

UNA PROPUESTA DE CURRÍCULUM DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE. CLAVES PARA SU APLICACIÓN EN EL AULA

Earth and Environmental Sciences curriculum proposal. Elements for its applying in the classroom

Fernando Herrero, Máximo Luffiego, Milagros Milicua, Marisa Moreno, Mar López,
Francisco J. Alonso, Carlota Peral y José M. Rabadán (Coord.) (*)

RESUMEN:

En el transcurso del XI Simposio sobre la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, recientemente celebrado en Santander, fue presentada una nueva propuesta de organización del currículum de la materia Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (CTMA), cuyo hilo conductor está basado en la sostenibilidad. Dicha propuesta, así como otras, fueron discutidas en el seno de una mesa redonda. En este trabajo se presentan las líneas básicas de nuestra propuesta para las CTMA, así como las valoraciones y aportaciones realizadas por los profesores que participaron en la mesa redonda.

ABSTRACT:

A new proposal was presented in the XI SEG, recently celebrated in Santander, about the organization of the curriculum of the matter CTMA by means of sustainability. This proposal, and others, were discussed in a round table. In this work, the basic lines of our CTMA proposal are presented, also valuations and contributions which were realized by teachers participating in the round table.

Palabras clave: *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Teoría de Sistemas, Conceptos transdisciplinarios, Sostenibilidad, Metodología investigativa.*

Keywords: *Earth and Environmental Sciences, Systems Theory, Transdisciplinary concepts, Sustainability, Investigative methodology.*

INTRODUCCIÓN

Desde hace tres años, a propuesta del CPR de Santander y del Coordinador de esta materia de la Universidad de Cantabria, un grupo de profesores estamos elaborando una nueva programación de esta asignatura que se adapte mejor que la presente a los objetivos generales de la misma. En el curso de su desarrollo pero, sobre todo, en el curso de su experimentación en el aula han surgido determinados problemas que tras su análisis y solución nos han permitido ir mejorando la propuesta presentada y elaborando materiales didácticos de cada unidad.

Esta propuesta fue presentada en una mesa redonda durante el XI Simposio sobre la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (SEG), celebrado en Septiembre en Santander (Cantabria). Como consecuencia de la misma se debatieron algunos de los problemas didácticos mencionados y se expusieron diversos puntos de vista acerca de la asignatura. Este artículo presenta la citada propuesta, analiza los problemas epistemológicos y didácticos aparecidos y expone las aportaciones vertidas en la mesa redonda.

OBJETIVOS GENERALES

El Decreto de Currículum formula lo que, a nuestro juicio, son los objetivos esenciales de esta materia (Real Decreto, 1179/92): “*Las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente se constituyen así en un instrumento apto para comprender de un modo global y sistémico la realidad que nos rodea y las relaciones interdisciplinarias, y como un medio para aumentar la capacidad de percepción y valoración del entorno y de los problemas relacionados por su explotación por los seres humanos*”. Aquí aparecen implícitamente reflejados los principales objetivos, relacionados con la adquisición de capacidades conceptuales, procedimentales y actitudinales, tal como señala Pascual Trillo (1998).

Otra fuente que se ha tenido en cuenta es la opinión que en materia de educación ambiental ha sido adoptada y estimulada por las organizaciones internacionales después de Río 92. En este sentido nos hacemos eco de las palabras de la CNUMAD, asumidas por Mayor Zaragoza cuando era director de la UNESCO (1997): “*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*”.

(*) Miembros del Seminario de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente del Centro de Profesores y Recursos de Santander. Dirección de contacto: CPR Santander. C/ Peña Herbosa, 29, 39003-Santander. Telf. 942 227331. E-mail: chema1@mundivia.es

Objetivos generales:

- Adquirir las capacidades de reconocer, analizar y explicar las causas y consecuencias de los problemas ambientales, del funcionamiento del sistema mediambiental y de comprender el concepto de sostenibilidad, desde una óptica sistémica.
- Proponer modelos verbales que incluyan diagramas causales sobre las interacciones hombre-medio diseñando y realizando investigaciones capaces de contrastarlos, y proponer medidas desde una cultura de la sostenibilidad destinadas a aminorar los problemas ambientales.
- Adquirir una capacidad crítica y actitudes en defensa del medio ambiente

