

En este artículo proponemos un tratamiento de la temática de la energía que considera tanto las aportaciones del paradigma de la complejidad como del constructivismo. En concreto, se describen las dificultades de aprendizaje más relevantes que aparecen en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se plantea una metodología didáctica basada en la investigación de problemas significativos y relevantes.

PALABRAS CLAVE: *Didáctica de la energía; Paradigma de la complejidad; Metodología basada en la investigación del alumno.*

Investigando el problema del uso de la energía*

pp. 29-45

J. Eduardo García
Fátima Rodríguez,
M. Carmen Solís
Fernando Ballenilla

Universidad de Sevilla**

Universidad de Alicante***

¿Hay un adecuado tratamiento de la temática de la energía en la escuela?

La temática de la energía es uno de los contenidos más trabajados en el ámbito de la educación formal, pero su tratamiento tradicional ha sido muy poco útil para cambiar el pensamiento y la conducta de las personas en relación con el modelo energético predominante en nuestra sociedad. En una situación como la actual de "emergencia planetaria" (Gil-Pérez y Vilches, 2006), resulta imprescindible, tal como hacen autores como Ballenilla (2005) y Jiménez y Sampredo (2006), incorporar la perspectiva ecológica a la temática de la energía.

En muchas ocasiones se trabaja la energía como un concepto físico, desvinculado de los problemas socio-ambientales, en otras, y ya en el ámbito de la Educación Ambiental (E.A. en lo sucesivo), recibe un tratamiento muy simplificador. En el primer caso, el profesorado se limita a definir algunos conceptos físicos, a hablar de diferentes formas de energía o a trabajar someramente el papel de la energía en el funcionamiento de nuestra sociedad. En el segundo, lo habitual, es presentar un discurso sobre las energías alternativas y el ahorro energético, centrado en el mesocosmos y lo local, que no suele profundizar en las cuestiones sociales y ecológicas de fondo, y que ayuda poco a una comprensión más compleja del tema.

* Este trabajo es resultado parcial del Proyecto I+D, con referencia SEJ2006-08714/EDUC, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y por Fondos FEDER, titulado "Educación para la ciudadanía y formación del profesorado: Dificultades y posibilidades para educar en la participación ciudadana".

** Universidad de Sevilla. Contacto: jeduardo@us.es

*** Universidad de Alicante. Contacto: fernando@ballenilla.net

☒ Artículo recibido el 6 de octubre de 2007 y aceptado en octubre de 2007.

En una investigación reciente (Rodríguez y García, 2007), hemos tratado de conocer el grado de complejidad con que se trabajaba el contenido "energía", analizando doce materiales didácticos publicados en nuestro país en estos últimos años, que proponen un total de 80 actividades para trabajar la energía, y que consideramos representativos de la práctica habitual en E.A. En dicha relación no se incluyeron aquellos materiales que por ser más propios del ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales se centraban básicamente en los aspectos físico-químicos de la energía. Para el análisis se utilizaron dos categorías: en qué medida se trataban los contenidos desde la perspectiva de un gradiente de menor a mayor complejidad (en el sentido de García, 2004b), y en qué grado se cuestionaba el modelo energético dominante en nuestra sociedad.

El resultado de la investigación fue constatar que el trabajo con la problemática de la energía se centra en lo local (mesocosmos) sin apenas mención de aquellos aspectos que tienen que ver con el macrocosmos (flujos de energía a nivel planetario, degradación de la energía en ese flujo, la energía en el ciclo trófico; la relación entre el flujo de energía en la biosfera, el uso de los combustibles fósiles y la posibilidad de sustitución de éstos por otras fuentes de energía; o la relación entre modelo energético y cambio climático) o con el microcosmos (degradación de la energía, procesos de combustión, respiración o fotosíntesis). También constatamos que no se suele cuestionar el modelo socioeconómico que subyace al uso actual de la energía. La mayoría de las actividades se refieren a la descripción de fuentes de energía y de tipos de usos energéticos así como a los problemas asociados al consumo doméstico, tratando de:

- Descubrir la importancia de la energía en la vida diaria doméstica y tomar conciencia de la cantidad de aparatos eléctricos que utilizamos cotidianamente en el centro escolar y en casa.

- Identificar diferentes usos de la energía en las ciudades y en el centro escolar.

- Analizar los hábitos y comportamientos en el uso y consumo de la energía (calefacción, sistemas de iluminación)

- Trabajar el ahorro energético y establecer criterios de uso de aparatos y de ahorro de energía eléctrica.

- Experimentar los beneficios y ventajas que conlleva la utilización de energías renovables a través de la construcción de diversos aparatos que funcionan con energía solar o eólica.

- Conocer el consumo de energía del centro y valorar este gasto, tanto económica como socialmente.

- Conocer los medios de transporte utilizados por el alumnado y el profesorado para acudir al centro escolar.

- Identificar los problemas de tráfico que pueden surgir en el contexto del centro escolar.

Aparecen con mucha menos frecuencia actividades que sí intentan una aproximación más global y compleja al tema de la energía, en las que se pretende:

- Enseñar la importancia del papel de la energía en las diferentes sociedades, refiriéndose a ejemplos del pasado y del presente.

- Poner en evidencia el paralelismo entre la evolución de las sociedades y la de sus técnicas y consumos energéticos.

- Ayudar a cuestionar los mitos existentes sobre las energías alternativas, como fuentes de energía capaces de sustituir a los combustibles fósiles, manteniendo el mismo modelo de consumo de energía.

- Mostrar sobre qué conceptos teóricos y sobre qué procesos concretos está basado el suministro de energía a nuestros organismos.

- Mostrar la dependencia del hombre, para su supervivencia biológica, de los ecosistemas, sobre todo de los agrosistemas.

- Hacer resaltar las consecuencias, a largo plazo, de las acciones actuales, poniendo en evidencia así nuestras obligaciones para las generaciones futuras.

- Analizar las aplicaciones de la energía en nuestras actividades cotidianas y cuestionar los estereotipos sociales existentes sobre su contribución a nuestro bienestar y desarrollo.

– Investigar las consecuencias que acarrea sobre nuestro entorno la utilización de la energía en nuestra vida diaria, y analizar las medidas que podemos adoptar para contribuir a una utilización más racional de ésta.

– Formar a los alumnos/as en la toma de conciencia del inminente final del petróleo barato, de cuáles pueden ser las medidas para afrontar esa situación y de qué criterios se deberán tener en cuenta para evaluar críticamente las medidas que se tomen.

Aunque no era el motivo central del trabajo, se pudo constatar, además, que el tratamiento de los contenidos suele ser, en cuanto a su formulación y organización, aditivo (listas de contenidos, sin que se presenten redes o tramas de contenidos), y muy cerrado (no se contempla la posibilidad de diversos niveles de formulación).

En lo que sigue, trataremos de presentar algunas propuestas que puedan ayudar a superar las dificultades didácticas que hemos detectado en dicho estudio.

¿Qué enseñar sobre la temática de la energía?

Tal como hemos indicado más arriba, una adecuada aproximación a la problemática de la energía supone superar dos problemas didácticos muy comunes en la práctica docente: la falta de conexiones entre los contenidos y la perspectiva simplificadora que se suele adoptar en su tratamiento. Para trabajar estos dos problemas proponemos, por una parte, la elaboración de redes de contenidos y, por otra, la consideración de diversos niveles de formulación de cada contenido (de cada problema) según un gradiente de progresiva complejidad (para más información sobre esta propuesta de tratamiento de los contenidos remitimos a García, 2004a).

