialmente por el botánico inglés Tansley en 1935 como la comunidad de elementos bióticos y su medio ambiente físico (elementos abióticos). Un ecosistema se caracteriza no sólo por su referencia física o escala espacial (que puede ser, por ejemplo, desde una comunidad de hormigas hasta el ecosistema global, Gaia⁴), sino también por las interrelaciones entre los distintos elementos del sistema, en términos de flujo de energía y materiales, y el medio.

A grandes rasgos, la biosfera se comporta como un gran ecosistema que se nutre de entradas de energía y recursos y del que parten salidas en forma de

(4) La idea del ecosistema planetario o GAIA propuesta por Girardet en 1992 se centra en considerar a la Tierra como un gran ecosistema, en la cual el hombre es un componente vital. Si bien la actividad humana orienta la evolución del planeta, el hombre también se encuentra sometido, como el resto de seres vivos, a las leyes de la naturaleza que gobiernan el funcionamiento de los ecosistemas.

desechos, es decir, es un sistema abierto, en estrecha conexión con otros sistemas físicos -atmósfera, litosfera, hidrosfera- no vivos pero que le proporcionan elementos básicos y le permiten equilibrios fundamentales. Las características internas de este peculiar sistema hacen que dichos recursos circulen a través de él de forma que se consiga mantener un cierto estado de equilibrio.

Pero su naturaleza de sistema abierto provoca que dicho equilibrio no sea una suerte de estabilidad estática sin evolución, sino que, muy al contrario, éste se exprese y se concrete mediante procesos dinámicos. Estos procesos no están exentos de la capacidad de alcanzar “equilibrios dinámicos”, es decir, con características cambiantes pero siempre dentro de unos márgenes de estabilidad definidos. Este equilibrio dinámico depende de las tasas de entrada y de salida de recursos y del uso que de ellos se realiza por parte de los elementos que componen el sistema. Cuando estas tasas cambian, el sistema completo responde a la nueva situación y tiende a encontrar otro punto de equilibrio dinámico cuyas características particularizan, desde ese mismo momento, a todo el sistema.

Esta peculiaridad capacita al sistema para responder a las modificaciones bruscas que se pudieran producir. Estos cambios, tanto fluctuaciones (cambios programados o cíclicos como, por ejemplo, la concurrencia de estaciones), como perturbaciones (cambios no programados tales como catástrofes atmosféricas o explotación humana excesiva), pueden ser amortiguados gracias a la capacidad de recuperación, siempre y cuando las perturbaciones no sean ni demasiado grandes ni demasiado recurrentes. Si esas variaciones exceden ciertos límites o umbrales en cuanto a sus consecuencias o en cuanto a su alta frecuencia, el ecosistema cambia sus parámetros y emigra hacia otro punto de equilibrio dinámico.

2.1 La sostenibilidad según la Ecología

No obstante las pautas generales de esta organización son muy similares. De hecho, si hubiera que enumerar tres grandes características de funcionamiento de los sistemas ecológicos, éstas serían, sin pretender guardar ningún orden de importancia:

- **Característica estructural:** El ser sistemas abiertos en cuanto al flujo de energía y cerrados en cuanto al de materiales. Los ciclos biogeoquímicos de la Tierra ofrecen a los ecosistemas la posibilidad de disponer de elementos materiales imprescindibles para la conformación de estructuras vivas y para el funcionamiento vital de los sistemas. Pero estos materiales están supeditados a un constante proceso de reutilización, lo que implica la composición de un circuito cerrado. En general, constituyen el soporte material de la Biosfera y sus procesos de recirculación pueden asemejarse a una inmensa rueda de molino movida por una corriente o flujo de energía. (Odum, 1972).

- **Característica sobre la naturaleza de los flujos y las relaciones entre las partes:** Preeminencia del transporte vertical con respecto al horizontal. En efecto, en los ecosistemas considerados de forma general el flujo energético y el trasiego de materiales preeminente se produce en dirección vertical entre la biomasa productora o acumulada en estructuras vegetales y la contenida en el suelo. Los ejemplos de transporte horizontal de esta energía acumulada son claramente minoritarios y, cuando se produce a gran escala, suele ser perturbando el equilibrio del ecosistema (Sarmiento, 1984). *“Cada ecosistema tiende a edificar su ciclo interno siguiendo el eje vertical definido por la luz y la gravedad. El transporte horizontal, dependiendo de la energía externa, se puede considerar como una perturbación, o, por lo menos, como una modificación impuesta sobre aquel esquema fundamental de trayectorias verticales”* (Margalef, 1980, citado en Estevan, 2004).

- **Característica de equilibrio dinámico:** Capacidad de autorregulación mediante circuitos de retroacción negativa. Los procesos naturales que se encuentran en situación de equilibrio dinámico disfrutan siempre del concurso de lo que en teoría de sistemas se denominan circuitos de retroacción negativa. Estos circuitos permiten dinámicas sistémicas equilibradoras dado que imposibilitan un crecimiento ilimitado de los procesos en juego. Es decir, son circuitos que funcionan a modo de termostato, donde el producto del proceso interfiere frenando o ralentizando el propio proceso productor.

Estas tres pautas definen, aunque sea a muy grandes rasgos, a los sistemas naturales presentes en nuestro mundo físico. Sea la escala que sea la que consideremos, estos tres elementos se confirman de forma constante. El sistema que no las observe quedará inexorablemente condenado a la desaparición como tal o se verá obligado a emigrar a algún otro punto de equilibrio donde pueda recuperar de nuevo el concurso de éstas.

Otra valiosa aproximación, quizás algo más completa, podría ser la brindada por Riechmann (2000) que propone seis rasgos que describen a los sistemas naturales y que sería preciso imitar en la reconstrucción de la *“tecnosfera, la economía y la sociedad”*:

- **“Equilibrio dinámico:** *En los ecosistemas la producción y la destrucción, las entradas y las salidas se mantienen globalmente en equilibrio.*
- **Inercia:** *El ecosistema es insensible a las transformaciones en el corto plazo: tiene cierto “tiempo mínimo de reacción”.*
- **Capacidad de absorción, que también podríamos llamar “efecto colchón”:** *Las transformaciones pueden afrontarse y minimizarse mediante reservas previamente almacenadas.*

- **Retroalimentación negativa:** *las partes del sistema están acopladas de tal manera que las desviaciones pueden ser compensadas por el mismo sistema.*
- **Variedad:** *como rasgo que refuerza todos los anteriores*
- **Reparto de riesgos:** *los riesgos pueden repartirse entre varias partes distintas del sistema (“no poner todos los huevos en la misma cesta”), evitando así la posibilidad de un colapso total”.*

Para muchos ecólogos, la calidad de un ecosistema está en función al equilibrio dinámico entre las poblaciones y los recursos, el mantenimiento de los niveles de biodiversidad, la calidad ambiental del medio físico, entre otros factores. La existencia de factores perturbadores que desequilibran el ecosistema (pérdida de biodiversidad, contaminación, superpoblación de una especie, etc.) provocan una tensión o estrés sobre el mismo poniendo en peligro su sostenibilidad. La capacidad de resistir esta presión y volver al estado inicial manteniendo la estructura y funciones es lo que se denomina “resiliencia”. Éste es el equivalente ecológico de término sostenibilidad.

