

HISTORIA



Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE *SOSTENIBILIDAD* Y SU INTRODUCCIÓN EN LA ENSEÑANZA

LUFFIEGO GARCÍA, MÁXIMO¹ y RABADÁN VERGARA, JOSE MARÍA

¹ IES La Albericia. Av. Deporte s/n. 39012 Santander

² CPR de Santander. C/ Peña herbosa, 29. 39003 Santander

SUMMARY

In the first part of this work, we realize a critical assessment on several of the sustainability concepts and we argue in favour of the strong or ecological sustainability. Then we proceed to enumerate the operative criteria of sustainability and base them on the Second Principle of Thermodynamics and on the complexity of the dynamic systems. In the second part of this article, we propose a general organization of the contents related with sustainability in order to introduce them to the different levels of teaching.

INTRODUCCIÓN

Desde distintos ámbitos de la sociedad hay una creciente demanda de cultura medioambiental que la escuela ha de

contribuir a extender. Tras la celebración de diversas conferencias internacionales en torno a la educación

medioambiental, en los últimos años, con la presentación del Informe Brundtland, la cultura medioambiental ha comenzado a girar en torno al concepto de *sostenibilidad*. Así, en el preámbulo de la última conferencia internacional, celebrada en Tesalónica: Environment and Society: Education and public Awareness for Sustainability (UNESCO, 1997), el Director de la UNESCO, Mayor Zaragoza, afirma: «Debemos estar preparados, en todos los países, a replantear la educación a fin de promover actitudes y conductas propicias a una cultura de la sostenibilidad.»

La creciente demanda no se ha visto correspondida por una clarificación del concepto de *sostenibilidad*. Muy al contrario, la noción de *sostenibilidad* formulada en el Informe Brundtland es calculadamente ambivalente (Naredo, 1996) y ha originado interpretaciones contrapuestas desde ámbitos ideológicos distintos. El objetivo de este artículo es proceder a una clarificación del concepto de *sostenibilidad*, analizando y realizando una crítica de dichas interpretaciones, objetivo que creemos previo a la introducción de este concepto en los diferentes niveles escolares.

LAS VARIANTES DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

Antecedentes

La idea de *sostenibilidad* nunca ha sido extraña al hombre. Numerosas civilizaciones han intuido la necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras. Por ejemplo, los indígenas norteamericanos denominan a un lago con un nombre que significa: «Nosotros pescamos en nuestro lado, vosotros pescáis en vuestro lado, y en medio no pesca nadie» (von Weizsäcker et al., 1997). El famoso discurso del jefe indio Seattle, probablemente escrito por un autor anónimo con ideas de los indios, es todo un canto a la conservación de la naturaleza y una advertencia de las consecuencias de la ruptura de la trama de la vida. En la edad media, era común el aprovechamiento comunitario de los bosques. Fueron los alemanes quienes, una vez descubierto el carbón, utilizaron criterios sostenibles para la extracción de madera de los bosques (von Weizsäcker et al., 1997).

Dejando a un lado las advertencias de Malthus acerca de la inseguridad alimentaria mundial de no controlarse el crecimiento demográfico y las de otros autores clásicos como Ricardo, Mill, Marx, Jevons, etc., sobre la existencia de límites a la explotación de los recursos naturales, los antecedentes más recientes de la sostenibilidad hay que buscarlos en la llamada de atención que supuso el Primer Informe del Club de Roma, sobre la inviabilidad del crecimiento económico continuo. Tras la publicación, en 1971, de este informe titulado *Los límites del crecimiento*, en el cual se propuso el modelo de crecimiento cero, se generó un contexto en el que se buscaba conciliar la economía con la conservación medioambiental. De esta manera apareció el concepto de *ecodesarrollo*, propuesto por Maurice Strong en el seno de una

reunión del consejo de administración del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y, más tarde, elaborado y difundido por Sach. Dicho concepto ya apuntaba objetivos sociales de redistribución de la riqueza, la aceptación de limitaciones ecológicas al crecimiento para alcanzar una solidaridad diacrónica y la búsqueda de un sistema económico más eficiente (Sach, 1991).

La introducción del término de *sustentabilidad* se hizo en la declaración de Cocoyot, con motivo de una reunión celebrada por Naciones Unidas en México en 1974, y fue asumida en la publicación de la *Estrategia Mundial de la Conservación* de la UICN (Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza), en 1980. La concreción, desarrollo y difusión a escala mundial del concepto de *desarrollo sostenible* lo realizó la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD 1986). Su raíz latina proviene de *sustinere* que significa «sostener, mantener, sustentar», aunque la influencia del vocablo inglés *sustainable* añade a estos significados otros como «soportar y tolerar», de ahí que se haya impuesto el epíteto de «sostenible», en lugar de «sustentable».

La definición que figura en el Informe Brundtland, elaborado por la citada Comisión, es la siguiente: «[...] es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.» El significado de desarrollo sostenible parece ser el de un desarrollo viable en el tiempo cuya condición esencial es que las capacidades del sistema socioeconómico no mengüen y puedan estar a disposición de las generaciones venideras. Las capacidades del sistema se ven determinadas por «las limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las limitaciones humanas». Parece, por lo tanto, que dichas capacidades están limitadas tanto por el desarrollo tecnológico e institucional como por los ecosistemas. Estas dos ideas se reflejan en otros puntos del informe. «La capacidad de una generación para desarrollarse depende de que la explotación de recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes y acrecientan el potencial actual y futuro para satisfacer necesidades y aspiraciones.»

En definitiva, la ambigüedad de la noción de *desarrollo sostenible* reside en que, al mismo tiempo que se acepta la existencia de límites a los modos de vida que no sean compatibles con los principios ecológicos, se mantiene la creencia en el crecimiento o desarrollo (en el citado informe no se hace diferencia entre ambos términos) para satisfacer las necesidades humanas. A ella se añade la indefinición del concepto de *necesidad*. No es de extrañar que, a raíz de su divulgación mundial, se hayan originado interpretaciones contrapuestas, bajo las cuales subyacen paradigmas y concepciones ideológicas distintos. Para empezar, desde posiciones económicas ortodoxas, fue introducido hace tiempo el concepto de *crecimiento sostenido* para designar el crecimiento constante (Naredo, 1996), expresión que últimamente se ha trans-

formado en otra un tanto camaleónica: desarrollo sostenido, muy citada por políticos y economistas, que no es más que un eufemismo de la noción de *crecimiento económico continuo* (Riechmann, 1995). El concepto de *desarrollo sostenido* fue matizado en la Conferencia sobre Población de El Cairo del año 1994 (ONU, 1995), con el fin de resaltar que un país no podía desarrollarse económicamente sin poner freno al crecimiento demográfico.

Centrándonos en el concepto de *sostenibilidad*, se han desarrollado dos versiones del mismo: sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte (Norton 1995). La primera se ubica, al igual que el concepto de *desarrollo sostenido*, dentro del paradigma de la economía estándar, mientras que la segunda ha sido formulada por un puñado de economistas heterodoxos, vinculados a la termodinámica y a la ecología (Naredo, 1996).

Sostenibilidad débil

La *sostenibilidad débil* es un concepto tan genérico que puede definirse como «la viabilidad de un sistema socioeconómico en el tiempo». Esta viabilidad se consigue manteniendo el capital global (las capacidades en términos del informe Brundtland), generación tras generación, siendo este capital global el resultado de otros dos: el capital natural y el capital de formación humana. El *capital natural* es un concepto utilizado por los economistas para designar el *stock* responsable del flujo de recursos naturales que entra en una sociedad (Daly, 1992): el bosque que produce el flujo de madera, por ejemplo. Una versión más amplia del mismo incluye los servicios y funciones básicas que presta la naturaleza a las sociedades humanas (Costanza, 1992, Jiménez Herrero, 1998), como es el caso de la asimilación de un cierto flujo de desechos por parte de los ecosistemas. El capital de formación humana hace referencia a la disponibilidad de capital monetario, tecnología, personal formado, etc.

Desde la óptica de la sostenibilidad débil no se ve ningún tipo de incompatibilidad entre crecimiento económico y conservación del capital natural. Para eludir esta incompatibilidad que supone perseguir ambos objetivos a la vez, conservación y crecimiento, se admite que los recursos que se agotan pueden ser sustituidos ilimitadamente siempre y cuando la tecnología evolucione (Mas-Colell, 1994). Pero como dice Pérez Adán (1997), esta propuesta del liberalismo económico descansa en buena medida en la fe que no en la razón, descansa en la creencia de que el intelecto humano siempre hallará las soluciones tecnológicas apropiadas.