En el esquema adjunto presentamos una trama general de problemas-contenidos, con redes de problemas a investigar por los alumnos (con indicación de los contenidos asociados a cada problema), y con posibilidad de di-

ferentes itinerarios didácticos (posibles secuencias de actividades, coherentes y con un hilo conductor claro).

Como se puede apreciar en la figura de la página siguiente, los contenidos van asociados a problemas. Esta organización del contenido nos parece la más adecuada para un planteamiento metodológico basado en la investigación del alumno (en el sentido en el que lo plantea García, 2002 y 2004a).

Sin entrar en un comentario pormenorizado de la trama, sí queremos presentar algunas reflexiones sobre el tratamiento didáctico de estos problemas y contenidos, en las que hemos considerado tanto las aportaciones de la ciencia como las del Paradigma de la Complejidad (García, 2004b). Más concretamente, aludiremos a algunas de las posibles dificultades de aprendizaje asociadas a las ideas que manifiestan los alumnos en relación con estos problemas.

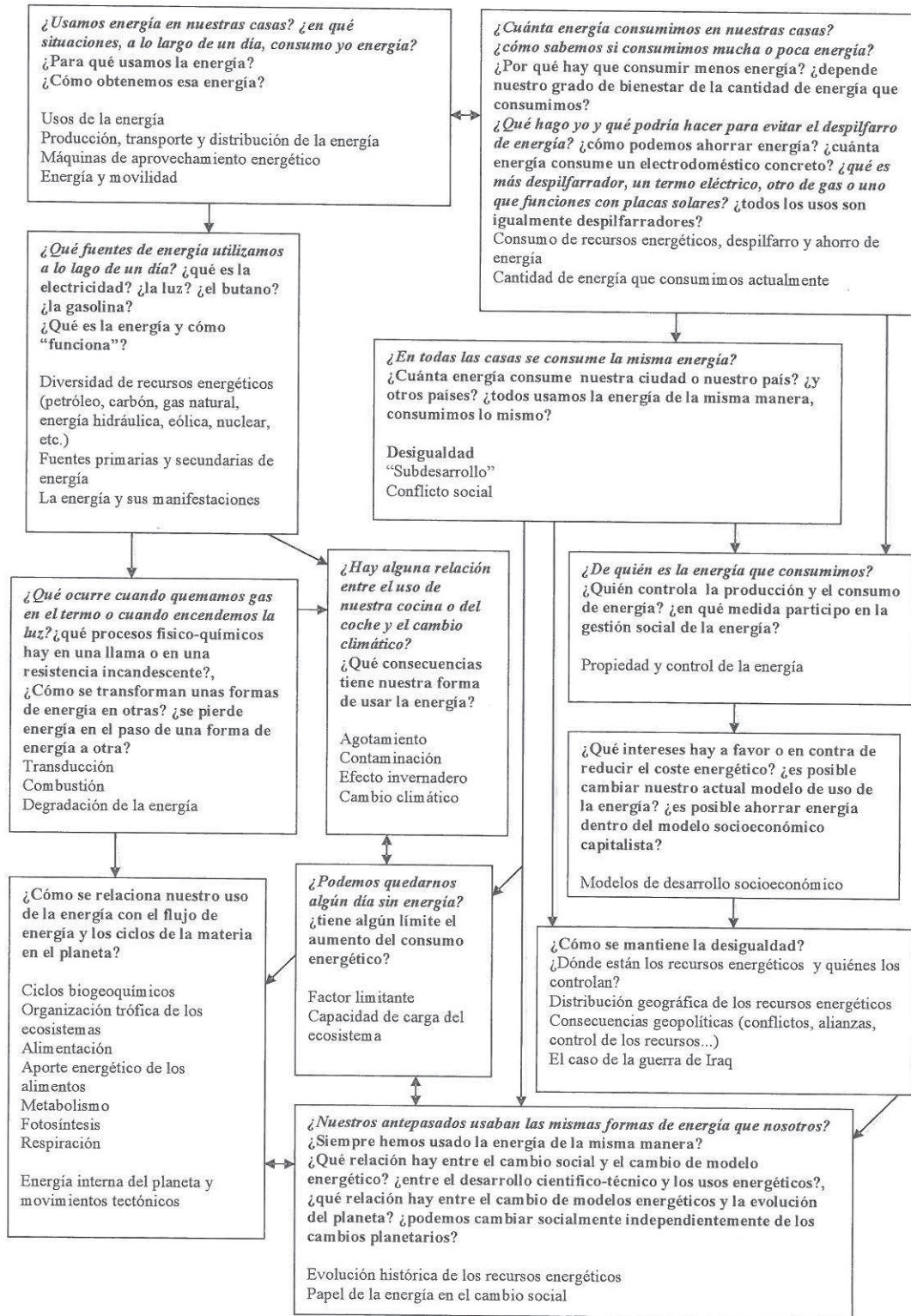
¿Qué es la energía y cómo funciona en nuestro planeta?

Esta pregunta se refiere a los aspectos físicos y ecológicos de la energía, fundamentales a la hora de tratar los problemas socio-ambientales relacionados con la energía. Comprende, a su vez, nociones básicas como:

Concepto de energía. Resulta relativamente sencillo asociar energía a movimiento, trabajo, etc. Es más complicado para los alumnos comprender la energía como una magnitud o propiedad de los sistemas, que tiene que ver con los procesos de cambio que ocurren en los mismos. Una dificultad de aprendizaje muy frecuente es la incompreensión de la “energía interna” de los sistemas (podría ser el caso de la energía química presente en un alimento o de la energía potencial que tiene un objeto por su posición en el espacio).

Conservación y degradación de la energía. Aunque hay experiencia cotidiana de que unas formas de energía se transforman en otras, sin que la energía se pierda, también hay muchas experiencias en sentido contrario, incluso en el lenguaje cotidiano hablamos de “ahorro de

20



energía” o “consumo de energía” (¿para qué ahorrarla si la energía no se crea ni se destruye?). *La gran dificultad está en distinguir conservación y degradación.* Cuando la energía se transfiere de unos sistemas a otros pierde “calidad”, se degrada, en el sentido de que es menos útil para mantener la organización del sistema. Aunque la cantidad de energía que llega a nuestro planeta es la misma que la que sale, la entrante es de más calidad que la saliente (al pasar de luz a calor). Otra dificultad está en la relación entre materia y energía. Para muchos alumnos la energía se “sustancializa”, de manera que el calor es una sustancia, o creen que la materia se convierte en energía sin más (cuando quemamos un cerillo la materia del mismo “desaparece” y se convierte en luz y calor).

Transferencia de energía. Hay muchas experiencias cotidianas que apoyan la noción de transferencia de energía de unos sistemas a otros (electricidad que se convierte en luz o calor, gasolina que mueve un coche, etc.). Aunque hay transferencias más difíciles de comprender, como es el caso de la energía química del alimento que se transforma en otras formas de energía. Como vimos antes, el problema fundamental está en entender que en las transferencias hay degradación de la energía. *Los alumnos deben entender que a medida que vamos pasando de fuentes de energía primarias a otras secundarias hay degradación y pérdidas* (parte de la energía pasa al medio). En ese sentido, una estufa o una cocina de butano son más eficientes que un calentador o una cocina eléctricas (la electricidad no es una fuente primaria, es un vector energético, una energía que hay que producir a partir de otra primaria, por ejemplo, quemando petróleo o gas, con las correspondientes pérdidas). Del mismo modo, es más eficiente, desde el punto de vista energético, comer vegetales que carne (en la pirámide trófica hay pérdidas de energía al pasar de los productores a los consumidores).