En definitiva, a la vista de estos argumentos, de cara a una gestión más sostenible de las actividades humanas, las lecciones que aprendemos desde la ecología son las siguientes (Mitchell, 1999):

- a) Contexto jerárquico. Consiste en conocer las conexiones entre los distintos niveles, desde la perspectiva de la teoría de sistemas.
- b) Fronteras ecológicas. Es necesario conceder más importancia relativa a las unidades ecológicas y biofísicas frente a las administrativas.
- c) Integridad ecológica. Los esfuerzos se han de dirigir a mantener y proteger la totalidad de la biodiversidad, junto con los modelos y procesos naturales que la mantienen.
- d) Base de datos. El primer paso ha de consistir en la recogida de información suficiente para analizar las interrelaciones básicas entre los sujetos o componentes del sistema.
- e) Control y gestión adaptativa. La consideración “adaptativa” da por hecho que el conocimiento de los ecosistemas es incompleto y que es posible la existencia de perturbaciones derivadas de la incertidumbre. La gestión ha de ser un proceso de aprendizaje en continua revisión.
- f) Cooperación. La existencia de fronteras hace necesaria la cooperación entre los municipios, comunidades, gobiernos nacionales e internacionales, así como organizaciones no gubernamentales.
- g) Cambios organizativos. La mayoría de los agentes y organismos de gestión no están estructurados u orientados hacia la gestión ecosistémica, ni consideran la repercusión de sus respectivas medidas sobre el resto de componentes.
- h) El hombre como parte del ecosistema. La población ha de ser considerada como integrante de los sistemas naturales y no como entes independientes.

- i) Valores. Han de respetarse y tenerse en cuenta tanto los conocimientos científicos como aquellos otros derivados de la tradición local y la evolución de los valores sociales.

3 ARGUMENTOS ECONÓMICOS

El Desarrollo es un concepto multidimensional que, al igual que la sostenibilidad, es objeto de muy diferentes definiciones. Su contenido varía necesariamente dependiendo de las sociedades o las culturas de las que se esté hablando. Este extremo invalida la idea general de un desarrollo absoluto o igual para todas las comunidades, independientemente de cuál sea su sustrato cultural o territorial.

Una visión monolítica de lo que significa desarrollo es producto de la idea estática del sistema económico, típica del pensamiento dominante, que tiende a hacer de la economía una ciencia pretendidamente técnica y objetiva, cuyo fin es producir, o “descubrir” aquellas leyes económicas universales que tengan validez, independientemente del tiempo y factores sociales, políticos o naturales. En efecto, en los razonamientos de este tipo de pensamiento, desaparece el análisis de la sociedad como un proceso dinámico, y se limita a estudiar el sistema económico de forma aislada, como un sistema cerrado y en virtud de relaciones mecánicas directas de causa-efecto. Estas características son especialmente visibles en las teorías del valor, del equilibrio y de la producción.

Esta visión mecanicista, clave de la economía keynesiana y neoclásica, instituye versiones del desarrollo que se vislumbran a través de una política económica especialmente vinculada al aumento en la utilización de los recursos productivos y al crecimiento general continuo e ilimitado. Para ello es fundamental que el mercado funcione y, como consecuencia, es necesario que *“la demanda efectiva agregada se mantenga; en otras palabras, que la economía se expanda de forma sostenida”* (Bifani, 1997).

En este contexto, la relación entre el sistema económico y el sistema natural a través de la explotación de los recursos naturales por parte de éste carece de toda formulación, ya que se hace sustracción deliberada del proceso de depredación. El valor ambiental no está representado plenamente en el valor de mercado de las materias primas. La explicación primaria de este hecho parece tener también una componente de cariz histórico ya que es en 1776 cuando, de forma simultánea, se publica la Riqueza de las Naciones de Adam Smith y aparece la máquina de vapor de Watt.

A este respecto, Georgescu-Roegen indica que:

“lo más sorprendente es que este enfoque mecánico, aun después de perder su supremacía en el ámbito de la física, se mantenga como elemento

capital en las construcciones de teoría económica y las explicaciones de desarrollo” (Naredo, 1996).

El marco teórico en que se basa hoy la teoría del desarrollo y el progreso económico de las sociedades es heredero de estas ideas originarias de la ciencia económica y fue desarrollado hace más de dos siglos, antes siquiera del advenimiento de la revolución industrial. Como se ha comentado, en ella se hace abstracción de muchos aspectos que se relacionan entre sí de forma continua, de forma especial su relación con el consumo y utilización de recursos naturales. Éstos eran considerados como “bienes de libre disposición” en un mundo de recursos inagotables.

Pero hoy sabemos que dichas premisas no son acertadas debido a dos cuestiones fundamentales, la primera de cariz cuantitativo y la segunda de carácter cualitativo:

- Los recursos sí son limitados, incluso a una escala de tiempo humana. Escala que se reduce día a día.
- La explotación de una cantidad ingente de recursos naturales y su inyección en el sistema económico están provocando desajustes (expresados en forma de contaminación, desabastecimiento, desequilibrios en la disponibilidad y la accesibilidad, etc.) que influyen en la salud de los sistemas naturales y, en última instancia, en su facultad de seguir produciendo rentas y servicios ambientales fundamentales, también para la supervivencia de la misma sociedad que los explota.

Pese a todo, el resultado es la configuración de una sociedad que se dota de un sistema económico en el que el consumo de bienes a una tasa creciente es condición ineludible para su funcionamiento, y a ello le llama “desarrollo”. Este objetivo es definido de esta manera por una teoría económica supuestamente aséptica, estática y mecanicista, y, por tanto, basada en paradigmas conceptuales absolutamente superados en otros ámbitos científicos. Tristemente es también aceptada por los poderes públicos y privados y, como consecuencia, sus determinaciones guían todo los procesos de la esfera social y económica.

Existen, sin embargo, otras visiones alternativas que entienden que:

“el desarrollo es en sí un proceso que niega el determinismo, exigiendo la elección de metas, objetivos y la definición de estrategias para su logro; la elección no es ilusión, sino una posibilidad real que se da dentro de un sistema abierto y susceptible de control”.

Así:

“en todo análisis del proceso de desarrollo, a diferencia de aquellos del cambio social, se encuentran subyacentes juicios de valor que representan la ideología de los diversos grupos sociales”.

