

El estudio de la energía como ocasión privilegiada para abordar la situación de emergencia planetaria

Javier López Alcantud, Daniel Gil Pérez y Amparo Vilches. *Universitat de València*
Eduardo González. *Universidad de Córdoba (Argentina)*

daniel.gil@uv.es Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales,
Universitat de València, Apartado de correos 22045, 46071 Valencia.

Esta comunicación ha sido concebida como contribución a la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, instituida por Naciones Unidas para el periodo 2005-2014.

Resumen: El propósito de este trabajo es mostrar cómo el estudio de la energía que contemplan los currículos escolares puede contribuir a una mejor comprensión de los problemas y las medidas que se pueden adoptar ante la actual situación de *emergencia planetaria*.

Palabras clave: Emergencia Planetaria; Interacciones CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente); Educación para la Sostenibilidad. Energía y sostenibilidad.

Energy issues: an exceptional opportunity to tackle the current situation of planetary emergency

Abstract: The purpose of this paper is to show how studying school curriculum energy content may contribute to a better understanding of the problems and possible action to be taken in light of the current situation of planetary emergency.

Abstract: The purpose of this paper is to show how studying energy curriculum issues may contribute to a better understanding of the problems and possible action to be taken in light of the current situation of planetary emergency.

Key words: Planetary emergency; STSE (Science-Technology-Society-Environment) relationships; Education for sustainability. Energy and sustainability.

INTRODUCCIÓN

Una de las peores amenazas que se ciernen hoy sobre la humanidad a escala global es el acelerado cambio climático provocado fundamentalmente por el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero, debido, básicamente, a la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y a que, precisamente, el 80% de la energía que se consume a nivel mundial proviene de este tipo de combustibles. Pero no se trata únicamente del cambio climático: vivimos una situación de auténtica *emergencia planetaria* (Bybee, 1991) marcada por toda una serie de graves problemas estrechamente relacionados (contaminación y degradación de los ecosistemas, agotamiento de recursos, explosión demográfica, desequilibrios y conflictos, etc.) en los que la obtención y el uso de recursos energéticos juegan un papel fundamental (López Alcantud et al., 2004). Por esa razón, el estudio de la energía representa una ocasión privilegiada para abordar la situación del mundo y contribuir a una mejor comprensión de los problemas y las medidas que se pueden adoptar.

Es preciso insistir en que nos enfrentamos a un desafío enorme para hacer posible, sin exageración alguna, la continuidad de la especie humana (Worldwatch Institute, 1984-2005; Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Ello ha dado lugar a numerosas llamadas de atención de especialistas y de organismos internacionales y, en particular, a la celebración de las llamadas Cumbres de la Tierra en Río de Janeiro, en 1992, y en Johannesburgo, diez años después. En ambas se ha reclamado la decidida participación de los educadores de todas las áreas para que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas del mundo y puedan participar en la toma de decisiones fundamentadas (Naciones Unidas, 1992). Más aún, Naciones Unidas, ante la gravedad de los problemas, ha tomado la iniciativa de lanzar una Década de la Educación para un futuro sostenible (<http://www.oei.es/decada/>), para el período 2005 a 2014. Una década que puede resultar clave para la difícil, pero todavía posible, reversión del actual proceso de degradación ambiental.

El presente trabajo se plantea, precisamente, como una contribución a los objetivos de esta Década y pretende mostrar que, efectivamente, un estudio adecuadamente orientado de la temática de la energía que se incluye en los currículos permite conectar con el conjunto de problemas a los que la humanidad ha de hacer frente hoy en día.

Recurriremos para ello a revisar detenidamente los distintos aspectos que caracterizan la actual situación de emergencia planetaria, sus causas y posibles soluciones, que hemos analizado ya en otros trabajos (Gil-Pérez et al., 2003; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Edwards et al., 2004), mostrando en cada caso su vinculación, directa o indirecta, con la problemática de la energía.

Nos remitiremos, finalmente, a una propuesta de estudio global de la situación del mundo basada en estos planteamientos.