El principio de sustituibilidad es parcialmente cierto en el caso de que queramos sustituir un recurso por otro que realice la misma función o en el caso de la sustitución de trabajo por capital. La fibra de algodón puede ser sustituida por la fibra sintética para la fabricación de ropa y una plantilla de cien trabajadores puede ser sustituida en parte por tecnología o viceversa. Pero, a la postre, la idea de sustitución del capital natural por capital de forma-

ción humana es esencialmente incorrecta (Daly, 1992): numerosos y modernos aserraderos no podrían sustituir la escasez de madera si ésta se acabase o la mejor flota pesquera sería incapaz de sustituir los caladeros agotados. La insuficiencia del principio de sustituibilidad es más notoria aún para el caso de la contaminación. Basta pensar en cómo sustituir, mediante la técnica y la inversión, la capacidad autodepuradora y recicladora de la naturaleza. En última instancia, el economicismo actual pretende cumplir el ideal baconiano de dominar la naturaleza, hasta el punto de sustituir los procesos de autorregulación naturales por formas de domesticación de la naturaleza. Olvida, sin embargo, que las sociedades tienen una dependencia obligada de los ecosistemas y es esta relación de dependencia la que invalida el principio de sustituibilidad.

Hasta ahora el factor limitante del desarrollo ha sido el capital de formación humana, dado que el capital natural era inmenso, pero ahora, en un «mundo lleno», el factor limitante de la economía comienza a ser el capital natural (Daly, 1992). Si ambos fueran sustituibles entre sí, no habría limitación alguna para el crecimiento; éste es el dogma central de la economía estándar. Representantes de la misma, como Solow (1991), galardonado con el Premio Nobel en 1987 por sus trabajos sobre crecimiento económico, son partidarios de esta posición reduccionista, manteniendo que lo importante es la conservación del *stock* de capital global. De esta manera no importa que el capital natural se deteriore, puesto que una inversión siempre lo puede llegar a recuperar. Esta creencia en la reversibilidad de los procesos naturales es propia del mecanicismo (Prigogine y Stengers, 1979).

No sólo no es incompatible el crecimiento económico con la salud medioambiental sino que es conveniente para la misma; es el mejor medio de recuperar la naturaleza deteriorada (Mas-Colell, 1994). Así contemplan los economistas neoliberales, como Mas-Colell y Solow, las mejoras locales llevadas a cabo en los países desarrollados en cuanto a la calidad del agua, tratamiento de residuos, etc. Consecuentemente, creen que el deterioro medioambiental es propio hoy en día de los países subdesarrollados. La solución, por lo tanto, es exportar el desarrollo a otros países para que se invierta la tendencia hacia el deterioro del medio natural.

El concepto de *medio ambiente* que se maneja implícitamente es antisistémico. Tras las indudables mejoras locales que ha habido en los países occidentales, se olvida que existen problemas globales, como el del agotamiento de ciertos recursos, el incremento del efecto invernadero, el deterioro de la capa de ozono, los residuos radiactivos, la deforestación, la extinción de especies, entre otros, cuya responsabilidad recae fundamentalmente en los países desarrollados. El subdesarrollo, el crecimiento demográfico y el desarraigo cultural son causas de ciertos problemas medioambientales, pero ha sido el crecimiento experimentado a raíz de la revolución industrial la causa principal de la crisis ecológica actual y, en cierta medida, también del subdesarrollo (Pérez Adán, 1996).

Por otra parte, el sistema económico se ha concebido siempre desde las posiciones ortodoxas como un sistema aislado de su entorno, metafóricamente hablando, como si el sistema circulatorio del cuerpo humano no tuviera vinculación alguna con el digestivo y el excretor (Daly, 1994). A raíz, sin embargo, de la aparición de problemas medioambientales cuyo coste frecuentemente recae sobre ciudadanos que no los han causado (externalidades, en términos económicos), se admite que hay que proceder a la internalización de esos costes en las cuentas económicas. Un problema añadido es cómo debe valorarse monetariamente el medio ambiente natural de modo que el mercado no se resienta y que aquél pueda mejorarse. La economía actual adopta una posición antropocéntrica: es el ser humano el que da valor a la naturaleza y al medio ambiente (Azqueta, 1994). Como se puede apreciar, hay una vinculación íntima entre el problema de la valoración medioambiental y el principio de sustituibilidad: para que el capital humano (inversión) pueda sustituir el capital natural hace falta monetarizar el medio ambiente. Compartimos la idea de Martínez Alier y Schlüpmann (1991) de que el medio ambiente es inconmensurable en términos monetarios, no solamente porque se dan en él procesos de un valor vital y ecológico insustituibles, sino también porque las futuras generaciones –que son quienes van a heredar el capital natural– no pueden participar en el juego de la valoración a través de la oferta y de la demanda.

Resumiendo, la concepción de *sostenibilidad débil* se ubica en la órbita del paradigma mecanicista y reduccionista, propio de la economía actual, y reposa en una supeditación de la conservación de la naturaleza al crecimiento económico.

Sostenibilidad fuerte

Frente a esta idea ha surgido la de sostenibilidad fuerte. Se puede definir como la viabilidad de la relación que mantiene un sistema socioeconómico con un ecosistema (Naredo, 1994). En esta definición, el énfasis se pone en la interacción entre estos dos sistemas dinámicos, teniendo en cuenta que el sistema socioeconómico es *dependiente* del ecosistema en el sentido de que éste podría funcionar autónomamente, mientras que aquél no lo podría hacer sin el ecosistema. La interacción consiste en una permanente coadaptación. Mientras las sociedades se abastecen de recursos y expulsan sus desechos, los ecosistemas sufren cambios y se reajustan; a menudo tales cambios se vuelven contra el hombre en forma de problemas ambientales que obligan a modificaciones tecnológicas, económicas y sociales; así mismo, una serie de eventos naturales condicionan los asentamientos y actividades humanas. El atributo «sostenible» es propio de esta interacción establecida entre ambos sistemas (Fig.1), pero no lo es de cualquiera de los dos por separado. Ahora bien, podemos utilizar expresiones tales como *actividad sostenible*, *desarrollo sostenible*, *sistema sostenible*, cuando se sobreentiende que la relación entre ambos sistemas es sostenible.

La sostenibilidad así definida es la condición necesaria para la viabilidad en el tiempo de un sistema socioeco-

nómico, aunque, desde luego, no es suficiente. En la misma intervienen otros factores que también inciden en su evolución: el tipo de economía, la organización científico-tecnológica, los problemas sociales, las relaciones con otras naciones, etc. Ahora bien, la sostenibilidad fuerte impone una condición acerca de la naturaleza del sistema socioeconómico: ni el sistema económico ni el poblacional pueden mantener un crecimiento continuo. Hechos, como los problemas medioambientales globales y razones que expondremos más adelante avalan dicha proposición. Así mismo, creemos que es incompatible con la globalización de la economía. Si mantene-mos que la sostenibilidad es la perdurabilidad de la relación de cada sistema socioeconómico con su ecosistema, la única forma de garantizarla es que se regionalice la economía, que se formen procedimientos de autorregulación en cuanto al consumo de recursos y a la producción de desechos a escala local, aunque ello no es óbice para que existan instituciones internacionales que regulen los problemas de calado transnacional como, por ejemplo la contaminación de la atmósfera y de los mares. Se precisa construir una economía ecológica, centrada en la utilización de los recursos locales y alimentada primordialmente por energía solar (Carpintero, 1999), lo cual no implica que sea cerrada, pues los excedentes permitirán establecer intercambios entre regiones, sino que ajusta sus dimensiones a las del ecosistema del cual depende, por lo que habrá no sólo un tipo de desarrollo sostenible sino una diversidad de evoluciones sostenibles.

El llamado capital natural no es sustituible por ningún tipo de capital humano, antes bien son complementarios (Daly, 1992), ambos intervienen en la evolución de una sociedad. Frente a la idea baconiana de dominio de la naturaleza hay que reconocer nuestra dependencia de la misma y la posibilidad de mantener relaciones sostenibles. El concepto de *medio ambiente* que subyace a esta concepción de sostenibilidad es sistémico y global. El sistema socioeconómico se encuentra integrado en el ecosistema, es un sistema abierto, continuamente está entrando materia y energía (recursos) en él y saliendo desechos; la viabilidad de esta interacción depende del mantenimiento de los procesos del ecosistema. En última instancia en el planeta hay un ecosistema global, la ecosfera –no hay mejor metáfora para expresar esto que la de considerar la Tierra como una nave espacial (Boulding, 1966)– y, como señala Jiménez Herrero (1998), hay que garantizar una sostenibilidad global además de las sostenibilidades locales. Al propio tiempo, se admite que determinados procesos y recursos naturales no son reducibles a términos monetarios; constituyen bienes invaluable y comunales que han de ser protegidos para las generaciones futuras.