Es decir, el concepto de desarrollo no es ajeno a valores o ciertas concepciones del mundo social, por lo que no es susceptible de ser entendido desde la asepsia de la objetividad.

Por tanto:

*“Para el proceso de desarrollo interesa **conocer** cómo una determinada constelación de recursos naturales –un sistema natural específico –, **puede ser utilizado** racionalmente en un proceso de desarrollo sostenible a largo plazo; cómo dicha dotación de recursos naturales y las características del medio natural condicionan una cierta **institucionalidad** social y fijan **restricciones**, así como **ofrecen posibilidades y alternativas**” (Bifani, 1997. *Las negritas son nuestras*).*

3.1 La sostenibilidad según la Economía

Fue Robert Solow, premio Nobel de Economía en 1987, quien primero introdujo el concepto de “capital natural”, concepto que se adentró de lleno en el debate sobre el desarrollo sostenible.

Tal y como lo define Herman Daly, otro prestigioso economista dedicado a cuestiones de economía ecológica, el capital natural es “*la reserva natural que genera el flujo de recursos naturales que circulan a través de la economía humana*” (Daly, 1994). Así pues, los recursos naturales que debiera utilizar o consumir un sistema, o una región, para ser viable deberían proceder de las rentas naturales que el capital genera mediante los mecanismos fisiológicos propios del mundo natural. (Calvo & Sancho, 2001)

Como puede observarse, los conceptos de capital natural y rentas naturales aprovechables introducen en el debate económico, con jerga propia incluida, los conceptos de depósitos y flujos físicos y los identifica conceptualmente con la manera en que se mueven los flujos monetarios, algo a lo que los economistas están mucho más acostumbrados.

Empleando esta estructura de razonamiento, en principio fácilmente asimilable y lógica, se pueden formalizar algunas precisiones complementarias que examinen la validez de ciertas políticas o actuaciones desde el punto de vista de la sostenibilidad.

La preferencia por el crecimiento económico frente a la protección los recursos naturales plantea problemas que imposibilitan la gestión racional del medio ambiente mediante las instituciones tradicionales (el mercado, básicamente). Se considera que el mercado libre lleva normalmente a fallos de mercado en el uso de recursos naturales, produciéndose daños ecológicos y desigualdades en el reparto de los recursos, fundamentalmente debido a las externalidades y en concreto a las derivadas del acceso a los recursos comunes. Las barreras económicas se resumen en tres factores claramente interrelacionados:

- a) El libre acceso a gran parte de los recursos no renovables. Los efectos de este hecho sobre el valor económico de los recursos conducen a situaciones ineficientes donde no existe control alguno sobre el acceso al recurso por parte de los usos alternativos y aparecen externalidades negativas, no valorándose la escasez futura (tasa de descuento temporal infinita), por lo que no se consideran los efectos a largo plazo.
- b) La valoración del futuro. La tasa de descuento intertemporal⁵ proporciona una idea del ritmo de depreciación o pérdida de rentabilidad del capital natural. En el caso en que exista una clara preferencia actual por diferir el consumo hacia el futuro, salvaguardando los niveles de recursos existentes para las generaciones venideras, la tasa de descuento sería negativa o próxima a cero. Por otra parte, una tasa elevada supondría racionar la explotación de los recursos hasta su agotamiento para satisfacer las necesidades presentes, pues el coste de reservarlos para el futuro, en términos de pérdida de valor o rentabilidad obtenida, es mayor (con el tiempo se van “descontando” los beneficios esperados rápidamente).
- c) La incertidumbre en su gestión. El desconocimiento de los niveles de stock o reservas existentes para el futuro (incertidumbre), así como de las consecuencias ambientales de ciertas actividades humanas (irreversibilidad), lleva muchas veces a acaparar cantidades de recursos mayores a las que realmente se consumirían bajo la certeza de que se dispondrá de él en períodos posteriores. Se trata de asumir los riesgos de la actual situación, lo que conlleva la elevación de la tasa de descuento.

A la hora de definir qué componentes conservar, las distintas aproximaciones o teorías apuntan unas pautas o condiciones específicas para conseguir una senda de desarrollo equilibrado y sustentable. No obstante, se puede decir que existe cierto grado de consenso en la definición del objetivo final: el mantenimiento de la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. Para los economistas, esta situación se traduce en términos de “bienestar *per capita* no decreciente a lo largo del tiempo”.

Algunos autores plasman esta idea en lo que se podría denominar condición necesaria para la sostenibilidad: el mantenimiento de los niveles de *capital natural* en el contexto del cambio global. Se trata de una idea ya recogida en el Informe Brundtland (WCED, 1987): “*Si las necesidades se van a satisfacer*

(5) Concepto muy utilizado en economía de los recursos naturales y similar al tipo de interés de los recursos financieros. Supone la preferencia por el ahorro del recurso (para su consumo por las generaciones futuras) frente al consumo presente, o bien la “impaciencia” individual por el consumo presente.

de forma sostenible, ha de conservarse y mejorarse la base de los recursos naturales de la Tierra". Este principio se ha convertido en el tema central de la literatura económica sobre sostenibilidad.

El concepto de *capital natural* supone la aplicación de la teoría del capital a los recursos naturales y a la calidad ambiental. Por capital se entiende todo patrimonio o riqueza de naturaleza acumulativa que provoca rentas o rendimientos. Lo componen recursos reales o ficticios destinados a funciones económicas (inversión, ahorro, producción, consumo).

La eficiencia económica y ambiental no garantizan per se la sostenibilidad si no se añade el criterio de equidad, que se traduce en el sostenimiento (o aumento) del nivel de bienestar social actual, manteniendo (o aumentando) el stock de capital total (natural y artificial) para el futuro. La sostenibilidad implica la definición de algún criterio de equidad en la distribución del bienestar, entendida en sus dos perspectivas: la estática, que hace referencia a los aspectos intrageneracionales, y la dinámica, relativa a las consideraciones intergeneracionales.

La equidad intrageneracional se centra en el análisis de las condiciones de la distribución actual de los niveles de desarrollo y calidad de vida, propios de la Teoría del Bienestar y que pocas veces ocupan un lugar central en la literatura de la sostenibilidad, casi exclusivamente preocupada por los problemas intergeneracionales⁶. Como denuncian gran número de estudios sociales, no tiene sentido sostener el actual modelo de desarrollo desigual si únicamente va a suponer el bienestar de las generaciones futuras en los países desarrollados, acrecentando las deficiencias del resto de sociedades⁷. En otros términos, no se cumple el criterio clásico de eficiencia en el sentido de Pareto (1896) aplicado a la distribución del bienestar.