UNA VISIÓN GLOBAL DE LOS PROBLEMAS QUE AFECTAN A NUESTRA SUPERVIVENCIA Y SU ESTRECHA VINCULACIÓN CON LA OBTENCIÓN Y CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Cuando se plantea a los estudiantes, estructurados en pequeños grupos de trabajo, *qué cuestiones interesará plantearse en un tema dedicado al estudio de las fuentes de energía* se obtienen respuestas que mencionan tan sólo algunos aspectos relacionados con la situación del mundo, pero que permiten conectar con el resto de los aspectos. En efecto, además de preguntarse cuáles son estas fuentes de energía, cómo se pueden utilizar, etc., los alumnos y alumnas mencionan las cuestiones del agotamiento de los recursos energéticos o de la contaminación, de los que han oído hablar en los medios de comunicación. Estos problemas permiten denunciar el crecimiento económico guiado por intereses particulares a corto plazo como origen del actual proceso de degradación (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Worldwatch Institute, 1984-2005; Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Como vemos, es relativamente sencillo comenzar a mostrar la vinculación de los grandes problemas que caracterizan la actual situación del mundo y el uso de recursos energéticos. Ello resulta lógico, puesto que cualquier aspecto de la actividad humana, como cualquier proceso, conlleva transformaciones energéticas. Es posible, pues, abordar estos problemas con cierto detenimiento al estudiar el uso de recursos energéticos. Así, al considerar las repercusiones medioambientales de dicho uso, podemos señalar, en primer lugar, la **contaminación ambiental** asociada al uso y obtención de los combustibles fósiles y a sus consecuencias como la lluvia ácida, con su grave impacto en las aguas de los lagos y en las hojas y raíces de los vegetales y que también provoca el denominado “mal de la piedra” fenómeno bastante familiar para aquellos estudiantes que viven en metrópolis con tráfico automovilístico intenso. Ello permite conectar con el problema del **crecimiento desordenado y especulativo de las ciudades** y sus consecuencias de gran demanda energética y de todo tipo de recursos, bolsas de alta contaminación atmosférica... y notable contribución al incremento del efecto invernadero. En este punto, conviene detenerse en señalar la

importancia de este efecto para la existencia de vida en el planeta, para conseguir un balance energético que evite las oscilaciones de temperatura que serían incompatibles con la vida, tal y como la conocemos. Hay que insistir entonces que el problema no está, como a veces se dice, en el efecto invernadero sino *en su incremento*, en la alteración de los equilibrios existentes, debido fundamentalmente a las emisiones de CO₂ producido al quemar carbón, derivados del petróleo o simplemente leña. Algo que está contribuyendo a un calentamiento global que está provocando, entre otros graves problemas, la subida del nivel del mar, alteraciones en las precipitaciones, el incremento de las catástrofes “naturales” (sequías, lluvias torrenciales...) con sus secuelas de destrucción de viviendas y zonas agrícolas, hambrunas... y sus implicaciones para la salud humana, la agricultura, los bosques, etc. (Delibes y Delibes Castro, 2005).

Es conveniente completar este análisis haciendo referencia a otros tipos de contaminación, como la provocada por los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), los metales pesados, o los compuestos clorofluorcarbonados (CFC), de tan graves consecuencias en la capa del ozono... sin olvidar otras formas de contaminación que suelen quedar relegadas como problemas menores pero que son igualmente perniciosas para los seres vivos y el medio ambiente: *la contaminación espacial*, provocada por los desechos en órbita que constituyen una amenaza creciente para las actividades realizadas en el espacio; *la contaminación lumínica*, que en las ciudades altera el ciclo vital de los seres vivos e impide gozar del cielo estrellado; *la contaminación visual*, que altera y empobrece el paisaje; *la contaminación acústica*, con sus gravísimas consecuencias para la salud de las personas, etc.

Podemos abordar, a continuación, el **agotamiento de los recursos**, en particular los energéticos, uno de los problemas a los que se dio más importancia en la Primera Cumbre de la Tierra, organizada por Naciones Unidas en Río de Janeiro en el año 1992. Se habló entonces de que el consumo de recursos, en general, superaba en un 25% las posibilidades de recuperación de la Tierra, y cinco años después, en 1997, en el llamado Foro de Río +5, el consumo a escala planetaria superaba ya en un 33% a las posibilidades de recuperación. Esta problemática puede plantearse al estudiar el agotamiento del petróleo que supone no solo la pérdida de un combustible sino también de una materia prima, en ocasiones exclusiva, de multitud de materiales sintéticos. Y se puede seguidamente plantear qué otros recursos corren peligro de grave disminución, lo que permite referirse al descenso de los recursos hídricos, las pesquerías, la disminución de la masa forestal, de suelo cultivable, etc.

