

## Papel de la energía en nuestras vidas Una ocasión privilegiada para el estudio de la situación del mundo

Javier López Alcantud<sup>1</sup> - Daniel Gil Pérez<sup>1</sup> - Amparo Vilches<sup>1</sup> - Eduardo González<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitat de València, España

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

*El objetivo de este trabajo es presentar un programa de actividades centrado en el estudio de la energía como contribución a una mejor comprensión de la actual situación de emergencia planetaria, estrechamente vinculada a la obtención y uso de recursos energéticos, así como para generar actitudes y comportamientos adecuados para hacer frente a los problemas que caracterizan dicha situación. Este material didáctico ha sido utilizado en talleres dirigidos a profesores en formación inicial y permanente, así como a estudiantes de universidad y de secundaria, con resultados que quedan recogidos en los comentarios a las actividades.*

**Palabras clave:** energía, programa de actividades, desarrollo sostenible.

*The purpose of this paper is to show how studying energy is an excellent opportunity to discuss the state of the world and to contribute to a better understanding of the problems and possible action to be taken in light of the current situation of planetary emergency. A programme of activities is proposed to this end, which has been used in workshops for teachers in training and service as well as for university and upper high school students. The results can be found in comments below each activity.*

**Keywords:** energy, programme of activities, sustainable development.

### Introducción

En un trabajo reciente (López Alcantud et al., 2004) hemos intentado fundamentar la posibilidad de utilizar el estudio de la energía para contribuir a una mejor comprensión de la actual situación de emergencia planetaria, estrechamente vinculada a la obtención y uso de recursos energéticos (Bybee, 1991; Vilches y Gil, 2003), así como para generar actitudes y comportamientos adecuados para hacer frente a los problemas que caracterizan dicha situación.

En esa perspectiva hemos diseñado un material didáctico que hemos utilizado en talleres dirigidos a profesores en formación inicial y permanente, así como a estudiantes de universidad y de secundaria. Queremos con ello superar los habituales reduccionismos empobrecedores con que es abordado el estudio de la

energía (López Alcantud et al., 2004) y sumarnos, desde la educación tecnocientífica, al llamamiento de Naciones Unidas para impulsar una *Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible* (2005-2014).

Dicho material está concebido como un programa de actividades destinado a favorecer que el trabajo de los asistentes al taller no se limite a la mera recepción de conocimientos transmitidos por el profesor y se aproxime a un proceso de investigación orientada que les permita participar en la (re)construcción de los conocimientos científicos, lo que contribuye a generar un mayor interés y a lograr un aprendizaje más significativo y durable (Gil-Pérez et al., 2005).

En el texto que sigue presentamos las actividades propuestas (A.1., A.2...), acompañadas de comentarios en los que se detalla lo que se pretende con las mismas, qué resultados ca-

be esperar, etc. Se trata, pues, de una descripción cualitativa del desarrollo del taller, que permite una primera aproximación a sus virtualidades y limitaciones. Naturalmente, se trata de un programa de actividades flexible, que puede experimentar modificaciones y enriquecimientos al ser puestos en práctica por distintos profesores.

Las primeras actividades están destinadas al planteamiento del problema y a la consideración de su interés, lo que permite establecer un plan de trabajo con la participación de los asistentes al taller.

### Planteamiento del problema y consideración de su interés

**A.1.** *¿Qué interés puede tener el estudio de la obtención y los usos de la energía en la sociedad actual?*

Los estudiantes suelen referirse a los diferentes usos que en nuestra sociedad damos a la energía, desde los más cotidianos (iluminarnos, tostar pan, lavar la ropa, desplazarnos...) al funcionamiento de las fábricas, las actividades relacionadas con el ocio, etc. Conviene insistir a este respecto en que toda acción está ligada, de una u otra forma, a la utilización de energía.

Los estudiantes se refieren también a problemas relacionados con la obtención y uso de recursos energéticos: contaminación, conflictos asociados al control de dichos recursos y, muy en particular, a su *agotamiento*, etc.

El desarrollo de la unidad está destinado al estudio de esta compleja problemática, pero previamente, dado que los alumnos de este nivel han estudiado ya el Principio de Conservación de la Energía, es preciso discutir el problema que puede plantearles la aparente contradicción de hablar de necesidades energéticas, agotamiento, etc., cuando se les ha dicho que, en un sistema aislado, la energía se conserva. Conviene, pues, plantear la siguiente cuestión:

**A.2.** *Si tenemos en cuenta que en un sistema aislado la energía total se conserva ("no se crea ni se destruye"), ¿por qué se insiste en la necesidad de obtener energía o de consumir menos?*

Se trata de discutir el problema de la *degradación* de la energía que tiene lugar cuando sucede cualquier cambio, recordando que la energía va distribuyéndose entre los objetos que interactúan, aumentando en particular la energía desordenada de las partículas de los mismos a expensas de la energía macroscópica ordenada. De ahí que haya necesidad de buscar energía aprovechable o útil para realizar estas transformaciones aunque en ellas se *conserva* la energía.

Aclarada esta aparente contradicción, pasaremos a formular las preguntas de interés que permitan establecer el hilo conductor para el estudio del tema.

**A.3.** *¿Qué cuestiones interesarán plantearse en un tema como éste dedicado al estudio de las fuentes de energía?*

De entrada, aparece un primer bloque de cuestiones donde los estudiantes plantean la necesidad de conocer *cuáles son estas fuentes de energía*, cómo se pueden utilizar, etc. Otro bloque de preguntas que surge es el relativo a *los problemas que está generando el creciente consumo de recursos energéticos*. En general, estas cuestiones están relacionadas con informaciones procedentes de los medios de comunicación en torno a lo que suele denominarse *crisis de la energía*. En particular algunos se preocupan por lo rápidamente que se están agotando las reservas de estas fuentes, mientras otros aluden genéricamente a los problemas ambientales que este consumo ocasiona. Finalmente, los estudiantes se refieren a la necesidad de estudiar las posibles soluciones a estos problemas. Conviene presentarles ahora el índice previsto para el desarrollo del tema, a fin de que constaten la pertinencia de sus aportaciones.

**A.4.** *Una vez formuladas las cuestiones a plantearse en este tema, convendrá ver en qué medida la programación preparada previamente por los profesores permite su tratamiento: Analicen el guión o índice provisional de la unidad que se proporciona con el fin de constatar si incluye adecuadamente los problemas concebidos por el conjunto de los equipos o si ha de introducirse algún cambio.*

El índice previsto para el desarrollo de esta unidad contempla los siguientes seis bloques (Gil-Pérez, Furió y Carrascosa, 1996; Furió et al., 2005):

1. *Fuentes de energía y máquinas que las utilizan*
  - 1.0. Las fuentes de energía a lo largo de la historia
  - 1.1. Una panorámica de las fuentes primarias de energía en la actualidad
  - 1.2. Recursos energéticos de uso directo
2. *La crisis de la energía: problemas asociados a la obtención y consumo de energía*
  - 2.1. El problema del agotamiento de los recursos energéticos
  - 2.2. Problemas ambientales relacionados con la producción y consumo de energía
3. *Energía para un futuro sostenible: propuestas tecnológicas*
  - 3.1 Reducción de la contaminación en la obtención y consumo de combustibles fósiles
  - 3.2 Aumento de la eficiencia en los procesos energéticos
  - 3.3 Un esfuerzo de investigación en tecnologías energéticas favorecedoras de un desarrollo sostenible
4. *Educación para un futuro sostenible*
  - 4.1 La importancia de las “pequeñas acciones” individuales
5. *Medidas políticas para un futuro sostenible*
6. *Recapitulación y perspectivas*

En general los participantes encuentran recogidas sus preocupaciones e intereses en el índice propuesto, pero en el caso de que alguna de sus cuestiones no esté contemplada en esta programación inicial, conviene valorar muy positivamente su contribución e incorporarla al hilo conductor previsto inicialmente.

Con esta discusión inicial se consigue, en definitiva, que los estudiantes adquieran una visión preliminar de la tarea a realizar y la vean como algo propio. Pasemos, pues, a

abordar el primero de los apartados del índice del tema.

## 1. Fuentes de energía y máquinas que las utilizan

*Antes de abordar el estudio de las diferentes fuentes de energía utilizadas en la actualidad junto con las máquinas empleadas y los problemas asociados, analizaremos brevemente cómo ha sido utilizada la energía por los seres humanos en épocas precedentes, para comprender la importancia de esta problemática a lo largo de la historia de la humanidad.*

### 1.0. Las fuentes de energía a lo largo de la historia

**A.5.** *Analicen las principales actividades desarrolladas por los seres humanos a lo largo de la historia, los instrumentos utilizados y los recursos energéticos empleados en las mismas.*

Los estudiantes conciben ejemplos de las diferentes actividades realizadas por los seres humanos que requerían energía, de cómo la obtenían y de cómo fueron evolucionando. A partir de dichos ejemplos y de la información complementaria que convenga proporcionarles, pueden proceder a confeccionar un eje cronológico (naturalmente cualitativo) con los principales avances en este sentido a lo largo de la historia. Puede resaltarse así el papel del control del fuego, de la *invención de la rueda* (que comportó un importante ahorro de la energía necesaria para desplazar objetos), del aprovechamiento de la energía del *agua en el transporte de las cargas pesadas*, o la *utilización de las velas y molinos* para captar la energía del viento... sin olvidar el *uso de animales* y de los *propios seres humanos* como más antiguas “máquinas” y “fuentes de energía” (lo que obliga a referirse al problema de la esclavitud).

Una atención especial merece la llegada en el siglo XVIII de la *máquina de vapor*, capaz de transformar la llamada energía térmica en energía mecánica y de accionar máquinas en cualquier lugar y momento (sin depender del viento ni de corrientes de agua), dando lugar

así a un proceso de cambios (la llamada primera revolución industrial) que modificó profundamente las condiciones de vida en algunos lugares del planeta, con la motorización de las fábricas, la introducción de los vehículos a motor, etc., etc. El carbón, que era el elemento combustible fundamental para las máquinas de vapor, se convirtió en la primera fuente energética. Se inició así la era de los combustibles fósiles, que se completaría posteriormente con la utilización del petróleo y del gas natural y la puesta a punto de otra manera de transportar y utilizar la energía necesaria para la industria y los hogares: la electricidad.

**A.6.** Después de este breve análisis del desarrollo histórico de los usos de la energía y de algunos de los instrumentos empleados en mejorar su utilización, podemos pasar a evaluar la importancia de las fuentes de energía en el presente. Comenzaremos el estudio de las fuentes de energía relacionándolas con los usos a que se destinan y los aparatos que las utilizan:

Consideren aparatos o máquinas que utilicemos en la actualidad, indicando para qué los empleamos y de dónde se obtiene la energía necesaria en cada caso.

Se puede pedir a los estudiantes que organicen la información en una tabla con tres columnas, destinadas a indicar, respectivamente, el servicio que se necesita (por ejemplo, desplazamiento al instituto), el instrumento utilizado, o, dicho de otro modo, la tecnología empleada (autobús) y, finalmente, la procedencia de la energía necesaria (combustión del gasóleo).

La construcción de esta tabla resulta del mayor interés, tanto para revisar la variedad de instrumentos que utilizamos como para considerar las distintas fuentes de energía.

En general, por lo que respecta al origen de las energías, los estudiantes se refieren a productos energéticos de consumo directo como la gasolina, el butano, etc., o a la corriente eléctrica. Es ahora cuando se debe iniciar el proceso de diferenciar entre *recursos energéticos de uso directo* y lo que se suele denominar como *fuentes primarias de energía* de las que, mediante transformaciones en refinerías, cen-

trales eléctricas, etc., se obtienen aquellos recursos.

En todos los ejemplos propuestos se ha visto que hace falta utilizar recursos energéticos de uso directo bien en forma de combustibles o de corriente eléctrica. Podemos ahora plantear cuáles son las fuentes originales de estas energías.

### 1.1. Una panorámica de las fuentes primarias de energía en la actualidad

**A.7.** Escriban una relación lo más amplia posible de los recursos energéticos primarios que conozcan, indicando cuáles son de uso directo y cuáles se transforman para su uso.

**A.8.** De los recursos señalados en la actividad anterior, ¿cuáles piensan ustedes que son los de mayor importancia en el consumo mundial actual?

Los estudiantes suelen referirse, como fuentes primarias, al *petróleo*, al *carbón* y al *gas natural* que, en conjunto, constituyen los denominados *combustibles "fósiles"*. También citan los combustibles nucleares, la leña (o más en general la biomasa) y algunas fuentes renovables de energía como los saltos de agua, las mareas, el viento, el Sol, las olas, etc. A menudo, sin embargo, algunos grupos desconocen alguna de ellas como, por ejemplo, la utilización de los residuos sólidos urbanos (RSU), la posibilidad de utilización del gradiente térmico de las diferentes capas marinas, etc. Es también frecuente que incluyan recursos derivados como fuentes primarias, o no tengan en cuenta que un determinado recurso primario (por ejemplo el gas natural) puede ser de uso directo y utilizarse también para obtener fuentes secundarias. Puede haber alguna referencia al uso del hidrógeno como combustible, que es un tema ampliamente debatido por los medios de comunicación en los últimos años, debate que conviene posponer y que abordaremos al final de la unidad al estudiar las perspectivas de futuro. La puesta en común permite completar y corregir las relaciones elaboradas por los estudiantes.

En relación con la importancia actual que conceden a cada uno de estos recursos hay que

tener presente que sus respuestas estarán matizadas por el lugar en el que viven. Muchos, por ejemplo, suelen sobrevalorar los porcentajes relativos a la energía hidroeléctrica y nuclear que se destinan a generar electricidad. Conviene, pues, que propongamos a los estudiantes la búsqueda de información, por ejemplo en Internet o en la prensa, sobre el consumo de energía en la actualidad. Con los datos encontrados, o que el profesor pueda suministrar, como, por ejemplo, los contenidos en la

tabla 1, podrán conocer cómo se distribuye el consumo a nivel mundial. Y pueden buscar dicha información para regiones o países concretos. Para la Unión Europea, por ejemplo, el consumo energético está basado actualmente en unos recursos que proceden, en su mayoría (en torno al 80%), de combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural. Esto conforma un sistema energético cuyas características y problemas más importantes interesa destacar.

*Tabla 1. Pronósticos a nivel mundial del porcentaje de la energía total que provendrá de cada una de las fuentes indicadas*

Energía primaria	2000 (porcentaje)	2010 (porcentaje)
Combustibles sólidos	30.3	30
Petróleo	41.2	40.1
Gas	23	24.7
Energía Nuclear	2.52	2.13
Hidroelectricidad	2.86	2.85
Solar, Geotérmica, Biomasa, etc.	0.081	0.13

Fuente: Departamento de Energía del Reino Unido, a través de su página electrónica <http://www.energyinfo.co.uk>

**A.9.** Conocidas las diferentes fuentes primarias de energía, conviene que nos detengamos brevemente en su estudio, comenzando por la biomasa y los residuos sólidos urbanos para pasar después al estudio de los combustibles fósiles y nucleares, dejando para más adelante (apartado 3) el tratamiento de las fuentes de energía renovables:

Expongan sus ideas acerca de la biomasa y de los residuos sólidos urbanos como recursos energéticos.

Muy posiblemente los estudiantes restrinjan el significado de la biomasa a la leña para hacer fuego y sea conveniente clarificar que también se debe incluir en este término los productos de desecho de vegetales y animales como la paja, los excrementos, etc., que pueden fermentarse y obtener combustibles como

gas metano o como metanol.

Por otra parte, se puede llamar la atención sobre la importancia de este recurso en los países en desarrollo proporcionando los datos que figuran en la tabla 2 (que describe los consumos actuales de energía y su posible tendencia en los próximos veinte años) y comentar las razones de que sea la biomasa el recurso más utilizado, así como el serio peligro que corre hoy en día, en muchos de esos países, la cubierta vegetal, a la que no se da tiempo de rehacerse.

También debemos referirnos a la producción agrícola con fines específicamente energéticos, como alternativa a los recursos fósiles. Es lo que se está haciendo en Brasil con la utilización en gran escala de caña de azúcar para la producción de alcohol, que se utiliza como combustible mezclado con gasolina.