El criterio de equidad intertemporal se basa en la definición dinámica del *óptimo paretiano*, pues de todas las decisiones de consumo que condicionan el bienestar actual se han de considerar como eficientes aquellas que, además de cumplir la condición de eficiencia económica, consideren mínimas las mermas en el bienestar futuro producto del agotamiento de los recursos básicos.

Esta vertiente dinámica de la equidad se convierte en el referente básico del concepto de sostenibilidad. La equidad intergeneracional se refiere a las herencia que ha de dejar la generación actual para con las futuras, en términos de

(6) Destacan en este ámbito las aportaciones de Pearce et al. (1990), Dasgupta (1996) y Markandya (1998; 2001), entre otros.

(7) Los informes de Naciones Unidas sobre Desarrollo Humano aportan la información que justifica que la "crisis global" no es sólo ambiental, argumentando la faceta social y humana del desarrollo sostenible.

cuatro formas de riqueza en términos stock: de conocimiento y habilidades, de tecnología, de capital hecho por el hombre y un stock de bienes ambientales; y no menor a la que recibió la generación presente. Este concepto se plasma en la interrelación entre consumo actual y futuro de los recursos naturales, así como el disfrute del patrimonio ambiental.

4 HACIA UN ENFOQUE INTEGRADOR

Como era de esperar, y dado que la interacción entre el ecosistema humano y el sistema natural se produce a causa de la utilización de recursos y la generación de desechos por parte de procesos sujetos y dirigidos por reglas económicas, la disyuntiva entre los términos “sostenible”, o “sostenibilidad”, y “desarrollo sostenible”, se dirime fuertemente entre economistas o profesionales de las ciencias sociales en general (Castro, 2004).

Parece que, al menos en lo que a las instituciones públicas y privadas de gran calado se refiere, el término sostenible vinculado al concepto de “desarrollo” (“desarrollo sostenible”) parece ser el elegido, aunque considerando el desarrollo en su acepción más “tradicional”. En este caso, el desarrollo se entiende como un sinónimo de crecimiento, especialmente como incremento de la producción de bienes y servicios y, por ende, del indicador Producto Interior Bruto. Así, según estas instituciones, el reto fundamental estaría, no tanto en la redefinición del concepto “desarrollo”, sino más bien en su reorientación hacia un crecimiento respetuoso con el medio y que tendiera a la conservación de los recursos naturales para que pudieran estar disponibles para las generaciones futuras.

El acento se pone también en la desconexión entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental que, hasta la actualidad, parecen estar abocados a una dinámica de relación directa, con ello se pretende “desmaterializar” el proceso económico, haciéndolo más eficiente, desde el punto de vista del uso y procesado de los recursos.

Es evidente que esos esfuerzos suponen una mejora con respecto a la situación actual, pero no solucionan el problema de fondo. Una aceleración constante en los ritmos de crecimiento generarán, en un plazo más o menos corto, más o menos largo, una deriva hacia situaciones de mayor uso de recursos, superando los límites de la capacidad natural para satisfacerlos.

Es de notar, sin embargo, que con esta pretendida “desconexión” se cumpliría el enunciado de “desarrollo sostenible” emanada del Informe Brundtland, en 1987, que supuso la digestión conceptual del problema que la publicación del informe al Club de Roma “Los límites del crecimiento” presentó al público en general en 1972. (Calvo & Sancho, 2001).

Estas son las causas de que se produzca un progresivo vaciado de significado del término “sostenibilidad”. Esta evolución se ve también marcada por la tremenda inflación en la aparición del término en los documentos de todo tipo.

Esta utilización acrítica del término facilita que ni siquiera se reproduzca el debate anteriormente citado entre los partidarios del crecimiento y entre los defensores de un desarrollo más integral, sino que se usa el concepto como epíteto de valoraciones y afirmaciones, sin menoscabar el significado o el propósito de éstas.

Desde un punto de vista técnico, algunas veces estas situaciones resultan altamente contradictorias, mucho más si se prosigue con la lectura de los documentos concretos o se introduce uno a través de las propuestas que emanan de ellos. Así, desde el punto de vista estrictamente técnico o científico, la sostenibilidad, como propio concepto, necesita dotarse de una dosis científico-técnica en su definición y de un cuerpo teórico que la respalde.

Su sentido no debería ser ambiguo ni poder dar lugar a graves confusiones. En primer lugar debería estar claro que la sostenibilidad es un concepto que se fundamenta en principios básicamente físicos, tal y como ya se expuso en párrafos anteriores. Afirmar que un sistema cualquiera es ambientalmente sostenible equivale a decir que el presente y el futuro de dicho sistema, o su punto de equilibrio dinámico actual o futuro, no se encuentran comprometidos, puesto que los flujos físicos que lo mantienen e influyen en su funcionamiento pueden y podrán seguir produciéndose a lo largo del tiempo dentro de unos márgenes razonables. Es decir, la sostenibilidad debería ser reflejo de la **viabilidad física del sistema en el tiempo**, tal y como el sistema se conoce actualmente, disfrutando de un punto de equilibrio dinámico dado y relativamente estable.

Sin embargo, el problema de la sostenibilidad es bastante más complejo, incluso en sus formulaciones teóricas. En términos estrictamente sistémicos, y dentro del campo de la física y de la ecología, son sobradamente conocidas distintas modalidades de sostenibilidad/estabilidad, entendiéndola como la capacidad de un sistema para permanecer en las proximidades de un punto de equilibrio o volver a él después de una perturbación incluyendo características de dinamicidad controlada tales como la constancia, la inercia, la elasticidad, la amplitud y la estabilidad.

En el caso que nos ocupa, lo necesario sería concretar precisamente esa trayectoria para cada uno de los modelos culturales y sociales. Es evidente que las sociedades occidentales modernas han sido incapaces, por el momento, de lograrlo de forma autónoma.

La solución del problema vendrá, a buen seguro, por la adopción de medidas en todas las escalas en que se manifiesta, de ahí la importancia de que las

ideas de la sostenibilidad impregnen de forma horizontal todos los ámbitos de la acción personal o colectiva.

La manera de conseguir este requisito en sistemas inmersos en un perpetuo crecimiento, y cuyo sistema de medidas y estadísticas al uso no se preocupa de su realidad física, parece, sin embargo, complicado. De ahí lo poco prometedor de la idea de protección del medio ambiente⁸ pero sin la renuncia expresa al crecimiento económico (idea conocida como “desmaterialización de la economía”) que siempre ha estado vinculado globalmente a un crecimiento físico, en la mayoría de las ocasiones a tasas de crecimiento superiores a aquél.

Así, y aunque el término sostenibilidad se maneje a sus anchas y fluya incesantemente en todos los ámbitos imaginables, se presenta una situación paradigmática. Por un lado todos están más o menos de acuerdo en la idea de lo sostenible como requisito indispensable a tener en cuenta en futuros planteamientos, pero, por otro lado, está poco claro no sólo cuál es su significado real sino, y como consecuencia, su aplicación concreta a las políticas o a la vida diaria. La pregunta clave en este momento es: Y si llegara a estar claro, ¿se estaría dispuesto a aplicar, como gestores, o a asumir, como ciudadanos, las medidas necesarias?.