CONTENIDOS

Una cuestión previa que aparece en diversos foros y que también se trató en la mesa redonda del Simposio, es la de separar esta asignatura en dos materias: las Ciencias de la Tierra y las Ciencias Medio Ambientales. Pascual Trillo (1998) cuestiona el *status* epistemológico de la asignatura, encuentra que el bloque referente a los subsistemas terrestres está escasamente integrado con los dedicados al medio ambiente en el currículum oficial y se muestra partidario de la separación de ambas ciencias. Sin pretender profundizar en el debate en este momento, creemos que las Ciencias Ambientales integradas o separadas de las Ciencias de la Tierra precisan contenidos referentes a las Ciencias de la Tierra para entender conceptos como el de riesgos naturales o el de impactos ambientales. El conocimiento de procesos naturales de índole geológica y ecológica es absolutamente necesario para entender cuestiones medioambientales, lo que es discutible entonces es el peso que se concede a las Ciencias de la Tierra dentro de la asignatura.

A este respecto, un participante de Andalucía en la mesa redonda propuso una secuenciación de contenidos basado en el hilo conductor de la evolución de los diferentes subsistemas terrestres: formación y evolución de la geosfera, de la atmósfera, de la hidrosfera, de la biosfera y por último de la antroposfera. En esta última unidad se tratarían los problemas ambientales. A pesar de su indudable atractivo, creemos que es una programación muy descompensada ya que la temática ambiental se encuentra prácticamente amputada.

La programación de los contenidos realizada por nuestro grupo se distribuye en seis unidades didácticas (Anexo I) atendiendo a los siguientes criterios:

1. Iniciar la programación con una unidad que introduzca los contenidos estructurantes de la materia que serán utilizados reiteradamente en el resto de las unidades, tales como:

- La problemática ambiental actual, en concreto, los recursos y el problema de su agotamiento, los impactos y los riesgos.
- El cuerpo principal de conceptos sistémicos para explicar las causas de estos problemas ambientales.

- El concepto de sostenibilidad y los criterios operativos que se deducen de él para entender las medidas que pueden aminorar la crisis ambiental.

2. Organizar el resto de las unidades siguiendo un criterio sistémico y dinámico.

Los contenidos de la unidad 1

La unidad 1 tiene para nosotros una importancia capital ya que es la que aporta los contenidos que dan coherencia a toda la asignatura, y las herramientas conceptuales y procedimentales que se aplicarán en el resto de las unidades. La decisión de iniciar la programación con una unidad de estas características es porque permite organizar los contenidos con arreglo a un marco conceptual global que se aplica en el resto de las unidades. Igualmente, si se pretende introducir con seriedad el concepto de sostenibilidad (Sequeiros, 1998) habrá que hacerlo desde la primera unidad y no en la última, como aparece en la mayoría de los libros de texto, para que se pueda aplicar reiteradamente en casos concretos en las restantes unidades.

La secuenciación de sus contenidos sigue un hilo conductor que va desde los problemas ambientales, a la explicación de sus causas y la propuesta de soluciones: reconocimiento, definición y clasificación de los problemas ambientales e investigación de las causas generales que los producen, introducción de la Teoría de Sistemas en relación con la problemática ambiental y definición de sostenibilidad y su concreción en principios operativos (Anexo I). A continuación vamos a ir comentando cada uno de estos epígrafes explicitando los problemas surgidos al aplicar en el aula estos contenidos.

A) La interacción entre los sistemas socioeconómicos y el medio natural produce el desarrollo o evolución de aquellos pero inevitablemente también *problemas ambientales*. Por lo tanto, todas las sociedades, en mayor o menor medida, han generado problemas ambientales y han tenido que enfrentarse a ellos. Debido a las actividades de ocupación, extracción de recursos, producción, transporte y consumo se destruyen ecosistemas, los recursos se agotan y se producen desechos que se vierten al medio natural.

El estudio de estos problemas ambientales y, sobre todo, de sus causas generales requiere trabajar interdisciplinariamente y esto constituye un problema tanto para los alumnos como para el profesorado, acostumbrados como estamos a una enseñanza disciplinar. La investigación de las causas generales de la crisis medioambiental actual implica echar mano de la historia política y económica y remontarse a los siglos XV al XIX, cuando merced a una serie de cambios políticos, comerciales, agrícolas, tecnológicos, industriales y demográficos se originó un sistema económico de crecimiento continuo que perdura hasta la actualidad. Tal sistema ha producido un desarrollo impresionante en algunos países al multiplicar por decenas o centenas de veces la producción, pero también un deterioro ambiental y una pérdida de la diversidad cultural sin precedentes.