El concepto de *sostenibilidad fuerte* es un ideal y también una utopía. En la actualidad no se puede llevar a cabo porque estamos en una economía con presupuestos de crecimiento ilimitado, pero es posible comenzar a diseñar economías guiadas por principios derivados de la sostenibilidad fuerte y realizar proyectos concretos que, aunque enmarcados en la economía actual, se acerquen al ideal de sostenibilidad.

Tabla I
Diferencias entre sostenibilidad fuerte y débil.

| SOSTENIBILIDAD DÉBIL | SOSTENIBILIDAD FUERTE |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| – Concepto más antropocéntrico (tecnocéntrico) que ecocéntrico | – Concepto más ecocéntrico que antropocéntrico. |
| – Concepto mecanicista | – Concepto sistémico |
| – Sostenibilidad sinónimo de viabilidad del sistema socioeconómico | – Sostenibilidad: relación viable entre el sistema socioeconómico y el ecosistema |
| – Sostenibilidad compatible con crecimiento | – Sostenibilidad incompatible con crecimiento |
| – Capital natural sustituible por capital humano. Constancia del capital total | – Capital natural complementario del (no sustituible por) capital humano. Constancia del capital natural |
| – La sustituibilidad exige monetarizar el medio natural | – Muchos recursos, procesos y servicios naturales son inconmensurables monetariamente |
| – Creencia en un desarrollo sostenible, que en realidad es sostenido. | – Diversas evoluciones sostenibles (históricamente han existido) |
| – Medio ambiente localista | – Medio ambiente global y sistémico |

Sostenibilidad integral

A raíz de la Cumbre de Río (ONU, 1993), emergieron dos interpretaciones ideológicas del concepto de *desarrollo sostenible*, la de los países ricos y la de los pobres. El resultado fue la construcción de una nueva versión del concepto de sostenibilidad –podríamos denominarla sostenibilidad integral–. Se trata de diferenciar tres tipos de sostenibilidad: ecológica, social y económica. Aunque hay varias interpretaciones y matices del concepto de *sostenibilidad integral*, algunos autores consideran que tales tipos de sostenibilidad constituirían tres dimensiones irreductibles de un único concepto de sostenibilidad (Jiménez Herrero, 1998). La sostenibilidad ecológica se identifica con la sostenibilidad fuerte, ya que asume el principio de complementaridad y la incompatibilidad entre crecimiento y naturaleza. El concepto de *sostenibilidad social* se introduce para pedir una solidaridad intrageneracional, en términos de justicia distributiva, que complemente la solidaridad intergeneracional que explícitamente se demanda en la formulación de desarrollo sostenible de la Comisión Brundtland. Así mismo, se enfatiza que esta sostenibilidad social no se puede conseguir sin cambios en la política económica.

La idea de una sostenibilidad integral, compleja, puede ser asumida por nosotros, siempre y cuando se interprete en los términos anteriores, y se defina y justifique mejor. Por el momento lo creemos innecesario por los siguientes motivos. En primer lugar, el concepto de *sostenibilidad fuerte* ya posee implicaciones socioeconómicas importantes. La búsqueda de una equidad mediante un acercamiento del volumen económico de los países pobres a los ricos, como preconiza el informe Brundtland

y algunas interpretaciones surgidas de Río, es ecológicamente imposible (Goodland, 1992, Daly, 1992). Desde la posición que venimos defendiendo, la equidad, por el contrario, sólo puede hacerse deteniendo y disminuyendo el crecimiento económico de los países ricos (Tinbergen y Hueting, 1992). Simultáneamente se precisa que la población humana decrezca, y no solamente la de los países pobres –es un error creer que el problema demográfico es cuestión de los países subdesarrollados– sino también la de aquellos países ricos donde haya una densidad de habitantes que no se corresponda con las potencialidades de sus ecosistemas. Por otra parte, aunque la idea de *sostenibilidad* no implica ningún tipo de organización social determinada, sin embargo, al abogar por la regionalización de los sistemas socioeconómicos, puede potenciar los sistemas de control democráticos. En segundo lugar, mediante la diferenciación de estos tres tipos de sostenibilidad, parece que se busca construir un concepto transdisciplinar, el de *sostenibilidad integral*. Pero la formulación de un concepto tan genérico de *sostenibilidad* no añade nada al ya existente de *viabilidad* y, por el contrario, puede introducir confusión, dado que los procesos implicados en una relación sostenible «ecológica o fuerte» son diferentes a los procesos que tienen lugar entre subsistemas sociales o económicos y puede promover la vulgarización del concepto –ya se habla de sostenibilidad o insostenibilidad familiar, militar, empresarial, etc.–. En tercer lugar, y en relación con lo dicho, creemos que el concepto de *sostenibilidad* que venimos manejando es compatible con muchos tipos de organizaciones sociales y económicas, diferentes al occidental, por lo que puede haber –y de hecho los ha habido– muchos tipos de evoluciones sociales sostenibles. Si definiéramos *desarrollo sostenible*

como aquél en el que se cumplen la sostenibilidad ecológica, económica y social, no haríamos otra cosa que juzgar según nuestros cánones la organización de otras sociedades y serían pocas, seguramente, las que pasarían por ser sostenibles.

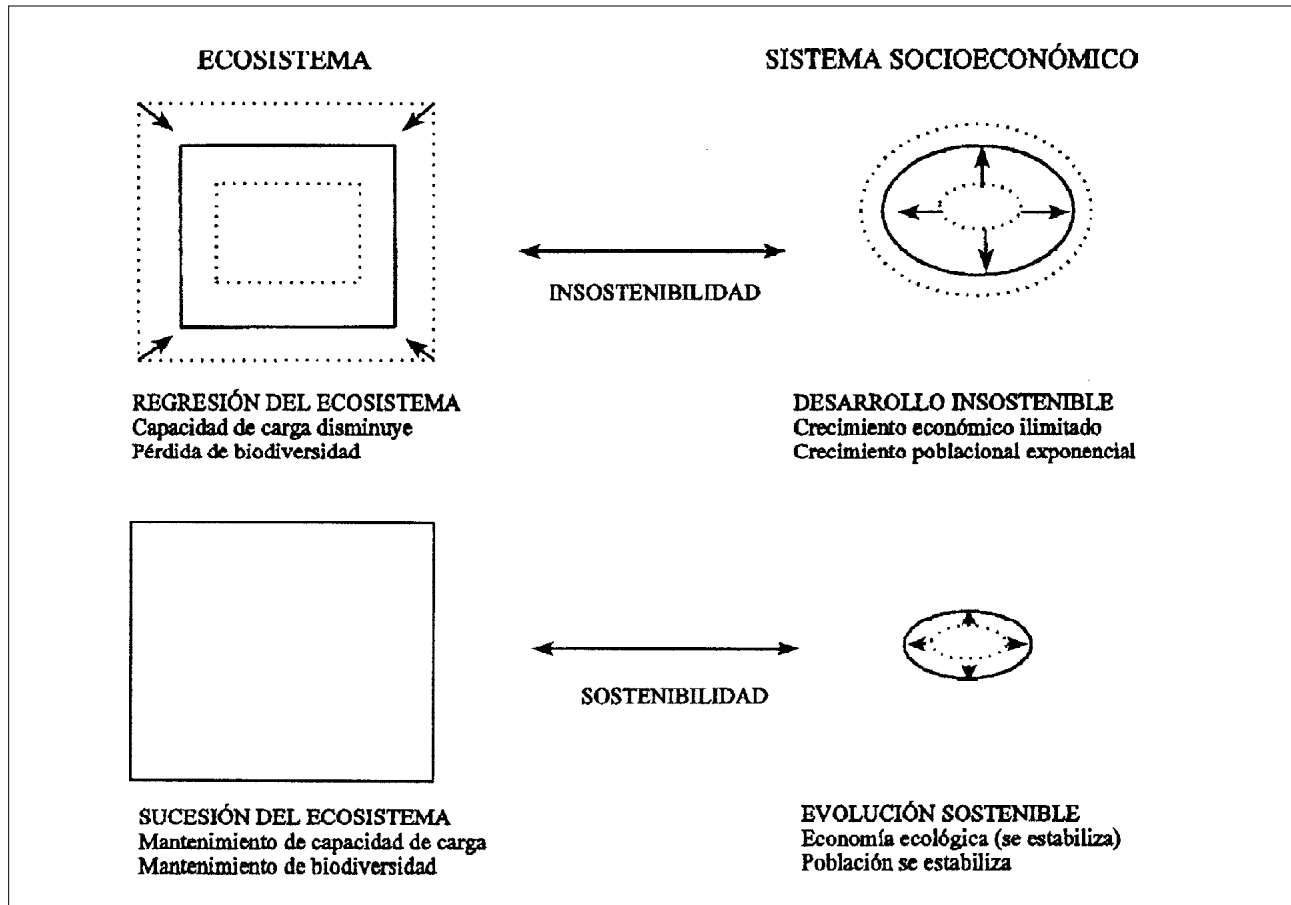
Capacidad de carga y sostenibilidad

Se ha definido la condición de sostenibilidad como «el mantenimiento de la capacidad de carga del ecosistema en el transcurso de la relación entre una sociedad y el ecosistema» (UICN-PNUMA-WWF, 1991; Riechmann, 1995). La capacidad de carga es la capacidad que posee un ecosistema para mantener una población. Su medida se realiza estimando el número máximo de individuos (o la biomasa) de una población que puede soportar un ecosistema en el tiempo. Se puede extrapolar el concepto para el total de poblaciones que mantiene el ecosistema y, entonces, hablaríamos de capacidad de carga global del ecosistema. Es precisamente este concepto el que manejan los autores citados.