Tipos de energía. Como vimos en el punto anterior es importante distinguir las fuentes primarias de energía (luz solar, combustibles fósiles, energía nuclear...) de otras fuentes (electricidad, hidrógeno...que proceden de las pri-

marias). Al analizar las distintas formas de energía encontraremos mayor dificultad con la energía química, por lo que conviene analizar combustiones y procesos biológicos como la alimentación. Un caso especial es el de la energía térmica, que es más una forma de intercambio de energía entre sistemas que una forma de energía. Hay que comprender los conceptos de calor y temperatura desde esta óptica de transferencia de energía interna entre sistemas.

Flujo de energía y ciclos de la materia en la biosfera. La comprensión de los problemas asociados a nuestro modelo de uso de la energía requiere el conocimiento de lo que ocurre a nivel macro. Aunque se trata de nociones muy complejas, habría que ir iniciando a los alumnos en cuestiones como el nicho ecológico de la especie humana, los procesos energéticos básicos de los seres vivos (alimentación, metabolismo, respiración, fotosíntesis), o la organización trófica de los ecosistemas. También, con adolescentes, se podría comenzar a trabajar las ideas de flujo de energía y de ciclos biogeoquímicos.

¿Cómo usamos la energía?

El uso de la energía por los seres humanos es un importante bloque de contenidos que puede referirse a nociones como:

Consumo de energía. Es muy importante cuantificar la energía que utilizamos. Sobre todo, conviene analizar en qué aparatos o en qué actividades gastamos más energía. Aquí habría que distinguir entre la energía que utilizamos para mantenernos vivos (alimentos) y la que utilizamos para otras funciones (estar más cómodos, desplazarnos, etc.), para poder luego analizar qué parte de ese consumo es imprescindible. Hay muchas actividades que pueden ayudar a esta cuantificación.

Distintos usos de la energía. Aunque los alumnos conocen bien muchos de los usos habituales, desconocen la dependencia energética de actividades humanas tan relevantes como la agricultura (energía invertida en movimiento de máquinas, en fabricación de abonos y de

plaguicidas, en obtención de agua, etc). Como indicamos antes, es importante que conozcan las fuentes primarias de energía y que hay usos más “prescindibles” que otros, o que, en todo caso, los usos están asociados con un cierto modelo de desarrollo económico y social.

Producción, transporte, distribución y uso de distintos tipos de energía. Frecuentemente los alumnos saben más de los usos concretos que del flujo de energía en los sistemas sociales y su relación con el flujo de energía en el conjunto del planeta. En el caso de la energía más conocida, la electricidad, tampoco conocen bien los procesos de obtención, transporte y distribución. En relación con toda esta temática, hay un contenido básico que habría que trabajar: la *caracterización energética del nicho ecológico humano*, con la progresiva sustitución de la *energía endosomática* tradicional (la “fuerza” muscular) por *energía exosomática* (combustibles fósiles, energía nuclear...). La utilización de energía externa o exosomática, es decir, energía que mantiene la organización de la biosfera pero que no fluye a través de las vías del metabolismo somático (Margalef, 1980), ha permitido a la población humana sobrepasar, con mucho, el número de individuos que debería tener en condiciones ecológicas “normales” (según su lugar en la red trófica planetaria), es decir, si solo dependiera de la energía interna o endosomática (la que sigue las vías del metabolismo de los seres vivos).

Energía y movilidad. Por su relevancia, conviene analizar el gasto energético en transporte. También las relaciones entre movilidad, organización urbana, estilos de vida y el agotamiento de los combustibles fósiles (cuestión que trataremos más detalladamente a continuación).

¿Qué consecuencias tiene nuestro modelo energético? ¿Habría que cambiarlo? ¿Cómo?

Éste sería el núcleo central de la temática, por lo que vamos a hacer un análisis más detallado de estas nociones. Son muy diversos los

contenidos que podemos trabajar en relación con las consecuencias de nuestro modelo energético y el cambio de nuestro modelo socio-económico.

Un primer grupo de contenidos tendría que ver con el *ahorro de energía y si ese ahorro es posible con el actual modelo de desarrollo socio-económico*. Se trata de una temática difícil por diversas razones: la paradoja conservación-degradación antes enunciada, la idea de eficiencia energética (en el ejemplo de la estufa o de la cocina, es más eficiente la que emplea gas que la que emplea electricidad), pero sobre todo, la dificultad de rechazar nuestro estilo de vida, asociando la idea de despilfarro de energía y de ahorro de energía al análisis de nuestro sistema socio-económico, pues alumnos no suelen poner en cuestión su forma de vida. Los alumnos y las alumnas están tan inmersos en este modelo de desarrollo que les cuesta mucho trabajo criticarlo y pensar en modelos alternativos. Incluso cuando admiten las consecuencias negativas del actual modelo adoptan una postura fatalista (es lo que hay), insolidaria (no es mi problema) o de optimismo tecnológico (creen que la ciencia y la tecnología podrán solucionar cualquier problema).

Un segundo grupo de contenidos, tendría que ver con el *agotamiento de los combustibles fósiles*. Al respecto, la mayoría de los alumnos piensan que los recursos energéticos son inagotables. Viven en un mundo de consumismo y despilfarro, sin carencias, los que les lleva a pensar que los recursos son ilimitados. El caso de los combustibles fósiles (que representan aproximadamente el 80% de nuestros recursos energéticos) es paradigmático, y constituye un ejemplo muy bueno a trabajar en clase, sobre todo en la actualidad, en que la meteórica subida del precio del petróleo lleva a que se trate de un tema muy próximo, por el efecto sistémico sobre otros muchos incrementos de precios (hipotecas, alimentos, transporte...).

En febrero del 2002 el barril de petróleo estaba a 20 \$. Cuando aparece el artículo de Ballenilla (2005) sobre la problemática del agotamiento de los combustibles fósiles, el barril del

petróleo estaba ya a 40 \$. En el momento de la última redacción de este material (octubre de 2007) se encuentra a 90 \$, siendo bastante probable que pase de los 100 a finales del año 2007 (momento de su publicación).

El motivo de fondo de esta subida de precio está en relación con la teoría de *Peak Oil* del geofísico Marion King Hubbert, que planteó que una vez consumida la mitad del recurso, se alcanza el zenit de producción (*peak oil*) y que a partir de dicho momento, la producción decrece de forma inevitable, independientemente de los capitales invertidos o la tecnología empleada para volver a incrementarla. Esta pauta de comportamiento está reiteradamente verificada en multitud de pozos, campos y regiones petrolíferas.

Hubbert (1971), aplicando su teoría a la producción mundial de petróleo, estimó que el zenit se produciría sobre el año 2000, pero no podía prever la guerra de Yom Kipur de 1973 con el consiguiente embargo petrolero de la OPEP, y sobre todo la Revolución Irani que derrocó al Sha, y que mantuvo cerrado el estrecho de Ormuz durante seis meses, provocando una profunda recesión en occidente, de casi un lustro, con la consiguiente disminución del consumo de petróleo.