B) ¿Por qué se agotan ciertos recursos y se generan desechos? ¿Por qué no podemos utilizar todos los desechos para restituir los recursos? ¿Tiene límites el crecimiento continuo? La respuesta a estas cuestiones supone entrar en la explicación de los hechos y utilizar conceptos transdisciplinares o sistémicos. En la medida en que lo sepamos hacer resolveremos uno de los problemas principales de la impartición de esta asignatura que es su escasa integración en un cuerpo de conocimientos bien estructurado. En la mayoría de los libros de texto aparece un capítulo inicial donde se introduce la Teoría de Sistemas, capítulo que queda descolgado del resto ya que después apenas se utiliza. La materia aparece así como un conglomerado multidisciplinar con una escasa coherencia que perjudica los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Es cierto que hace falta mayor investigación teórica porque la Teoría de Sistemas aplicada al estudio del medio ambiente es un campo todavía en construcción, extremo que se señaló en la mesa redonda y que también Pascual Trillo (1998) resalta, pero no lo es menos que hace falta una mejor formación del profesorado de CTMA en este campo, como demanda Rebollo (2000), para dar mayor coherencia a esta materia.

A nuestro juicio, abordar la enseñanza/aprendizaje de las cuestiones medioambientales precisa no sólo adquirir una óptica interdisciplinar, es decir, una perspectiva que utilice los conocimientos de diversas disciplinas: geología, ecología, economía, historia, etc. sino una *visión transdisciplinar* (García, 1998), un enfoque desde conceptos más generales, transdisciplinares, utilizables por diversas disciplinas. La ciencia que puede aportar esta visión es sin duda la *ciencia sistémica*, desde su formulación inicial por Bertalanffy (1968), hasta los desarrollos más recientes de la Dinámica de Sistemas.

En concreto, veamos seguidamente el poder explicativo de la misma aplicada a las cuestiones antes formuladas.

La metodología sistémica

Al igual que un ser vivo, toda sociedad puede considerarse como un sistema abierto, en interacción con su entorno, lejos del equilibrio termodinámico (Prigogine y Stengers, 1979). Por este motivo, estos sistemas han de introducir continuamente materia y energía de baja entropía (recursos) y expulsar materia y energía de alta entropía (desechos). Es esta la explicación de que los recursos no renovables se agoten, dado que se convierten en desechos altamente entrópicos, tal como sostiene el *Segundo Principio de la Termodinámica* (Georgescu-Roegen, 1971). El petróleo,

al ser quemado, disipa su energía y materia en forma de contaminación térmica y gaseosa. Algunos de los recursos no renovables, como los recursos minerales también sufren dispersión con su uso, pero pueden reciclarse, aunque su reciclado implica no sólo un gasto de energía (una producción de entropía) sino la imposibilidad de hacerlo con una eficiencia del 100% (otra vez el Segundo Principio, en la versión de Carnot). A la larga el agotamiento del petróleo podría llegar a frenar el crecimiento.

Otro problema que aparece en esta materia es el de que tratamos con realidades complejas, donde el método analítico-parcelario muestra su insuficiencia y hay que emplear una *metodología sistémica* con la que los alumnos no están familiarizados. A este respecto, creemos muy conveniente trabajar con modelos verbales -ya que la posibilidad de hacerlo con modelos matemáticos supera incluso las capacidades de los profesores- que incluyan diagramas causales para mostrar las relaciones entre variables. A fin de cuentas los diagramas causales representan un acercamiento cualitativo al objeto de estudio a partir del cual se construyen las ecuaciones diferenciales de los modelos matemáticos. El potencial de los diagramas causales para el desarrollo de un pensamiento complejo y transdisciplinar no debe ser subestimado, ya que permite relacionar variables diversas y descubrir bucles de realimentación positiva y negativa que, en esencia, son estructuras transdisciplinares que se encuentran en diversos sistemas.

Mostramos a continuación, el bucle de *crecimiento económico* que se originó con la Revolución Industrial y que se ha mantenido hasta nuestros días, y su relación con los problemas ambientales (Fig. 1). Como se observa, éstos pueden llegar a frenar el crecimiento, si debido a la escasez de recursos y a los impactos ambientales se incrementan los riesgos.