Todos estos problemas, íntimamente relacionados, insistimos, con el consumo energético, están contribuyendo al **deterioro generalizado de los ecosistemas** (McNeill, 2003; Delibes y Delibes Castro, 2005), abocados a la desertización y a la pérdida de diversidad biológica y *cultural*... algo generalmente olvidado y que pone de manifiesto el reduccionismo que caracteriza a la atención que la educación científica presta, en general, a los problemas de nuestro planeta. Un reduccionismo que debe ser combatido también en lo que respecta al análisis de las causas de estos procesos de degradación, cuando se estudian los problemas energéticos. Analizaremos dichas causas y su vinculación a los problemas energéticos en la siguiente sección.

¿CÓMO ABORDAR LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL AL ESTUDIAR LAS FUENTES DE ENERGÍA Y SU UTILIZACIÓN?

Atendiendo a los análisis de instituciones como la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) o del Worldwatch Institute (1984-2005) podemos referirnos al crecimiento económico, guiado por intereses particulares a corto plazo, como el origen del actual proceso de degradación. Es preciso, sin embargo, profundizar en las razones que motivan dicho crecimiento –insostenible, por definición, en un sistema finito como nuestro

planeta- y comprender su vinculación a una serie de causas, íntimamente relacionadas también, como sabemos, con problemas energéticos:

* *El hiperconsumo depredador* de las sociedades “desarrolladas”... y de los grupos poderosos de cualquier sociedad. Un consumo que sigue creciendo como si las capacidades de la Tierra fueran infinitas (Folch, 1998).

* *La explosión demográfica*. Desde mediados del siglo XX han nacido más seres humanos que en toda la historia de la humanidad y, como señala (Folch, 1998), “pronto habrá tanta gente viva como muertos a lo largo de toda la historia: la mitad de todos los seres humanos que habrán llegado a existir estarán vivos”. Como han explicado los expertos en sostenibilidad, en el marco del llamado Foro de Río + 5, *la actual* población precisaría de los recursos de tres Tierras para alcanzar un nivel de vida semejante al de los países desarrollados. Datos como los anteriores han llevado a Ehrlich y Ehrlich (1994) a afirmar que “el problema demográfico es el problema más grave a que se enfrenta la humanidad”.

* El hiperconsumo y la explosión demográfica dibujan un marco de *fuertes desequilibrios*, con miles de millones de seres humanos que apenas pueden sobrevivir en los países “en desarrollo” y la marginación de amplios sectores del “primer mundo”... mientras una quinta parte de la humanidad ofrece su modelo de sobreconsumo. Numerosos análisis están llamando la atención sobre las graves consecuencias que están teniendo, y tendrán cada vez más, los actuales desequilibrios. “La miseria –injusta y conflictiva- lleva inexorablemente a explotaciones cada vez más insensatas, en un desesperado intento de pagar intereses, de amortizar capitales y de obtener algún mínimo beneficio. Esa pobreza exasperante no puede generar más que insatisfacción y animosidad, odio y ánimo vengativo” (Folch, 1998). De hecho, estos fuertes desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos, con la imposición de intereses y valores particulares, se traducen en todo tipo de conflictos: guerras, terrorismo, actividades de las mafias y de empresas transnacionales que imponen sus intereses particulares escapando a todo control democrático (Mayor Zaragoza, 2000).

Toda esta problemática puede y debe abordarse en el tema de la energía al plantear las causas del agotamiento de los recursos energéticos fósiles y del deterioro del medio que le acompaña. El papel del hiperconsumo de una parte de la humanidad, de la explosión demográfica, etc., aparecen así vinculados a los problemas energéticos.

Es importante que se conozcan datos globales recogidos a través de numerosos estudios que llaman la atención sobre ese hiperconsumo en íntima relación con la energía (Vilches y Gil-Pérez, 2003). Puede recordarse, por ejemplo, que en cincuenta años el número de automóviles y el consumo per cápita de cemento se ha cuadruplicado, el uso de plásticos por persona se ha multiplicado por cinco, los viajes en avión por persona por siete, etc. Y todo ello con el derroche energético que supone y las enormes consecuencias para el medio ambiente a que ya nos referimos... pese a que dos terceras partes de la humanidad apenas consumen para subsistir.