Tabla 2. *Uso de recursos energéticos y tendencias 2002-2030*

Demanda Mundial de Energía Primaria*			
	2000	2030	Incremento Consumo
Carbón	2355 (25%)	3606 (24%)	34%
Petróleo	3604 (39%)	5769 (38%)	37%
Gas	2085 (23%)	4203 (27%)	50%
Nuclear	674 (7%)	753 (5%)	10%
Geotérmica, solar, eólica	461 (5%)	984 (6%)	53%
Totales	9179 (100%)	15267 (100%)	40%

\*Millones de toneladas equivalentes de petróleo

Fuente: Igor Villarreal Energía y consumo (*Hika*, 159 zka. 2004ko urria)

Y, por supuesto, es preciso resaltar que los alimentos, que constituyen el “combustible” de la máquina humana, son el ejemplo más notable de la importancia de la biomasa como fuente de energía. Nos alimentamos de vegetales o animales que, a su vez, se alimentan de vegetales. Si tuviéramos en cuenta esta utilización de la biomasa, los datos de la tabla 1 se modificarían sensiblemente.

En relación con los residuos sólidos urbanos (RSU), lo primero es clarificar que nos estamos refiriendo a los residuos sólidos generados por la actividad doméstica en los núcleos de población o sus zonas de influencia. La forma de obtención de energía a partir de los mismos consiste en quemar los residuos combustibles para obtener energía (eléctrica, para calefacción, etc.), o fermentar los residuos orgánicos para obtener biogás que luego se emplea como combustible. Debemos señalar que casi el 50% de los residuos son materia orgánica y el 20%, papel y cartón. Sin embargo, ésta es una forma de obtener energía que, aunque nos libera de un gran volumen de desperdicios, genera a su vez nuevos problemas que comentaremos más adelante.

Algunas de las informaciones que se proporcionan aquí y, en general, en esta unidad pueden ser presentadas en forma de video o ser completadas con visitas a instalaciones que sean accesibles. Podemos ahora abordar el estudio de los denominados combustibles fósiles planteando, en primer lugar, por qué se suelen llamar así.

**A.10.** *¿Por qué a los carbones minerales, al petróleo y al gas natural se les nombra genéricamente como “combustibles fósiles”?*

El adjetivo “fósil” ya orienta la respuesta hacia los procesos de formación de estos combustibles. Se puede recurrir a un video o, al menos, a transparencias o láminas grandes para visualizar este proceso larguísimo de “digestión” (sin aire) de plantas y animales y explicar cómo grandes bosques tropicales y pantanosos con helechos gigantes se depositaron, fueron sepultados por sedimentos y, finalmente, se fueron transformando en carbones. Por ello, la mayor o menor “calidad” de los carbones depende de su mayor o menor “vejez geológica”. Es decir, a mayor tiempo sepultados bajo la superficie terrestre mayor será la riqueza (porcentaje) en peso del elemento carbono: mientras las antracitas son los carbones más viejos con un porcentaje mayor del 90% en carbono, las hullas oscilan entre un 86% (hullas secas) y un 80% (hullas grasas). En cambio los lignitos, ya más jóvenes, tienen sólo un 65% de carbono y las turbas apenas el 50%. De hecho, las turbas son más utilizadas por su porosidad, por ejemplo en jardinería, que como combustibles.

Algo similar sucedió con el petróleo: millones y millones de cadáveres de seres unicelulares (el plancton marino) de mares y lagos salados se fueron depositando en los fondos marinos y tras ser enterrados por movimientos

orogénicos se mantuvieron comprimidos a temperaturas elevadas durante millones de años transformándose en las bolsas de petróleo y gas natural que conocemos.

**A.11.** *Visiten un lugar de obtención de recursos energéticos primarios (mina de carbón, yacimiento de petróleo, gas natural...) y elaboren un informe en el que se indique las características del yacimiento, los problemas asociados a la obtención del recurso, etc.*

Si no fuera posible la realización de la visita, se podría recurrir a que vieran algún documental o película donde se observe, por ejemplo, cómo se extrae el carbón de las minas, las características de distintos carbones, procedimientos de obtención, etc. La película francesa *Germinal*, basada en la novela de Zola del mismo título, describe con bastante fidelidad cómo trabajaban en las minas de carbón, en el siglo XIX, hombres, mujeres y niños. Y se pueden discutir los problemas que esta extracción conlleva: la gravedad de los “accidentes”, la silicosis que reduce drásticamente la esperanza de vida de los mineros, etc., etc.

En cuanto a los yacimientos de petróleo, los estudiantes han oído hablar y han visto en el cine, muy probablemente, el aspecto de los pozos petrolíferos, pero suelen desconocer lo que hay en su interior. Es conveniente disponer de algunas transparencias claras -con poca información escrita y buena visualización gráfica- donde se vean las distintas fases que hay en el interior de uno de estos yacimientos. Por ejemplo, que se vea la roca “madre” embebida de petróleo con la bolsa que contiene dos fases líquidas -agua salada y petróleo encima- y el gas en la parte superior. Sobre el mismo dibujo se les puede preguntar qué puede ocurrir cuando se “pinche” una de estas bolsas. Comprenden así que, como algunos han visto en películas “del oeste”, según donde se perfore, puede salir un chorro de gas, de petróleo o de agua salada debido a que, normalmente, estos materiales están a una elevada presión.

Conviene aclarar, además, que el petróleo no es una sustancia, sino una mezcla de muchas sustancias, aunque todas sean hidrocar-

buros, es decir, compuestos de carbono e hidrógeno (que son dos de los elementos más abundantes en los seres vivos). También el gas natural está constituido por una mezcla de hidrocarburos más ligeros y que se presentan como gases a temperatura ordinaria. Y no está de más recordar a este respecto que aunque el gas natural representa el 20% de los recursos primarios (sin contar la biomasa), no hace muchos años las compañías que realizaban prospecciones petrolíferas, cuando encontraban gas natural, taponaban el agujero hecho o, peor aún, incendiaban el gas. Conviene precisar que el gas natural, como el petróleo, es una mezcla de hidrocarburos. Su composición es, principalmente, metano, etano, propano y butano, que son los hidrocarburos más ligeros y por eso se presentan, en condiciones ordinarias de presión y temperatura, en forma gaseosa y muy inflamable. Uno de los principales problemas para su utilización consistía en su transporte, que hoy se realiza sin dificultad mediante gasoductos o mediante buques cisterna. Sus posibles usos son como combustible en centrales térmicas mezclado con fuel, como materia prima en la industria petroquímica, para obtención de gasolina y en programas de cogeneración. Sería interesante que los estudiantes pudieran realizar también un estudio sobre los diferentes yacimientos.

Aunque no se trata aquí de profundizar en lo relativo a la composición de los combustibles fósiles, sí puede ser interesante observarlos directamente y conocer su aspecto, textura, etc. Con ese objetivo, se puede proporcionar a los estudiantes muestras de petróleo bruto, distintos tipos de carbón, etc. Así comprenderán por qué a la hulla o a la antracita se les llamaba “carbón de piedra” debido a su consistencia, densidad y brillo. Estos son carbones fósiles que los estudiantes no suelen diferenciar del *carbón vegetal*, que es un recurso derivado, obtenido en la combustión incompleta de la madera.

*Es necesario detenerse mínimamente en la energía nuclear, de reciente aprovechamiento como recurso primario, bien de uso directo (en las explosiones) o indirecto (en las centrales nucleares):*

**A.12.** *Escriban un breve texto, apoyándose en la información pertinente, acerca del fundamento de la energía nuclear.*

Es necesario abordar la cuestión para comprender la importancia de esta fuente primaria de energía. Los estudiantes cuentan con ciertos conocimientos e información sobre el átomo, adquiridos en estudios previos y a través de los medios de comunicación, que ahora pueden ampliar. Es necesario hacer referencia, por una parte, a la extraordinaria intensidad de las fuerzas nucleares, lo que implica que cualquier transformación de los núcleos va a ir acompañada de un elevado intercambio de energía, y, por otra, a que *los núcleos muy pesados* (como los de los átomos de uranio) *o los muy ligeros* (como los de hidrógeno) *son menos estables que los de masa intermedia*. Se comprende así que cuando se rompan núcleos pesados en fragmentos más estables (*proceso de fisión*), se liberará gran cantidad de energía. Y también se libera ingentes cantidades de energía en los *procesos de fusión*, como los que suceden en el Sol, en los que el “combustible” son los núcleos más ligeros que al unirse forman núcleos de átomos un poco más pesados y estables.

En el apartado siguiente nos asomaremos a los procesos tecnológicos para el aprovechamiento de los recursos primarios, que en el caso de la energía nuclear son particularmente complejos. Pero antes analizaremos cómo ha evolucionado el consumo mundial de los diferentes recursos.

**A.13.** *¿Cuál ha sido, en su opinión, la evolución de las fuentes primarias de energía y su utilización a lo largo de la historia?*

Una actividad como ésta, que puede reforzarse con la recopilación de información pertinente, permite romper con cualquier idea de estabilidad en el tiempo, de que “las cosas han sido siempre así”, y apoyar, por tanto, la posibilidad de nuevos cambios. Particularmente relevante, por ejemplo, es lo sucedido con el petróleo: este líquido oleaginoso se utilizó hace más de 6000 años por distintas culturas como arma incendiaria, como impermeabilizan-

te o como remedio para distintas enfermedades, pero de forma muy puntual. Todavía en 1808, una comisión científica de la Academia Imperial de Ciencias de San Petersburgo informó, a su regreso de Bakú, capital de la república de Azerbaiyán, a orillas del mar Caspio, que “el petróleo es un mineral carente de utilidad”. Cincuenta años más tarde se construyó en Pensilvania (USA) el primer pozo de petróleo y se le empezó a denominar “oro negro”.

En el mismo sentido conviene realizar un breve resumen acerca de la importancia y la evolución en el uso del carbón a lo largo de la historia, destacando que fue el gran impulsor, en la segunda mitad del siglo XVIII, de la Revolución Industrial. Aunque ha sido actualmente sustituido en muchas aplicaciones por el petróleo y el gas natural, sigue siendo el combustible fósil más abundante en la naturaleza, calculándose sus reservas en torno al 70% del total mundial de fuentes no renovables de energía.

Volveremos a plantear la cuestión de los cambios en el uso de los recursos energéticos al analizar los problemas que conlleva la situación actual, pero, previamente, tal como ya hemos avanzado, estudiaremos cómo se obtienen, a partir de las fuentes primarias, los recursos energéticos de uso directo.

Estudiadas las principales fuentes de energía, se puede pasar a tratar su transformación en combustibles de uso directo y en electricidad.

## 1.2. Recursos energéticos de uso directo

**A.14.** *¿Qué procedimientos conocen para obtener los recursos energéticos de uso directo a partir de las distintas fuentes primarias?*

Al considerar las distintas fuentes primarias se pueden contemplar, básicamente, estas situaciones:

*Recursos que pueden ser utilizados directamente*, ya sea por combustión (biomasa, residuos sólidos urbanos, carbón mineral, gas natural...) en hornos, máquinas de vapor, etc., ya sea como agentes de movimiento mecánico



(viento, energía animal, corrientes de agua...) que hacen funcionar molinos, desplazan barcos, etc.

*Combustibles* que se obtienen de formas muy diversas: por *destilación*, como la *gasolina* a partir del petróleo; por *fermentación*, como los *alcoholes* a partir de distintos vegetales de crecimiento rápido, o como el *biogás* a partir de los excrementos de las granjas; por *combustión incompleta*, como el *carbón vegetal* a partir de la leña...

*Energía eléctrica* obtenida a partir de distintos recursos y procedimientos: haciendo girar turbinas mediante vapor obtenido al calentar agua (quemando diversos combustibles o mediante reacciones nucleares) o haciendo girar las turbinas en saltos de agua, mediante molinos de viento...

Conviene detenerse en alguno de estos procedimientos e incluso proceder a ensayos prácticos (siempre que no entrañen peligro). A título de ejemplo incluimos, a continuación, algunas actividades, aunque no se trata, lógicamente, de realizarlas todas.

**A.15.** Desde la antigüedad, y aún hoy en día en muchos lugares del planeta, se viene cocinando con carbón vegetal obtenido a partir de leña. Sugieran la forma de obtener este carbón vegetal e indiquen cuáles podrían ser sus ventajas sobre la leña.

Son muchos los lugares del planeta donde se sigue produciendo carbón vegetal y, por otra parte, todos hemos visto reiteradamente, en los restos de una hoguera, que la leña que no se ha quemado completamente queda carbonizada. No resulta difícil comprender, pues, que para obtener carbón conviene cubrir montones de leña con tierra y cuidar las entradas de aire *para que sólo arda una pequeña parte de la madera* y el resto se carbonice. Es un proceso delicado y peligroso, que exige bastante pericia de los “carboneros”.

En cuanto a las ventajas del carbón sobre la leña, sabemos que la leña se quema con abundancia de humos y llamas muy vivas, por lo que su uso resulta incómodo en las cocinas, mientras que el carbón se quema de forma mucho más regular y sin humos. Y es fácil in-

tuir su mayor facilidad de almacenamiento (el carbón, por decirlo de algún modo, es un combustible más “concentrado”).

**A.16.** Busquen información sobre las transformaciones a que hay que someter el crudo de petróleo para disponer de combustibles directamente utilizables.

Los alumnos han de conocer que la localización y extracción del petróleo no es una tarea sencilla, por eso se emplean diferentes procedimientos como el método sísmico. Según la dureza de la roca, se reflejan con mayor o menor intensidad y rapidez las ondas producidas por una explosión.

El petróleo, inicialmente, puede brotar de forma espontánea, debido a la presión ejercida por los gases existentes en el yacimiento. Pero no se utiliza directamente tal y como se extrae del yacimiento. Necesitamos realizar un proceso de destilación en las refinerías, con objeto de separar los distintos hidrocarburos que lo forman y obtener las gasolinas, el gasóleo, etc. Para esto debemos transportar el petróleo hasta las refinerías. Los medios de transporte más utilizados son los oleoductos “pipelines”, buques para petróleo (que deberían cumplir unas normas de seguridad muy estrictas), ferrocarril y carretera. La extracción y transporte del petróleo y sus derivados pueden provocar graves problemas ambientales y sociales, como comentaremos posteriormente.

**A.17.** Diseñen algún experimento sencillo para separar por destilación distintas fracciones de una pequeña muestra disponible de petróleo.

Si se opta por realizar la experiencia, es necesario dar las indicaciones necesarias al alumnado para evitar accidentes, ya que se trata de productos fácilmente inflamables. En el caso de que se quiera realizar la destilación fraccionada de petróleo y no se disponga de muestras se puede “fabricar” una de ellas con una mezcla de gasolina, gasóleo, vaselina, aceite de motor gastado y parafina. Una destilación sencilla puede hacerse, adoptando las debidas medidas de seguridad, utilizando un

tubo grueso de vidrio, en el que se introduce un volumen de unos 5 ó 6 ml de la muestra y unos trocitos de porcelana para que la ebullición no sea brusca. Dicho tubo se cierra con un tapón atravesado por un tubo fino, suficientemente largo para que lleguen a condensar los vapores, que termine en un codo que puede introducirse en un tubo de ensayo en el que se recogen los productos condensados. Pueden recogerse distintas fracciones que vayan hasta 80° C (gasolinas), de 80° a 200° C (queroseno), de 200° a 400° C (gasóleos), de 400° a 600° C (aceites lubricantes) y más de 600° C (parafinas).

**A.18.** ¿Qué sustancias conocen que se obtengan en la destilación del petróleo? ¿Cuáles son sus posibles usos?

Probablemente los estudiantes conozcan algunas de las sustancias obtenidas en la destilación fraccionada del petróleo, como las gasolinas, el gasóleo, el alquitrán, etc. Para completar sus conocimientos se les puede suministrar una tabla, como por ejemplo la tabla 3 que se muestra a continuación, para trabajar más en profundidad la destilación del petróleo.

Tabla 3. Sustancias que podemos extraer del petróleo

	Hidrocarburos	Temperatura condensación	Poder calorífico	Características y aplicaciones
GASEOSOS	Metano + etano		8500 kcal/m <sup>3</sup>	Muy volátiles e inflamables. Debido a su gran volumen y difícil licuefacción se suelen quemar en la refinería.
	Propano		22350 kcal/m <sup>3</sup>	Se comercializa licuado en botellas de acero de 11 y 35 kg. Uso doméstico.
	Butano		28500 kcal/m <sup>3</sup>	Se suele vender licuado en botellas de 12,5 kg.
LÍQUIDOS	Gasolina	40-80° C	11000 kcal/kg	Se emplea en motores de explosión. Cuando se usa en los de 2 tiempos es necesario mezclarlo con un 2% de aceite. Utilizado en motores de aviación.
	Queroseno	100-200° C		Empleado en motores Diesel y calefacción.
	Gasóleo	275-300° C	10300 kcal/kg	
	Fuelóleo	>300° C	9900 kcal/kg	Se usa en centrales térmicas en sustitución del carbón.
	Aceites		9800 kcal/kg	No se utilizan como fuente de energía sino para el engrasado de piezas móviles.
SÓLIDOS	Ceras (parafinas, vaselinas)	340 °C	9500 kcal/kg	Uso industrial.
	Alquitrán		9200 kcal/kg	Pavimentos de carreteras e impermeabilizante de terrazas, tejados, etc.