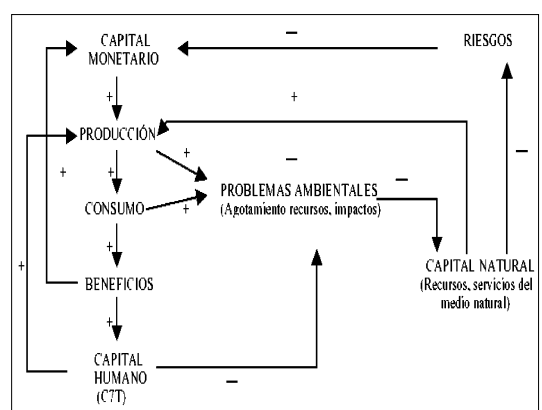


Fig. 1. Crecimiento y problemas ambientales.

(4) <http://www.cpa.unicamp.br/gelo/gelo.html>

El concepto de sostenibilidad.

C) Haríamos un flaco servicio al alumnado si después de tratar la problemática ambiental y de indagar sus causas no se propusieran soluciones o alternativas al modelo de desarrollo actual (Villeneuve, 1996). Tras la propuesta de Desarrollo Sostenible, realizada en el informe elaborado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD, 1986) y su divulgación mundial a raíz de la Conferencia de Río 92, se han abierto expectativas de una alternativa al desarrollo actual.

En este punto nos hemos encontrado dos problemas: la enorme proliferación de términos y definiciones en torno al concepto de Desarrollo Sostenible, lo que hace necesario un análisis previo para separar el grano de la paja, y el desarrollo de una capacidad crítica del alumnado, evitando caer en el neutralismo o en el adoctrinamiento por parte del profesorado.

El concepto de Desarrollo Sostenible es de una ambigüedad notoria cuando no lleva en sí mismo una contradicción (Naredo, 1996). Por una parte, el término sostenible sugiere un significado similar a tolerable y en el citado informe se acepta explícitamente la existencia de límites ecológicos, pero, por otra parte, se mantiene la creencia en un crecimiento o desarrollo económico. De ahí que hayan proliferado distintas acepciones e interpretaciones, muchas de ellas contrapuestas, tras las que subyacen concepciones ideológicas diferentes (Naredo, 1996). Para añadir más confusión han aparecido denominaciones nuevas como: desarrollo sostenido, crecimiento sostenible y crecimiento sostenido.

Tras un análisis de las acepciones del concepto de *sostenibilidad* (Luffiego y Rabadán, 2000), proponemos la siguiente definición “*la viabilidad de la interacción entre dos sistemas dinámicos complejos, el socioeconómico y el ecosistema, de modo que, al mismo tiempo que se produce cierto desarrollo socioeconómico (cualitativo y cuantitativo hasta cierto nivel) para satisfacer las necesidades humanas, se preserve la capacidad de carga global del ecosistema y su funcionamiento de modo que pueda seguir siendo fuente de recursos, sumidero de residuos y soporte de actividades humanas*”.

Esta definición presenta una serie de características y ventajas:

- Hace hincapié en la interacción, lo que evita el tener que definir distintos tipos de sostenibilidad según los diferentes subsistemas, juego que nos conduciría a una situación absurda pues tendríamos que definir no sólo la sostenibilidad ecológica, económica y social, sino también la educativa, la militar, etc. Nada se gana con respecto al concepto de viabilidad si definimos de una manera muy genérica la sostenibilidad. Sin embargo, poniendo el acento en la interacción, serán relevantes para determinar la sostenibilidad, sólo aquellos aspectos de la política económica y de la social que tengan incidencia en dicha interacción, pero no aquellos que no la tengan.
- Se asienta en la dependencia que poseen los sistemas socioeconómicos de los ecosistemas, y no viceversa como asumen la mayoría de los economistas. En efecto, de no conservarse la capacidad de carga global de los ecosistemas y su biodiversidad, tarde o temprano los efectos de su regresión se dejarán sentir en los sistemas socioeconómicos. Ya lo han hecho en el pasado (Ponting, 1991; Perling, 1999), lo están haciendo ahora y lo harán todavía más en el futuro de seguir las tendencias actuales (Meadows *et al.* 1991). La definición de sostenibilidad expuesta no permite describir cuál debe ser el modelo de Desarrollo Sostenible porque creemos que es compatible con diversos tipos de evolución de las sociedades; sin embargo, impone restricciones al mismo: no puede fundamentarse ni en un crecimiento económico continuo, ni en un crecimiento demográfico exponencial.
- Permite formular unos principios operativos de sostenibilidad que, incluso en una economía de crecimiento, introducen racionalidad ya que pueden ser aplicados parcialmente y de esta manera evitar que el deterioro ecológico sea mayor. Estos principios fueron formulados por Daly (1990), un economista partidario del crecimiento cero. Con algunas modificaciones son los que aparecen en la Tabla 1.