Es necesario, pues, al estudiar las causas de los problemas y su relación con la problemática energética, reflexionar sobre las diferencias existentes en el consumo de energía entre los países desarrollados y los en desarrollo. El problema de las grandes desigualdades existentes en el planeta se ve claramente al estudiar las diferencias en el consumo entre países, y más todavía si tenemos en cuenta la distribución poblacional. Así, en los países desarrollados, con menos de una cuarta parte de la población mundial, consumimos entre el 50% y el 90% de los recursos de la Tierra, generamos las dos terceras partes de dióxido de carbono, nuestras fábricas, vehículos y sistemas de calefacción originan la mayor parte de desperdicios tóxicos del mundo y las tres cuartas partes de los óxidos que provocan la lluvia ácida, entre otros ejemplos. Un habitante de estos países consume tres veces más de agua y diez veces más energía que uno de un país pobre. Todo ello impulsado por una publicidad agresiva que

cultiva necesidades inexistentes y que promociona en muchos casos productos de alto impacto ecológico por su elevado consumo energético o efectos contaminantes.

De este modo, se puede contribuir a poner de manifiesto, al estudiar la problemática de la energía, la vinculación existente entre el hiperconsumo de las sociedades desarrolladas, la superpoblación, los desequilibrios y conflictos... y la destrucción del medio. Es preciso detenerse, en particular, en analizar los numerosos conflictos que afectan al planeta, a menudo vinculados al control de materias primas, que contribuyen a incrementar las desigualdades y la degradación del planeta. El mantenimiento de la extrema pobreza en la que viven millones de seres humanos es ya en sí mismo un acto de violencia, como lo son también conflictos asociados a la actividad especuladora de empresas transnacionales, el crimen organizado, las mafias, el mercado negro de armas, de drogas, el tráfico de personas y, muy particularmente, las guerras, con sus secuelas de enorme contaminación ambiental y que tienen frecuentemente un origen económico asociado al control de las fuentes de energía.

Vemos, pues, cómo el estudio de la energía es una ocasión privilegiada para aproximarnos a una visión global de los problemas que afectan a la humanidad, para estudiar el entramado de causas y efectos que caracterizan a la situación del mundo. Pero no basta con diagnosticar los problemas, con saber a qué debe ponerse fin: "Estudiar exclusivamente los problemas provoca, en el mejor de los casos, indignación, y en el peor desesperanza" (Hicks y Holden, 1995). Es preciso por ello impulsar a explorar futuros alternativos y a participar en acciones que favorezcan dichas alternativas (Tilbury, 1995). Y el estudio de la energía, de nuevo, vuelve a ser una ocasión privilegiada para analizar las soluciones a una situación insostenible. Nos referiremos a ello en el siguiente apartado.

LA SOSTENIBILIDAD COMO IDEA CENTRAL UNIFICADORA

El objetivo central señalado por los expertos, cuando se estudian los problemas y desafíos concernientes al futuro de la humanidad, es sentar las bases de un desarrollo sostenible. El concepto de sostenibilidad surge, pues, por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo. *Un futuro amenazado* es, precisamente, el título del primer capítulo de *Nuestro futuro común*, el informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD, 1998) a la que debemos uno de los primeros intentos de definir el concepto de sostenibilidad o sustentabilidad: *"El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"*.

Una primera crítica de las muchas que ha recibido la definición de la CMMAD es que el concepto de desarrollo sostenible apenas sería la expresión de una idea de sentido común de la que aparecen indicios en numerosas civilizaciones que han intuido la necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras.

Es preciso, sin embargo, rechazar contundentemente esta crítica y dejar bien claro que se trata de un concepto absolutamente nuevo, que supone haber comprendido que el mundo no es tan ancho e ilimitado como habíamos creído. Hay un breve texto de Victoria Chitepo, Ministra de Recursos Naturales y Turismo de Zimbabwe, en *Nuestro futuro común* (el informe de la CMMAD) que expresa esto muy claramente: "Se creía que el cielo es tan inmenso y claro que nada podría cambiar su color, nuestros ríos tan grandes y sus aguas tan caudalosas que ninguna actividad humana podría cambiar su calidad, y que había tal abundancia de árboles y de bosques naturales que nunca terminaríamos con ellos. Después de todo vuelven a crecer. Hoy en día sabemos más. El ritmo alarmante a que se está despojando la superficie de la Tierra indica que muy pronto ya no tendremos árboles que talar para el desarrollo humano". Y ese conocimiento *es nuevo*: la idea de insostenibilidad del actual desarrollo es reciente y ha constituido una sorpresa para la mayoría. Una idea reciente *que avanza con mucha dificultad*,

porque los signos de degradación han sido hasta recientemente poco visibles y porque en ciertas partes del mundo los seres humanos hemos visto mejorados notablemente nuestro nivel y calidad de vida en muy pocas décadas.