El caso es que en el año 2005 se alcanzó una producción de 85,4 millones de barriles diarios que se ha llegado a igualar, pero no superar, en el 2007. ¿Estamos ya en el zenit predicho por Hubbert? En ese caso la producción de petróleo decrecería un año tras otro, con la consiguiente escasez y encarecimiento de todas las energías y de los procesos que la consumen (prácticamente todos los que caracterizan a nuestra civilización industrial).

Un tercer grupo de contenidos, tendría que ver más con las alternativas concretas a esta inquietante situación y al actual modelo energético, sobre todo con *el decrecimiento y la diversificación de las fuentes de energía y las energías alternativas*. Aunque muchos alum-

nos han oído hablar de energías alternativas, saben realmente poco sobre el tema, por lo que conviene trabajar en clase algunos de estos recursos energéticos. En relación con el punto anterior, debe tratarse la idea de la difícil sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía, lo que nos llevaría de nuevo a la necesidad de orientar el cambio en nuestro modelo socio-económico hacia el decrecimiento (un mundo de “*baja energía*”), con una mayor diversificación de las fuentes y un menor uso de energía.

“Pero cuando hablamos de renovables, como dependen de un flujo continuo de radiación procedente del sol, o de la radiación térmica de la tierra o del campo gravitatorio (que siempre están ahí), tendemos a pensar que su desarrollo solo depende de nuestra voluntad para utilizarlas, pero no es así, estos son algunos de los problemas que presentan:

– El flujo energético del que proceden las renovables es gratis, pero los sistemas de captación requieren energía para su puesta en marcha ¿Obtenemos más o menos energía que la que nos ha costado?

– El flujo energético del que proceden es continuo y por lo tanto renovable, pero los sistemas de captación están hechos de recursos que no lo son, son recursos finitos.

– Muchas de las tecnologías actuales de aprovechamiento de las renovables, por su sofisticación dependen del correcto funcionamiento de nuestra actual civilización¹.

– La eficiencia de las renovables, y, por lo tanto, su capacidad para aportar energía es limitada, está relacionada con condiciones locales, donde una renovable puede ser muy productiva, otras pueden resultar ineficientes.

– Por otra parte, hay que pedirles que sean respetuosas con el medio ambiente.

– Y también, que su explotación no beneficie solo a unos pocos.

Estos seis aspectos a considerar de las renovables: Tasa de retorno energético, carácter no renovable de la infraestructura de captación, vulnerabilidad frente a un desmoronamiento de la civilización industrial, capacidad limitada, impacto ambiental y equidad, son aspectos a tener muy en cuenta en estos momentos en que la escasez de energía fósil se empieza a hacer notar. Si no se tienen en cuenta de forma adecuada, puede que en vez de facilitar el ate-

¹ Que necesita para mantenerse, la friolera de 85 millones de barriles de petróleo cada día, un día detrás de otro, y para funcionar bien (es decir, para crecer un mínimo de un 3% anual) debe de aumentar esa cantidad un 2% anual (con lo que se duplicaría la demanda en 35 años aproximadamente, a nada menos que 170 mbpd ¿De dónde saldrán?).

rizaje en el mundo de baja energía que preveía Odum², lleve a malgastar recursos que podían ser mejor aprovechados o bien a imprevistas y negativas consecuencias” (Ballenilla, F. 2007).

Por otra parte, en lo que se refiere al crecimiento económico, nuestros alumnos/as (y la mayoría de la población), no entiende en absoluto el carácter del crecimiento exponencial. No saben, por ejemplo, que un crecimiento de la economía del 3%, que parece de lo más normal del mundo, significa duplicar el PIB al cabo de 23 años³, con todo lo que eso supone de consumo de recursos y expolio del medio ambiente. Cualquier sistema económico basado en el crecimiento exponencial es insostenible, y más temprano que tarde, sobrepasa la capacidad de carga del medio ambiente que lo sustenta.

Un cuarto grupo de contenidos tendría que ver con las consecuencias del actual modelo energético, sobre todo la *contaminación y efecto invernadero*. Se trata también de un tema complejo, que debe trabajarse muy gradualmente, pues los alumnos tienen dificultades para comprender la materialidad de los gases en general y en concreto del CO₂, así como para apreciar efectos que no se ven de inmediato (aumento de CO₂, cambios del clima...), o situaciones globales en las que están implicadas muchas variables.

A estas dificultades hay que añadir la confusión y demagogia con que se trata esta problemática en los medios de comunicación, destacando últimamente el interesado pronunciamiento de muchos líderes mundiales a

favor de la disminución de las emisiones de CO₂. Podríamos estar tentados a pensar que dichos líderes, que nunca han tenido en cuenta la problemática ambiental en su acción de gobierno, ¡por fin! han entrado en razón y se preocupan del efecto invernadero. Sin embargo, y teniendo en cuenta que las emisiones de CO₂ están en correlación con el uso de combustibles fósiles, puede ser que estén haciendo de tripas corazón, y que justifiquen el inevitable descenso en la producción de combustibles fósiles y la problemática que llevará asociada (incremento de precios, recesión, paro...) con el bonito objetivo de luchar contra el cambio climático.⁴

Un quinto grupo de contenidos tendría que ver con la *evolución histórica de los usos energéticos y como la energía influye en los cambios sociales*. Aquí el obstáculo mayor es la escasa capacidad de adoptar otras perspectivas que suelen tener los alumnos, lo que dificulta que relativicen su modelo de uso energético.

Efectivamente, la revolución agrícola, en el neolítico, permitió un incremento del flujo de energía disponible para nuestra especie (Ballenilla, 2004) pero “*con la agricultura vinieron las graves desigualdades sociales y sexuales, la enfermedad y el despotismo, que maldicen nuestra existencia*” (Diamond, 1987). Para nuestros alumnos/as resulta difícil de comprender que las tribus recolectoras-depredadoras que aún quedan, tienen una calidad de vida envidiable, con un único problema, el exterminio a que son sometidas cuando entran en contacto con nuestra civilización.

² “*Environmental Systems and Public Policy*” H. T. Odum et al. University of Florida, 1988 (<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/index.htm>)

³ Pero eso no es nada comparado con China que creció en el segundo trimestre del año un 11,9 %. Si ese crecimiento se mantuviese, ¡duplicaría su PIB en 5,8 años! lo que supone duplicar también la demanda de los recursos que hacen posible ese crecimiento. Sobre el problema del crecimiento exponencial es muy recomendable ver el vídeo “*Aritmética población y energía*” del Dr. Albert A. Bartlett traducido por Gabriel Tovar aquí: <http://www.jlbarba.com/energia/arpoen>

⁴ Quien podía imaginar que *Al Gore*, ex-vicepresidente de EEUU, un político que estuvo en un gobierno que inundó de uranio empobrecido Yugoslavia y que no firmó el protocolo de Kioto, ahora se haya convertido en el abanderado de la lucha contra el cambio climático. Y eso por no hablar de *Nicolas Sarkozy*, presidente del estado francés, otro reciente y sorprendente adalid del medio ambiente y de la lucha contra el cambio climático mediante tasas contra los combustibles fósiles, medidas de ahorro de energía, promoción del ferrocarril, parón de la construcción de autopistas, y desarrollo de las energías renovables. Ahora, eso sí, sin renunciar ni al desarrollo (crecimiento) ni a las nucleares ¿Se trata de medidas honestas para luchar contra el cambio climático, o más bien se intenta encubrir ante los ciudadanos la menor disponibilidad de energía fósil, y de justificar las inevitables medidas de ajuste que llevará asociada esa menor disponibilidad?