PRINCIPIOS OPERATIVOS DE SOSTENIBILIDAD

1. *Principio de recolección sostenible*: las tasas de recolección de los recursos renovables deben ser iguales o menores que las tasas de regeneración de estos recursos.
2. *Principio de vaciado sostenible*: es cuasi-sostenible la explotación de recursos naturales no renovables cuando su tasa de vaciado sea igual a la tasa de creación de sustitutos renovables.
3. *Principio de emisión sostenible*: las tasas de emisión de residuos deben ser iguales o menores que las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos.
4. *Principio de emisión cero*: reducir a cero la contaminación bioacumulativa y tóxica.
5. *Principio de integración sostenible*: los asentamientos y actividades humanas no deben sobrepasar la capacidad de acogida de un territorio.
6. *Principio de selección sostenible de tecnologías*: han de favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (el volumen de valor extraído por unidad de recurso) frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos (eficiencia frente a crecimiento).
7. *Principio de precaución*: ante la magnitud de los riesgos a que nos enfrentamos, se impone una actitud de vigilante anticipación que identifique y descarte de entrada las vías que podrían llevar a desenlaces catastróficos, aún cuando la probabilidad de éstos parezca pequeña y las vías alternativas más difíciles u onerosas.

Tabla 1.

Existe una profunda relación de estos criterios de sostenibilidad con el Segundo Principio de la Termodinámica y la complejidad de los sistemas (Luffiego y Rabadán, 2000)

Creemos que la incorporación del concepto de sostenibilidad al cuerpo de conocimientos ambiental aporta coherencia a la materia y redundante en una mejor comprensión de la problemática ambiental y de sus posibles soluciones. Es posible que la observación de Sequeiros (1998) de que algunos profesores intentan prescindir del concepto de sostenibilidad se deba precisamente a que en los libros de texto aparece normalmente ubicado en la última unidad didáctica, como un concepto descolgado y sin posibilidad de ser aplicado por los alumnos. En la mesa redonda a la que venimos refiriéndonos tuvo una buena acogida el planteamiento que acabamos de ver y ninguno de los profesores puso objeciones a introducir el concepto de sostenibilidad en la programación de esta materia, si bien alguno de los presentes advirtió que la “patata caliente” de despertar la conciencia crítica y social de los alumnos no podía recaer solamente en el profesorado.

En lo referente al problema del tratamiento ideológico de la asignatura también se abordó en la citada mesa redonda. La conclusión a la que se llegó es que es inevitable que el profesor trate cuestiones ideológicas ya que los alumnos así lo demandan, conclusión que coincide con la afirmación de Sequeiros (1998) de que este componente no se puede escamotear. Cualquier orientación neutralista de la asignatura no hace sino ocultar una ideología determinada, que podríamos denominar tecnocrática, consistente en creer que el dinero y la tecnología resolverán los problemas, mensaje que lanzan los medios de comunicación y que impregna el pensamiento de la mayoría de las personas. Frente a la actitud optimista y tecnocrática de los partidarios del crecimiento existe otra más prudente y escéptica acerca de la posibilidad de que el crecimiento y la tecnología arreglen todos los males.

De modo que somos partidarios de una *orientación crítica*, -en modo alguno opuesta a una actitud científica- que analice y busque el cambio del comportamiento individual pero también el del sistema económico. Ahora bien, ¿Cómo puede llevarse a cabo este planteamiento sin caer en el adoctrinamiento y el sectarismo? La única forma de hacerlo es presentando las posturas contrapuestas y proponiendo argumentos en favor y en contra de una u

otra. A este respecto, los diagramas causales constituyen una herramienta muy útil, pues son modelos de la realidad donde se aprecian las influencias mutuas de los distintos factores, pero de los cuales se pueden hacer diferentes lecturas en función de la importancia que se conceda a unos u otros factores.

Los contenidos del resto de las unidades.

La organización del resto de las unidades puede hacerse según un criterio “horizontal” (Tabla 2), tratando conjuntamente la dinámica de cada subsistema terrestre y los problemas derivados de su interacción con las sociedades humanas, o bien de una forma “vertical”, tratando por separado la dinámica de los subsistemas, los recursos, los impactos y los riesgos.