Ahora bien, no se trata de ver al desarrollo y al medio ambiente como contradictorios (el primero "agrediendo" al segundo y éste "limitando" al primero) sino de reconocer que están estrechamente vinculados, que la economía y el medio ambiente no pueden tratarse por separado. Después de la revolución copernicana que vino a unificar Cielo y Tierra, después de la Teoría de la Evolución, que estableció el puente entre la especie humana y el resto de los seres vivos... ahora estaríamos asistiendo a la integración ambiente-desarrollo (Vilches y Gil-Pérez, 2003). Podríamos decir que, sustituyendo a un modelo económico apoyado en el crecimiento a ultranza, el paradigma de *economía ecológica* que se vislumbra plantea la sostenibilidad de un desarrollo sin crecimiento, ajustando la economía a las exigencias de la ecología y del bienestar social global.

Son muchos, sin embargo, los que rechazan esa asociación y señalan que el binomio "desarrollo sostenible" constituye una contradicción, una manipulación de los "desarrollistas", de los partidarios del crecimiento económico, que pretenden hacer creer en su compatibilidad con la sostenibilidad ecológica (Naredo, 1998). Pero la idea de un desarrollo sostenible parte del reconocimiento de que debe haber desarrollo, mejora cualitativa o despliegue de potencialidades, *sin crecimiento*, es decir, sin incremento cuantitativo de la escala física, sin incorporación de mayor cantidad de energía ni de materiales. Con otras palabras: es el *crecimiento* lo que no puede continuar indefinidamente en un mundo finito, pero sí es posible el *desarrollo*. Posible y necesario, porque las actuales formas de vida no pueden continuar, deben experimentar cambios cualitativos profundos, tanto para aquéllos (la mayoría) que viven en la precariedad como para el 20% que vive más o menos confortablemente. Y esos cambios cualitativos suponen un desarrollo (no un crecimiento) que será preciso diseñar y orientar adecuadamente.

Se trata de un concepto reciente cuya comprensión aún no se ha producido plenamente y que, insistimos, avanza con mucha dificultad. Ello lleva a Giddens (2000) a afirmar: "La sostenibilidad ambiental requiere, pues, que se produzca una discontinuidad: de una sociedad para la cual la condición normal de salud ha sido el crecimiento de la producción y del consumo material se ha de pasar a una sociedad capaz de desarrollarse disminuyéndolos".

En síntesis, como señala Bybee (1991), la sostenibilidad constituye "la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad". Pero, ¿cómo lograr un desarrollo sostenible o sustentable? Los expertos se refieren a la necesidad de dar solución al conjunto de problemas interconectados a los que hemos hecho referencia, cada uno de los cuales merece, sin duda, una atención particular, pero que no pueden entenderse, ni tratarse, sin contemplar los demás (Naciones Unidas, 1992; Fien, 1995; Tilbury, 1995; Folch, 1998). Abordaremos, a continuación, las posibles soluciones para el logro de un futuro sostenible.

NUEVAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS PARA UN FUTURO SOSTENIBLE... Y OTRAS MEDIDAS POSITIVAS A ADOPTAR

Evitar lo que algunos han denominado "la sexta extinción" *ya en marcha* (Lewin, 1997) exige poner fin a todo lo que hemos criticado hasta aquí: poner fin a un crecimiento guiado por el beneficio a corto plazo; poner fin a la explosión demográfica; poner fin al hiperconsumo de las sociedades desarrolladas, a los fuertes desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos, etc. Ahora bien, ¿qué tipo de medidas cabría adoptar para poner fin a estos hechos y lograr un desarrollo sustentable?

Nos referiremos, en primer lugar, a las *medidas tecnológicas*. Numerosos autores señalan la necesidad de dirigir los esfuerzos de la investigación e innovación hacia el logro de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible (Worldwatch Institute, 1984-2005), incluyendo desde la búsqueda de nuevas fuentes de energía al incremento de la eficacia en la obtención de alimentos, pasando por la prevención de enfermedades y catástrofes o la disminución y tratamiento de residuos.

Los estudiantes han oído hablar, en general, de la mayor parte de las fuentes renovables de energía (viento, saltos de agua, energía solar...). Conviene discutir con ellos sus ventajas frente a las fuentes no renovables, así como sus posibles limitaciones, debido a su dispersión y a que se trata de tecnologías en algunos casos poco desarrolladas o que cuentan con pocas ayudas. Puede ser interesante proponer la visita a un parque eólico o algún aerogenerador cercano, o bien proyectar algún documental de los muchos que existen al respecto.