Otro gran capítulo de obtención de energía de uso es el de la electricidad al que nos asomaremos a continuación.

**A.19.** Revisen lo visto en electricidad acerca de cómo se puede generar corriente eléctrica e ilustrarlo con alguna experiencia sencilla.

**A.20.** ¿Dónde y cómo se produce la energía eléctrica que tan cómodamente gastamos en casa?

**A.21.** Interpreten las transformaciones energéticas que tienen lugar en las centrales hidroeléctricas, térmicas y nucleares.

**A.22.** Visiten una central de producción de energía (hidráulica, nuclear, solar,...) y preparen una presentación de la misma, considerando sus características, ventajas, repercusiones en los diferentes ámbitos, etc.

No es necesario extendernos aquí en comentar con detalle cada una de estas actividades que nos remiten a la información proporcionada por los textos que se utilizan habitualmente en los niveles que estamos trabajando. Solo nos referiremos brevemente a algunas de las cuestiones planteadas, a modo de ejemplo, como es el caso de las transformaciones que tienen lugar en las diferentes centrales. Los estudiantes, que ya han estudiado el ciclo del agua en Biología, conocen que la energía hidráulica es la que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce (cinética) o cuando la tenemos embalsada a cierta altura (potencial). Es importante recordar que históricamente hay dos aplicaciones fundamentales de la energía hidráulica. Desde el año 100 a. de C. hasta finales del siglo XIX, toda la energía hidráulica se transformaba en energía mecánica en molinos, norias, etc. A partir del siglo XX, se empleó para la obtención de electricidad. Los estudiantes pueden concretar las transformaciones energéticas que se producen en una central por salto de agua: *Energía potencial (embalse) – Energía cinética del agua (tuberías) – Energía cinética de rotación (turbinas) – Energía eléctrica (alternador)*.

Dentro de las centrales por salto de agua existen dos grupos bien diferenciados.

- **Minicentrales:** Aquellas cuya potencia no

supera los 10 MW. Han sido la base de la producción de electricidad en pequeños pueblos y empresas próximas a ríos poco caudalosos.

- **Grandes centrales hidroeléctricas:** Su potencia es superior a 10 MW y las situamos en las cuencas de los ríos con gran caudal. Posteriormente analizaremos las repercusiones de todo tipo de estas centrales.

Otro ejemplo de interés al que harán referencia los estudiantes es el de las centrales térmicas. En el caso particular de una *central termoeléctrica clásica*, probablemente ya sabrán que es la que transforma la energía química procedente de combustibles fósiles en energía eléctrica. Debemos señalar que todas funcionan de manera muy parecida, diferenciándose en el tipo de combustible empleado y merece la pena detenerse en la descripción de su funcionamiento, utilizando la información pertinente.

En cuanto a las *centrales nucleares*, se puede hacer notar que su funcionamiento se asemeja al de las térmicas convencionales puesto que utilizan vapor de agua a presión para mover las turbinas del generador. La diferencia fundamental estriba en el “combustible” empleado para la producción de ese vapor, ya que aprovecha la energía que se obtiene al fisionar los átomos de un isótopo de uranio en el interior de un reactor, donde se produce, mantiene y controla una reacción en cadena. Se puede proporcionar algún esquema gráfico y comentar más detenidamente el funcionamiento de estas centrales.

Tras esta revisión de las fuentes primarias de energía y de los recursos de uso directo, conviene proponer alguna actividad de globalización como la siguiente:

**A.23.** Elaboren un esquema que sintetice la información relativa a las fuentes primarias y a las derivadas, mostrando sus relaciones e importancia respectiva.

La figura 1 es un ejemplo de cómo sintetizar la información acerca de las fuentes primarias y derivadas de energía: el tamaño de los rectángulos expresa la importancia relativa de cada recurso primario y el de los círculos la de los recursos derivados. Es preciso no

confundir fuente “derivada” con “de uso directo”, puesto que algunos de los recursos primarios son también de uso directo: la leña (biomasa) se utiliza directamente para cocinar, el viento o las corrientes de agua han servido para moler el grano, etc.

La imagen de un semicírculo sugiere una visión incompleta, como si faltara algo tan importante como lo que se está mostrando... y

ello puede remitir, bien a cuáles son los usos de esa energía (sintetizando lo visto en actividades como las A.5 y A.6), bien a considerar los problemas que plantea esta obtención y uso de energía, que hasta aquí hemos dejado de lado. Esto es lo que haremos en el siguiente apartado, que hemos titulado, precisamente, “La crisis de la energía: problemas asociados a su obtención y consumo”.

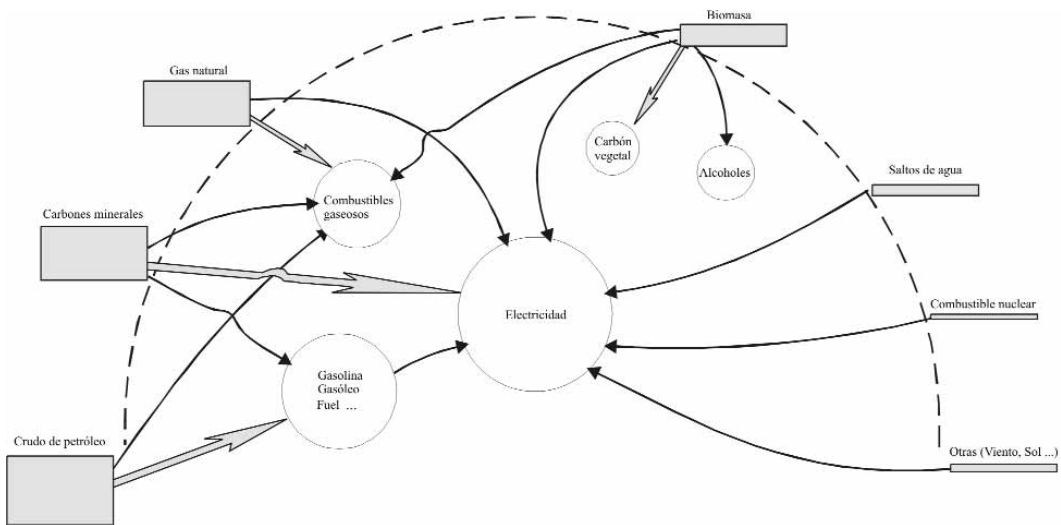


Figura 1. Visión global de las principales fuentes primarias de energía y fuentes de uso derivadas.

Una vez revisadas las fuentes primarias de energía y cómo a partir de ellas se obtienen los diferentes recursos derivados, podemos abordar los principales problemas que van ligados a su consumo y, muy particularmente, al crecimiento del mismo, que han dado lugar a la llamada “crisis de la energía”.

## 2. La crisis de la energía: problemas asociados a su obtención y consumo

*Comenzaremos explicitando nuestra percepción global de esta problemática:*

**A.24.** *Comenten cuáles son, en vuestra opinión, los principales problemas y desafíos asociados a la obtención y consumo de energía.*

Como es lógico, los estudiantes se refieren básicamente, como hicieron en la actividad inicial del tema, a los problemas de contami-

nación y al agotamiento de recursos. Es preciso, pues, insistir y reclamar qué otros problemas pueden estar asociados a la obtención y consumo de energía. Algún equipo hace entonces referencia a los conflictos que se producen por su control. Y una vez rota la barrera que parece obligar a dejar de lado, en un curso de ciencias, las implicaciones sociales del desarrollo tecnocientífico, es decir las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente, los equipos se suelen referir a los desequilibrios “Norte-Sur”, a los excesos de consumo de una reducida parte de la humanidad, al problema demográfico, etc., superando el reduccionismo que supone centrar la atención exclusivamente en la degradación del medio físico. Nos remitimos, a este respecto, al planteamiento global que se propone, por ejemplo, en “*Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*” (Vilches y Gil-Pérez, 2003).

A continuación, pasaremos a profundizar brevemente en algunos aspectos de esta crisis energética.

## 2.1. El problema del agotamiento de los recursos energéticos

*El enorme consumo de recursos, y en particular los energéticos, fue 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, se estimó que el consumo a escala planetaria superaba ya en un 33% a las posibilidades de recuperación.*

**A.25.** *Completen la tabla 4 de consumo energético que se adjunta, obteniendo la duración estimada de las reservas y comenten los resultados.*

Tabla 4. Consumo mundial (en 1987) y reservas de combustibles fósiles

Combustible	Consumo anual (en TEP)	Reservas (en TEP)	Duración estimada (en años)
Carbón	2387	535000	
Petróleo	2941	122000	
Gas natural	1556	97000	

[TEP = Tonelada Equivalente de Petróleo, es decir la energía obtenida por la combustión de una tonelada de petróleo; 1TEP = 4,18·10<sup>10</sup> J]

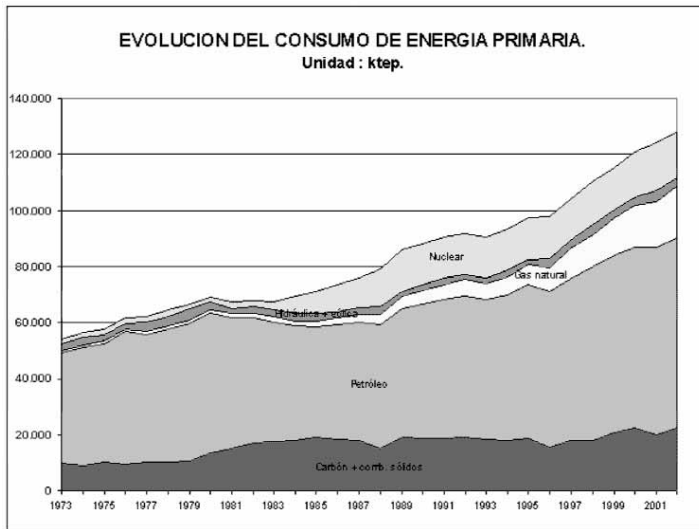
**A.26.** *¿Hasta qué punto se puede suponer que se mantendrá el ritmo de consumo energético similar al que muestra la tabla 4?*

La actividad A.25. es un simple ejercicio que permite a los estudiantes calcular la duración estimada de las reservas de combustibles fósiles... suponiendo que se mantuviera el ritmo del consumo energético. En A.26. se cuestiona dicha suposición, puesto que sabemos que el consumo de recursos energéticos va aumentando muy rápidamente (por razones demográficas, de cambios en las necesidades humanas, etc.) lo que significa que su duración será todavía menor de la prevista. Es cierto que resulta difícil predecir con precisión cuánto tiempo podremos seguir disponiendo de petróleo, carbón o gas natural, ya que tanto las reservas estimadas como el ritmo de consumo mundial están sujetos a variaciones, debidas, entre otras muchas cosas, a la realización de nuevas prospecciones en busca de yacimientos, e incluso a que se está volviendo a obtener petróleo de yacimientos que se abandonaron

hace tiempo por no ser rentables en aquellos momentos y serlo ahora por el progresivo aumento de los precios. Las nuevas tecnologías de extracción de petróleo constituyen hitos tecnológicos, de los que hay abundante información gráfica que puede ser interesante mostrar (utilizan maquinaria muy sofisticada que, por ejemplo, perfora y busca el recurso por tubos curvos). Pero merece la pena hacer una estimación aproximada para darnos cuenta que, en definitiva, las tendencias son cada vez más claras y que ni los más optimistas expertos pueden ignorar que se trata de recursos fósiles *no renovables*, cuya extracción resulta cada vez más costosa.

Cabe resaltar, además, que cuando nos referimos al agotamiento del petróleo, no se trata solo de la pérdida de un recurso energético, sino de una materia prima de multitud de materiales sintéticos, como fibras, plásticos, medicamentos, etc. Y al quemar petróleo, al agotarlo, estamos privando a las generaciones futuras de una valiosa materia prima (Vilches y Gil-Pérez, 2003). Se puede presentar un cua-

dro como el que se adjunta en el que se aprecia el crecimiento del consumo de las fuentes de energía primarias en España en las tres últimas décadas.



Fuente: Ministerio de Economía. D. G. de Política Energética y Minas.

Gráficos similares existen para los distintos países y regiones del planeta. Ello permite plantear la cuestión central de los desequilibrios en el acceso a los recursos energéticos.

*La evolución mundial del consumo de recursos energéticos esconde desequilibrios que deben ser puestos de relieve:*

**A.27.** Razonen cómo se distribuye el consumo de energía en el mundo y busquen información pertinente con la que cotejarlo.

**A.28.** Conjeturen cuál puede ser la energía que por término medio consume una persona en un país desarrollado en comparación con una persona de un país en desarrollo. Busquen información pertinente para comprobar la validez de vuestras estimaciones.

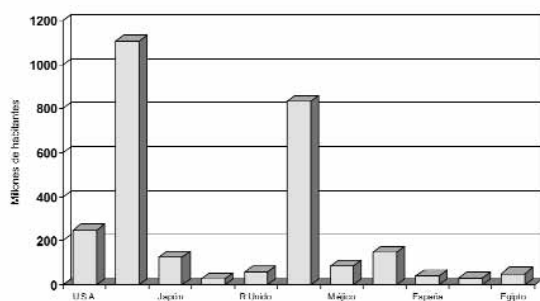
**A.29.** Hagan una estimación de cuál sería el consumo total de energía en países como China y la India si sus ciudadanos y ciudadanas usaran un promedio de energía igual al de los estadounidenses o al de los ciudadanos de la Unión Europea.

Estas actividades pretenden llevar a reflexionar sobre las diferencias existentes en el consumo de energía entre los países desarrollados y los que se encuentran en desarrollo. El problema de las grandes desigualdades exis-

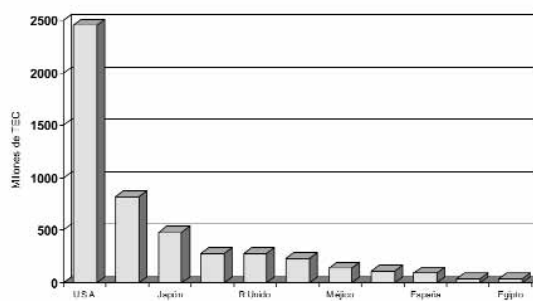
tentes en el planeta se ve claramente con las diferencias en el consumo entre países. Y más si tenemos en cuenta la distribución poblacional (A.28.). Esto permite introducir la idea de consumo energético per cápita y comprender una vez más las relaciones entre los diferentes problemas que afectan a la humanidad. A ese respecto podemos recordar las palabras de Paul Kennedy, “Los estadounidenses sumamos algo menos del 5% de la población mundial, pero nos bebemos el 27 % de la producción mundial de petróleo y consumimos casi el 30% del Producto Interior Bruto”. Y no es un problema exclusivo de los EEUU, algo semejante se puede decir de ese 20% de la población mundial que vive en los países ricos.

Una vez los estudiantes han expuesto sus conjeturas acerca de estos desequilibrios y su relación con la distribución poblacional, se les puede suministrar alguna gráfica con datos al respecto, como las que se muestran a continuación sobre consumo anual de energía por países y población de los mismos. Con dicha información se puede hacer una estimación del consumo per cápita para los distintos países, que constituye, posiblemente, la expresión más clara de los desequilibrios que estamos analizando.

Población de cada país



Consumo total de energía en distintos países



En A.29, se puede contribuir a poner de manifiesto una vez más el problema del consumo, las desigualdades y el agotamiento de los recursos energéticos. A ese respecto, en el Foro de Río + 5 al que antes nos referíamos, se concluyó que la actual población necesitaría los recursos de *tres Tierras* para alcanzar un nivel de vida semejante al de los países desarrollados (Ehrlich y Ehrlich, 1994; Folch, 1998; Vilches y Gil Pérez, 2003). Ello obliga a discutir tanto el problema del hiperconsumo de una quinta parte de la humanidad como el que representa un crecimiento demográfico explosivo que debe necesariamente controlarse.