Queda, por tanto, un vasto campo de conceptualización de términos y experimentación en medidas concretas.

No obstante, y según José Manuel Naredo:

“si nos referimos a los sistemas físicos sobre los que se organiza la vida de los hombres (sistemas agrarios, industriales... o urbanos) podemos afirmar que la sostenibilidad de tales sistemas dependerá de la posibilidad que tienen de abastecerse de recursos y de deshacerse de residuos, así como de su capacidad para controlar las pérdidas de calidad (tanto interna como “ambiental”) que afectan a su funcionamiento” (Naredo & Valero, 1999).

Obtener un conocimiento lo más preciso posible sobre estos asuntos podría ser un buen punto de partida.

4.1 El mito de la tecnología ambiental

Los sistemas naturales son sistemas complejos y de comportamiento caótico.

(8) “Protección del medio ambiente”: las expresiones comúnmente utilizadas al referirse a la gestión de los sistemas naturales como sujetos pasivos huérfanos de “alguien que los defienda” enmascaran una parte de la realidad. La sostenibilidad ambiental implica abandonar esta idea paternalista, donde la protección ambiental se lleva a cabo con fines exclusivamente éticos o morales. Es hora ya de asumir que con la conservación del capital natural salvamos, no a los ecosistemas, que también, sino, sobre todo, al equilibrio relativo del que disfruta nuestro sistema humano y del cual éste depende. Con ello no salvamos al planeta, nos salvamos a nosotros mismos. Con la degradación ambiental peligra el futuro de nuestra sociedad tal y como la conocemos.

Las nociones de impredecibilidad, no-linealidad y espontaneidad se conjugan para ofrecer sistemas cuyo manejo resulta, a veces, inabarcable por propia naturaleza.

Bajo este razonamiento han de entenderse y analizarse muchas de las acciones de recuperación ambiental, descontaminación o control que se han producido en las últimas décadas.

Las propiedades intrínsecas de los sistemas ecológicos hacen que, tras perturbaciones de cierta magnitud o que se produzcan de forma recurrente, éstos no recuperen, con frecuencia, su estado original. En estos casos suele entenderse que dichos sistemas han emigrado hacia otro punto de equilibrio dinámico de forma que la recuperación de aquel estado original resulte ya imposible.

En muchas ocasiones poco puede hacer la tecnología, en este caso la tecnología “verde” o “ambiental”, para recuperar situaciones originales que han sido ampliamente perturbadas.

Pero no es objeto de este trabajo realizar un análisis, ni siquiera un simple alegato, a favor o en contra de la idoneidad de este tipo de tecnología. Es evidente, no obstante, que contribuye a subsanar o, al menos, a aminorar las consecuencias ambientales de ciertos procesos o acciones.

De lo que se trata es de intuir el sustrato teórico que debe sostener toda acción práctica. Así, en cuanto a gestión de ecosistemas se refiere, la acción reparadora que lleva a cabo la tecnología ideada por el hombre no debería tener carácter prioritario en la gestión sostenible de los sistemas, por lo que no puede ser considerada más que como último recurso, ya que muchas de las perturbaciones llegan a ser, de facto, irreversibles o de reversibilidad tan duradera que su reparación posterior queda fuera de toda posibilidad económica, administrativa o política.

Los ejemplos más palpables de esto en Andalucía son los casos de extinción de especies de flora (70 especies en peligro de extinción) o de fauna (23 especies en peligro crítico de extinción y 32 en peligro de extinción) y los procesos de erosión (el 34,8% del territorio andaluz sufría pérdidas de suelo de moderadas a muy altas en 1999).

Así pues, la posibilidad de la irreversibilidad de los cambios debería siempre ser tenida en cuenta a la hora de diseñar políticas o de actuar en el territorio. No todo es remediable o reparable. Las teorías o disciplinas económicas y técnicas que así lo aseguran son presa de una visión del mundo excesivamente mecanicista que, como sugerimos en páginas anteriores, son producto de un concepto del funcionamiento de los sistemas naturales que ha quedado ya superado.

Por otro lado, en el debate sobre el capital natural, debe huirse de su identificación con los conceptos de capital humano y menos aún, con el de capital monetario.

Valga por delante que Solow, autor y difusor del concepto, advierte claramente sobre esta precaución haciendo hincapié en que lo más valioso de este acercamiento conceptual es el propio marco conceptual que propone, pero no la identificación de los propios conceptos hasta el extremo.

En principio, todos los capitales monetarios son intercambiables y sustituibles entre sí, pues todo es, al fin y al cabo, dinero. Pero los diferentes tipos de capital natural pueden ser, y de hecho son, muy diferentes entre sí y su sustitución es o imposible o muy difícil. Menos aún es posible sustituir físicamente los diferentes tipos de capital natural por el capital humano o monetario.

El principal argumento de los defensores de la sustitución contable del capital natural (sostenibilidad débil) evaden la realidad física presente en la biosfera, donde existe un capital físico (el natural) difícilmente monetarizable, pero del que depende el mantenimiento físico de sus componentes, incluido el “mundo humano”. Es cierto que este capital es fuente de nuestros ingresos físicos y, por qué no, también monetarios, pero ponerlos en pie de igualdad es, cuanto menos, arriesgado (Naredo, 1998).

Pero aún hay otro factor limitante y es que, cuando las transformaciones de capital se realizan, ello conlleva un precio físico elevado pues esa sustitución suele requerir también de una transformación física. Por simple Termodinámica, entonces:

“el flujo circular en el que la inversión corrige el deterioro ocasionado por el propio sistema que la produce es inviable en el mundo físico: `es el simple diagrama de una máquina de movimiento perpetuo” (Naredo, 1998).

Es decir, esa máquina es físicamente imposible si no es a costa de la sempiterna degradación (aumento del desorden) de los recursos disponibles.

Así pues, no ha de confiarse en exclusiva en que la tecnología ambiental, como acción reparadora, y en que exista una disponibilidad de capital monetario suficiente que la alimente vayan a reparar los perjuicios infringidos por el sistema productivo a los sistemas naturales. Simplemente porque la “maquinaria de restauración” también consume recursos de por sí y, por tanto, en ocasiones ella misma no resistiría un análisis de sostenibilidad global.

Menos aún lo resistiría una política laxa, en cuanto a los efectos de muchas actividades humanas provocan en el medio, por el simple hecho de que exista una tecnología capaz de remediar ese efecto o una batería de medidas compensatorias. Y ello aunque se diera el hipotético caso de que dicho remedio pudiera reproducir las condiciones del sistema original.