Al contemplar las perspectivas de futuro conviene detenerse en la energía solar, término que incluye gran número de dispositivos (paneles solares, hornos solares, colectores solares, termoelectricidad solar, centrales electrosolares, células fotovoltaicas, etc.) con tecnologías bien diferentes, que tienen en común la utilización directa de la luz solar y que puede alcanzar un notable desarrollo si tanto las investigaciones como su puesta en práctica reciben las ayudas necesarias. Las actuales investigaciones en este campo tratan de mejorar las tecnologías transformadoras. De este modo, según algunos expertos, la energía solar se convertiría no solo en la más ecológica sino también en la más productiva y, por tanto, en la más económica de las energías renovables.

Otras investigaciones prospectivas se desarrollan en el campo de la biomasa, un recurso energético flexible y renovable, si se basa en cultivos que eviten la degradación del suelo y en el aprovechamiento de bosques convenientemente gestionados y reforestados. No debemos obviar, sin embargo, el debate de la contaminación que provoca, ya que su combustión produce dióxido de carbono, contribuyendo al incremento del efecto invernadero.

Debemos referirnos también a las investigaciones y desarrollos de otras energías alternativas, que tratan de superar los problemas prácticos y de eficiencia que presentan hoy en día, como la asociada a las mareas y las olas, la energía geotérmica, que tiene un gran potencial en zonas de actividad volcánica, o la hidrotérmica (que aprovecha la diferencia de temperatura entre las distintas capas marinas) a la que comienza a atribuirse un papel importante.

Conviene también referirse a la posibilidad de la utilización del hidrógeno como combustible, una línea de investigación que está teniendo un eco notable en los medios de comunicación, pero que está dando lugar a afirmaciones incorrectas acerca de la posibilidad de que el hidrógeno se convierta en un recurso energético primario, capaz de sustituir a los combustibles fósiles. Señalemos de entrada que el uso del hidrógeno como combustible en los motores de los vehículos supone un avance tecnológico importante, puesto que su combustión únicamente produce vapor de agua como subproducto, lo que puede reducir drásticamente la contaminación que hoy en día afecta tan gravemente a nuestras ciudades. Pero lo que no podemos es presentar al hidrógeno, como a veces se hace, como una fuente de energía ilimitada y poco costosa. Es verdad que, como ya hemos señalado, los vehículos que utilicen como motor las llamadas "pilas de hidrógeno" no contaminarán las ciudades, puesto que al quemarse no producen CO₂ sino exclusivamente agua. Pero aunque el hidrógeno sea el elemento más común del universo, en la Tierra no existe en estado natural, así que para utilizarlo, hay que separarlo del agua... y en la actualidad el 99% del hidrógeno que se produce en el mundo se obtiene por electrolisis, utilizando para ello la energía de combustibles fósiles, principalmente del gas natural, que contamina y que, como hemos visto, contribuye al cambio climático, aunque la electrolisis no se produzca en las ciudades y éstas resulten menos contaminadas. En definitiva, el hidrógeno puede ser un medio para utilizar

energía en lugares donde la contaminación puntual sea más grave (ciudades), pero no es una fuente primaria, como no lo es la electricidad. La solución global, pues, no está en el hidrógeno, sino en disponer de fuentes renovables y no contaminantes de energía, para producir la electrolisis del agua y obtener hidrógeno, para generar electricidad, etc.

Este análisis del papel de las energías renovables, como alternativa a los combustibles fósiles carbonados, no puede dejar de lado la discusión del papel de la energía nuclear como otra posible alternativa a la grave amenaza de cambio climático. Precisamente, el 24 de mayo 2004 el periódico inglés *The Independent* publicó un artículo de James Lovelock, el conocido autor de la “Hipótesis Gaia”, con el título “Nuclear power is the only green solution” (“La energía nuclear es la única solución verde”) que ha tenido una notable repercusión en los medios de comunicación y que, ciertamente, merece atención y discusión.