Dada la frecuente resistencia a aceptar que el crecimiento demográfico representa hoy un grave problema, conviene proporcionar algunos datos acerca del mismo que permitan valorar su papel, junto al hiperconsumo de una quinta parte de la humanidad, en el agotamiento de los recursos energéticos y, en definitiva, en el actual crecimiento no sustentable (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Ehrlich y Ehrlich, 1994; Brown y Mitchell, 1998; Folch, 1998; Vilches y Gil, 2003):

\* 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”.

\* Aunque se ha producido un descenso en la tasa de crecimiento de la población, ésta sigue aumentando en unos 80 millones cada año, por lo que se duplicará de nuevo en pocas décadas.

\* Como han estimado fundadamente diversos expertos *la actual* población precisaría de los recursos de, aproximadamente, *tres Tierras* (Ehrlich y Ehrlich, 1994; Folch, 1998; Vilches y Gil Pérez, 2003) 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 rotundamente: “No cabe duda que la explosión demográfica terminará muy pronto. Lo que no sabemos es si el fin se producirá de forma benévola, por medio de un descenso de las tasas de natalidad, o trágicamente, a través de un aumento de las tasas de mortalidad”.

Brown y Mitchell (1998) resumen así la cuestión: “La estabilización de la población es un paso fundamental para detener la destrucción de los recursos naturales y garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de todas las personas”. Con otras palabras: “Una sociedad sostenible es una sociedad estable demográficamente, pero la población actual está lejos de ese punto”. En el mismo sentido se pronuncia la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988): “la reducción de las actuales tasas de crecimiento es absolutamente necesaria para lograr un desarrollo sostenible”.

Damos por sentado que la idea de sostenibilidad como concepto básico unificador (Bybee, 1991) ha sido ya introducida en temas previos y es manejada por los alumnos. En caso contrario se precisaría, antes de proseguir, favorecer una reflexión y debate en torno a “qué podemos designar como desarrollo sostenible”. Las respuestas de los equipos cuando se plantea dicha cuestión suelen apuntar a la preserva-

ción de los recursos del planeta para generaciones futuras. Ésta es precisamente una idea que subyace detrás de la definición dada por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988): “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”.

Y aunque pueda parecer la expresión de una idea de sentido común, se trata de un concepto realmente nuevo, cuya necesidad todavía no se ha comprendido plenamente. Es significativo que las referencias a conceptos globales, como la sostenibilidad, sean escasas entre el profesorado e incluso entre los especialistas de educación ambiental (Edwards, 2003). Las dificultades radican precisamente en algo a lo que ya nos hemos referido con anterioridad: es difícil aceptar que el mundo no es tan ilimitado como creíamos hasta hace poco. La idea de la insostenibilidad del crecimiento indefinido es reciente y ha constituido una sorpresa para la mayoría; los signos de degradación eran imperceptibles hasta hace poco y se pensaba que la naturaleza podía ser supeditada a los deseos y a las necesidades de los seres humanos. Después han llegado las señales de alarma pero todavía no han sido asumidas por la mayoría de la población. Se requiere por tanto un cambio, una auténtica revolución que rompa con una larga tradición de indiferencia, que nos haga comprender que nuestras acciones tienen consecuencias, más allá de la satisfacción de nuestras necesidades, que no podemos ignorar (Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Es importante señalar que junto a la definición de desarrollo sostenible en el informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) se indica: “el desarrollo sostenible requiere la satisfacción de las necesidades básicas de *todos* y extiende a todos la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones a una vida mejor”. Es decir, se trata de integrar la solidaridad intrageneracional en el concepto de sostenibilidad de forma complementaria a la solidaridad intergeneracional que fue reclamada explícitamente en la Cumbre de Río, para formar una alianza mundial a favor del medio ambiente y del desarrollo sostenible para

*todos los pueblos de la Tierra*. Y ello hará necesario que los educadores nos impliquemos decididamente en contribuir al surgimiento de una nueva forma de enfocar nuestra relación con el resto de la naturaleza. El estudio que estamos realizando en este tema –y que ahora proseguimos– pretende contribuir a ello.

*Conviene que nos detengamos en el estudio del consumo del petróleo en el mundo, dada su importancia y enormes repercusiones.*

**A.30.** *¿Cómo está repartido en el mundo el consumo de petróleo? ¿Cuáles son los principales países productores?*

A partir de la reflexión que estamos planteando así como lo que hemos venido señalando en este apartado, los estudiantes pueden concluir que nuestra sociedad sigue dependiendo de esta primera fuente energética del mundo. Así mismo, constataremos que, paradójicamente, algunos de los lugares donde hay petróleo están, por lo general, situados a bastante distancia de las zonas de consumo. Las tres zonas con mayor producción mundial son Oriente Medio, la antigua URSS y EEUU, que producen entorno al 70% del crudo en el mundo. Para llamar la atención sobre este dato, podemos presentar a los estudiantes algunos indicadores de análisis, como el hecho de que sea Oriente Medio la región más importante. En esta zona se dan unas condiciones óptimas para la explotación, por la abundancia de anticlinales, fallas y domos salinos que crean grandes bolsas de petróleo. Además, su situación costera y en pleno desierto facilita la construcción de canalizaciones que permiten su transporte hasta los puertos para desalojar el crudo. Arabia Saudí, con casi el 12% de la producción total, es el mayor productor del mundo.

Conviene que los estudiantes se den cuenta de que el caso de Estados Unidos es peculiar. Pese a tener una producción muy alta, ésta no es suficiente para satisfacer su consumo interno, por lo que se ve obligado a importar grandes cantidades. De hecho, en el año 2000 fue el mayor importador de crudo, con 511 millones de toneladas.

Respecto a los territorios que conformaban la antigua URSS, se comenzó a producir pe-



tróleo en 1870 y, de momento, extraen suficiente crudo como para cubrir sus necesidades, e incluso para exportar. No hay que olvidarse de otros países claves en este sector como Venezuela, que comenzó su explotación de crudo en 1914 a manos de la compañía Shell, aunque actualmente tienen una compañía propia. Pese a que su importancia ha ido menguando desde la década de los sesenta, cuando la antigua URSS y Oriente Medio mejoraron notablemente sus posiciones en el sector, Venezuela sigue siendo uno de los grandes aportando casi el 5% de la producción mundial (cifra similar a la que presenta México) y ocupando un puesto de primer orden dentro de los mayores exportadores. También cabe mencionar a China, que lleva algunos años recabando el interés de las grandes potencias occidentales. A pesar de que empezó a extraer su petróleo hace muy poco tiempo (en 1952), consiguió desde 1970 el suficiente como para autoabastecerse y exportar en pequeñas cantidades.

La dependencia del petróleo que exhibe nuestra sociedad queda demostrada en el siguiente dato: en 1880, la producción mundial, localizada casi por completo en EE UU, era inferior al millón de toneladas. Hoy, la producción supera las 3.500. Hasta llegar a ese punto, la evolución ha sido inicialmente lenta, pero imparable. En 1929, la producción ya alcanzaba los 200 millones de toneladas gracias a nuevos descubrimientos en México, Venezuela y Oriente Medio. Pero no es hasta la Segunda Guerra Mundial cuando el petróleo comienza a ser realmente imprescindible en la economía mundial, por el aumento de las necesidades energéticas derivado de una casi constante expansión económica, la importancia del sector automovilístico, y años más tarde, del sector petroquímico. Así, el petróleo cubría en 1958 el 38% de las necesidades energéticas mundiales, y el 45% en 1976.

*Una vez analizado el problema del agotamiento de las fuentes fósiles de energía, conviene detenerse en estudiar qué otros recursos pueden estar desapareciendo, con objeto de tener una visión más completa de este grave problema al que se enfrenta hoy la humanidad.*

**A.31.** *Indiquen cuáles son los recursos, además de los energéticos ya analizados, cuyo agotamiento resulta más preocupante.*

Entre los recursos naturales cuyo agotamiento preocupa en la actualidad (Brown, 1993 y 1998; Folch, 1998; Deléage y Hémary, 1998), debemos mencionar, además de las fuentes fósiles de energía a las que nos acabamos de referir con detenimiento y que son los que se suelen mencionar en primer lugar, junto a los yacimientos minerales, la grave y acelerada pérdida de la capa fértil de los suelos, el retroceso de la masa forestal, como consecuencia de su uso como fuente de energía, incendios, actividades madereras, etc., la disminución de las pesquerías (debido a la utilización de técnicas esquiladoras como las redes de arrastre, la falta de respeto de las pausas de regeneración, etc.) o el drástico descenso de los recursos hídricos, debido a la contaminación y al creciente consumo de agua y a la explotación de acuíferos subterráneos, que ha dado lugar a su salinización.

Al grave problema de la escasez de los recursos energéticos, hay que añadir el no menos grave de las consecuencias medioambientales que está produciendo este consumo creciente de la energía. Detengámonos en su análisis.

## 2.2. Problemas ambientales relacionados con la producción y consumo de energía

**A.32.** *Elaboren un dossier con los principales problemas ambientales derivados de la producción y uso de la energía aparecidos en la prensa durante, por ejemplo, dos semanas.*

Se trata de que, durante una o dos semanas, los equipos de alumnos procedan a elaborar un dossier con las noticias de prensa y anoten las referencias que aparezcan sobre la contaminación ambiental asociada a la obtención, transporte y uso de los combustibles fósiles y a sus consecuencias como la lluvia ácida, el incremento del efecto invernadero, los efectos de los mal llamados “accidentes”, como los vertidos de los petroleros, a menudo fruto de deliberadas decisiones de reducción de costos

que se convierten en “catástrofes anunciadas”... y es preciso no olvidar los problemas generados por las centrales nucleares, desde “accidentes” como el de Chernóbil a los que generan la producción, transporte y almacenamiento de residuos radiactivos con vidas medias de centenares e incluso miles de años, que constituyen herencias envenenadas para las generaciones futuras.

Se trata de una actividad que permite conectar de nuevo lo que se estudia en el aula con el entorno natural y social, lo que contribuye a despertar el interés de los estudiantes hacia los problemas planteados. Este interés se incrementa si se solicita la confección de carteles destinados a ser expuestos y comentados, sobre todo cuando se organiza alguna exposición pública, para el resto del centro o, mejor, para el barrio.

*Enumerados los problemas ambientales producidos por el consumo de energía, pasaremos a estudiar algunos de ellos y sus consecuencias.*

**A.33.** *¿En qué consiste la lluvia ácida? ¿Qué efectos puede tener sobre el medio ambiente?*

**A.34.** *Diseñen una experiencia para contrastar las hipótesis emitidas en torno a las consecuencias de la lluvia ácida sobre las ciudades.*

**A.35.** *¿Qué se entiende por efecto invernadero? ¿Cuáles son las principales causas de su incremento en las últimas décadas y qué consecuencias tiene dicho incremento para el medio ambiente?*

**A.36.** *Indiquen algunos problemas que puedan producirse durante la extracción y transporte de los recursos energéticos.*

Se inicia este estudio con la lluvia ácida, fenómeno bastante familiar para aquellos estudiantes que viven cerca de centrales térmicas o en metrópolis con tráfico automovilístico intenso y que es responsable del aumento de la acidez del agua de lagos y ríos, de los suelos, con pérdida de nutrientes, del deterioro de árboles, obras arquitectónicas, esculturas, etc. La A.34. permite ver en qué consiste, precisamente, el denominado “mal de la piedra” al atacar y disolver polvo de mármol con un ácido (por ejemplo, vinagre). Si se considera de interés, se puede proponer, previamente, la

preparación de dióxido de azufre para ver su acidez y así poder comprender los efectos que puede acarrear la disolución de estas emisiones gaseosas en aguas de lagos o su absorción por las hojas y raíces de los vegetales. Esto se puede realizar fácilmente quemando un poco de azufre dentro de un balón de vidrio, después se tapa el balón con un tapón de goma atravesado por un pequeño tubo de vidrio, se invierte cuidadosamente y se introduce el extremo del tubito en agua, que, previamente ha sido amarilleada con rojo de metilo (¡el efecto surtidor es realmente sorprendente!).

La A.35. se destina a estudiar el efecto invernadero producido fundamentalmente por el dióxido de carbono y en menor medida por otros gases como el metano, óxidos de nitrógeno, vapor de agua, etc. En primer lugar 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 señalar 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 CO<sub>2</sub> producido al quemar carbón, derivados del petróleo o simplemente leña. Por último, conviene detenerse en las consecuencias a gran escala del cambio climático global que esto está provocando, sobre las que numerosos expertos y organismos internacionales vienen alertando desde hace años. Un cambio climático relacionado con el incremento de la temperatura media del planeta, que está provocando, entre otros:

- la disminución de los glaciares y deshielo de los casquetes polares, con la consecuente subida del nivel del mar y destrucción de ecosistemas esenciales como humedales, bosques de manglares y zonas costeras habitadas;
- alteraciones en las precipitaciones y un aumento de fenómenos extremos (sequías, lluvias torrenciales, avalanchas de barro...);
- acidificación de las aguas y destrucción de los arrecifes de coral, auténticas barreras protectoras de las costas y hábitat de innumerables especies marinas;

- desertización;
- alteración de los ritmos vitales de numerosas especies;
- ...

Todo ello con graves implicaciones para la salud humana, la agricultura, etc.

Abundantes documentales, artículos de divulgación a cargo de especialistas, etc., permiten detenerse en el estudio de este cambio climático y en la contribución al mismo de cada uno de nosotros.

En A.36. se hace hincapié en las catástrofes que se producen durante la extracción del carbón en las minas, en las que han muerto miles y miles de trabajadores, así como los numerosos desastres ecológicos debidos al transporte marítimo del crudo de petróleo en barcos sin garantías. Es preciso cuestionar, de nuevo, la presentación de estas catástrofes como “accidentes”, puesto que son el fruto inevitable de los intentos de reducir los costes y aumentar los beneficios al máximo, aún a costa de la seguridad de personas y ecosistemas.

Nos acabamos de referir a aspectos relativos a la contaminación relacionada con la obtención y el uso de los recursos energéticos. Merece la pena aprovechar la ocasión para detenernos en analizar otros tipos de contaminación que constituyen también auténticos problemas.

**A.37.** ¿Qué otros tipos de contaminación conocen? ¿Qué consecuencias pueden tener para el medio ambiente y los seres vivos?

Sería interesante detenerse en otras formas de contaminación que suelen quedar, en general, relegadas como problemas menores pero que son igualmente perniciosas:

- la contaminación *acústica*, asociada a la actividad industrial, al transporte (uso de los motores de explosión) y a una inadecuada planificación urbanística, causa de graves trastornos físicos y psíquicos.
- la contaminación *lumínica* que en las ciudades afecta al reposo nocturno de los seres vivos, alterando sus ciclos vitales, y que suprime el paisaje celeste, lo que constituye una contaminación *visual* que altera y degrada el paisaje, a la que están contribuyendo grave-

mente todo tipo de residuos, un entorno urbano antiestético, etc.

- la contaminación del espacio orbital, próximo a la Tierra, con la denominada *chatarra espacial*, cuyas consecuencias pueden ser funestas para la red de comunicaciones que ha convertido nuestro planeta en una aldea global.

Sería interesante pedir a los estudiantes que hagan referencia a ejemplos locales o regionales, con el fin de que esta enumeración no quede como algo abstracto y puedan apreciar mejor el alcance de esta problemática a nivel tanto local como planetario.

La contaminación de todo tipo, y en particular la provocada por la extracción, transporte y uso de los recursos energéticos, con sus consecuencias para el medio ambiente, o el agotamiento de dichos recursos, no constituyen problemas aislados, sino que forman parte de una situación de emergencia planetaria que debemos abordar globalmente. Pasamos pues, por último, y a modo de recapitulación, antes de terminar este apartado dedicado al estudio de los problemas asociados a la obtención y consumo de energía, a abordar una visión global de los problemas a los que la humanidad debe hacer frente.

**A.38.** Señalen otros problemas que debemos plantearnos, además de los que representan la contaminación o el agotamiento de los recursos, para poner fin a un desarrollo insostenible.