La traducción territorial de estos razonamientos es directa en el sentido de que es en los proyectos de conservación y utilización racional de los recursos, más que en la restauración de éstos tras su uso, donde es preciso poner el acento en el diseño de políticas territoriales. Las medidas reparadoras deberían tener protagonismo en el último lugar de la cadena de decisiones. Con ello debería trazarse una línea clara entre lo que es sostenibilidad y lo que son proyectos que, aun aumentando la calidad ambiental de determinadas zonas, se han llevado a cabo a costa de la dilapidación de recursos en otros lugares.

4.2 La viabilidad ecológica del actual paradigma de desarrollo

Nuestros sistemas humanos constituyen otro eslabón en esta cadena físico-natural, no sólo porque nosotros mismos ocupamos un determinado lugar dentro de la Biosfera, sino también porque nuestro sistema socioeconómico es un sistema físico, que se nutre de recursos, los procesa y expulsa desechos. En definitiva, nuestros sistemas son también sistemas ordenados que deben consumir recursos, a costa de desordenar otros sistemas, para conservar el orden propio.

Así, podemos comprender el efecto del humano en la biosfera a través de dos acciones fundamentales, ya que éste, o bien cambia las tasas y los flujos de entrada y salida de energía y materia, o bien crea nuevos caminos, o altera los existentes, por los que los recursos fluyen hacia sí. En resumen, explota los recursos de los ecosistemas y los conduce por caminos propios para aprovecharlos, obteniendo así un beneficio.

Imaginémonos, con ánimo de ejemplo, el uso que el humano realiza de los recursos hídricos. Cada vez que se sustraen determinados volúmenes de agua de una cuenca concreta, ese volumen deja de integrarse dentro de los ecosistemas ribereños habituados a disponer de este recurso en una determinada cantidad y calidad. Cuando el agua circula con menor calidad o menor cantidad, el ecosistema entero sufre esta variación y sus parámetros definitorios migran hacia otra situación diferente, alcanzando otro punto de equilibrio. En el extremo, el ecosistema original puede haber sido transformado por completo, es decir, el ecosistema original puede dejar de existir porque sus características definitorias han variado enormemente. Es posible que lo mismo ocurra con sistemas que están también íntimamente ligados a él, como podrían ser los sistemas costeros que, como se sabe, dependen de los sedimentos y nutrientes que transportan los ríos.

Este ejemplo podría extenderse a multitud de casos.

Las sociedades humanas, aun siendo evidentemente diferentes de los sistemas naturales en innumerables aspectos, dependen en última instancia de un soporte físico que las nutra y mantenga, es decir, dependen, en última instancia, de sistemas que puedan ser desordenados en beneficio propio. Pero el infringir

cierto grado de desorden a ciertos sistemas siempre tiene consecuencias.

Pero: ¿qué implica esta conclusión?. ¿Qué significa que debemos desordenar sistemas?. Pues simplemente que debemos alterar sus características para extraer de ellos lo que requerimos. ¿Hasta qué grado es posible alterar “otros sistemas” teniendo en cuenta que el sistema socioeconómico no tiene con ellos una simple relación de obtención de recursos y depósito de desechos, sino que el sistema socioeconómico participa, como un elemento más, de esos “otros sistemas”?.

Ninguna sociedad ni sistema humano se ha independizado aún, y seguramente nunca lo hará, de los condicionantes que impone el sistema físico del planeta Tierra expresados, de forma inicial, por estos principios físicos dado que éstos parecen ser absolutamente insoslayables.

Parece que el humano está obligado, por tanto, a explotar el entorno de forma que las perturbaciones o el grado de desorden que infrinja a la biosfera sea el mínimo posible, porque ese desorden al que la somete también repercute, a la larga, en el orden propio, porque su sistema es también un componente más de la misma biosfera.

¿Por qué no aprender a aprovechar el desorden de sistemas que, espontáneamente, sigan este camino?. El único sistema de estas características accesible a nuestras posibilidades es el Sol. Éste se “desordena” de forma continua e inexorable liberando una ingente cantidad de energía debido a procesos de fusión atómica. ¿Por qué no aprovechar esa energía solar de forma preferente?.

Según Howard Odum (1972), el modo de funcionamiento de las poblaciones humanas puede ser descrito utilizando para ello modelos y símiles energéticos, constituyendo elementos que imponen trabas al tránsito fluido de la energía, es decir, que funcionarían del modo en que lo hacen las resistencias eléctricas. Y como toda resistencia eléctrica, al pasar la energía a través de ella, se produce un flujo calorífico al universo, por lo que se produce un “desperdicio” energético, cumplimentándose así el segundo principio de la Termodinámica.

Utilizando estos esquemas conceptuales y gráficos es posible, por ejemplo, advertir claramente que los incrementos de productividad agrícola que definen a la agricultura industrial actual se producen gracias a la subvención energética proveniente de los combustibles fósiles. Como afirma Naredo, la agricultura actual funciona energéticamente como un proceso de transformación energética en el que la energía química de los combustibles fósiles se transmuta en energía química en forma de comida.

Pero la utilización masiva de fuentes de energía y de materiales crea desorden en el medio circundante. Históricamente, las sociedades han actuado de forma que les fuera posible evitar estos efectos negativos que generan dichos des-

equilibrios, bien sea desplazándolos en el espacio (vertederos, emisarios, ...) o en el tiempo (residuos nucleares, escasez de recursos causada por el consumo de capital o reservas naturales,...) para que afectaran lo menos posible a su situación presente, tanto espacial como temporal. Esta dinámica de apropiación entra entonces en una especie de círculo vicioso sin fin de apropiación – uso – exportación de desequilibrios.

Pero he aquí que en el límite de la reproducción de estos mismos desequilibrios hay un factor que realimenta, negativamente, el resto del sistema. Este factor es, genéricamente, la disponibilidad de recursos naturales que explotar y, más específicamente, la disponibilidad de energía y materiales para incrementar la actividad productiva de la sociedad. Al mismo tiempo, las posibilidades de evitar los desequilibrios generados se hacen menores conforme el sistema humano crece en términos físicos. Esta dinámica equilibradora provocó durante siglos que las sociedades antiguas y sus sistemas de apropiación conservaran un tamaño acorde a los condicionantes del entorno donde se ubicaban.

Sin embargo, el momento histórico en el que se inicia la Revolución Industrial es clave para entender la situación ambiental actual. En él se hace patente la utilización masiva de las reservas de materiales fósiles susceptibles de ser utilizados para producir energía. Este aspecto, unido a ciertos determinantes culturales y económicos, hace que el circuito equilibrador, presente en la biosfera y que había operado hasta ese momento, dejara de funcionar.