Sin embargo, nosotros tenemos un consumo de energía *per capita* unas cien veces mayor que esos pueblos (Cook, 1971) y, sin embargo, no somos cien veces más felices. Si además tenemos en cuenta la desigual distribución de la riqueza que comenzó con la agricultura, no es extraño que muchos occidentales, en su contacto con culturas de cazadores-recolectores, tengan cierta añoranza del “*paraíso perdido*”.

Tampoco comprenden bien la relación entre energía, desigualdad y conflictos sociales. Es muy relevante que los alumnos comprendan, además, que el reparto desigual de los recursos energéticos, tiene que ver tanto con la distribución geográfica de dichos recursos como con los diferentes niveles de desarrollo social y económico que encontramos en diferentes lugares del mundo. También las consecuencias geopolíticas del control del uso de los recursos energéticos, con el caso de conflictos sociales como el de Irak.

El alumnado debe comprender que el primer mundo se enfrenta a la escasez de energía como un yonqui, lo cual no es de extrañar ya

que se trata de un modelo de civilización basado en el derroche energético y de recursos, que difícilmente sobrevivirá a la escasez de energía. Tengamos en cuenta que EE.UU. consume, él sólo, el 25,8 % de los recursos energéticos mundiales, teniendo menos del 5% de la población mundial (Ilustración 1). Otro tanto se puede decir de la Unión Europea, que consume el 15,2 % de la energía mundial. Sólo con la mentalidad del yonqui se pueden entender las continuas críticas al consumo energético de China que, sin embargo, está por debajo de la media. Y no digamos de la India, que está muy por debajo. Todo menos plantearse en los países desarrollados un decrecimiento drástico del consumo energético.

Es también esa mentalidad la que nos permite entender la guerra por el petróleo de Irak, una guerra injusta y basada en mentiras, pero apoyada por la gran mayoría de los medios occidentales. De la misma manera se está preparando el terreno para una posible nueva guerra por el petróleo de Irán, la tercera reserva petrolífera mundial (Irak es la segunda):

Desequilibrio energético primario del consumo mundial

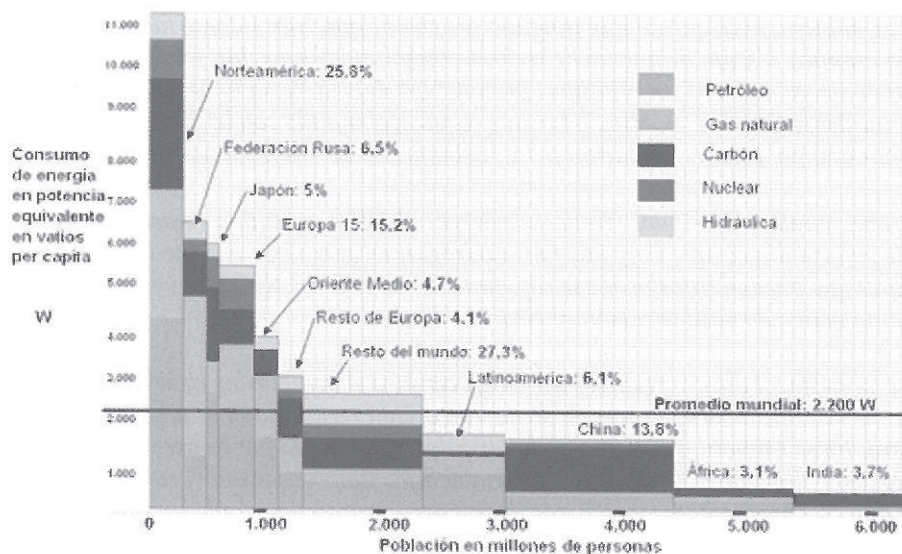


Ilustración 1: Elaborada por Pedro Prieto en www.crisisenergetica.org con datos de BP.

<i>Dos crisis y un mismo discurso</i> Por mikel mazuste en www.crisisenergetica.org	
Iraq	Irán
«Si Irak prosigue violando sus obligaciones se expone a graves consecuencias» (Resolución 1.441 del Consejo de Seguridad 2002)	“Tienen que saber que, si mantienen la política actual, sufrirán graves consecuencias» (Cheney, 21 de octubre de 2007)
«No podemos esperar a la prueba final (...) que podría llegar bajo la forma de un hongo nuclear» (Bush, 7 de octubre de 2002)	«Si queréis evitar la Tercera Guerra Mundial, deberíamos evitar que puedan fabricar una bomba atómica» (Bush, 17 de octubre de 2007)
«La posesión por Irak de armas de destrucción masiva y sus tratos con los terroristas, así como la presencia de misiles balísticos amenazaría la paz y la seguridad de muchos países» (Bush, 6 de octubre de 2002)	«Nuestra inteligencia concluye que, con una asistencia extranjera continua, Irán podría desarrollar antes de 2015 un misil balístico internacional capaz de alcanzar a EE.UU. y a toda Europa» (Bush, 23 de octubre de 2007)
«Todas las opciones están sobre la mesa» (Bush, 13 de marzo de 2003, un año antes de la invasión)	«Mi posición no ha cambiado. Todas las opciones están sobre la mesa» (Bush, 19 de junio de 2007)
<p><i>El País, España, 29.10.2007</i> AGENCIAS - Washington – 29/10/2007</p> <p><i>El director general del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), El Baradei, subrayó ayer que no hay ninguna prueba de que Irán intente fabricar una bomba atómica. "A día de hoy no he recibido ninguna información sobre un programa militar concreto de Irán", manifestó el premio Nobel de la Paz a la cadena estadounidense CNN. Y añadió: "Hay que seguir trabajando con la diplomacia creativa. Tenemos tiempo. La única solución es la diplomacia y las inspecciones".</i></p> <p><i>El Baradei emplazó a Estados Unidos a entregar al OIEA cualquier información que apunte en otra dirección: "Hay muchos interrogantes, ¿pero hemos visto los elementos nucleares que pueden transformarse rápidamente en armas? No. ¿Hemos visto un programa activo de militarización nuclear? No".</i></p> <p><i>En la entrevista, el director general del OIEA censuró el bombardeo israelí sobre supuestas instalaciones nucleares de Siria, una acción reconocida por el propio primer ministro, Ehud Olmert, quien ayer pidió disculpas a Turquía por haber violado su espacio aéreo durante la operación. El Baradei dijo estar "disgustado" con Israel: "Si algún país dispone de información que demuestre que otro desarrolla un programa nuclear, debe informarnos. Bombardear primero y preguntar después no parece un buen sistema", añadió.</i></p>	

Si además tenemos presente que a cuenta de la guerra por el petróleo (llamada *guerra contra el terrorismo*) se ha producido un serio retroceso del sistema de libertades, sobre todo en EE.UU. (legalización de la tortura, cárceles secretas, Guantánamo, violación legal de la privacidad de las comunicaciones, detención indefinida sin orden judicial ni derecho a abogado, etc.), pero también en los demás países de su estela, debemos tener claro que es necesario abordar en la escuela esta temática, sobre todo si estamos por una escuela crítica, que no sólo se dedique a reproducir la sociedad, sino a mejorarla y a reproducir sólo lo mejor de ella.

La complejización del conocimiento cotidiano

Las aportaciones del paradigma de la Complejidad nos pueden ser muy útiles para establecer, en el tratamiento de estos contenidos, un gradiente desde niveles de formulación más simples hacia otros más complejos (García, 1998, 2004a y 2004b).