Para el logro de la sostenibilidad de la sociedad humana no basta con referirse, como es frecuente a veces, a la contaminación ambiental o al agotamiento de los recursos naturales. En primer lugar es preciso 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; Brown, Flavin y French, 1984-2004). Un crecimiento que conlleva, entre otras cosas, un consumo creciente de recursos energéticos no renovables y que está generando todo un conjunto de problemas, algunos de los cuales ya han sido tratados hasta aquí y que conviene enumerar y discutir para construir una panorámica global y mos-

trar su estrecha vinculación:

\* *Una contaminación ambiental extremadamente variada que no conoce fronteras*, con secuelas como la lluvia ácida (asociada al uso de combustibles fósiles), el incremento del efecto invernadero (producido mayoritariamente por las emisiones de CO<sub>2</sub>), la destrucción de la capa de ozono... y un cambio climático global.

\* *El agotamiento de los recursos naturales*, incluyendo, además de las fuentes fósiles de energía y los yacimientos minerales, la grave y acelerada pérdida de la capa fértil de los suelos o de los recursos de agua dulce.

\* Esta problemática de contaminación ambiental y agotamiento de los recursos (particularmente energéticos) se ve particularmente agravada *por el actual proceso de urbanización acelerada, desordenada y especulativa*, que en pocas décadas ha multiplicado el número y tamaño de las grandes ciudades.

\* Los problemas mencionados hasta aquí –contaminación ambiental, urbanización desordenada y agotamiento de recursos naturales- todos ellos relacionados con el uso de determinados recursos energéticos, están estrechamente relacionados (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988) y provocan la *degradación de los ecosistemas y destrucción de la diversidad biológica*, que afecta de forma muy particular a la especie humana, generando enfermedades diversas que afectan al sistema inmunitario, al nervioso, a la piel, etc., y provocando el incremento de las catástrofes naturales (sequías, lluvias torrenciales...) con sus secuelas de destrucción de viviendas y zonas agrícolas, hambrunas... Sin olvidar otro grave aspecto de la degradación de la vida que nos afecta muy particularmente: *la pérdida de la diversidad cultural*. En ese sentido Maaluf (1999) se pregunta: “¿Por qué habríamos de preocuparnos menos por la diversidad de culturas humanas que por la diversidad de especies animales o vegetales?”.

Muchas de las actividades realizadas nos han permitido ya romper con lecturas reduccionistas del problema de la energía y mostrar su vinculación con cuestiones como, entre otras:

\* *La explosión demográfica* que ha multiplicado por cuatro, en menos de un siglo, la

población que ha de ser alimentada y que sigue creciendo pese a que la actual población precisaría ya de los recursos de aproximadamente tres planetas Tierra para tener un nivel de vida similar al de un europeo medio (Ehrlich y Ehrlich, 1994; Folch, 1998; Vilches y Gil Pérez, 2003).

\* *El hiperconsumo* de una quinta parte de la humanidad que ha utilizado en pocas décadas más recursos (y ha generado más residuos) que el resto de la humanidad viva *y que todas las generaciones que nos han precedido* (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988);

\* *Los enormes desequilibrios* existentes, con una quinta parte de la humanidad que apenas dispone del equivalente a un dólar diario y se ve obligada a una explotación insostenible del medio para simplemente sobrevivir (Mayor Zaragoza, 2000);

\* *Los conflictos* y carreras armamentistas que dichos desequilibrios potencian y que se traducen en una absurda destrucción de recursos (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988); ...

Todos estos problemas están vinculados entre sí y dibujan una situación de emergencia planetaria (Bybee, 1991) que es preciso contemplar globalmente (Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Una vez analizados algunos de los problemas que se plantean en la actualidad con la obtención y consumo de los recursos energéticos, habrá que buscar soluciones a los mismos. A ello dedicaremos el próximo apartado.

### 3. Energía para un futuro sostenible: propuestas tecnológicas

*Hemos visto que actualmente existe una situación grave a nivel mundial en torno a los problemas asociados a la obtención y uso de la energía y otros problemas estrechamente relacionados (consumo desmedido, crecimiento demográfico, desequilibrios y conflictos...). Una situación insostenible de creciente degradación a la que debemos poner fin si no queremos comprometer el desarrollo de las generaciones futuras.*

**A.39.** *¿Qué medidas piensan que habría que adoptar para resolver los problemas asociados a la crisis de la energía que acabamos de estudiar?*

A partir de las respuestas de los estudiantes se puede establecer un hilo conductor para ir estudiando un conjunto de acciones que pueden agruparse en medidas a corto, medio y largo plazo, tanto en el campo tecnológico, como en el educativo y en el político. Será necesario insistir en todo momento en que ninguna acción aislada puede ser efectiva, sino que se necesita un conjunto de medidas interconectadas, que se apoyen mutuamente. Y, por supuesto, no se trata exclusivamente de medidas tecnológicas: 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 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). Empezaremos por las sugerencias de acción inmediata como la reducción de la contaminación en la obtención y consumo de los combustibles fósiles.

Un primer paso para abordar las soluciones más inmediatas será introducir tecnologías que reduzcan al máximo la contaminación ambiental.

### 3.1. Reducción de la contaminación en la obtención y consumo de combustibles fósiles

**A.40.** *Expliquen lo más detalladamente posible las medidas tecnológicas que conozcan para reducir al máximo la contaminación debida a la obtención, transporte y consumo de combustibles fósiles.*

Es preciso detenerse en la descripción de las distintas medidas propuestas, sobre las que existe una abundante información. En su des-

cripción y también en su *discusión*, puesto que hay que evitar cualquier falsa impresión de fácil solución.

Medidas necesarias son, por ejemplo, la eliminación de impurezas de azufre en los lignitos que se utilizan en las centrales térmicas, el uso de catalizadores en los coches, la construcción de “eco petroleros”, etc. Algunos de estos cambios se están introduciendo ya en zonas como la Unión Europea, donde se ha legislado la eliminación de plomo y de azufre y la modificación de los motores, tratando de reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

Es posible que nuestros alumnos hayan escuchado o leído alguna de las noticias relacionadas con los motores que emplean el hidrógeno, “celdas de combustible”, etc. Todo esto puede reducir la contaminación local en las ciudades, pero el problema global persistiría si la energía para la producción del hidrógeno necesario continua teniendo origen fósil, con las consiguientes emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cuanto al problema de la lluvia ácida, se pueden instalar sistemas de lavado de gases en las grandes centrales térmicas de carbón. En la generación eléctrica se ha trabajado de forma intensiva en el desarrollo de tecnologías de uso limpio del carbón, procesos de combustión en lecho fluido y gasificación con ciclo combinado. Así mismo, la introducción masiva del gas natural como combustible sigue esta línea de emisiones menos contaminantes a la atmósfera, pero que no resuelven el problema del incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Igual ocurre en el caso de la biomasa: las emisiones de óxidos de azufre son muy bajas, inferiores a las correspondientes de la combustión del carbón o derivados del petróleo; las de óxidos de nitrógeno a partir de la combustión de la biomasa o sus derivados son, en general, moderadas, aunque no se evitan. Y, por supuesto, persiste el problema de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La introducción de las energías renovables (eólica, hidráulica o solar) aparece como una opción de generación eléctrica de nula emisión de contaminantes ácidos o de CO<sub>2</sub>, por lo que les dedicaremos, más adelante, una atención especial.

En realidad, existen numerosas tecnologías estudiadas desde hace tiempo para controlar y reducir la contaminación ambiental, basadas en procesos tecnológicos sencillos y no muy costosos, por lo que se podrían llevar adelante fácilmente en todos los países. Unas están destinadas a disminuir la contaminación (cambios en materias primas, modificaciones en los equipos, control de procesos, etc.), y otras a actuar sobre la contaminación una vez producida (equipos que controlan y miden las emisiones, depuradoras de diferentes características para gases, líquidos, sólidos, etc.). Existe numerosa bibliografía al respecto en el ámbito de la gestión de los recursos o de la denominada tecnología ambiental (Seoánez, 1998; Jarabo F., Elortegui y Jarabo J., 2000; Pascual Trillo, 2000; Girardet, 2001; Jiménez, 2001; Vilches y Gil-Pérez, 2003). Sin embargo, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> para limitar el crecimiento del efecto invernadero y sus graves consecuencias no tiene una solución tan simple y exige cambios drásticos en las opciones energéticas, así como políticas de protección ambiental y cambios en los comportamientos de cada uno de nosotros. De ningún modo puede dejarse creer que existe una solución meramente tecnológica.

Otras medidas muy necesarias que se deben tener en cuenta son las relativas a aumentar la eficacia en el uso de la energía.

### 3.2. Aumento de la eficiencia en los procesos energéticos

*Teniendo en cuenta los problemas que hemos ido abordando a lo largo de la unidad, será necesari*

*rio dar prioridad a tecnologías que aumenten la productividad de los recursos, más que a tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos. Es decir, la búsqueda de eficiencia se convierte en una característica de las tecnologías para un desarrollo sostenible.*

**A.41.** *Como sabemos, en cualquier transformación sólo se aprovecha una parte de la energía utilizada, mientras el resto se "pierde". Ideen algún concepto que permita determinar la eficacia de una determinada máquina, desde el punto de vista energético.*

**A.42.** *¿Qué significa decir que la eficiencia energética de un motor de gasolina es del 25%?*

**A.43.** *¿En qué orden de eficiencia energética creciente habría que colocar, en su opinión, las siguientes "máquinas": primera máquina de vapor (construida por Newcomen en 1712), máquina de trenes a vapor, bicicleta, motor diesel, cuerpo humano, turbina de vapor, motor de gasolina, turbina de agua (centrales hidroeléctricas)?*

**A.44.** *Revisen algunas de las aportaciones de las nuevas tecnologías al aumento de la eficiencia de los procesos energéticos.*

Con A.41 se inicia la revisión de las ideas de degradación de la energía que se habrán visto con anterioridad. Ello dará pie a que los estudiantes puedan construir la idea de rendimiento energético como cociente entre la energía aprovechada o energía útil,  $E_u$ , y la energía suministrada  $E_s$ . A continuación, las actividades A.42 y A.43 permiten el manejo y consolidación del concepto. En esta última actividad puede ser interesante suministrar a los estudiantes la tabla adjunta una vez debatidas sus hipótesis.

La A.44 se dirige a revisar los avances tec-

Tecnología	Rendimiento energético (en %)
-Máquina de vapor de Newcomen (1712)	02
-Tren a vapor (carbón como combustible)	10
-Máquina de vapor (de 1880)	17
-Cuerpo humano	25
-Máquina de combustión interna (a gasolina)	25
-Máquina de combustión interna (diesel)	35
-Turbina de vapor (a 600° C)	40
-Turbina de agua (central hidroeléctrica)	85
-Bicicleta	95

nológicos vistos anteriormente como, por ejemplo, la aplicación de la robótica al hogar, los ordenadores, etc., desde el punto de vista de la eficiencia energética. Ahora bien, al posible ahorro energético que se pueda conseguir a través del avance tecnológico, hemos de añadir la contribución de cada uno de nosotros con nuestras acciones individuales, lo que nos remite al papel de la educación, que abordaremos con algún detenimiento en el apartado 4. Aquí proseguiremos estudiando las medidas tecnológicas.

A continuación dirigiremos la atención a las fuentes renovables de energía, algunas conocidas desde muy antiguo, con objeto de ver la posibilidad de aprovecharlas más eficazmente de lo que tradicionalmente se ha hecho.

### 3.3. Un esfuerzo de investigación en tecnologías energéticas favorecedoras de un desarrollo sostenible

*Son muchas las personas que piensan que en realidad no hay alternativa a los combustibles fósiles, no hay otras posibilidades desde el punto de vista técnico, con la única excepción de la energía nuclear. Cuestionaremos a continuación esta idea, deteniéndonos en las posibilidades que para un desarrollo sostenible ofrece el uso de fuentes de energía alternativas.*

**A.45.** *Enumeren las “fuentes renovables” de energía que conozcan, señalando cuáles pueden ser sus ventajas e inconvenientes, frente a las energías no renovables, así como las dificultades técnicas a la hora de desarrollarlas a escala mundial.*

Una de las primeras fuentes que los alumnos mencionan es la *hidráulica*, considerada una energía limpia y renovable siempre y cuando se utilice en plantas de media y baja potencia, aunque estudios recientes están dando a conocer el posible problema de emisiones de metano (uno de los gases que ayudan a incrementar el efecto invernadero) por la descomposición de la materia orgánica que queda bajo el agua (Graham-Rowe, 2005). La producción de electricidad mediante este tipo de energía comenzó hace más de un siglo,

aprovechando la existencia de canales para el riego, lo que a su vez permitía regular los cauces, para prevenir avenidas, facilitar el agua para el riego, etc. y, posteriormente, con pequeñas instalaciones, que fueron creciendo al incrementarse la demanda de electricidad. Las de gran tamaño, con una producción por encima de los 10MW provocan gran impacto ambiental. Hoy se es consciente de que la construcción de grandes embalses que sumergen tierras cultivables, bosques y hasta poblaciones enteras, cambiando frecuentemente el curso de los ríos, alteran el equilibrio y la biodiversidad de las zonas afectadas, etc. Por eso se exigen estudios cuidadosos de impacto ambiental que en el pasado no se realizaron. Dichos estudios están mostrando las ventajas de una pluralidad de minicentrales.

La tecnología necesaria para la producción de energía a partir de esta fuente es muy conocida. Utiliza materiales convencionales y las dificultades tecnológicas están unidas al tamaño de la instalación que se quiera construir. Las obras civiles son una parte muy importante de estas instalaciones, pero esta labor suele ser asequible para las empresas de un amplio número de países. En el caso de la llamada “minihidráulica”, que evita alteraciones profundas de los ecosistemas, bastantes países tienen capacidad para hacer diseños y fabricaciones propias, pero la decisión correspondiente a esta alternativa de independencia y respeto del medio no se está adoptando suficientemente. Hoy día, del orden de la sexta parte del consumo global de electricidad procede de centrales hidráulicas.

La *energía eólica*, que no contamina el medio ambiente con gases ni agrava el efecto invernadero, es una valiosa alternativa frente a los combustibles no renovables como el petróleo y está también desarrollándose notablemente. En los últimos años fue la fuente energética de más rápido desarrollo en el mundo, instalada en más de 50 países, liderados por Dinamarca (donde suministra casi el 10% de las necesidades eléctricas), Alemania y España.

Conviene, sin embargo, antes de decidir el emplazamiento de una central, realizar un estudio de su impacto, evitando su instalación

en parques naturales y lugares de alto valor medioambiental, como las rutas de aves migratorias.

Hoy en día esta tecnología se basa en diseños sencillos y materiales accesibles, y sigue abierta a nuevas concepciones y al empleo de materiales más avanzados. Los países menos desarrollados, pero con una cierta capacidad industrial y que tengan potencial eólico, podrían plantearse disponer de diseños y fabricación propia, al menos de aerogeneradores de pequeña y media potencia.

Con respecto a la *biomasa*, su aprovechamiento ha tenido lugar tradicionalmente y cada vez adquiere mayor relevancia, ya que existen importantes volúmenes anuales de producción agraria, cuyos subproductos se pueden usar como fuente de energía e incluso ya se están potenciando los llamados cultivos energéticos, específicos para este fin. Muchas industrias ya utilizan estos recursos, como las de transformación agraria, sobre todo las refinerías de aceite, ladrilleras y cementeras. Los cultivos energéticos se usan para combustibles de automoción (por ejemplo en Brasil, donde se obtiene alcohol a partir de caña de azúcar y se utiliza mezclado con gasolina). Con un aprovechamiento adecuado de residuos agrícolas, forestales y ganaderos se podría incrementar el uso de estos recursos. Todo ello sin olvidar que no puede considerarse un recurso inagotable si su utilización supone una degradación del suelo, si los bosques se talan sin gestionarlos ni reforestarlos. A ello hay que añadir que aunque contamina menos que el petróleo y otros combustibles fósiles, su combustión sigue produciendo dióxido de carbono que contribuye al efecto invernadero. Por otro lado, el diseño de los equipos de combustión o gasificación y los siguientes de transformación a energía eléctrica se unen, en muchos casos, a empresas de ámbito internacional, aunque por su pequeño tamaño y baja complejidad tecnológica las calderas y gasificadores se pueden fabricar contra pedido en los talleres de un amplio número de países. Las turbinas y motores de combustión requieren para su fabricación un mercado amplio, que de momento no se da en los países menos desarrollados, por lo que se abre una línea de de-

pendencia de países desarrollados, aunque no se trate de máquinas excesivamente complejas.