Estas fuentes de energía y el desarrollo científico y tecnológico aparejado, permitieron “salvar” los límites que imponía la naturaleza. Pero, en realidad, la existencia de límites biofísicos es una característica indisoluble de la existencia del mismo sistema, o sea, no se pueden “salvar” indefinidamente. Tarde o temprano, en un sistema en constante crecimiento, los límites vuelven a presentarse obligando al sistema a recuperar un cierto grado de equilibrio y estabilidad.

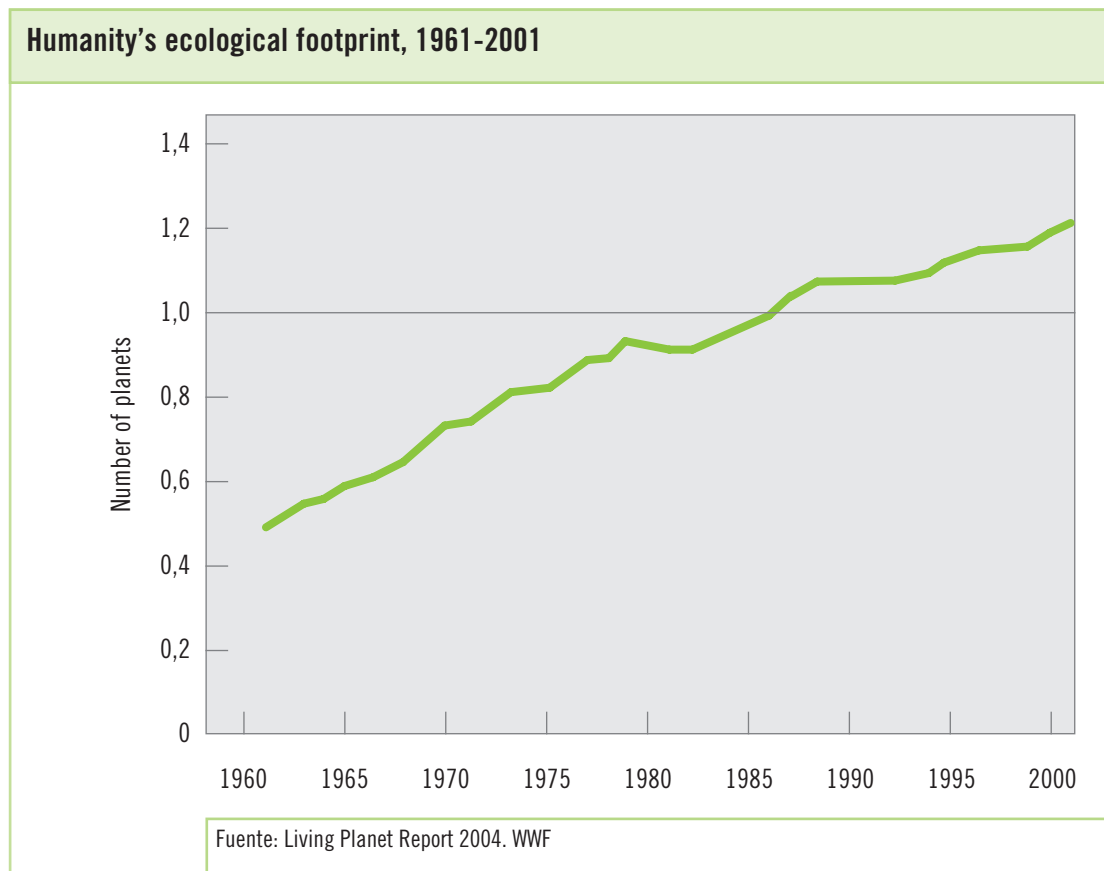
Podemos concluir así que los sistemas humanos, a grandes rasgos, deberían ser capaces de mantener un estado ordenado aprovechando la energía del Sol y funcionar internamente simulando los procesos que se dan en la biosfera, imitando también sus características que son las propias de un sistema abierto en equilibrio dinámico.

Así, la situación actual del medio ambiente global, y las incertidumbres sobre el futuro que ello origina, son producto, en primer término, de la escalada constante en el consumo de recursos naturales, porque el sistema, pese a la existencia de límites, no parece alcanzar ese punto de equilibrio dinámico que le confiera la estabilidad deseada.

Es más, el incremento en la extracción y uso de materiales y del consumo de

energías fósiles crece sin descanso, como prueba de que el crecimiento físico del sistema socioeconómico sigue produciéndose (Ortiz, 1999; Woldrwatch, 2004).

En este sentido, una valiosa aproximación, principalmente por su capacidad sintética, que cuantifica el impacto de las sociedades en su medio es el indicador de la huella ecológica. Una estimación global de la huella ecológica a lo largo del tiempo y la capacidad productiva del planeta se muestran en la siguiente figura.



Según este indicador, la situación global de sostenibilidad fue rebasada en algún momento del principio de la década de los setenta. En la actualidad, el uso de recursos por parte de la economía humana, se encuentra alrededor del veinte por ciento por encima de la capacidad de la biosfera para mantener los respectivos flujos físicos, sin menoscabo de su propia salud como sistema.

Evidentemente ello provoca el efecto colateral en los sistemas de soporte que, en el futuro, y si el ritmo de la presión continúa, podrían llegar a dar señales de colapso. Eso motivará, de forma previsible, que los sistemas humanos tengan que reorganizarse y emigrar a puntos de equilibrio dinámico

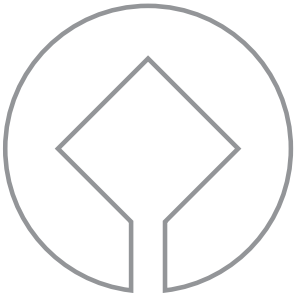
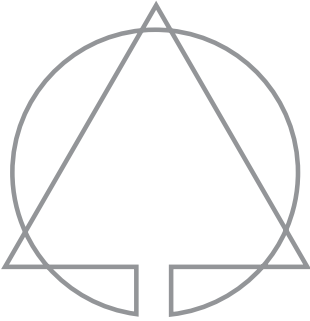
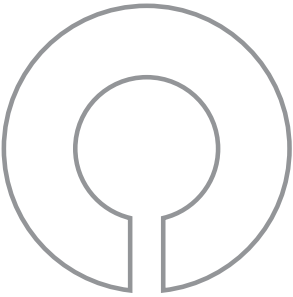
diferentes a los actuales. Las consecuencias que ello aparejará son, hoy por hoy, imposibles de prever.

En este punto, es posible concluir que el futuro de las sociedades que hoy se conocen dependerá de que consigan mantener el punto de equilibrio del que gozan (aunque, ciertamente, no todas lo hacen) y, para ello, tendrán que articular mecanismos que consigan devolver al *modus vivendi* a los circuitos de retroacción negativos que antaño operaban.