Hemos optado por el primer criterio porque pensamos que es más adecuado que el “vertical” para entender la dinámica planetaria y las perturbaciones que en la misma introduce el hombre con sus actividades, así como las que la naturaleza provoca en las sociedades. Las ventajas de una organización “vertical” de los contenidos -basada en una estructura conceptual medioambiental- no se pierden en la organización adoptada, por cuanto en la unidad primera son contemplados los distintos conceptos ambientales y las clasificaciones respectivas. Por otra parte, creemos que la dimensión dinámica de la organización “horizontal” posibilita mejor la aplicación del concepto de sostenibilidad en cada una de las unidades (Tabla 2 y Anexo I).

En cuanto a la secuenciación de estas unidades, se decidió continuar con la unidad “Dinámica de la Biosfera. Problemática y gestión sostenible” porque se enriquece el concepto de sostenibilidad con el de capacidad de carga. La tercera unidad es “El suelo. Problemática y uso sostenible” porque a fin de cuentas el suelo constituye un ecosistema, además de un recurso de primer orden. Se decidió finalizar la secuenciación con la unidad “Geología ambiental” por tener un carácter más globalizador, en relación sobre todo con la ordenación del territorio. Las unidades cuarta y quinta corresponden a “Dinámica de la atmósfera. Problemática y sostenibilidad” y a “Dinámica de la hidrosfera. Problemática y gestión sostenible”.

La decisión de optar empezando con una unidad de carácter más teórico, donde se introduce el concepto de sostenibilidad, mientras que el resto posee un carácter fundamentalmente de aplicación, nos ha permitido enfrentarnos con cierta garantía de éxito

UNIDADES	SUBSISTEMA	RECURSOS	IMPACTOS	RIESGOS	GESTIÓN SOSTENIBLE
UNIDAD 2	Biosfera	Alimentarios, Genéticos	Pérdida de Biodiversidad	Bióticos	“
UNIDAD 3	Suelo	Edáficos	Erosión, Desertificación	Desertización	“
UNIDAD 4	Atmósfera	E. solar, E. eólica	Contaminación	Climáticos	“
UNIDAD 5	Hidrosfera	Hídricos	Agotamiento Contaminación	Inundaciones	“
UNIDAD 6	Geosfera	Mínerales, Energéticos	Contaminación, Paisaje	Geológicos	“

Tabla 2

a otro de los problemas que posee esta materia: la escasez de criterios que manejan los alumnos para proponer y valorar medidas concretas con el fin de corregir los diferentes problemas ambientales. Habitualmente el profesorado apela al sentido común para entender estas medidas, pero el alumno no ve sino una retahíla de frases que tiene que memorizar porque su sentido común no es el mismo que el del profesor. Por este motivo, los principios operativos de sostenibilidad (Tabla 1) pueden ser utilizados como criterios para proponer medidas sencillas de sostenibilidad en el uso de recursos y en el tratamiento de residuos, y para juzgar si una actividad o una ley gubernamental, como el Plan Hidrológico, tiende o no hacia la sostenibilidad.

METODOLOGÍA

Aunque en la mesa redonda del Simposio no se trataron los aspectos metodológicos por falta de tiempo, quisiéramos hacer algún comentario al respecto porque hay problemas cuya discusión y resolución tienen interés para el profesorado. A menudo, éste se enfrenta al dilema de utilizar una metodología expositiva, de escasa motivación para los alumnos, u otra basada en la investigación de problemas (Gil, 1993; Nieda y Barahona, 1993) con el riesgo de no tener tiempo para acabar el programa y ajustarse a los contenidos del examen de selectividad.

Respetando la particular metodología que utiliza cada profesor, quisiéramos hacer una propuesta que aparentemente parece estar a caballo entre ambas pero que, sin embargo, se trata de concebir de otra manera la investigación.

La metodología basada en la investigación de problemas parte de una situación problemática abierta planteada por el profesor. Los alumnos formulan hipótesis y las discuten. De éstas pueden derivarse hipótesis más concretas que son contrastadas mediante diseños experimentales. Finalmente, los alumnos extraen conclusiones y construyen conocimiento científico. El papel del profesor en todas estas actividades es la de orientar y proporcionar ayuda a los alumnos, de manera similar a como un director de tesis lo hace con sus investigadores. Nosotros creemos que dar la oportunidad a los alumnos de que formulen hipótesis y de que puedan contrastarlas y extraer conclusiones es muy interesante porque desarrolla el pensamiento, pero trascender este nivel y pasar a la elaboración de conocimiento científico se nos antoja una tarea sumamente difícil. Baste recordar aquí que el propio Einstein aseguraba que su mente trabajaba combinando imágenes mentales y que la tarea más dura era la de intentar reproducir la secuencia de su juego mental mediante palabras y símbolos (Pinker, 2000). De modo que en esta parte de la investigación la intervención del profesor debe ser determinante.