Las tecnologías de la *energía solar térmica* tratan de recoger la energía del sol a través de paneles solares y convertirla en calor. El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, colegios o fábricas. En agricultura se pueden conseguir otro tipo de aplicaciones como invernaderos solares que favorecieran las mejoras de las cosechas en calidad y cantidad, los secaderos agrícolas que consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

En el campo de la *energía fotovoltaica*, en el mundo hay una treintena de fabricantes de células que suministran los consumos poco voluminosos, pero hoy los problemas de gestión para estas empresas están en el abastecimiento del silicio, al cual en el esquema tecnológico actual se le prevén limitaciones en la oferta si la demanda fotovoltaica creciera significativamente sin implantar nuevas concepciones de las células. Se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico que, como después veremos en profundidad, se produce al incidir la luz sobre unos materiales semiconductores lo que puede dar lugar a una diferencia de potencial para ser aprovechada con múltiples aplicaciones como la de la electricidad, tanto doméstica como en servicios públicos. Es especialmente importante para aquellos lugares aislados, granjas o caseríos. También se puede aplicar en agricultura y ganadería, no solo en electrificación sino también en sistemas de bombeo de aguas, de riego, depuración, etc. En señalización y comunicaciones pueden desarrollar un papel muy importante, tanto en navegación aérea como marítima, así como de carreteras y ferrocarriles, en repetidores de radio y TV, telefonía móvil, satélites artificiales o en aplicaciones especiales como oxigenación de aguas y vehículos eléctricos. Al igual que ya hemos señalado en otros apartados, es posible y conveniente disponer de DVDs y materiales



existentes en la red, que pueden ayudar a mostrar la variedad de aplicaciones, los procedimientos tecnológicos, las dificultades existentes para su expansión, etc.

Ambas energías solares, tienen pues grandes ventajas, como sucede con el resto de energías alternativas: además de las ya señaladas desde el punto de vista medioambiental, suponen un suministro descentralizado y sencillo, sin la necesidad de grandes redes o cadenas como es el caso de las no renovables. En definitiva, a pesar de los problemas debido a que todavía no se han desarrollado plenamente, existen ya soluciones técnicas para sustituir a los combustibles fósiles.

*Profundizaremos ahora en el fundamento de estas fuentes de energía y nos referiremos a algunas otras.*

**A.46.** *Visiten, si es posible, algún parque eólico o algún aerogenerador de los que existen en zonas rurales, realizando una memoria sobre sus características, ventajas y posibles inconvenientes.*

Podría resultar también interesante que los estudiantes tuviesen la posibilidad de indagar sobre las campañas en contra de la instalación de estos parques que han tenido lugar en muchos de los municipios afectados por su colocación (recogidas en algunas páginas web) y analizar los argumentos a favor y en contra de este tipo de instalaciones, atendiendo a la necesidad de estudios de impacto ambiental, etc.

**A.47.** *Realicen los planos y el montaje de un generador eólico y expliquen su funcionamiento.*

Es fácil encontrar los planos de un generador eólico en cualquier libro de texto o páginas de Internet para que los estudiantes puedan construirlo en el taller. Estudiaremos, con este experimento, que la energía eólica tiene como fuente el viento, es decir el aire en movimiento, por lo que aprovechamos la energía cinética de éste para hacer mover la turbina con la que generar la electricidad, como veremos más adelante. El viento se origina como consecuencia de la cantidad de sol que incide sobre el aire calentándolo (con lo que se eleva

y otras masas de aire ocupan su lugar) por la rotación de la Tierra o las condiciones atmosféricas de un lugar concreto.

Debemos destacar que la energía eólica es una de las primeras que se utilizaron para transporte marítimo y para molinos con los que moler cereales.

En este ítem o en algún otro similar se puede acompañar la presentación con motorcitos de vapor, motores a pila y molinillos generadores de corriente muy sencillos o cosas similares. Ello suele generar mucho interés tanto en los alumnos como en los profesores asistentes a cursos de perfeccionamiento.

**A.48.** *Dentro de las energías alternativas, ¿en qué suponen que consiste la mareomotriz?*

Los estudiantes conocen que las mareas tienen su origen en la atracción del Sol y la Luna, junto con el resto de cuerpos celestes, sobre las grandes masas de agua, haciendo variar considerablemente su altura. El aprovechamiento de ésta se basa en producir energía eléctrica por medio de centrales situadas en los estuarios, donde existe una presa que permite retener el agua cuando sube la marea y dejarla salir haciendo girar unas turbinas que accionarán un alternador. Esto se puede conseguir en ambos sentidos. Existen pocas de este tipo en funcionamiento, una de ellas en La Rance, Francia.

**A.49.** *¿De qué otras formas piensan que se podría conseguir aprovechar la energía del mar?*

Resulta interesante referirse a la energía que se puede obtener por el movimiento de las olas, que consiste en aprovechar la energía cinética de éstas para transformarla en electricidad. El aprovechamiento es difícil y complicado y el rendimiento es bajo. Por todo esto y por el impacto ecológico que provocan en la zona donde se colocan, hay pocas instalaciones de este tipo. En España, el proyecto Olas-1000 trata de aprovechar esta energía en la costa atlántica con un prototipo de central de 1000 KW.

Hay otra forma de aprovechamiento de la energía menos conocida y a la que tal vez los

estudiantes no se refieran, que es la que utiliza el gradiente térmico entre las diferentes capas marinas. Este gradiente de temperatura viene provocado por la energía recibida del Sol entre las aguas superficiales y profundas. Existe un proyecto internacional, llamado OTEC, para la construcción de una central con la que se pretende obtener una potencia de unos 100 MW. Se basa en los principios termodinámicos bien conocidos. Al crearse un ciclo generador de energía, debido a la diferencia de temperatura entre las distintas masas de agua, si extraemos energía de la masa con mayor temperatura a la de menor, la diferencia entre éstas se convierte en energía mecánica para mover un generador. Tenemos dos sistemas:

a) Usar el agua del mar en un circuito abierto, evaporando el agua a baja presión y así mover una turbina.

b) Emplear un circuito cerrado y un fluido de baja temperatura de ebullición (amoníaco, freón, propano) que se evapora en contacto con el agua caliente de la superficie. Este vapor mueve un generador y luego se condensa con el agua fría de las profundidades.

El problema de este sistema es su bajo rendimiento, entorno al 7% hasta el momento, causado por la baja temperatura del foco caliente y la poca diferencia con el foco frío. Además, es preciso utilizar energía para bombear el agua fría de las profundidades.

**A.50.** *Comenten la información suministrada por el profesor (vídeo, libros, revistas, etc.) en la que se muestre las diferentes formas de aprovechamiento de la energía solar.*

Existe material abundante, tanto bibliográfico como documentos en video, que recoge las enormes y variadas posibilidades que ofrece la utilización y aprovechamiento de la energía solar, mostrando la importancia que tiene ésta no sólo para la vida vegetal (mediante la fotosíntesis) y animal sino también como fuente de la que proceden la mayor parte de los recursos renovables e incluso los propios combustibles fósiles (formados originalmente por vegetales y/o animales). En algunos casos, es posible a partir de la información suministrada construir, por ejemplo, una cocina solar.

Es necesario hacer ver a los estudiantes que el Sol es la principal fuente de energía de la Tierra. Toda esta energía procede de las reacciones nucleares de fusión que ocurren en él y nos llega en forma de ondas electromagnéticas de las que sólo aprovechamos una pequeña parte. Para su acumulación como recurso energético utilizamos dos tecnologías fundamentalmente: la conversión térmica mediante colectores, que consisten en cuerpos que absorben la mayor cantidad de rayos solares posible; y la conversión fotovoltaica, que transforma en electricidad directamente la radiación solar. Cada placa está formada por una serie de células solares construidas a base de silicio. Cuando la luz solar incide en las células se genera una pequeña tensión en los extremos. Colocando varias de estas células en serie podemos aumentar la tensión de salida final. El rendimiento de estas placas no es muy elevado de momento, encontrándose en torno al 25 % disminuyendo éste si aumentamos la temperatura a la que se trabaja.

*Solar Cookers International* (SCI), por ejemplo, ha estado promoviendo la cocina solar extensamente en los campos de refugiados de Kenya. Más de 15.000 familias han ido a los talleres organizados y han vuelto a casa con su cocina solar. Gracias al nuevo diseño de cocina solar, tan solo cuesta 10 dólares americanos equipar a cada familia con una cocina solar, un bote negro, una cantidad de comida básica, y las instrucciones para usar su nueva cocina solar. Los continuos viajes demuestran que la gente sigue usando sus cocinas. Las familias cuentan que ya no tienen que ir a buscar leña para poder cocinar.

**A.51.** *¿Cómo piensan que se puede aprovechar la energía geotérmica?*

Si tenemos en cuenta que el núcleo de la Tierra tiene una temperatura de aproximadamente 4000° C y que ésta va disminuyendo conforme nos aproximamos a la corteza, sería fácil pensar que, haciendo dos agujeros paralelos e introduciendo agua fría por uno, la podríamos obtener caliente por el otro. Esta solución no es practicable en todos los lugares por la baja conductividad térmica que poseen

los materiales que componen la Tierra, aunque existen zonas en las que se dan anomalías geotérmicas, produciéndose transferencias de energía térmica superiores a lo normal (entre 10 y 20° C por cada 100 m de profundidad).

**A.52.** Sinteticen en una tabla las fuentes alternativas estudiadas, indicando la tecnología empleada para conseguir la energía obtenida y cuáles son las características de cada una.

En esta actividad tratamos de que los estudiantes completen una tabla como la que se adjunta.

E. alternativa	E. obtenida	Tecnología empleada	Características
Solar	Térmica	Colectores	Aprovechamiento de los rayos solares para transformarlos en energía útil.
	Fotovoltaica (electricidad)	Placas solares	
Eólica	Eléctrica	Turbina eólica	La obtenemos de la E. cinética del viento.
Biomasa	Química	Cuba de fermentación	Conjunto de materia orgánica de diferente procedencia que fermentada produce biogás, o que al quemarla produce E. térmica.
	Térmica	Horno	
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	Térmica	Horno	Conjunto de materiales procedentes de actividades domésticas, comerciales o industriales que al quemarlos producen E. térmica.
Geotérmica	Térmica	Radiador	Energía térmica que procede del Interior de la tierra.
	Eléctrica	Centrales geotérmicas	
Hidráulica	Eléctrica	Turbinas	Aprovecha la E. potencial del agua embalsada.
Mareomotriz	Eléctrica	Turbinas	Aprovecha la E. potencial de las mareas.
De las olas	Eléctrica	Pato Salter (otros)	Energía cinética, por el movimiento de las olas (masas de agua).
Hidrotérmica	Eléctrica	Turbinas	Aprovecha la diferencia de temperatura entre capas de agua de mar que se encuentran a distinta profundidad para evaporar y condensar vapores de gases.

El miedo al desabastecimiento energético provocado por las crisis de los precios del petróleo en la década de los setenta contribuyó a impulsar la investigación en energías renovables. La Agencia Internacional de la Energía, AIE, creada como una de las respuestas a esta crisis, propuso a los países que la integraron el desarrollo de proyectos de investigación en diferentes áreas: nuclear, carbón y energías renovables, más ahorro y eficiencia en el uso de la energía. Así, la energía nuclear ha supuesto, con diferencia, el mayor gasto en I+D, alrededor del 60%. El uso "limpio" y eficiente de los combustibles fósiles, en particular el carbón, ha sido la siguiente partida. La investigación en energías renovables ha movilizad apenas alrededor del 8% de los gastos en I+D energéticos de los países miembros de la AIE.

*Todo el conjunto de medidas apuntado como medidas a corto y a medio plazo son claramente insuficientes para abastecer nuestras necesidades energéticas. Así pues, la humanidad requiere nuevas formas de obtener recursos energéticos "abundantes y limpios".*

**A.53.** ¿Cuáles son las perspectivas actuales de conseguir recursos energéticos "limpios" e "inagotables"?

La A.53 da pie para plantear que, aún con todas las propuestas hechas en los apartados anteriores, va a ser difícil dar por resuelta la crisis de la energía y que es preciso seguir buscando la obtención de recursos energéticos abundantes y "limpios".

Se puede hacer referencia, a este respecto, a los proyectos de investigación hoy en marcha para la obtención de energía por procesos de

fusión, como los que tienen lugar en el Sol, que proporcionarían una energía prácticamente inagotable, sin los residuos radiactivos de la actual tecnología de fisión de núcleos pesados que plantea, además, serios problemas de seguridad por la dificultad de controlar la reacción en cadena. Existe una fuerte oposición a estas investigaciones en el campo de la fusión, ya que el problema de la seguridad es aún más serio que en el de los actuales reactores de fisión. Y se trata, además, de *tecnologías tan complejas que favorecen su control por unos pocos*.

Paralelamente, se están impulsando investigaciones sobre cómo eliminar los residuos radiactivos, tan perjudiciales, que se producen en las reacciones de fisión.

Para muchos, sin embargo, el futuro del modelo energético se encuentra en las energías renovables que, como hemos visto en el apartado anterior, son ya una alternativa tecnológica real y de las que se esperan grandes progresos en su eficacia, en una mayor optimización de producción, en la reducción de costes, etc. Es algo que ya ha empezado, por ejemplo, en lo que se refiere a la energía eólica, que ha experimentado en los últimos años, a escala mundial, el mayor crecimiento de todas las formas de energía. Así, en España, segundo país europeo en producción de energía eólica, la potencia lograda equivale ya a la de tres centrales nucleares. Algunos expertos señalan que las investigaciones destinadas a las mejoras tecnológicas en este campo, que ya han producido una disminución del coste y un mayor conocimiento del mapa de vientos, a más largo plazo harán que la energía eólica, tanto en tierra como en el mar, sobrepase a la hidráulica, que ahora suministra un 20% de la electricidad mundial.

Al contemplar las perspectivas de futuro debemos referirnos también a la energía solar, término que incluye, como hemos visto, 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 co-

mo su puesta en práctica, reciben las ayudas necesarias. Las actuales investigaciones en este campo tratan de mejorar las tecnologías transformadoras. De este modo, según 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 olvidar, sin embargo, que su combustión produce dióxido de carbono, contribuyendo al incremento del efecto invernadero.

Conviene, por último, abordar con un cierto detenimiento lo que autores como Jeremy Rifkin (2002) defienden como la “transición a un régimen de energía de hidrógeno”.

**A.54.** *Busquen información sobre la utilización de la tecnología del hidrógeno.*

Aunque el principio de funcionamiento de las celdas de hidrógeno o de combustible (CdC) fue descubierto en el año de 1839, por William Grove, jurista y físico aficionado británico, no fue hasta principios de los años 60 cuando fue aplicada en las misiones espaciales de la Nasa, Apolo y Géminis, para suministrar energía eléctrica y agua potable. La industria las reconoció entonces como una opción técnica, pero en ese momento enfrentaban aún barreras tecnológicas y altos costes de producción. En años más recientes, alrededor de 60 empresas en todo el mundo, de las cuales siete se encuentran dentro de las 10 más grandes del mundo en cuanto a ganancias se refiere, trabajan en su investigación, desarrollo y determinación de las potenciales aplicaciones, con el objeto de hacerlas más confiables, durables y reducir su coste. Se considera que esta tecnología revolucionará el mundo, como en su momento lo hizo el motor de combustión interna, teniendo impactos positivos, tanto económicos como para el medio ambiente.

Las celdas de combustible (CdC) son equipos que, a través de las reacciones electroquí-

micas, la reducción del oxígeno y la oxidación de un combustible (regularmente hidrógeno), transforman la energía química de estos elementos en eléctrica (y en calorífica no aprovechable).

Los motores de combustión interna, las baterías, y las CdC tienen en común que son dispositivos transformadores de energía. Los primeros, que proveen de energía a prácticamente todos los automóviles que circulan en las carreteras del mundo, producen CO<sub>2</sub> y generan ruido, ocasionado por las explosiones a alta temperatura del proceso de combustión, transformando la energía química del combustible en térmica y ésta a la vez en mecánica, y en ocasiones en eléctrica cuando se acopla un generador.

Las baterías y las CdC tienen funcionamientos similares, y por su naturaleza son más eficientes pues convierten directamente la energía química del combustible en eléctrica. Ambos dispositivos pueden alimentar a los automóviles eléctricos actuales, con requerimientos mínimos de mantenimiento, al no tener partes móviles, pero las diferencias entre las actuales baterías y las CdC son también notables: las baterías, cuando se terminan los reactivos, se tienen que reemplazar o recargar, mientras que en una CdC esto no sucede, pues los reactivos son alimentados en forma continua, y presenta ventajas tales como menor peso y tamaño, rápido abastecimiento y mayor rango de autonomía.