El artículo llamaba la atención sobre la gravedad del efecto invernadero y la necesidad de disminuir drásticamente y urgentemente la emisión de los gases que provocan su incremento, para evitar una catástrofe ambiental sin precedentes. Esto es algo en lo que hay acuerdo general, ¿pero es realmente la energía nuclear “la única solución”? Al afirmarlo se muestra un serio desconocimiento del problema energético. En primer lugar porque, como bien sabemos, son gravísimos los problemas que el uso de este recurso energético genera para el medio ambiente (aunque entre ellos no se encuentre el incremento de los gases de efecto invernadero): toneladas de residuos de media y alta actividad, con vidas medias de centenares de años y, en algunos casos, milenios; los peligros asociados al transporte y manipulación de los materiales radiactivos; la posibilidad de accidentes de tremendas consecuencias, como el ocurrido en Chernobil, o de atentados, cuya prevención (hipotética) requiere costosas medidas de seguridad, etc. Por tanto, la energía de fisión nuclear no representa hoy una alternativa real a los combustibles fósiles, sino un grave problema más, con el que es preciso acabar.

El artículo de Lovelock contiene otro serio error: habla de las energías renovables como de “visionary energy sources”. No lo son: los parques eólicos y los paneles fotovoltaicos, por ejemplo, constituyen ya una realidad en fuerte expansión en algunos países, a pesar del escaso impulso que se ha dado hasta aquí a su desarrollo, debido, entre otros, a los intereses de los grupos de presión petrolíferos. Una realidad por la que se apostó ya en la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro en 1992, en la de Johannesburgo en 2002 y desde instituciones mundiales como el WorldWatch Institute o el propio Parlamento Europeo al instar a poner en marcha medidas políticas con plazos precisos para lograr un incremento del porcentaje de energías renovables en el consumo final energético, de forma que representen un 20 % del total en el año 2020. Una alternativa que es preciso y posible desarrollar fuertemente en poco tiempo, como han mostrado expertos en este campo, y que tiene la enorme ventaja para los países en desarrollo de su descentralización y facilidad de mantenimiento. Cabe añadir que las críticas habituales a su alto coste y bajo rendimiento son hoy inconsistentes, dados los notables progresos realizados, en ambos aspectos, a medida que va extendiéndose su uso.

Pero, aunque el estudio de la energía es una ocasión excepcional para abordar las soluciones tecnológicas a los problemas, ninguna acción aislada puede ser efectiva; se precisa un entramado de medidas que se apoyen mutuamente. No es posible resolver los problemas asociados a la crisis de la energía sin, por ejemplo, interrumpir el crecimiento explosivo de la población o sin poner fin al hiperconsumo y al despilfarro social que suponen carreras armamentísticas que absorben elevados porcentajes de los recursos energéticos y materiales y a las que se destina más del 50% de los esfuerzos de investigación (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Mayor Zaragoza, 2000). Es necesario cuestionar, en definitiva, la idea errónea de que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen *fundamentalmente* de un mayor conocimiento y de tecnologías más

avanzadas, olvidando que las opciones, los dilemas, a menudo son fundamentalmente éticos. Ello permite referirse a las medidas educativas y políticas, igualmente necesarias.

Respecto a las *medidas educativas*, señalaremos, para empezar, que en ocasiones surgen dudas acerca de la efectividad que pueden tener los comportamientos individuales, los pequeños cambios en nuestras costumbres, en nuestros estilos de vida, que la educación puede favorecer: Los problemas de agotamiento de los recursos energéticos y de degradación del medio –se afirma, por ejemplo- son debidos, fundamentalmente, a las grandes industrias; lo que cada uno de nosotros puede hacer al respecto es, comparativamente, insignificante. Pero resulta fácil mostrar (bastan cálculos muy sencillos) que si bien esos “pequeños cambios” suponen, en verdad, un ahorro energético por cápita muy pequeño, al multiplicarlo por los muchos millones de personas que en el mundo pueden realizar dicho ahorro, éste llega a representar cantidades ingentes de energía, con su consiguiente reducción de la contaminación ambiental. Pero la educación puede y ha de ir más allá de estos cambios en los comportamientos. Se precisa una educación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad (Tilbury, 1995), teniendo en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada como para el conjunto de la humanidad y nuestro planeta; a comprender que no es sustentable un éxito que exija el fracaso de otros; a transformar, en definitiva, la interdependencia planetaria y la mundialización en un proyecto plural, democrático y solidario (Delors, 1996). Ello nos remite a un tercer tipo de medidas: las *medidas de integración planetaria*.