Ese es el significado profundo de la sostenibilidad y su principal enseñanza: que los sistemas humanos incorporen los procesos sistémicos que orientan el funcionamiento de los ecosistemas, imitándolos en sus características estructurales y funcionales.

Riechmann ha propuesto que este debate gire sobre el término de “biomimesis”, término muy acertado en nuestra opinión y que sintetiza las ideas que hemos expresado.

Gráficamente, el problema podría esquematizarse mediante las siguientes figuras:

		
<p>El sistema económico funciona como un subsistema dentro de la biosfera pero bajo preceptos diferentes.</p>	<p>Cuando el sistema económico crece, rebasa los límites de los sistemas de soporte.</p>	<p>Un sistema económico sostenible es aquel que funciona bajo los mismos preceptos de la biosfera adaptándose al sistema físico e imitando su funcionamiento.</p>
<p>Fuente: Riechmann, 2000 y elaboración propia.</p>		

- La primera de las figuras representa a una sociedad que funciona de modo diferente a como lo hacen los sistemas naturales, pese a ser un sistema fí-

sico incluido en la biosfera. Su tamaño reducido (sociedades occidentales inmediatamente anteriores a la revolución industrial) evita, no obstante, la aparición de desequilibrios globales. Los desequilibrios se manifiestan en el nivel local, esencialmente episodios concretos de contaminación o sobreexplotación de recursos.

- La segunda figura intenta esquematizar al anterior sistema humano en una fase de constante crecimiento, donde éste termina por adquirir un tamaño considerable. Tal es así que comienzan a producirse los primeros desequilibrios globales (los vértices del triángulo rebasan los límites de la biosfera).
- La tercera figura propone una situación ideal en que el tamaño físico del sistema humano no sólo se reduce, sino que también funciona bajo estructuras y modos ecosistémicos, imitando a los sistemas naturales. Es decir, aprovechando la energía del Sol, cerrando los ciclos de materiales, equilibrando el sistema mediante circuitos de retroacción, penalizando el transporte horizontal de materiales y personas y un largo etcétera.

El reto del desarrollo sostenible implica compaginar ese proceso de cambio del funcionamiento físico de los sistemas socioeconómicos con la conservación de los innegables logros sociales, éticos, políticos y económicos de la humanidad. La sostenibilidad pretende aportar una visión de cambio profundo de nuestro modo de acercarnos al sistema natural del que dependemos y de nuestro modo de aprovechar su capacidad sustentadora sin poner en peligro a esa misma capacidad. Es decir, de los elementos que, por definición, son susceptibles de ser transformados por los humanos (lo social, lo económico), a diferencia de lo permanente, del substrato básico (lo físico).

El cambio cultural que ello supone, sobre todo al modelo de vida occidental, es evidente. La sostenibilidad es hija de un cambio de paradigma científico en el más amplio sentido de la palabra, y triunfará en la medida en que las estructuras sociales y económicas sean capaces de adaptarse a él. Para que esa adaptación se produzca, es necesario un enfoque holístico de las diferentes disciplinas científicas (incluyendo también a las humanidades) cuya definición acarreará un enorme trabajo, pero es nuestra herramienta más valiosa. La ampliación de los horizontes democráticos es el único modo de uso posible para esa herramienta.

Así pues, el hecho de que el término “desarrollo” se vea acompañado por el epíteto “sostenible”, debería influir de forma fundamental en que aquél se vea impregnado por el significado de raíz biofísica de éste. Tanto, que una vuelta al significado tradicional de desarrollo, a saber, el de “crecimiento”, fuera ya imposible. Paradójicamente, la parte sustantiva de la expresión debería verse muy condicionada por la parte accesoria, dando la vuelta, quizás, a las intenciones de aquellos que inventaron el término hace ya casi un par de décadas.

BIBLIOGRAFÍA

Calvo, M & Sancho, F. Estimación de la Huella Ecológica en Andalucía y Aplicación a la aglomeración Urbana de Sevilla. Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía. Sevilla. 2001.

Castro, J.M. Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una aplicación para Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla. 2004.

Bifani, P. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. 4ª ed. Rev. IEPALA. UAM Ediciones. Madrid. 1999.

Common, M. y Perring, C. Towards an ecological economics of Sustainability. *Ecological Economics*, 6 (1): 7-34.

Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía. Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía. Bases y Estrategias. Sevilla. 1999.

Cuadrat, J.M., Pita, Mª. F. Climatología. Ediciones Cátedra. Madrid. 1997.

Daly, H. E. Elements of Environmental Macroeconomics. En R. Costanza. *Ecological Economics*. Columbia University Press. 1991.

Daly, H.E. Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital. En "Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability. Island Press. Washington D.C. 1994.

Estevan, A. La enfermedad del transporte. Inédito. 2004.

Naredo, JM. La Economía en Evolución. Historia y Perspectivas de las Categorías Básicas del Pensamiento Económico. 2ª Edición. Siglo XII de España Editores. Madrid. 1996.

Naredo, JM. Sobre el Origen, el Uso y el Contenido del Término Sostenible. Biblioteca: Ciudades para un futuro más sostenible. <http://habitat.aq.upm.es/>. Escuela Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid. 1998.

Naredo, JM & Valero A. Desarrollo Económico y Deterioro Ecológico. Colección Economía y Naturaleza.

Odum, EP. Ecología. Interamericana. Méjico D.F. 1972.

Odum, HT & Odum, EP. Energy Basis for Man and Nature. Washington D.C. 1976.

Ortiz, A. Cuantificación de la Extracción de Rocas y Minerales de la Corteza Terrestre. En Desarrollo Económico y Deterioro Ecológico. Colección Economía y Naturaleza. Visor. Fundación Argentaria. Madrid. 1999.

Passet, R. Principios de Bioeconomía. Colección Economía y Naturaleza. Visor. Fundación Argentaria. Madrid. 1996.

Pujadas, R & Font, J. Ordenación y Planificación Territorial. Síntesis. Madrid. 1998.

Riechmann, J. Un Mundo Vulnerable. Ensayos sobre Ecología, Ética y Tecnología. Catarata. Madrid. 2000.

Sancho, F & Calvo, M. Definición de Criterios Ambientales. Bases y Estrategias de la Sostenibilidad. Trabajo incluido en el Documento de Avance del nuevo PGMO de Sevilla. Sevilla. 2001.

Sarmiento, G. Los ecosistemas y la ecosfera. Editorial Blume. Barcelona. 1984.

Wackernagel, M. La Huella Ecológica del Mundo 1960 – 2001. Living Planet Report. WWF. <http://www.panda.org/livingplanet/lpr04/ecofoot.cfm>

WCED (World Commission on Environment and Development). Our Common Future. Oxford University Press. Oxford. 1987.

Worldwatch Institute. la situación del Mundo 2004. Icaria Editorial. Barcelona 2004.