La propuesta metodológica que realizamos consiste en introducir determinados conocimientos mediante una investigación, de modo que en cada unidad didáctica se realizaría una o, a todo lo más, dos

investigaciones. Posteriormente, se pasa a una fase de estudio donde se alternen las explicaciones del profesor con la lectura o estudio del texto y la realización de actividades de aplicación y relación. Las etapas de esta metodología son las siguientes:

1. Proponer una investigación abierta que no desborde a la capacidad de los alumnos. Los alumnos emiten sus hipótesis; éstas son discutidas en el aula, reformuladas y concretadas. Si esas hipótesis pueden expresarse en la construcción de un modelo o diagrama causal tanto mejor. (Duración: 1 o 2 sesiones).
2. Realizar una contrastación bibliográfica. Aquí aparece el problema de la búsqueda de información en una temática hipersaturada de la misma. Proponemos que el profesor prepare unos textos y materiales de investigación que el alumno pueda consultar y analizar rápidamente.
3. Presentación de un informe por el alumno en el que se enuncie el problema, se recojan las hipótesis, se realice la contrastación bibliográfica y se formulen conclusiones. Este informe será valorado por el profesor. (Duración de las fases 2 y 3: 2 sesiones, incluyendo el trabajo en casa). El tiempo total dedicado a cada investigación es de 3 o 4 sesiones, e incluso, de 2 si la tarea de contrastación y realización del informe se hace enteramente en casa.
4. Enseñanza y aprendizaje de los contenidos de la unidad mediante la explicación y/o trabajo sobre textos de estudio (libro de texto, apuntes) y la realización de actividades de aplicación. Algunos de dichos contenidos deben estar relacionados con las conclusiones obtenidas por los alumnos.

EVALUACIÓN

El problema que aparece a la hora de evaluar es el de que los alumnos se encuentran desorientados ante la avalancha de nuevos conocimientos y datos que posee esta materia. Si además, a ello le unimos que han de prepararse para el examen de selectividad, no es extraño que muestren preocupación.

Para evitar en parte estos problemas, en Cantabria se ha llegado a un acuerdo con el Coordinador universitario consistente en formular unos criterios de evaluación para cada una de las unidades. Estos criterios recogen los contenidos más importantes de cada unidad, orientan al alumno en su estudio y sirven de guía al Coordinador universitario para elaborar el examen de selectividad.

Los instrumentos de evaluación utilizados son los propios informes que realizan los alumnos (ver propuesta metodológica) y los exámenes (uno o dos por unidad).

BIBLIOGRAFÍA

- Bertalanffy, L. Von (1968). *Teoría General de Sistemas*. F.C.E. Madrid, 1976.
- CMMAD, (1986). *Nuestro futuro común*. Alianza. Madrid, 1996.

- Daly, H.E., (1990). Toward Some Operational Principles of Sustainable development. *Ecological Economics*, 2, pp. 1-6.
- García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Diáda. Sevilla.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *La ley de la Entropía y el proceso económico*. Visor- Fundación Argentaria. Madrid.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 197-212.
- Godelier, M. (1974). *Antropología y biología*. Anagrama. Barcelona, 1976.
- Luffiego, M y Rabadán, J.M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), pp. 473-486.
- Meadows, D.H.; Meadows, D. L. y Randers, J. (1991). *Más allá de los límites del crecimiento*. El País Aguilar. Madrid, 1992.
- Naredo, J.M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término "sostenible". *Documentación Social*, 102, pp. 129-147.
- Nieda, J. y Barahona, S. (1993). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Materiales didácticos*. MEC. Madrid.
- Pascual Trillo, J.A. (1998). Por unas ciencias ambientales y unas ciencias de la Tierra. Reflexiones críticas y propuestas para un debate. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 341- 351.
- Perling, J. (1999). *Historia de los bosques. El significado de la madera en el desarrollo de la Civilización*. Gaia, Proyecto 2050. Madrid.
- Pinker, S. (2000). La materia y el espíritu en el centro del debate. *Mundo Científico*, 209, pp. 38-39.
- Ponting, C. (1991). *Historia verde del mundo*. Paidós. Barcelona, 1992.
- Prigogine y Stengers (1979). *La nouvelle Alliance. Métamorphose de la science*. Gallimard. París.
- Rebollo, M. (2000). Orientaciones didácticas y análisis curricular de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente: su desarrollo en Andalucía. En J. Barba y J. Sáiz de Omeñaca (Eds.) *Documentos del XI Simposio sobre la Enseñanza de la Geología*. Universidad de Cantabria
- Sequeiros, L. (1998). De la III 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.
- UNESCO (1997). *International Conference. Environment and Society: Education and public Awareness for Sustainability*, Grecia.
- Villeneuve, C. (1996). *Módulo de educación ambiental y desarrollo sostenible. Programa internacional de educación ambiental UNESCO-PNUMA*. Los Libros de la Catarata. Madrid, 1997. ■