La mayor ventaja del uso de las CdC es, sin duda, el bajo nivel de emisiones, siendo éste uno de los principales motivos por los que se ha impulsado tanto su investigación y desarrollo. Al utilizar hidrógeno, el único producto de la reacción es vapor de agua, y se logran así “Vehículos Cero Emisiones”, pudiendo reducir drásticamente la contaminación de las ciudades y lugares de tráfico elevado.

Es necesario puntualizar, sin embargo, que el uso de las CdC constituye sólo *parte* de la solución: empleamos el hidrógeno como forma de almacenamiento de energía, que puede utilizarse sin generar contaminación local. El problema persiste, sin embargo, a nivel global, si para obtener el hidrógeno necesario, por electrólisis del agua, se siguen utilizando com-

combustibles fósiles. Lo esencial estriba en sustituir los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, como la fotovoltaica, la eólica y la minihidráulica. La auténtica revolución no estriba tanto, como a veces se afirma, en el uso de la tecnología del hidrógeno, como en la sustitución de los combustibles fósiles por las fuentes renovables no contaminantes.

Cabe discutir también si, dadas las crecientes necesidades mundiales de energía, el grave peligro de cambio climático provocado por las emisiones de CO<sub>2</sub> y el escaso desarrollo de las energías alternativas renovables, no estaremos obligados a recurrir a la energía nuclear.

Ésa es la opinión, por ejemplo, de James Lovelock, el conocido ecologista, autor de la “Hipótesis Gaia”, expuesta recientemente (24-05-04), en el periódico inglés *The Independent*, en un artículo con el título “Nuclear power is the only green solution” (“La energía nuclear es la única solución verde”) que tuvo una notable repercusión en los medios de comunicación y que, ciertamente, merece atención y discusión.

El artículo llama 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. En esto, como sabemos, existe un consenso muy general en la comunidad científica: el cambio climático provocado por la actividad humana ha comenzado ya y está relacionado con la modificación tremendamente acelerada de la composición de la atmósfera, debida a las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero. El corolario es bien claro: es preciso establecer urgentemente un nuevo modelo energético que no esté basado en los combustibles fósiles.

Hasta ahí todos de acuerdo. Pero es preciso señalar que Lovelock muestra un serio desconocimiento del problema energético al proponer la energía nuclear como solución. En primer lugar porque, como ya hemos descrito, 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 ac-

tividad, 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 otro lado, es preciso no olvidar que la contribución de la energía nuclear en el ámbito mundial es tan solo de un 6%. Incluso en países como Francia o Japón, que en su momento optaron por la creación de numerosas centrales, el porcentaje de energía de origen nuclear no llega al 20%. Es cierto que a veces se afirma que en Francia este porcentaje es de un 80%, pero se trata de un error: ése es el porcentaje que corresponde a la producción de electricidad. De hecho, el consumo de productos petrolíferos por cápita en Francia es similar al del conjunto de la Unión Europea.

Así pues, apostar por una solución nuclear exigiría crear en todo el mundo miles de centrales, de un coste, como es bien sabido, desorbitado y absolutamente inaccesible a los países del Tercer Mundo (donde dos mil millones de personas siguen sin tener acceso a la electricidad y otros tres mil tienen un suministro de energía muy insuficiente). En conclusión: la energía 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 contenía 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 World Watch 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 numerosos expertos, con datos rigurosos, 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.

A dichos análisis e impulso se ha venido a sumar la declaración final de La Conferencia Mundial sobre Energías Renovables, clausurada en Bonn el 4 de junio de 2004, con participación de más de 150 países, que se ha sellado con un gran acuerdo de *medidas concretas*, cuya puesta en práctica será supervisada por Naciones Unidas, para *impulsar las energías renovables* como la eólica, la mini-hidráulica o la solar, *reconociendo su papel crucial en la lucha contra el cambio climático y la pobreza*.

Hasta aquí nos hemos referido al posible ahorro energético y reducción de la contaminación que se pueden conseguir a través del avance tecnológico. Pero como ya hemos señalado reiteradamente, los problemas no son exclusivamente tecnológicos. Es preciso considerar también la contribución de cada uno de nosotros a la creación y solución de los problemas con nuestras acciones individuales, lo que nos remite al papel de la educación.

#### 4. Educación para un futuro sostenible

A lo largo de las dos últimas décadas, se han multiplicado los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que los educadores contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta la vida en nuestro planeta y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (UNESCO, 1987; Council of the Ministers of Education of the European Community, 1988; Naciones Unidas, 1992; Delors, 1996).

Conviene que nos detengamos en analizar

los cambios de actitud y comportamiento que cada uno de nosotros, desde los diferentes ámbitos, puede realizar para contribuir a la sostenibilidad gracias a una adecuada educación.

#### 4.1 La importancia de las acciones individuales

**A.55.** *Comenten la siguiente frase: “los problemas de agotamiento de los recursos energéticos y degradación del medio son debidos, fundamentalmente a la actividad de las grandes industrias; lo que cada uno de nosotros puede hacer al respecto es, comparativamente, insignificante”.*

**A.56.** *Analicen todas aquellas acciones que realizan habitualmente y que pueden contribuir a la degradación del medio. Evalúen, en particular, el impacto ambiental que producen las actividades de sus hogares.*

Muchos de nuestros alumnos y gran parte de la ciudadanía piensan que el problema de la contaminación y degradación que en estos momentos afecta a nuestro planeta es responsabilidad casi exclusiva de las industrias y dudan 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 esas “pequeñas acciones” suponen, en verdad, un consumo energético por cápita muy pequeño, al multiplicarlo por los muchos millones de personas que en el mundo realizan dichas acciones, éste consumo llega a representar cantidades ingentes de energía, con su consiguiente contribución a la contaminación ambiental. De hecho, el conjunto de los automóviles privados lanzan más dióxido de carbono a la atmósfera que toda la industria.

Con este apartado se pretende, pues, cues-

tionar mitos como el formulado en la actividad A.55 que dificultan implicarse en la puesta en práctica de posibles soluciones, y nos ayudan a comprender la importancia del modelo de vida que adoptemos para el logro de un futuro sostenible.

Una vez mostrada la incidencia de las acciones individuales se pueden plantear actividades como las siguientes destinadas a promover las acciones positivas:

**A.57.** *¿Qué es lo que cada uno de nosotros puede hacer ‘para salvar la Tierra’?*

**A.58.** *Sugieran medidas que se puedan aconsejar a los ciudadanos y ciudadanas para ahorrar energía en las viviendas, transporte, etc.*

**A.59.** *Diseñen una campaña de sensibilización acerca de los problemas energéticos y sus posibles soluciones para el barrio en el que viven y para la misma escuela.*

**A.60.** *Organicen un “congreso escolar” en torno a la crisis de la energía, en el que se puedan presentar y debatir ponencias de distintos equipos de estudiantes y algunos expertos.*

**A.61.** *Elaboren un “manifiesto/ compromiso para el uso correcto de la energía” que se pueda difundir y hacer asumir.*

*Pero no se trata únicamente de ahorrar la energía que utilizamos directamente. Tan importante como esto es la reutilización y reciclado de materias primas y productos de uso diario y, muy en particular, la recogida de aquellos materiales como las pilas eléctricas que son muy contaminantes y no deben ser echadas a la basura común sino a contenedores separados para su recogida y reciclaje.*

**A.62.** *Estudien el impacto que la reutilización y el reciclado de algunos materiales (papel, vidrio, etc.) pueden tener en el ahorro energético y organicen una campaña de recogida de estos materiales en la escuela.*

**A.63.** *Organicen una campaña de sensibilización para la recogida de pilas eléctricas.*

Las llamadas a la responsabilidad individual se multiplican hoy, incluyendo pormenorizadas relaciones de posibles acciones concretas en los más diversos campos, desde la ali-

mentación al transporte, pasando por la limpieza, la calefacción e iluminación o la planificación familiar (Button and Friends of The Earth, 1990; Silver y Vallely, 1998; García Ro-deja, 1999; Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Una de las primeras cosas a promover es la necesidad de ahorro energético. Algunas de las acciones para ahorrar energía son las que mucha gente conoce, pero no todos aplican, como usar aparatos con clasificación energética A, bombillas de bajo consumo, apagar luces, TV... cuando no estemos haciendo uso de ellos, usar transporte público y potenciar el uso de las bicicletas, etc., etc.

Aquí se puede suministrar bibliografía dirigida específicamente a los estudiantes que puede ser interesante para las respuestas de las diferentes actividades (Porrit, 1991; Durning, 1994; Silver y Vallely, 1998; Comin y Font, 1999; The Earth Works Group, 2000; Fernández y Calvo Roy, 2001; Girardet, 2001, Calvo Roy y Fernández, 2002; etc.).

Todo este trabajo ha de permitir concluir que el futuro va a depender en gran medida del modelo de vida que sigamos y, aunque éste a menudo nos lo tratan de imponer con consignas de aumento de consumo “para activar la producción y crear empleo”, no hay que menospreciar la capacidad que tenemos los consumidores para modificarlo (Comín y Font, 1999). En las soluciones, como en la generación de los problemas, tendrá enorme importancia la suma de las pequeñas acciones individuales que llevamos a cabo todos, por triviales que nos parezcan. La propia Agenda 21 indica que la participación de la sociedad civil es un elemento imprescindible para avanzar hacia la sostenibilidad. Aunque no se debe ocultar la dificultad de desarrollo de las ideas antes mencionadas, ya que comportan cambios profundos en la economía mundial y en las formas de vida personales. Por ejemplo, el descenso del consumo provoca recesión y caída del empleo. ¿Cómo eludir estos efectos indeseados? ¿Qué cambiar del sistema y cómo se podría hacer, al menos teóricamente, para avanzar hacia una sociedad sostenible? Y, por otra parte, ¿cómo lograr superar las tendencias consumistas que se nos imponen y adquirir comportamientos de consumo responsable?

Es preciso añadir, por otra parte, que las acciones en las que podemos implicarnos no tienen por qué limitarse al ámbito “privado”: han de extenderse al campo profesional (que puede exigir la toma de decisiones) y al socio-político, oponiéndose a los comportamientos depredadores o contaminantes.

Y es preciso, también, que las acciones individuales y colectivas eviten los planteamientos parciales, centrados exclusivamente en cuestiones ambientales, y se extiendan a otros aspectos íntimamente relacionados, como el de los graves desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos o los conflictos étnicos y culturales: campaña pro cesión del 0.7% del presupuesto institucional y *personal* para ayuda a los países en desarrollo, defensa de la pluralidad cultural, fomento de la conversión de la deuda en inversiones en beneficio de la educación, igualdad de acceso de la mujer a la educación, erradicación del analfabetismo, extendiendo la educación a toda la población, etc.

Se trata, en definitiva, de aprender a enfocar los problemas locales en la perspectiva general de la situación del mundo, y de contribuir a la adopción de las medidas pertinentes, como está ocurriendo ya, por ejemplo, con el movimiento de “ciudades por la sostenibilidad”. Como afirman González y de Alba (1994), “el lema de los ecologistas alemanes ‘pensar globalmente, pero actuar localmente’ a lo largo del tiempo ha mostrado su validez, pero también su limitación: ahora se sabe que también hay que actuar globalmente”. Ello nos remite a un tercer tipo de medidas ciudadanas, es decir, políticas, que comentaremos en el próximo apartado.

## 5. Medidas políticas para un futuro sostenible

*Aunque, como hemos visto, el comportamiento de cada uno de nosotros tiene una indudable incidencia en el medio ambiente, ello no implica que la actual situación de emergencia planetaria, en la que el problema energético juega un papel determinante, pueda resolverse con simples llamamientos a la ciudadanía.*



**A.64.** *¿Cómo puede garantizarse la aplicación de políticas energéticas respetuosas con el medio ambiente?*

Como es lógico, los alumnos no tienen dificultad para comprender la necesidad de una legislación que anteponga el interés común al de quienes, por desconocimiento o egoísmo miope, sólo piensan en su beneficio particular a corto plazo. Y ello ha de incluir la protección del medio ambiente, que constituye el sustrato básico de la vida. Una protección que no puede quedar a la discreción de cada cual, ni puede limitarse a normas locales, dado el carácter global de los problemas. A título de ejemplo puede plantearse el estudio de las medidas ambientales propuestas en el marco del llamado Protocolo de Kyoto.

**A.65.** *¿En qué consisten las medidas ambientales propuestas en el protocolo de Kyoto?*

Uno de los problemas ambientales que más ha preocupado a los expertos en los últimos años es el referido a la contaminación atmosférica y, muy especialmente, a la lluvia ácida y a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ello en 1997, como resultado de un acuerdo alcanzado en la Cumbre de Río en 1992, se firmó el protocolo de Kyoto, por el cual los países firmantes asumían el compromiso de reducir las emisiones en porcentajes que varían según su contribución actual a la contaminación del planeta, estableciendo sistemas de control de la aplicación de estas medidas.

Para que el acuerdo entrara en vigor, se estableció un mínimo de 55 países firmantes que sumaran en conjunto al menos un 55% de las emisiones correspondientes a los 39 países implicados en el acuerdo. Y aunque existen países como EEUU (con mucho, el más contaminante) que no asumen todavía el Protocolo de Kyoto y por lo tanto no se comprometen a aplicar las medidas que en él se plantean, tras su ratificación por el parlamento ruso en octubre de 2004 se aseguraron los apoyos necesarios para su entrada en vigor, que tuvo lugar el 16 de febrero de 2005. Una fecha que, sin duda, pasará a la historia como el inicio de una nueva etapa en la protección del medio am-

biente por la comunidad internacional. Pese a que se trata solamente de un primer paso todavía tímido en la regulación de la contaminación ambiental, en la lucha contra el cambio climático, la importancia de este hecho es enorme por lo que supone de regulación global de un ámbito que afecta a numerosos aspectos de nuestras actividades y un paso hacia la cada vez más imprescindible prevención de riesgos y la gestión integrada de los recursos del planeta.

**A.66.** *¿Por qué muchas de las medidas que se han planteado para reducir la contaminación no se llevan a cabo?*

La discusión que plantea esta actividad nos remite de nuevo a la idea de que las soluciones al problema energético y, más en general, a la actual situación de emergencia planetaria, no son exclusivamente de carácter técnico, sino que se requiere voluntad política de los poderes públicos, así como decisión y participación activa de cada uno de nosotros para evitar la imposición de intereses particulares a corto plazo que afectan negativamente a muchos otros. Y es preciso también comprender el carácter global, planetario, de estos problemas.

**A.67.** *Discutan de qué modo un proceso de globalización planetaria puede afectar al logro de un desarrollo sostenible.*

Según lo que venimos señalando hasta aquí, no es posible abordar localmente problemas que afectan a todo el planeta. Sin embargo, hoy la globalización tiene muy mala prensa y son muchos los que denuncian las consecuencias del vertiginoso proceso de globalización financiera. Es preciso, pues, favorecer un amplio debate de esas cuestiones.

El problema, como señalan diversos autores, no está en la globalización sino en su ausencia. ¿Cómo se puede considerar globalizador un proceso que aumenta los desequilibrios? No pueden ser considerados mundialistas quienes buscan intereses particulares, en general a corto plazo, aplicando políticas que perjudican a la mayoría de la población, ahora y en el futuro. Este proceso tiene muy poco

de global en aspectos que son esenciales para la supervivencia de la vida en nuestro planeta. En ese sentido, Giddens (2000) afirma: “En muchos países poco desarrollados las normas de seguridad y medio ambiente son escasas o prácticamente inexistentes. Algunas empresas transnacionales venden mercancías que son restringidas o prohibidas en los países industriales...”.

La expresión “globalidad responsable” fue el lema del Foro de Davos de 1999, poniendo de manifiesto la ausencia de control o la irresponsabilidad con que se estaba desarrollando el proceso de globalización. Frente a este foro predominantemente económico (Foro Económico Mundial), surgió el Foro Social Mundial en Porto Alegre, a favor de una mundialización de nuevo tipo, de una mundialización real que defiende la existencia de instituciones democráticas a nivel planetario, capaces de gestionar los bienes públicos globales y de evitar su destrucción por quienes solo velan por sus intereses a corto plazo. Cabe referirse aquí a algunas de las propuestas concretas defendidas en Porto Alegre (comercio justo, tasa Tobin, condonación de la deuda externa de los países más pobres, etc.).