El índice más adecuado para medir la capacidad de carga global de un ecosistema o territorio es la biodiversidad. Desgraciadamente el progreso cuantitativo experimentado por los países desarrollados y su extensión a otras áreas del mundo ha ido paralelo a la disminución de la capacidad de carga de los ecosistemas y a la pérdida de su biodiversidad. Hoy la mayoría de los ecosistemas están en regresión debido a la destrucción de hábitats, sobreexplotación y contaminación.

Hasta épocas recientes, las sociedades humanas han utilizado la ecosfera sin provocar en ella impactos de carácter global, pero en las últimas décadas están apareciendo una serie de problemas ambientales globales que certifican el paulatino deterioro de los procesos biosféricos. ¿Cuál es la capacidad de carga óptima de la ecosfera para la especie humana? Por ahora nos es desconocida, pero sabemos dos cosas: que ha sido, o lo está siendo, sobrepasada (Goodland, 1992), y que ello se debe no sólo al incremento de población sino al nivel de consumo excesivo de un tercio de la humanidad. Se ha calculado que la espe-

Figura 1
Atributos del ecosistema, del sistema socioeconómico y de su interacción. Las figuras de trazo continuo indican el presente, las de trazo discontinuo el pasado o el futuro.



cie humana consume el 40% de la producción neta vegetal continental (Vitousek et al., 1986), lo cual evidentemente es insostenible.

Conocer en qué medida han contribuido y contribuyen los países y pueblos a esta regresión es muy importante para llegar al origen de los problemas ambientales, asignar responsabilidades y presentar alternativas. Sabido es que mientras, para el resto de las especies, la carga que soporta el territorio depende de su densidad, en el caso del hombre, también depende de su tecnología y actividades, ligadas a abastecerse de recursos y a expulsar residuos. El impacto ambiental que produce un individuo es muy dispar dependiendo de su nivel de vida y de las actividades que realice. La traducción del volumen de recursos y residuos (impacto ambiental), en el área territorial necesaria para producirlos y acogerlos, proporciona un nuevo concepto, denominado *huella ecológica*, que permite realizar comparaciones entre los distintos habitantes del planeta. Así, por ejemplo, se ha llegado a saber que un norteamericano necesita y ocupa, como consecuencia de su consumo, una superficie tres veces mayor que la que equitativamente le correspondería por ser habitante de este planeta (Carpintero, 1999). Así mismo, se puede comprobar que la sostenibilidad de muchos de los países desarrollados se logra a costa de importar la sostenibilidad de otros territorios. Los holandeses necesitarían un país diecinueve veces mayor para autoabastecerse, lo cual indica que Holanda es un país con déficit ecológico, es decir que, de hecho, sus habitantes se apropian de una capacidad de carga diecinueve veces mayor que la que les proporciona su propio territorio (Carpintero, 1999).

Podemos definir ahora con más precisión el concepto de *sostenibilidad fuerte* como la «viabilidad de la interacción compleja entre dos sistemas dinámicos, el socioeconómico y el ecosistema (Costanza, 1992), de modo que, al mismo tiempo que se produce cierto desarrollo socioeconómico (cuantitativo hasta cierto nivel y luego cualitativo) para satisfacer algunas necesidades humanas, se preserve la capacidad de carga global del ecosistema para seguir siendo fuente de recursos y sumidero de residuos (Goodland, 1993) y se mantenga su complejidad y funcionamiento» (Fig. 1). Dado que la expresión de *desarrollo sostenible* se está asociando cada vez más a un crecimiento sostenido –éste es el uso público que hacen de ella algunos partidos políticos–, y que el concepto de *desarrollo* es de naturaleza lineal y finalista, proponemos el concepto de *evolución sostenible* para referirnos a la experimentada por toda sociedad que cumpla el requisito de la sostenibilidad (Fig. 1).

Éstas son las variantes conceptuales que se han desarrollado del concepto de *sostenibilidad*. Hemos intentado argumentar en favor del concepto de *sostenibilidad fuerte*, pero todavía es pronto para cerrar el debate. El concepto está en plena evolución y durante cierto tiempo convivirán diversas concepciones. La selección de una variante u otra no dependerá sólo de criterios científicos sino también extracientíficos, en concreto, ideológicos, que responden a intereses económicos y políticos.

PRINCIPIOS OPERATIVOS DE SOSTENIBILIDAD

A partir de la definición anterior puede realizarse una formulación más operativa del concepto de *sostenibilidad fuerte*. Se encuentra especificada en seis principios (Daly, 1990) de carácter regulador de las actividades humanas que habrán de ser normativos algún día si se quiere garantizar la sostenibilidad. Dos de ellos están relacionados con la utilización de los recursos naturales dependiendo o no de que sean renovables, otros dos poseen relación con el tipo de contaminación, pues se definen en virtud de si los contaminantes son reciclables por la naturaleza o no lo son y, por último, hay dos principios de carácter más general.

Para los recursos que son potencialmente renovables, como el agua, las especies, el suelo, etc., el principio operativo enuncia que la tasa de explotación debe ser similar o menor a la tasa de regeneración de estos recursos. Para aquellos recursos que tienen un *stock* limitado (petróleo, carbón) y que no se regeneran ni son reciclables, el principio afirma que, a medida que se gasten, deben ser sustituidos por recursos renovables que puedan reemplazarlos; por ejemplo, el petróleo por energía solar. Los no renovables pero reutilizables o reciclables por el hombre pueden recuperarse parcialmente, disminuyendo así las tasas de extracción y de dispersión de residuos.

Con relación a la contaminación, hay un principio para aquellos contaminantes que pueden ser biodegradados y reintegrados en los ciclos de materia que señala que la tasa de emisión de contaminantes debe ser igual o menor a la tasa de asimilación de los mismos para evitar su acumulación. Hay otro tipo de contaminación que ni es biodegradable, ni se reintegra a los ciclos de materia, por lo que se acumula inexorablemente y puede ser peligrosa para los seres humanos u otros organismos como, por ejemplo, algunos tipos de contaminación radiactiva y química. El principio de sostenibilidad indica que este tipo de contaminación debe ser eliminada, prohibiendo su emisión.

Estos principios se complementan con otros dos. Debe haber una selección de tecnologías según su eficiencia y, por último, debe aceptarse un principio general de precaución dada la complejidad de los procesos, interacciones y efectos que se producen, tanto naturalmente como debido a la intervención humana. Según el mismo, antes de realizar actuaciones y de poner en marcha tecnologías se debe minimizar la incertidumbre mediante estudios más detenidos. El principio de precaución supone un límite a los intentos de cuantificar y estandarizar la naturaleza, en concreto, al intento de valorarla monetariamente.

Los estudios sobre riesgos y evaluación del impacto ambiental hay que ubicarlos y mejorarlos siguiendo este principio. Se trata, en la medida de lo posible, no sólo de anticiparse a los cambios y prevenir las consecuencias, sino de generar una estrategia adaptativa (Jiménez Herrero, 1997) que tenga en cuenta la dinámica tanto del ecosistema como del sistema socioeconómico.

EL PROFUNDO SIGNIFICADO DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

Los principios operativos de Daly no reflejan otra cosa sino los límites prácticos a nuestra utilización de los ecosistemas y los epistemológicos acerca de nuestro conocimiento de los mismos.