ANEXO I

UNIDAD 1: PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES Y SOSTENIBILIDAD

Los problemas ambientales. La Tierra como sistema dinámico. Recursos naturales: definición y clasificación. Residuos: definición y clasificación. Impactos ambientales: definición y clasificación. Riesgos: definición, factores (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad) y clasificación. Causas de la crisis medioambiental: historia y causas del crecimiento demográfico y económico, visión mecanicista del Medio Ambiente. Concepción sistémica del M.A. Límites al crecimiento: consecuencias del Segundo Principio de la Termodinámica. Complejidad y límites al conocimiento. Sostenibilidad: capacidad de carga, principios operativos de sostenibilidad, desarrollo sostenible. Gestión ambiental desde la perspectiva de la sostenibilidad: Ordenación del territorio, evaluación del impacto ambiental (EIA).

UNIDAD 2: DINÁMICA DE LA BIOSFERA. PROBLEMÁTICA Y GESTIÓN SOSTENIBLE

Ecosistema: definición, componentes y relaciones. Flujo de energía: relaciones tróficas, parámetros tróficos. Ciclos biogeoquímicos. Dinámica de poblaciones: potencial biótico, factores de resistencia ambiental. Dinámica del ecosistema: sucesión primaria y secundaria. La biosfera como recurso: agricultura, ganadería y pesca, energía de biomasa. El problema del hambre en el mundo. Pérdida de biodiversidad. Riesgos bióticos: manipulación de alimentos, enfermedades, plagas. Gestión sostenible de la biosfera.

UNIDAD 3: EL SUELO. PROBLEMÁTICA Y USO SOSTENIBLE

El suelo: componentes y estructura. Formación y evolución de un suelo. Mapas topográficos. El suelo como recurso. Erosión: factores, evaluación. Contaminación y salinización. Desertización y desertificación. Uso sostenible, control de zonas erosionadas.

UNIDAD 4: DINÁMICA DE LA ATMÓSFERA. PROBLEMÁTICA Y SOSTENIBILIDAD

La atmósfera: composición, estructura y funciones protectora y reguladora. Dinámica atmosférica: circulación general, situación anticiclónica y de borrasca, zonas climáticas. Recursos: uso consuntivo, uso no consuntivo (energía solar y eólica). Contaminación: fuentes y tipos de contaminación, factores que condicionan su concentración y dispersión. Impactos: problemas locales, regionales (lluvia ácida) y globales (incremento del efecto invernadero y destrucción de la capa de ozono). Riesgos climáticos: sequía, huracanes. Medidas de sostenibilidad.

UNIDAD 5: DINÁMICA DE LA HIDROSFERA. PROBLEMÁTICA Y GESTIÓN SOSTENIBLE

Propiedades del agua. La hidrosfera: distribución y renovación, el ciclo del agua. Aspectos generales de la circulación de corrientes oceánicas: afloramientos. El agua como recurso: la cuenca hidrográfica, usos consuntivos y no consuntivos (energía hidroeléctrica). Contaminación (fuentes, tipos y problemas: eutrofización y salinización), medidas de la calidad del agua (indicadores físicos, químicos y biológicos), fundamentos de la potabilización y de la depuración de aguas residuales. Sobreexplotación. Gestión: planificación hidrológica, gestión actual (gestión de la oferta), gestión sostenible (gestión de la demanda).

UNIDAD 6: GEOLOGÍA AMBIENTAL

Dinámica de la geosfera (interna y externa) y riesgos. Riesgos derivados de procesos internos: vulcanismo, sismicidad. Riesgos derivados de procesos externos: inundaciones, deslizamientos y desprendimientos, hundimientos kársticos, procesos erosivos, desertización, riesgos costeros. Planificación de riesgos y ordenación del territorio. Recursos energéticos: carbón, petróleo, gas natural, energía geotérmica. Impactos. Recursos minerales: yacimientos y clasificación. Impactos de la minería. Gestión sostenible. Paisaje y ordenación del territorio.