Empieza a comprenderse, pues, la urgente necesidad de una integración política planetaria, plenamente democrática, capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, de la biodiversidad y de la diversidad cultural, antes de que el proceso de degradación sea irreversible. Se trata de impulsar un nuevo orden mundial, basado en la cooperación y en la solidaridad, con instituciones capaces de evitar la imposición de intereses particulares que resulten nocivos para la población actual o para las generaciones futuras (Renner, 1993 y 1999; Folch, 1998; Jáuregui, Egea y De la Puerta, 1998; Giddens, 2000; Vilches y Gil, 2003). Es necesario, pues, profundizar la democracia, extendiéndola a escala mundial, apoyada en una efectiva sociedad civil capaz de detectar los problemas y proponer alternativas.

Y existen numerosas razones para impulsar instancias mundiales. En primer lugar, es necesario el fomento de la paz, evitar los conflictos bélicos y sus terribles consecuencias, lo que exige unas Naciones Unidas fuertes, capaces

de aplicar acuerdos democráticamente adoptados. Se necesita un nuevo orden mundial que imponga el desarme nuclear y otras armas de destrucción masiva con capacidad para provocar desastres irreversibles. La CMMAD ofrece en *Nuestro Futuro Común* (1988) ejemplos de las ventajas de la reducción de los gastos militares, por ejemplo, el Decreto de Naciones Unidas para el Agua y Saneamiento habría costado 30 000 millones al año, lo que equivale a diez días de gastos con fines militares. Y ese fomento de la paz requiere también instancias jurídicas supranacionales, en un marco democrático mundial, para una lucha eficaz ante el terrorismo mundial, frente al tráfico de personas, armas, drogas, capitales... para lograr la seguridad de todos.

Una seguridad que requiere poner fin a las enormes desigualdades, a la pobreza, como señala Mayor Zaragoza (2000) en *Un mundo Nuevo*: “En su acepción más amplia, la seguridad supone la posibilidad para las poblaciones de acceder a un desarrollo económico y social duradero; exige la erradicación de la pobreza a escala planetaria”. Se necesita, pues, incrementar la cooperación y el desarrollo, introduciendo cambios profundos en las relaciones internacionales, que se vienen reclamando desde hace décadas. Una vez más se pueden percibir las estrechas vinculaciones entre las posibles soluciones: combatir la pobreza favorecería la seguridad de todos, reduciendo los conflictos, que, a su vez, liberaría recursos para favorecer el desarrollo, para transferir a los países en desarrollo tecnologías que mejoren el medio ambiente, que incrementen la eficiencia energética, el tratamiento de enfermedades, etc.

Una integración política a escala mundial plenamente democrática constituye, pues, un requisito esencial para hacer frente a la degradación, tanto física como cultural, de la vida en nuestro planeta. Dicha integración reforzaría así el funcionamiento de la democracia y contribuiría a un desarrollo sostenible de los pueblos que no se limitaría, como suele plantearse, a lo puramente económico, sino que incluiría, de forma destacada, el desarrollo cultural. Ahora bien, ¿cómo avanzar en esta línea?, ¿cómo compaginar integración y auto-

nomía democrática?, ¿cómo superar las formas de intervención unilaterales, profundamente antidemocráticas?

Se trata, sin duda, de cuestiones que no admiten respuestas simplistas y que es preciso plantear con rigor. Pero debemos insistir en que no hay nada de utópico en estas propuestas de actuación: hoy lo utópico es pensar que podemos seguir guiándonos por intereses particulares sin que, en un plazo no muy largo, todos paguemos las consecuencias. Quizás ese comportamiento fuera válido, al margen de cualquier consideración ética, cuando el mundo contaba con tan pocos seres humanos que resultaba inmenso, prácticamente sin límites. Pero hoy eso sólo puede conducir a una masiva autodestrucción, a la ya anunciada sexta extinción (Lewin, 1997). Dicho con otras palabras: un egoísmo inteligente, al margen de cualquier consideración ética, nos obliga a proteger el ambiente.

El avance hacia estructuras globales de deliberación y decisión, con capacidad para hacer efectivas sus resoluciones, se enfrenta a serias dificultades, pero la necesidad, como hemos venido señalando, es enorme ya que nos va en ello la supervivencia, la supervivencia de todas las personas. Y esto no es una cuestión de buena voluntad o una aspiración utópica. Se trata de algo a lo que todos tenemos derecho. Defender nuestra supervivencia como especie se convierte así en la defensa de los derechos de todas las personas. Es por esta razón que se considera imprescindible, para avanzar hacia un futuro sostenible, la universalización de los derechos humanos. Unos derechos que aparecen a la vez como un requisito y como un objetivo del desarrollo sostenible. ¿Se puede exigir a alguien, por ejemplo, que no contribuya a esquilmar un banco de pesca si ése es su único recurso para alimentar a su familia? No es concebible tampoco, por citar otro ejemplo, la interrupción de la explosión demográfica sin el reconocimiento del derecho a la planificación familiar y al libre disfrute de la sexualidad. Y ello remite, a su vez, al derecho a la educación. En definitiva, la preservación sostenible de nuestro planeta exige la satisfacción de las necesidades básicas de todos sus

habitantes. Pero esta preservación aparece hoy como un derecho en sí mismo, como parte de los llamados *derechos de solidaridad* «porque tienden a preservar la integridad del ente colectivo» (Vercher, 1998). Se trata de derechos que incorporan explícitamente el objetivo de un desarrollo sostenible: *el derecho de todos los seres humanos a un ambiente adecuado para su salud y bienestar*. Como afirma Vercher, la incorporación del derecho al medio ambiente como un derecho humano, esencialmente universal, responde a un hecho incuestionable: «De continuar degradándose el medio ambiente al paso que va degradándose en la actualidad, llegará un momento en que su mantenimiento constituirá la más elemental cuestión de supervivencia en cualquier lugar y para todo el mundo.»

## 6. Recapitulación y perspectivas

Como hemos visto, disponer de energía abundante y limpia es un indudable requisito para la supervivencia de nuestra especie, pero no es un problema aislado, sino que forma parte de una situación de emergencia planetaria que hemos intentado abordar globalmente. Proponemos ahora, para recapitular, la realización de algunas actividades de globalización, como las que se presentan a título de ejemplo:

**A.68.** Señalen otros problemas que debemos plantearnos, además del que representa la necesidad de recursos energéticos, así como las posibles soluciones para conseguir un desarrollo sostenible.

A lo largo del tema hemos intentado abordar, a partir del estudio de los recursos energéticos, el conjunto de problemas que caracterizan la actual situación de emergencia planetaria, sus causas y propuestas de solución. En el Anexo 1 se presenta un intento de sintetizar toda esta información, en cuya estrecha vinculación conviene insistir mediante una actividad como la siguiente:

**A.69.** *Elaboren un esquema o “mapa semántico” que proporcione una visión global de los aspectos tratados a lo largo de esta unidad y que muestre la estrecha vinculación de los problemas y de las medidas propuestas para lograr un desarrollo sostenible.*

En el **Anexo 2** mostramos un esquema como el que solicita la actividad. Como hemos tratado de mostrar, cualquier intento de hacer frente a los problemas de nuestra supervivencia deberá contemplar el conjunto de problemas y desafíos, estrechamente relacionados, que hemos analizado y que se recogen en dicho esquema y, con otro formato, en el cuadro del anexo 1.

Digamos, para terminar, que el llevar adelante un programa de actividades como el descrito, dentro de la asignatura de Tecnología y en particular en el tema de la energía, forma parte de una línea de investigación y acción educativa que estamos desarrollando en torno al papel de la educación en la formación de los futuros ciudadanos y ciudadanas para encarar el problema global de la situación del mundo. Una línea de trabajo que estamos seguros va a desarrollarse pujantemente en los próximos años y que Naciones Unidas ha impulsado con el lanzamiento de una *Década de Educación para el Desarrollo Sostenible* (2005-2014). Nos va en ello, ciertamente, el futuro de nuestra esperanza.

## Referencias

- BROWN, L. R. (1993). El inicio de una nueva era. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Ed. Apóstrofe.
- BROWN, L. R. (1998). El futuro del crecimiento. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.
- BROWN, L. R. y MITCHELL, J. (1998). La construcción de una nueva economía. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.
- BROWN, L. R., FLAVIN, C. y FRENCH, H. (Ed.) (1984-2005). *The State of the World*. New York: W.W. Norton.
- BUTTON, J. and FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo Verde!* Barcelona: Integral.
- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- CALVO ROY, A. Y FERNÁNDEZ BAYO, I. (2002). *Misión Verde: ¡Salva tu planeta!* Ediciones SM. Madrid.
- COMIN, P. y FONT, B. (1999). *Consumo sostenible. Preguntas con respuesta*. Icaria. Barcelona.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.
- COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (1988). *Resolution on Environmental Education, Official Journal of the European Communities*, (C177/8).
- DELÉAGUE, J. P. y HÉMERY, D. (1998). Energía y crecimiento demográfico. En *Le Monde Diplomatique*, edición Española, *Pensamiento crítico versus pensamiento único*. Madrid: Ed. Debate.
- 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.
- DURNING, A.T. (1994). *Cuánto es bastante: la sociedad de consumo y el futuro de la Tierra*. Apóstrofe. Barcelona.
- EDWARDS, M. (2003). *La atención a la situación del mundo en la educación científica*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- EHRlich, P. R. y EHRlich, A.H. (1994). La explosión demográfica. *El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.
- FERNÁNDEZ BAYO, I. y CALVO ROY, A. (2001). *¡Enchúfate a la energía!* Madrid: Ediciones SM.
- FOLCH, (1998). *Ambiente, emoción y ética ante la cultura de la sostenibilidad*. Barcelona: Ariel.

- FURIÓ, C., CARRASCOSA, J., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué problemas plantean la obtención y el consumo de recursos energéticos? En: Gil- Pérez et al. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. París: UNESCO.
- GARCÍA RODEJA I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero, *Alambique*, N° 20, 75-84.
- GIDDENS, D. (2000). *Un mundo desbocado*. Madrid: Taurus.
- GIL PÉREZ D, FURIÓ, C. Y CARRASCOSA, J. (1996). Curso de formación para profesores de Ciencias. Unidad I.1. *La Energía: la invención de un concepto fructífero*. Madrid: MEC.
- 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.
- GIRARDET, H. (2001). *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Tilde.
- GONZÁLEZ, E. y De ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 66-71.
- GRAHAM-ROWE, D. (2005). Hydroelectric power's dirty secret revealed. The World's N° 1, 24 February 2005. Science & Technology News Service. <http://www.newscientist.com>.
- JARABO, F., ELORTEGUI, N. y JARABO, J. (2000). *Fundamentos de tecnología ambiental*. Madrid: Publicaciones Técnicas, S. L.
- JÁUREGUI, R., EGEA, F. y DE LA PUERTA, J. (1998). *El tiempo que vivimos y el reparto del trabajo*. Barcelona: Editorial Paidós.
- JIMÉNEZ, L. M. (2001). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. Síntesis. Madrid.
- 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 analizar la situación del mundo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 81-104.
- MAALUF, A. (1999). *Las identidades asesinas*. Madrid: Alianza.
- MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo Nuevo*. Barcelona: Círculo de lectores.
- NACIONES UNIDAS (1992). *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. París: UNESCO.
- PASCUAL TRILLO, J. A. (2000). *El teatro de la ciencia y el drama ambiental*. Madrid: Miraguano Ediciones.
- PORRIT, J. (1991). *Salvemos la Tierra*. Madrid: Aguilar.
- RENNER, M. (1993). Prepararse para la paz. En Brown, L. R. *La situación del mundo 1993*. Barcelona: Ed. Apóstrofe.
- RENNER, M. (1999). El fin de los conflictos violentos. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo*. 1998. Barcelona: Ed. Icaria.
- RIFKIN, J. (2002). *La Economía del Hidrógeno*. Madrid: Paidós
- SEOÁNEZ, M. (1998). *Medio Ambiente y Desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. Manual para responsables, gestores y enseñantes. Soluciones a los problemas medioambientales*. Madrid: Mundi Prensa.
- SILVER, D. y VALLELY, B. (1998). *Lo que Tú Puedes Hacer para Salvar la Tierra*. Salamanca: Lóquez.
- THE EARTH WORKS GROUP (2000). Manual práctico de reciclaje. Barcelona: Blume.
- UNESCO (1987). Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formaciones ambientales para el decenio de 1990. En *Congreso Internacional UNESCO-PNUNA sobre la educación y la formación ambientales*. Moscú: UNESCO.
- 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.

## ANEXO 1

UNA SITUACIÓN DE EMERGENCIA PLANETARIA.  
PROBLEMAS, DESAFÍOS Y SOLUCIONES

- 0) Lo esencial es *sentar las bases de un desarrollo sostenible*.  
*Ello implica un conjunto de objetivos y acciones interdependientes:*
- 1) **Poner fin a un crecimiento que resulta agresivo con el medio físico y nocivo para los seres vivos, fruto de comportamientos guiados por intereses y valores particulares y a corto plazo**  
*Dicho crecimiento se traduce en una serie de problemas específicos pero estrechamente relacionados:*
- 1.1. Una urbanización creciente y, a menudo, desordenada y especulativa.
  - 1.2. La contaminación ambiental (suelos, aguas y aire) y sus secuelas (efecto invernadero, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, etc.) que apuntan a un peligroso cambio climático.
  - 1.3. Agotamiento de los recursos naturales (capa fértil de los suelos, recursos de agua dulce, fuentes fósiles de energía, yacimientos minerales, etc.).
  - 1.4. Degradación de ecosistemas, destrucción de la biodiversidad (causa de enfermedades, hambrunas...) y, en última instancia, desertificación.
  - 1.5. Destrucción, en particular, de la diversidad cultural.
- 2) **Poner fin a las siguientes causas (y, a su vez, consecuencias) de este crecimiento no sostenible:**
- 2.1. El hiperconsumo de las sociedades “desarrolladas” y grupos poderosos.
  - 2.2. La explosión demográfica en un planeta de recursos limitados.
  - 2.3. Los desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos –asociados a falta de libertades e imposición de intereses y valores particulares- que se traducen en hambre, pobreza, ... y, en general, marginación de amplios sectores de la población.
  - 2.4. Las distintas formas de conflictos y violencias asociados, a menudo, a dichos desequilibrios:
    - 2.4.1. Las violencias de clase, interétnicas, interculturales... y los conflictos bélicos (con sus secuelas de carrera armamentística, destrucción...).
    - 2.4.2. La actividad de las organizaciones mafiosas que trafican con armas, drogas y personas, contribuyendo decisivamente a la violencia ciudadana.
    - 2.4.3. La actividad especuladora de empresas transnacionales que escapan al control democrático e imponen condiciones de explotación destructivas de personas y medio físico.
- 3) **Acciones positivas en los siguientes campos:**
- 3.1. Crear instituciones capaces de crear un nuevo orden mundial, basado en la cooperación, la solidaridad y la defensa del medio y de evitar la imposición de valores e intereses particulares que resulten nocivos para la población actual o para las generaciones futuras.
  - 3.2. Impulsar una educación solidaria –superadora de comportamientos orientados por valores e intereses particulares- que contribuya a una correcta percepción de la situación del mundo, prepare para la toma de decisiones fundamentadas e *impulse comportamientos* dirigidos al logro de un desarrollo culturalmente plural y físicamente sostenible.
  - 3.3. Dirigir los esfuerzos de la investigación e innovación hacia el logro de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible (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...) con el debido control social para evitar aplicaciones precipitadas.
- 4) **Estas medidas aparecen hoy asociadas a la necesidad de universalizar y ampliar los derechos humanos**  
*Ello comprende lo que se conoce como tres “generaciones” de derechos, todos ellos interconectados:*
- 4.1. Los derechos democráticos de opinión, asociación...
  - 4.2. Los derechos económicos, sociales y culturales (al trabajo, salud, educación...).
  - 4.3. Derecho, en particular, a investigar todo tipo de problemas (origen de la vida, clonación...) sin limitaciones ideológicas, pero ejerciendo un control social que evite aplicaciones apresuradas o contrarias a otros derechos humanos.
  - 4.4. Los derechos de solidaridad (a un ambiente equilibrado, a la paz, al desarrollo económico y cultural).

ANEXO 2

UNA SITUACIÓN DE EMERGENCIA PLANETARIA. PROBLEMAS Y DESAFÍOS