Tanto el organismo humano como la sociedad son dos ejemplos de sistemas abiertos que continuamente han de introducir recursos de los ecosistemas produciendo desechos que son expulsados a los mismos. ¿Por qué se gastan los recursos? ¿Por qué se producen desechos? ¿Por qué la solución a ambos problemas no puede pasar por reciclar los desechos volviéndolos a utilizar como recursos? Las respuestas a estos interrogantes hay que buscarlas en el segundo principio de la termodinámica. Aunque la energía ni se crea ni se destruye cuantitativamente (primer principio); sin embargo, sí está sometida a un cambio de calidad permanentemente (segundo principio o principio del aumento de entropía). En los procesos del universo, la energía de alta calidad (baja en entropía) se transforma en energía de baja calidad (elevada entropía); la energía concentrada, en energía dispersa; la energía disponible para realizar trabajo, en energía no disponible para lo mismo. La energía química contenida en los alimentos que ingerimos y asimilamos se transforma en el metabolismo en calor disperso, que ya no es aprovechable.

En cierta medida, también la materia, en el curso de sus transformaciones, sufre cierto grado de dispersión (Georgescu-Roegen, 1971). Cuando un profesor utiliza su tiza, de ella salen millones de partículas que se dispersan. A diferencia de la energía, que una vez transformada en calor disperso no se puede reutilizar, la materia sí es reciclable, aunque sólo en cierta proporción y a costa de producir un gasto de energía añadido y, por ende, un incremento de entropía. En el ejemplo anterior, sería posible hacer nuevas tizas a partir de una parte del polvo de tiza disperso.

Los seres vivos y los sistemas socioeconómicos se mantienen introduciendo continuamente energía y materia de baja entropía (recursos energéticos y materiales) y

devolviéndolas al entorno en formas de alta entropía (contaminación energética y material) (Fig. 2). De esta manera pueden constituirse en sistemas con cierto orden, con un grado de entropía compatible con la vida y su funcionamiento. Si dejaran de introducir recursos o de exportar los desechos, la entropía crecería y acabaría con ellos.

La sociedad industrial aceleró la circulación de energía y de materia en las sociedades con la utilización de las energías fósiles. Ello ha permitido hacer evolucionar a las sociedades adquiriendo mayor dimensión y complejidad, pero, paralelamente, también se ha acelerado la producción de entropía. Esta entropía está afectando a la organización de la biosfera y de algunas sociedades, en forma de pérdida de diversidad biológica y cultural.

Las respuestas a las preguntas anteriores son ahora obvias. Debido a que estamos en un universo entrópico, los recursos se gastan y se transforman en desechos, los desechos materiales pueden volver a reciclarse como recursos materiales pero a costa de un gasto energético y con una eficiencia limitada. Por estos motivos, el planeta Tierra, que es un sistema materialmente cerrado, no puede soportar el crecimiento económico mundial (Boulding, 1966; Georgescu-Roegen, 1971; Passet, 1996).

Algunos de los principios de Daly tienen que ver con estas limitaciones prácticas y tecnológicas que derivan del segundo principio (Fig. 3). Los principios de sostenibilidad aplicados a los recursos guardan relación con las limitaciones impuestas, por el segundo principio a la utilización de la energía y de la materia, mientras que los aplicados a la contaminación tienen también relación con el citado principio en tanto en cuanto la contaminación es, por una parte, inevitable y, por otra, más allá de ciertos límites degrada la vida. Los principios de Daly constituyen principios reguladores para que estos procesos inevitables de incremento de entropía sean compatibles con el mantenimiento de la organización de la vida y de las sociedades humanas.

El principio de selección de tecnologías eficientes puede ser incluido dentro de este grupo, ya que sabemos desde Carnot que el segundo principio limita la posibilidad de

Figura 2
Los seres vivos y las sociedades constituyen sistemas abiertos.

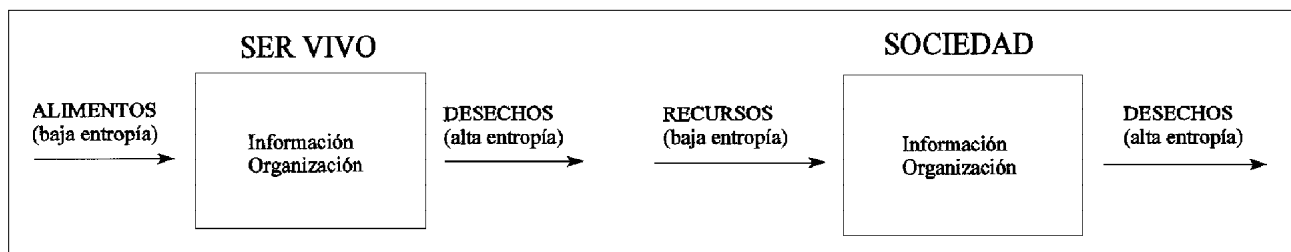
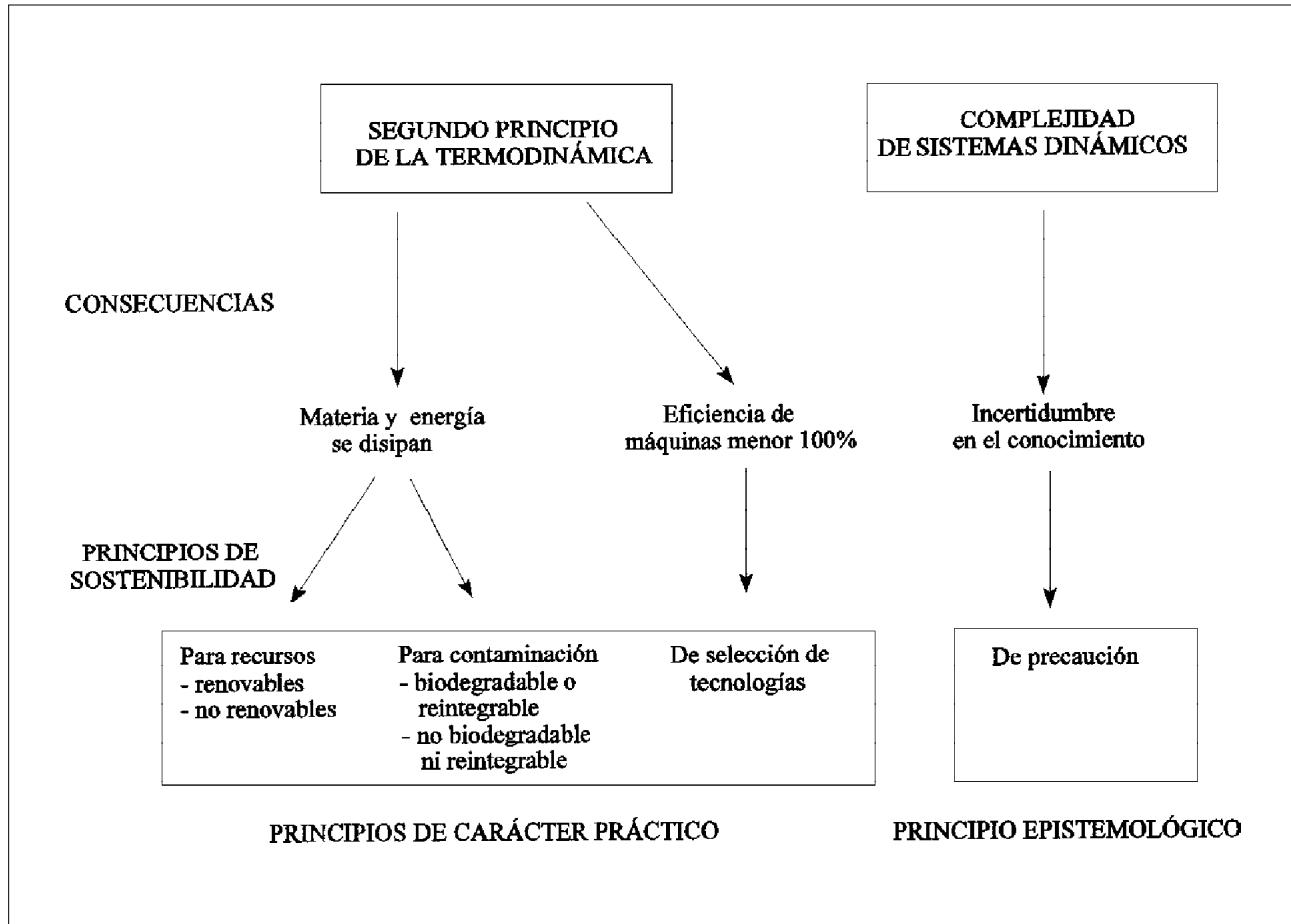


Figura 3
Relación entre el 2º principio y la complejidad de sistemas con la sostenibilidad.



obtener una eficiencia energética del 100 %. Por eso se propone que aquellas tecnologías que sean más eficientes se potencien frente a otras que lo sean menos (Fig. 3). Sin embargo, el principio de precaución posee un carácter distinto. Deriva de nuestras limitaciones epistemológicas con relación al conocimiento de los sistemas complejos. El estudio de la complejidad abarca tanto sistemas que poseen numerosas variables como sistemas de pocas variables pero que se encuentran en una relación no lineal. El conocimiento obtenido de dichos sistemas no está exento de incertidumbre, por lo que las predicciones a largo plazo no tienen garantía alguna de cumplirse y, en consecuencia, el control sobre este tipo de procesos es insuficiente (O'Connor, 1994; Luffiego et al., 1994).