Una primera transición sería desde una concepción aditiva y cerrada del mundo hacia otra sistémica, relativista e integradora. En primer lugar, y tal como se ve en la red de contenidos propuesta, habría que considerar todos los posibles elementos, relaciones y variables que están implicados en esta problemática. En segundo lugar, habría que adoptar una perspectiva integradora, que supone:

Integrar los aspectos naturales con los sociales, evitando los planteamientos reduccionistas. No se pueden disociar problemas como *¿para qué usamos la energía en nuestras casas?*, *¿de quién es la electricidad que consumimos?*, *¿cómo llega la electricidad a nuestras casas?*, *¿qué papel tiene el gobierno en el control de la producción y el consumo de energía eléctrica?*, de problemas como *¿qué es la energía?*, *¿qué es la electricidad?*, *¿qué ocurre en una combustión?*, *¿se pierde energía en el paso de una forma de energía a otra?* El centramiento exclusivo en lo social impide una comprensión más profunda de la temática de la energía, el centra-

miento exclusivo en lo natural tiene muy poca funcionalidad de cara a formar ciudadanos capaces de gestionar los problemas de la energía.

Integrar la ciencia con los valores y las actitudes (las ideologías). No basta con trabajar problemas más próximos a los problemas científicos tradicionales (*¿qué es la electricidad?...*) sino que hay que trabajar tanto problemas propiamente políticos-ideológicos (*¿cómo sabemos si consumimos mucha o poca energía?*, *¿por qué hay que consumir menos energía?*, *¿depende nuestro grado de bienestar de la cantidad de energía que consumimos?*, *¿es posible ahorrar energía dentro del modelo socioeconómico capitalista?...*) como problemas en los que la ciencia aporta importantes argumentos para el debate político (*¿qué es más despilfarrador, un termo eléctrico, otro de gas o uno que funciona con placas solares?*, *de acuerdo con lo que nos dice hoy en día la ciencia ¿tiene algún límite el aumento del consumo energético?*).

Integrar los diferentes tipos de conocimientos (conceptual, procedimental y actitudinal) entre sí y con la acción. Al respecto, es muy relevante el tratamiento de problemas que “personalicen” la temática de la energía (*¿en qué situaciones, a lo largo de un día, consumo energía?*, *¿todos los usos son igualmente despilfarradores?*, *¿qué hago y qué podría hacer para evitar el despilfarro de energía?*, *¿en qué medida participo en la gestión social de la energía?*), de forma que la persona que participa en las actividades de E.A. tenga que cuestionar no sólo sus conceptos sino también sus actitudes, y sus hábitos y rutinas cotidianas.

Integrar lo local con lo global, lo concreto con lo general. Frente al planteamiento tradicional de trabajar sólo el consumo de energía en el hogar, habría que complementarlo con el análisis del consumo de energía a otras escalas (*¿cuánta energía consume un electrodoméstico concreto?*, *¿y nuestra ciudad o nuestro país?*, *¿y otros países?* *¿todos consumimos igual?...*).

En tercer lugar, habría que facilitar que los alumnos describan cualquier evento desde la triple perspectiva del mesocosmos (lo perceptible, evidente y próximo a nuestra experien-

cia), el **microcosmos** (lo no perceptible por ser muy pequeño) y el **macrocosmos** (lo muy grande). Así, por ejemplo, describir qué sucede en los tres niveles cuando usamos una cocina de gas o una eléctrica: *¿qué apreciamos cuando encendemos la cocina?, ¿qué procesos físico-químicos hay en una llama o en una resistencia incandescente?, ¿hay alguna relación entre el uso de nuestra cocina y el cambio climático (efecto invernadero)? ¿cómo se relacionan los procesos energéticos de esa cocina con los ciclos de la materia y el flujo de energía en nuestro planeta?*

Por último, también habría que describir cualquier evento superando las visiones ego-céntricas, sociocéntricas y antropocéntricas. Son relevantes aquellos problemas que ayudan a relativizar la problemática de la energía y que nos aproximan a posiciones biocéntricas: *¿todos usamos la energía de la misma manera, consumimos lo mismo?, ¿la humanidad ha utilizado siempre las mismas fuentes de energía?, ¿cómo se relaciona el uso de la energía por los seres humanos con los ciclos de la materia y el flujo de energía en nuestro planeta?, de acuerdo con esos ciclos y flujos ¿podríamos usar tanta energía siempre, sin que nunca se nos agote o hay algún límite?...*

Una segunda transición sería desde la **causalidad simple hacia la causalidad compleja**. Habría que superar la causalidad mítica (providencialismo, fatalismo...) y la causalidad mecánica-lineal (causa-efecto), construyendo una organización del mundo basada en la interacción y en los procesos de reorganización de los sistemas. Al respecto, habría que tratar problemas como *¿por qué usamos la energía de esa manera y en esa cantidad?* que demandan una explicación en la que hay que considerar la interacción de un gran número de factores.

También, en relación con la causalidad, habría que trabajar la transición desde de la perspectiva del antagonismo (el motor de las cosas es el enfrentamiento, la competencia, vencer al otro, etc.) a la de la complementariedad (la unión hace la fuerza, la acción más eficaz se basa en la cooperación, todos dependemos de todos...). Trabajar la complementariedad supone tanto tratar el problema de la

energía mediante el cruce de perspectivas, la negociación democrática, la argumentación razonada y la búsqueda del consenso en la toma de decisiones y en la resolución de conflictos, como incluir la idea de complementariedad como contenido al estudiar las relaciones ecológicas y las relaciones sociales.

Una tercera transición tiene que ver con el **cambio y el tiempo**, considerando el cambio del mundo como cambio evolutivo e irreversible, y superando los enfoques fijistas, estáticos, fatalistas y cíclicos. Habría que tratar problemas como *¿nuestros antepasados usaban las mismas formas de energía que nosotros? ¿tenían los mismos electrodomésticos?, ¿siempre hemos usado la energía de la misma manera?, ¿es posible cambiar nuestro actual modelo de uso de la energía?...*

En último término, el conocimiento deseable sobre el cambio y sobre el tiempo, se centraría en la noción de **coevolución** (sistemas que evolucionan conjuntamente en interacción), con el tratamiento de problemas como *¿qué relación hay entre el cambio social y el cambio de modelo energético? ¿entre el desarrollo científico-técnico y los usos energéticos?, ¿qué relación hay entre el cambio de modelos energéticos y la evolución del planeta? ¿podemos cambiar socialmente independientemente de los cambios planetarios?*

¿Cómo investigar la energía?

Aunque en este trabajo nos hemos focalizado en el “qué enseñar” sobre la energía, si nos gustaría ahora presentar algunas orientaciones metodológicas coherentes con la propuesta.

Creemos que la opción metodológica más adecuada sería la **metodología didáctica basada en la investigación del alumno** (García, 2002 y 2004a), que supone organizar el trabajo del alumnado en torno al tratamiento de problemas abiertos, significativos y funcionales.