Consideramos absolutamente urgente una integración planetaria capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, antes de que el proceso de degradación sea irreversible. Hoy hablar de *mundialización* o *globalización* tiene muy mala prensa y son muchos los que denuncian las consecuencias del vertiginoso proceso de *globalización* económica. Sin embargo, dicho proceso, paradójicamente, tiene muy poco de global en aspectos que son esenciales para la supervivencia de la vida en nuestro planeta. No se toma en consideración, muy concretamente, la destrucción del medio. Mejor dicho: sí se toma en consideración, *pero en sentido contrario al de evitarla*, animando al desplazamiento de los centros de producción hacia los lugares en que las normas ecológicas son menos restrictivas y más débiles los derechos de los trabajadores. La globalización económica aparece así como algo muy poco globalizador y reclama políticas planetarias capaces de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, antes de que el proceso de degradación sea irreversible (Folch, 1998; Mayor Zaragoza, 2000). Y hablar de defensa del medio y de las personas permite referirse a otro de los grandes pilares en los que ha de apoyarse la construcción de un futuro sostenible: la ***ampliación y generalización de los derechos humanos***, comenzando por los derechos democráticos, civiles y políticos (de opinión, reunión, asociación...) para todos, sin limitaciones de origen étnico o de género, que constituyen una condición sine qua non para la participación ciudadana en la toma de decisiones que afectan al presente y futuro de la sociedad (Folch, 1998). Igualmente esencial para la sostenibilidad es el respeto de los derechos económicos, sociales y culturales o de segunda generación (al trabajo, vivienda digna, salud, educación...): ¿cómo pedir, por ejemplo, a quien no tiene otro recurso para alimentar a sus hijos, que no contribuya a esquilmar un caladero o a deforestar una selva? Una tercera generación de derechos humanos ha terminado por incorporar explícitamente el objetivo de un futuro sostenible: se trata de los llamados *derechos de solidaridad*, que incluyen, de forma destacada, el derecho a un ambiente sano, a la paz y al desarrollo para todos los pueblos y para las generaciones futuras (Vercher, 1998).

PERSPECTIVAS

Todos los problemas y soluciones, a los que hemos hecho referencia aquí, nos han permitido percibir la contribución que el estudio de la energía puede hacer a la comprensión de la situación de emergencia planetaria, de una visión global de los problemas del mundo, a la vez que a la superación de una visión empobrecida del estudio de la energía, al mostrar su vinculación con muchos problemas y superar el reduccionismo conceptual que suele afectar al estudio de las ciencias.

Hemos procedido por ello a elaborar programas de actividades destinados a abordar con los alumnos y alumnas la situación del mundo a partir del estudio de los recursos energéticos, que han sido ya utilizados reiteradamente, con resultados satisfactorios. Puede consultarse uno de estos programas de actividades en el capítulo 11 del libro *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (Gil-Pérez et al., 2005), al que se accede libremente entrando en la página web <http://www.oei.es/decada/>, dedicada a la Década de la Educación para un futuro sostenible.

REFERENCIAS

- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.
- DELIBES, M. y DELIBES DE CASTRO, M. (2005). *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino.
- DELORS, J. (Coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO.
- EDWARDS, M., GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A. y PRAIA, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 47-63.
- EHRlich, P. R. y EHRlich, A.H. (1994). La explosión demográfica. *El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.
- FIEN, J. (1995). Teacher for sustainable world: The environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1 (1), 21-33.
- FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ed. Ariel.
- GIDDENS, D. (2000). *Un mundo desbocado*. Madrid: Taurus.
- GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A Proposal to Enrich Teachers' Perception of the State of the World: first results. *Environmental Education Research*, 9 (1), 67-90.
- GIL- PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.) (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO.
- HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1 (2), 185-193.
- LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets Editores.
- LÓPEZ ALCANTUD, J., GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, E. (2004). El estudio de la energía en la educación tecnológica. Una ocasión privilegiada para abordar la situación de emergencia planetaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y sociales*, 18, 81-104.
- MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo nuevo*. Barcelona: Circulo de lectores.
- McNEILL, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el Sol. Historia medioambiental del mundo en el siglo XX*. Madrid: Alianza.
- NACIONES UNIDAS (1992). *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. París: UNESCO.
- NAREDO, J. M. (1997). Sobre el rumbo del mundo. *Le Monde Diplomatique*, Ed. Española, año II, No 20, p. 1 y 30-31.
- TILBURY, D. (1995). Environmental education for sustainability: defining de new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.
- VERCHER, A. (1998). Derechos humanos y medio ambiente. *Claves de Razón práctica*, 84, 14-21.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2005). *The State of the World*. New York: W.W. Norton.