A la luz del análisis anterior podemos proponer otra definición de sostenibilidad fuerte de carácter más sistémico: aquella relación entre un sistema socioeconómico y un ecosistema cuya generación de entropía sea compatible con el mantenimiento de dicha relación en el tiempo. Una formulación más general, como una interacción entre dos sistemas en los que se genera una entropía

compatible con dicha interacción, permitiría elevar el concepto de *sostenibilidad* a la categoría de transdisciplinar y de esta manera justificar su empleo en el ámbito social y económico. Sin embargo, falta profundizar en el significado de entropía en estos contextos.

INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA

Sería propio de una postura mecanicista pretender realizar un cambio en una perspectiva mundial mediante la toma de conciencia individual de los problemas medioambientales y la asunción del concepto de *sostenibilidad*. La suma de los cambios individuales no produce el cambio general necesario. Ahora bien, pensamos que la escuela es un ámbito importante desde donde puede contribuirse a la generación de una cultura y, por lo tanto, de una demanda de cambio hacia la sostenibilidad.

Hasta el presente se ha fomentado la formación de capital humano con el fin de explotar el capital natural para progresar y crecer. Ahora, dado que es el capital natural el que se está convirtiendo en el factor limitante del crecimiento, la tarea es formar personas con conciencia de los límites, y que conozcan que hay otra manera de relación con el sistema natural, una relación que sea sostenible. Disponemos de muchos ejemplos de culturas que han sabido «pisar suavemente» la Tierra (Shiva, 1991), y que podrían ser estudiados para aprender de ellos. Desgraciadamente, estos pueblos están desapareciendo y con ellos una sabiduría acumulada a lo largo de cientos o miles de años.

Aunque la idea prevaleciente en educación ambiental es la de que el estudio del medio ambiente no ha de considerarse como una disciplina y debe abordarse transversalmente (UNESCO, 1980), idea que fue asumida por la reforma educativa experimentada en nuestro país, lo cierto es que, más allá de experiencias aisladas, la transversalidad no se ejercita, quizá por lo complicado que resulta la formación de equipos estables en los centros escolares o por la que entraña construir un conocimiento integrado. De cualquier manera, existen materias desde las que se puede introducir y trabajar el concepto de *sostenibilidad*, tanto en primaria como en secundaria: conocimiento del medio, ciencias naturales, biología,

Tabla II
Introducción de conceptos, actividades y cambios actitudinales en la enseñanza.

| | Contenidos conceptuales | Investigaciones y actividades | Cambios actitudinales |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Enseñanza Primaria</i> (Fig. 4) | Dependencia personal y social de los ecosistemas Ecosistema descriptivo Cadenas tróficas Alimento Recursos y sus tipos | ¿Cuál es el origen de alimentos, agua, materiales? ¿Cuál es el destino de las aguas sucias, basuras? ¿Cuánta agua y electricidad gastamos? Compara el gasto con el de otros países. Compara el consumo actual con el de los ancianos del lugar. | Cambio hacia un modo de vida sostenible Valoración cualitativa de los servicios de la naturaleza y de la sociedad |
| <i>ESO</i> (Fig. 5) | Sostenibilidad (implicaciones prácticas) Impactos, problemas ambientales Ecosistemas, redes tróficas Fotosíntesis, biomasa, producción Población Capacidad de carga, otros límites Producción industrial, consumo | ¿Cuántas vacas puede mantener un prado? ¿Cómo puede explotarse un acuífero sin agotarlo? ¿Qué problemas ambientales pueden hacer que una sociedad fracase? ¿Por qué la producción económica no puede crecer ilimitadamente? ¿Puede seguir creciendo la población humana? | Valoración crítica de decisiones tecnológicas. Mostrar propuestas puntuales alternativas basadas en la sostenibilidad |
| <i>Bachillerato</i> (Fig. 6) | Sostenibilidad, (implicaciones socioeconómicas e ideológicas) Desarrollo/Evolución sostenible 2º principio de termodinámica Sistemas complejos Factores limitantes del crecimiento, limitadas capacidades de recursos y de acogida, impactos ambientales. Principios operativos de sostenibilidad. Capital natural y humano, principio de sustituibilidad y de complementaridad y sostenibilidad débil y fuerte. Ley de la oferta y de la demanda, valoración de la naturaleza. Imposibilidad de un crecimiento continuo | ¿Por qué la solución al gasto de recursos y a la contaminación no puede pasar por reciclar los desechos volviéndolos a utilizar como recursos? ¿Cómo puede hacerse un plan de explotación sostenible de un bosque? ¿Y de un río acotado para pesca? ¿Crees que el deterioro del medio se arregla con dinero? ¿Cuáles son las causas más generales de la crisis ambiental? ¿Cuáles son las causas de la pérdida de biodiversidad? ¿Son las mismas que las que afectan a la diversidad cultural? ¿Cuál es la relación entre el concepto de <i>riesgo</i> y el principio de precaución? | Crítica de declaraciones y decisiones económicas y políticas Mostrar capacidad de iniciativa, mediante la elaboración de propuestas alternativas de carácter más general |

geología, geografía, historia, economía, química, física, ciencia-tecnología-sociedad, ética y ciencias de la Tierra y del medio ambiente, siendo esta última especialmente adecuada (Sequeiros, 1998).

Debemos dejar bien claro que comprender no es asumir. Asumir implica algo más que el estudio razonado de los conceptos, implica incorporar actitudes y, de alguna manera, nuevos criterios morales (Cobern, 1996). Por esta razón, el trabajo en el aula debe ser doble: por una parte, la interiorización desde edades infantiles de actitudes y comportamientos positivos hacia el medio ambiente; y, por otra, la comprensión paulatina de los conceptos ambientales, en general, y del concepto de *sostenibilidad*, en particular.

A continuación se van a proponer una serie de *criterios para introducir y trabajar el concepto de sostenibilidad* en la enseñanza primaria y secundaria. Estos criterios están planteados para ser aplicados desde cualquier modelo didáctico que el profesor utilice en el aula, aunque *si bien* es cierto que modelos de raíz constructivista, como los modelos investigativos, son más adecuados para la enseñanza de los componentes afectivos de los contenidos actitudinales frente a modelos de transmisión verbal, que resultan inadecuados. Hay que tener

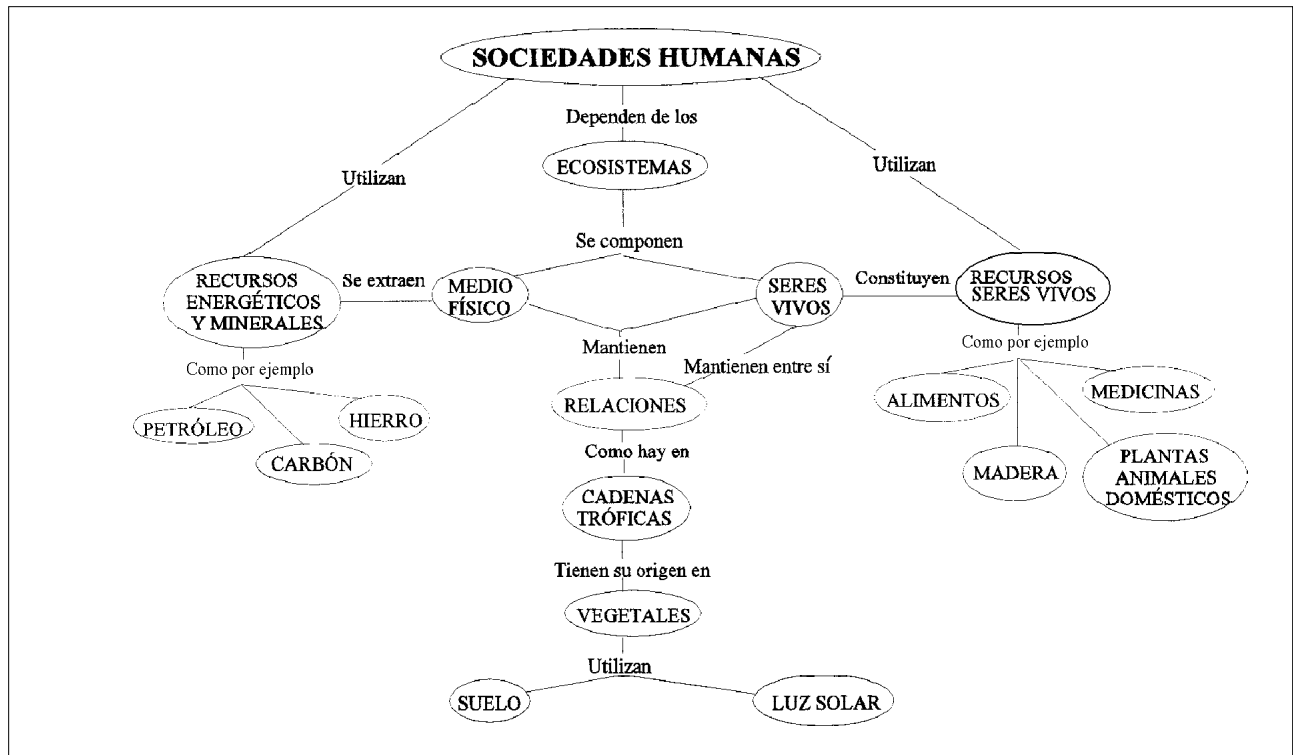
en cuenta que los contenidos necesarios para introducir la sostenibilidad en el aula son de tipo conceptual, pero también actitudinal y procedimental.