¿Qué significa tratar “problemas”? ¿Qué entendemos por “problema”? Tal propuesta supone un cambio de enfoque curricular: el

eje no es el “temario” de contenidos, sino las tramas y redes de problemas a investigar. El proceso de enseñanza-aprendizaje se organiza en torno al planteamiento y tratamiento de problemas, tratamiento que determina la movilización de las ideas de los aprendices y su posible cambio. Como se puede apreciar en los apartados precedentes, es el tratamiento de los problemas relacionados con el uso de la energía, el que articula el cruce de las ideas científicas, los conocimientos cotidianos, los valores, las expectativas, los intereses en conflicto, la toma de decisiones sobre su gestión, entre los participantes en las actividades de clase. La actividad de investigación no sería un proceso estrictamente científico, sino un proceso en el que, mediante el tratamiento de problemas, se favorece la comprensión de la realidad y la crítica (como contraste de puntos de vista), la construcción conjunta del conocimiento (el profesor no es el experto, aprende conjuntamente con los alumnos); en el que cada recorrido es singular y abierto: hay diferentes formas de aprender, y no sabemos si los alumnos aprenderán eso u otras cosas. Los problemas propuestos sobre la energía deben considerarse, por tanto, problemas “escolares” más que problemas científicos, es decir, problemas que se generan en un escenario social concreto (la escuela), con unos determinados actores (profesores y alumnos), con unos ciertos fines (socialización en unas determinadas pautas culturales), contenidos (carácter “socioambiental” de unos problemas que articulan los contenidos escolares) y tareas.

¿Qué significa que un problema sea significativo? La clave está en que las actividades que se realicen tengan sentido para los alumnos, evitando que el tratamiento de la temática de la energía sea otro simulacro más de los que se viven habitualmente en las situaciones de aprendizaje escolar (García y Cano, 2006). Si les proponemos que investiguen sobre el uso que hacemos de la energía ¿qué interpretan que deben hacer? ¿qué sentido tiene para ellos el tratamiento de esos problemas? ¿dónde esperan encontrar la respuesta a los mismos? ¿qué papel se adjudican en la búsqueda de esa

respuesta? ¿qué actitud tienen sobre sus posibilidades de conocer de manera autónoma, qué instrumentos intelectuales, qué epistemología ponen en juego ante esa tarea?

Para que la investigación tenga sentido para el alumnado debe haber **motivación**. Sin motivación no hay movilización y cambio de las ideas de los alumnos. En ese sentido, la problemática de la energía debe plantearse al menos al principio con una formulación cercana al mundo en el que se mueven los alumnos, para luego “complejizarla” progresivamente. También éstos deben tener claro, en todo momento, qué quieren conseguir, para qué hacen las cosas. Lo que mata el interés en toda investigación es la falta de sentido en lo que se está haciendo. Sentido para el alumno, pues aunque el profesor tenga claro que el problema es muy relevante ello no garantiza, en absoluto, que el alumno lo vea igual.

Lo que es relevante es que los alumnos y las alumnas asuman el problema y lo caractericen, implicándose de verdad –es decir, movilizándolo sus ideas, actitudes y valores– en su tratamiento. En temas tan complejos como son los de la energía sin una fuerte implicación personal el cambio será siempre muy superficial y académico, y el alumno tratará la cuestión de manera mecánica, sin tener muy claro lo que hace y por qué lo hace.

Pero si, además, queremos que el tratamiento del problema sirva para formar a personas críticas y autónomas necesitamos que la investigación sea un **proceso creativo**, en el que se negocian significados y se construye la realidad. El énfasis hay que ponerlo en la actividad mental y en la interacción social, en la reorganización de las ideas de las personas, en que éstas inventen otras maneras de ver, que reinterpreten el problema y, en último término, sean capaces de producir ideas nuevas; y no en el mero reconocimiento de unas verdades preestablecidas que encierra el mundo y que hay que descubrir, o que transmite sin más el profesor. La creatividad debe ir unida al espíritu crítico, y esto es aún más claro en el caso de la energía, pues, tal como hemos venido señalando, son muchos los estereotipos y

las prácticas sociales asociadas que hay que cuestionar. Al respecto, hay que reconocer los intereses en conflicto, hay que aprender a interpretar el significado de lo que nos llega por los medios de comunicación, hay que saber buscar el origen de los hechos, hay que tener la capacidad de apreciar cómo se crea socialmente una determinada manera de ver la realidad, hay que ir más allá de los hábitos, las rutinas y los códigos usuales.

La reflexión que supone **reorganización de las ideas**, es el proceso esencial en el tratamiento del problema, más que la actividad manipulativa. No basta con hacer cosas sin más: hay que facilitar la reflexión del que aprende. Y ello supone que, en todas las actividades, debe haber procesos de explicitación y contraste de ideas, procesos metacognitivos y de evaluación, en los que se ponen en juego las concepciones de los alumnos. El protagonismo del alumno debe ser una constante en todo el proceso de investigación, el alumno siempre debe tener un papel activo, dinamizando sus ideas en todas las actividades programadas. Por tanto, en cada momento, y no sólo al principio del proceso de investigación o al final del mismo, debe haber explicitación y contraste de ideas.

Pero la movilización de las ideas de los alumnos, su posible cuestionamiento y cambio, sólo es posible si **la intervención del profesor se ajusta, en cada momento, a la evolución de dichas ideas**. De ahí, que los problemas a investigar deban reformularse y evolucionar a lo largo del proceso de construcción. Hay que partir de problemas muy concretos (qué electricidad consumimos en nuestra casa o en el centro escolar) para luego complejizarlos (ver, al respecto, lo propuesto en la trama). Las ideas de los alumnos se centran, sobre todo, en lo próximo y evidente. Por ello, al inicio del proceso de investigación, debe predominar un enfoque descriptivo simple, como por ejemplo, la enumeración de los elementos presentes en la situación objeto de estudio (qué hay en la factura de la electricidad, qué aparatos consumen electricidad, etc), que luego el profesor o la profesora debe reorientar hacia la

descripción de las posibles relaciones de todo tipo que se puedan encontrar y hacia la búsqueda de las causas (¿por qué consumimos más o menos electricidad? ¿de quién es la electricidad? ¿cómo se produce? etc).

Dado que los problemas socioambientales son problemas complejos y abiertos, no hay respuestas absolutas, de forma que las soluciones a los mismos deben generarse en procesos de negociación, de **construcción conjunta**. De ahí, la necesidad de buscar la complementariedad en la diversidad, de integrar, en lo posible, las opciones que aparecen disociadas unas de otras, de validar las diferentes hipótesis en la discusión y el intercambio de opiniones. La combinación de trabajo individual, trabajo en pequeño grupo y trabajo en gran grupo, posibilita la creación de una dinámica de negociación colectiva del conocimiento en el aula. La construcción conjunta es necesaria en todas las vertientes del tratamiento del problema. La interacción debe estar presente tanto en los procesos más propiamente cognitivos (observación, emisión de hipótesis, análisis, síntesis...) como en la búsqueda de soluciones al conflicto inherente al problema (identificación de los intereses personales y grupales presentes, toma de decisiones, clarificación de valores, etc.). El conjunto de la clase debe implicarse muy especialmente en la planificación y realización de acciones concretas (simuladas o reales) y en la evaluación de éstas.

Pero siendo imprescindible la interacción y el debate, también es verdad que la construcción conjunta hay que "alimentarla" con el **contraste con otras fuentes de información**. Para el tratamiento de los problemas asociados al tema de la energía podemos utilizar muy diversas fuentes de información, desde el trabajo de campo y de laboratorio, el uso de documentos, los recursos audiovisuales, hasta los juegos de simulación o la propia participación en actividades de gestión del medio. Al respecto, parece una discusión bastante estéril el apostar por uno u otro recurso en exclusiva, pues todos se complementan.