Criterios generales

1) Desarrollar actitudes positivas en favor del cuidado del medio próximo, escuela, casa, barrio, con iniciativas que puedan llevar a cabo los alumnos. Estas actitudes iniciales de cuidado del entorno se complementarán posteriormente con análisis críticos de impactos y problemas medioambientales, de declaraciones de personajes públicos y de documentos elaborados por las distintas conferencias (Sequeiros, 1998).

2) La introducción de conceptos debe hacerse teniendo en cuenta que los alumnos han de evolucionar desde etapas de pensamiento concreto o anteriores a la etapa de pensamiento formal. Los conceptos que se trabajen en primaria no deben requerir un pensamiento formal, sino concreto, por lo que se introducirán conceptos simples, con abundantes ejemplos para que se capten inicialmente de manera intuitiva, utilizando el entorno próximo como recurso didáctico. Más tarde, en secundaria, se pasará a una formalización mayor, evitando caer en

Figura 4
Mapa conceptual para primaria.



localismos y ampliando el grado de generalización y de universalización. A medida que se avanza en la etapa, habrá que aumentar el nivel de complejidad haciendo hincapié en las diferentes interrelaciones de los conceptos, de los elementos implicados y de las soluciones propuestas. Hay que empezar a adoptar enfoques sistémicos y de CTS (Sáez y Riquarts, 1996).

3) Se recomienda la necesidad de partir de situaciones problemáticas. Es un hecho bien conocido que, en el momento que el ser humano se enfrenta a situaciones problemáticas, es cuando se encuentra con mayores posibilidades de aprender, en su intento de resolver el problema.

Organización general de contenidos

De acuerdo con dichos criterios se propone una *organización general de contenidos*. Se trata de una propuesta inicial de secuenciación, flexible y matizable, que con la experiencia sufrirá toda suerte de cambios, pero que puede ser útil para aquellos profesores que se sientan

interesados en introducir la idea de sostenibilidad en el aula. Los conceptos estructurantes que se pretenden trabajar son el de *dependencia en primaria* (creemos que es más sencillo por estar incluido en el de sostenibilidad), el de *sostenibilidad*, centrado sobre todo en problemas concretos y prácticos, vinculados a la problemática CTS, en la ESO, y el mismo de *sostenibilidad* pero abordando ahora el estudio de sus consecuencias sociales y económicas con mayor profundidad y generalidad, en bachillerato. Asociados a ellos aparecen otros conceptos que nosotros hemos relacionado semánticamente en tres mapas conceptuales (Fig. 4, 5 y 6). Al mismo tiempo se proponen, a modo de ejemplo, una serie de problemas que permiten generar procesos de discusión, investigación y realización de determinadas actividades. Finalmente, hay que fijarse como un objetivo importante de la enseñanza el cambio actitudinal, que necesariamente a edades tempranas ha de relacionarse con la vida del propio niño, por lo que se intenta promocionar el modo de vida sostenible (Cintas, 1994), pero que después, a medida que avanza el proceso de socialización, ha de relacionarse con el cambio social (Hodson, 1992).

Figura 5
Mapa conceptual para la ESO.

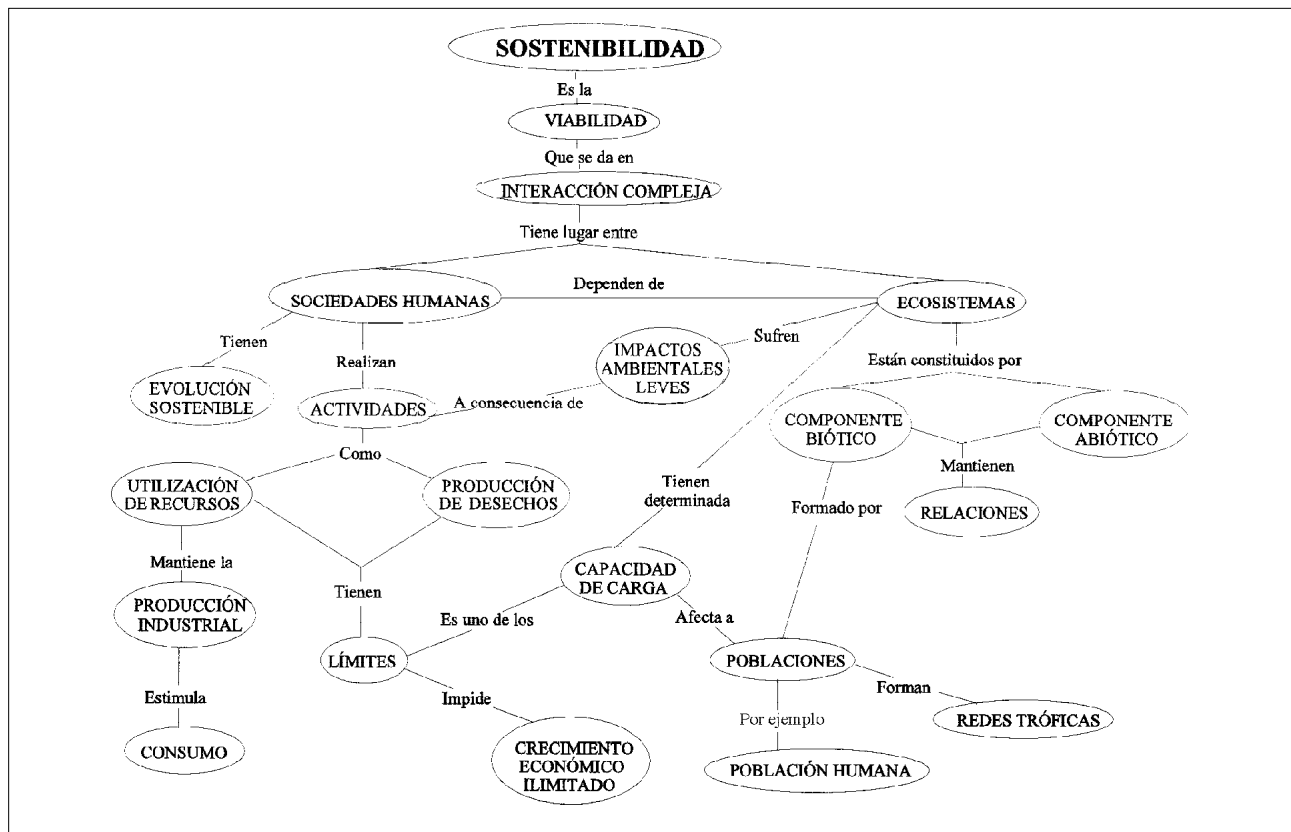
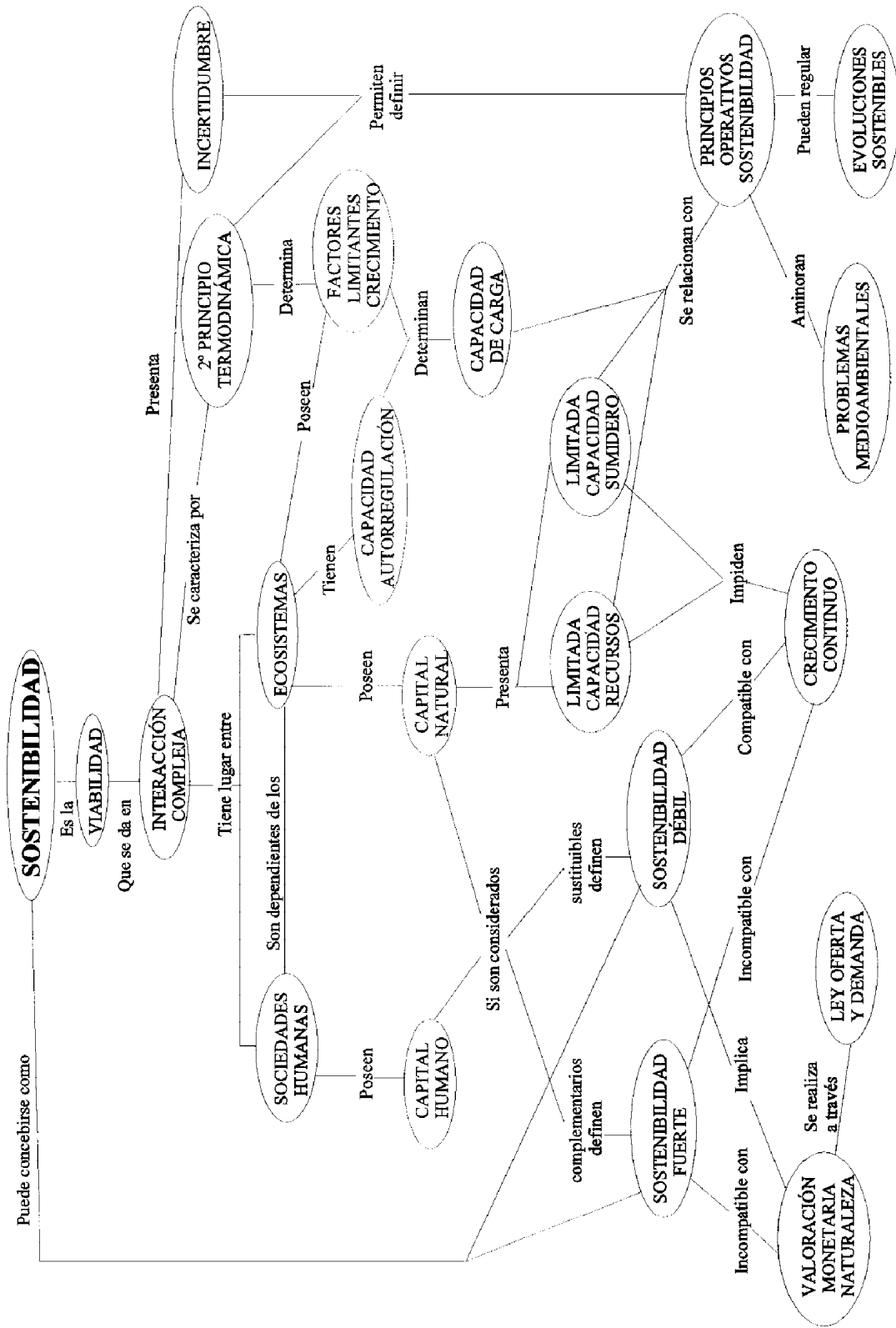


Figura 6
Mapa conceptual para bachillerato.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZQUETA, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid: McGraw-Hill e Interamericana de España.
- BOULDING, K. (1966). The economics of the coming spaceship earth, en Daly, H.E. (ed.). *Toward a Steady-State economy*. San Francisco: Freeman, W.H.
- CARPINTERO, O. (1999). *Entre la economía y la naturaleza*. Madrid: Fundación 1º de Mayo.
- CINTAS, R. (1994). *Conocimiento del medio. 6º primaria*. Madrid: Alhambra-Logman.
- CMMAD (1986). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.
- COBERN, W.W. (1996). Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, 80(5), pp. 579-610.
- COSTANZA, R. (1992). La economía ecológica de la sostenibilidad. Invertir en capital natural, en Goodland, R. et al. (eds.). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: Trotta (1996).
- DALY, H.E. (1990). Toward Some Operatinal Principles of Sustainable development. *Ecological Economics*, 2, pp. 1-6.
- DALY, H.E. (1992). De la economía del mundo lleno a la economía del mundo vacío, en Goodland, R. et al. (eds.). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: Trotta (1996).
- DALY, H.E. (1994). Los peligros del libre comercio. *Investigación y Ciencia*, enero, pp. 12-41.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971). *La ley de la entropía y el proceso económico*. Madrid: Visor-Fundación Argentaria (1996).
- GOODLAND, R. (1992). La tesis de que el mundo está en sus límites, en Goodland, R. et al. (eds.). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: Trotta (1996).
- GOODLAND, R. (1993). Definition of Environmental Sustainability. *IAIA Newsletter*, 5/2, pp. 10-19.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Int. J. Sci. Educ.*, 14(5), pp. 541-562.
- JIMÉNEZ HERRERO, L.M. (1997). Desarrollo sostenible y economía ecológica en la evaluación de impacto ambiental, en Peinado, M. y Sobrini, I.M. (eds.). *Avances en evaluación de impacto ambiental y ecoauditoría*. Madrid: Trotta.
- JIMÉNEZ HERRERO, L.M. (1998). Tras la fórmula de la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 24-25, pp. 58-63.
- LUFFIEGO, M., BASTIDA, M.F., RAMOS, F. y SOTO, J. (1994). Epistemología, caos y enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, 12(1), pp. 89-96.
- MARTÍNEZ ALIER, J. y SCHLÜPMANN, K. (1991). *La ecología y la economía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MAS-COLELL, A. (1994). Elogio del crecimiento económico, en Nadal, J. (ed.). *El mundo que viene*. Madrid: Alianza.
- NAREDO, J.M. (1994). Fundamentos de la economía ecológica, en Aguilera, F. y Alcántara, V. (eds.). *De la economía ambiental a la economía ecológica*. Barcelona: Icaria.
- NAREDO, J.M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término *sostenible*. *Documentación Social*, 102, pp. 129-147.
- NORTON, B.G. (1995). Evaluating ecosystem states: Two competing paradigms. *Ecological Economics*, 14, pp. 113-127.
- O'CONNOR, M. (1994). Thermodynamique, complexité et codépendance écologique: la science de la joie et du deuil. *Revue Internationale de Systémique*, 8(4-5), pp. 397-423.
- ONU (1993). *Conferencia sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Documentos de la Cumbre de Río*, 2. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Urbanismo y Medio Ambiente.
- ONU (1995). *Conferencia Internacional de El Cairo sobre Población y Desarrollo, Documento final*. Madrid: PPC.
- PÉREZ ADÁN, J. (1996). Tecnología y desarrollo: una crítica de la sostenibilidad. *Inguruak*, 14, pp. 177-196.
- PÉREZ ADÁN, J. (1997). Economía y medio ambiente, en Ballesteros, J. y Pérez Adán, J. (eds.). *Sociedad y Medio ambiente*. Madrid: Trotta.
- PASSET, R. (1996). *Principios de bioeconomía*. Madrid: Visor-Fundación Argentaria, 1996.
- PRIGOGINE, I. y STENGERS, I. (1979). *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial (1983).
- RIECHMANN, J. (1995). Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación, en Riechmann, J. et al. (eds.). *De la economía a la ecología*. Madrid: Trotta.
- SACH, I. (1991). Le Sud et la Conférence de Río de Janeiro, en AAVV. *Environnement et gestion de la planète*. París: Cahiers Francais. La Documentation Francaise.
- SÁEZ, M.J. y RIQUARTS, K. (1996). El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), pp. 175-182.
- SEQUEIROS, L. (1998). De la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) al fracaso de la Conferencia de Kioto (1997): claves para comprender mejor los problemas ambientales del planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(1), pp. 3-12.
- SHIVA, V. (1991). Nueva conciencia. *Integral*, 22, pp. 41-45.
- SOLOW, R. (1991). Sustainability: An Economist's Perspective, en Dorfman, R. y Dorfman, N.S. (eds.). *Economics of the Environment*. Nueva York.
- TINBERGEN, J. y HUETING, R. (1992). El PIB y los precios de mercado, en Goodland, R. et al. (eds.). *Medio ambiente y Desarrollo sostenible*. Madrid: Trotta (1996).
- UINC-PNUMA-WWF (1991). *Cuidar la Tierra. Estrategia para el futuro de la vida*. Gland (Suiza).
- UNESCO (1980). *La educación ambiental: las grandes orientaciones de la conferencia de Tbilisi*. París (1977).
- UNESCO (1997). International Conference. Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability. Grecia.
- VITOUSECK, P.M., EHRLICH, P.R., EHRLICH, A.H. y MATSON, P.A. (1986). Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *Bioscience*, 36(6), pp. 368-373.
- WEISÄCKER VON, E.U., LOVINS, L.H. y LOVINS, A.B. (1997). *Factor 4*. Barcelona: Círculo de Lectores.

[Artículo recibido en junio de 1999 y aceptado en abril de 2000.]