La construcción del conocimiento escolar relativo a la temática de la energía se concreta,

en último término, en una secuencia de actividades. Teniendo en cuenta lo que hemos planteado sobre el qué y el cómo enseñar ¿cómo elaborar una secuencia de actividades acorde con la propuesta de construcción de la noción de energía que venimos planteando? No es este el lugar para presentar una programación detallada, pero sí vamos a mostrar, a modo de ejemplo, un posible itinerario relacionado con el problema *¿qué energía usamos y cómo la usamos?*

En primer lugar, conviene realizar una actividad que sirva para situar a los alumnos en la temática (por ejemplo, preguntando *¿qué energía usamos aquí, en el aula?*). Después podríamos indagar qué formas de energía reconocen. Una manera sencilla es presentarles un conjunto de dibujos o fotos en los que se describan situaciones en las que están implicadas diferentes tipos de energía (por ejemplo, una lámpara encendida, un aerogenerador, el Sol, un coche “en movimiento”, un vaso de agua, un niño que se desliza por un tobogán, un bocadillo, una chimenea encendida, una ola, ...) preguntándoles *¿dónde hay energía?*, con la idea de ver si reconocen formas de energía menos evidentes como es el caso de la energía química.

La siguiente actividad debe servir para relacionar los tipos de energía explicitados en la actividad precedente con la actividad cotidiana del alumno. Por ejemplo, planteando el problema *¿Usas energía en las actividades que realizas a lo largo de un día? ¿qué formas de energía utilizas? ¿de dónde proceden?* Al respecto, se puede realizar un mural con dos partes, en la parte izquierda, los/as alumnos/as deberán colocar los actos cotidianos que realizan desde que se levantan hasta que se acuestan que consuman energía, después en la parte derecha tendrán que colocar el origen de la energía para realizar esa actividad que han comentado. También se puede analizar qué aparatos tenemos en casa o las características del recibo de la luz. En este último caso, es interesante conocer el consumo per cápita de electricidad en el hogar, dividiendo la electricidad total consumida (o el precio del recibo de la electricidad) por el número de miembros de su familia,

analizando el consumo en diferentes momentos del año.

Lo relevante es que el conocimiento de la energía que se consume en el hogar permita discutir sobre si nuestro bienestar requiere o no de tanta energía. La pregunta clave es si todos esos aparatos eléctricos son imprescindibles para una buena calidad de vida.

Una buena manera de ampliar su perspectiva sobre el tema es la comparación de usos de energía en diferentes países y en diferentes momentos históricos (contrastando sus ideas con fotos, dibujos, etc. en los que se puedan apreciar esos usos históricos; analizando datos estadísticos sobre el consumo en diferentes lugares del mundo). El objetivo es que relativicen su idea de que el bienestar depende del uso de grandes cantidades de energía.

Especial relevancia tiene el tema de la transición desde el uso casi exclusivo de la energía interna (asociada al metabolismo) hacia el uso progresivo de las fuentes de energía externas (viento, carbón, petróleo...), transición que debe llevar a la reflexión sobre el tema de las fuentes de energía no renovables y el agotamiento de los combustibles fósiles. Al respecto, se podrían programar actividades como:

- Analizar el tipo de transporte que utilizan para ir al colegio y a otros lugares. Realizar un cálculo del consumo de gasolina y la cantidad de emisiones de CO₂ que se emiten.

- Investigar de donde proviene la gasolina o el gasoil, así como dónde se encuentran los yacimientos de petróleo y cuáles son las rutas de aprovisionamiento.

- Investigar en qué situación están las reservas de petróleo y en qué momento se va a consumir más de lo que se produce. Al respecto, se puede utilizar la gráfica procedente del boletín de ASPO del mes de marzo de 2005. A partir de esta gráfica pueden determinar: *¿Cuál fue la década en que se produjeron más descubrimientos? ¿Cuántos barriles se consumen en un día?*

- Elaborar las medidas políticas, sociales y personales que se pueden hacer para resolver el problema energético a corto, a medio y a largo plazo.

En definitiva, se trata de que los alumnos elaboren por sí mismos y con la ayuda del educador las respuestas a los problemas. Se trata de investigar el tema del uso de la energía de forma flexible y abierta, en un proceso no lineal, en el que los problemas evolucionan y se diversifican al mismo tiempo que las personas reestructuran sus ideas sobre los mismos.

REFERENCIAS

- BALLENILLA, F. (2004) http://www.ua.es/personal/fernando.ballenilla/Preocupacion/Agricultura_poblacion_energia_Rosalejo.swf
- BALLENILLA, F. (2005) La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles, un problema socio-ambiental relevante. *Investigación en la escuela*, 55, 73-87.
- BALLENILLA, M. y BALLENILLA, F. (2007). *La tasa de retorno energético: Hacia un mundo de renovables en el contexto del cenit de producción petrolífera*. *Ecologista*, 55 (en prensa).
- COOK, E. (1971) "The flow of Energy in an Industrial Society" *Scientific American*. 9/1971,136
- DIAMOND, J. (1987) "The Worst Mistake In The History Of The Human Race" *Discover*-May 1987, pp. 64-66
- GARCÍA, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA, J.E. (2002). Una propuesta de construcción del conocimiento en el ámbito de la Educación Ambiental basada en la investigación del alumno. *Cooperación Educativa*, 67, 39-52.
- GARCÍA, J.E. (2004a). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Sevilla: Díada Editora.
- GARCÍA, J.E. (2004b). Los contenidos de la Educación Ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad. *Investigación en la Escuela*, 53 (monográfico sobre "Complejidad y Educación"), 31-51.
- GARCÍA J.E. y CANO, M.I (2006). ¿Cómo nos puede ayudar la perspectiva constructivista a construir conocimiento en educación ambiental? *Revista Iberoamericana de Educación*, 41, 117-132.
- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Algunos obstáculos e incomprensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 3(3), 507-516.
- HUBBERT, M.K. (1971) *The Energy Resources of the Earth* (pág. 31-40) en *Energy and Power*, monográfico de *Scientific American*.
- JIMÉNEZ, J.D. y SAMPEDRO, C. (2006). ¿Son las Energías alternativas la solución del futuro?. *Alambique*, 49, 71-80.
- MARGALEF, R. (1980). *La biosfera, entre la termodinámica y el juego*. Barcelona: Omega.
- RODRÍGUEZ, F. y GARCÍA, J.E. (2007). ¿Qué dificultades encuentran los docentes para trabajar la energía en el ámbito de la educación ambiental formal?. *II Congreso Internacional de Educación, Energía y Desarrollo Sostenible*. As Pontes de García Rodríguez 27, 28 y 29 de junio de 2007.

ABSTRACT

In this paper we propose a view of the didactic of energy that takes into account both the paradigm of complexity and the constructivist perspective. Concretely, in this work we describe the main difficulties related to the teaching-learning process and propose a methodology for teaching based on students' investigations about socio-environmental topics.

KEY WORDS: Didactic of energy; Paradigm of complexity; Students' investigations about socio-environmental topics.

RÉSUMÉ

Dans cet article nous proposons un traitement de la thématique de l'énergie qui considère tant les contributions du paradigme de la complexité comme du constructivisme. Concrètement, on décrit les difficultés d'apprentissage les plus remarquables, et on pose une méthodologie didactique basée à la recherche de problèmes remarquables et significatifs.

MOTS CLES: Didactique de la énergie; Paradigme de la complexité; Recherche de l'élève.