

En este artículo se reflexiona sobre la necesidad de formar a nuestros alumnos/as en la toma de conciencia del inminente final del petróleo barato, de cuáles pueden ser las medidas con que afrontar esa situación y de qué criterios se deberán tener en cuenta para evaluar críticamente las medidas que se tomen. Se propone además una secuencia de problemas, ya experimentada y muy potente, para su tratamiento en el aula. Por último, se señala que esta problemática desborda el estrecho marco disciplinar, como suele ocurrir siempre que en el aula se tratan problemas socio-ambientales relevantes.

PALABRAS CLAVE: *Agotamiento del petróleo; Desarrollo sostenible; Problemas sociales y ambientales; Innovación educativa.*

La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles, un problema socio-ambiental relevante

pp. 73-87

Fernando Ballenilla

Grupo "La Illeta"*

Una nueva y urgente perspectiva

Tradicionalmente el tema de la sostenibilidad, en nuestra civilización industrial, se relaciona fundamentalmente con el problema de la superación de los límites ecológicos que nos impone la naturaleza y al tema de la equidad en el acceso a los recursos y a los beneficios derivados de éstos por parte de los distintos grupos de población humana.

Sin embargo, de un año a esta parte, a las dos preocupaciones anteriores hay que añadir la evidencia de que nos encaminamos a un "mundo de baja energía", utilizando una afortunada expresión de Odum (1988). No es que la crisis de producción petrolífera fuese un co-

nocimiento oculto o imprevisible; ya en 1971 el geofísico King Hubbert, publicó en *Scientific American* una proyección en ese sentido, y poco después la primera gran crisis petrolera, provocada por la guerra del Yon Kipur en 1973, facilitó su posterior difusión en España cinco años después (Hubbert, 1975).

En junio del 2001 se materializa ASPO (en inglés *The Association for the Study of Peak Oil and Gas*; <http://www.peakoil.net/>) que es una red de científicos afiliados a instituciones y universidades, que tienen interés en determinar la fecha y el impacto del cenit y del declive de la producción mundial de petróleo y gas, dadas las limitaciones de dichos recursos. Desde entonces llevan advirtiendo del inmi-

* Fernando Ballenilla (<http://www.ua.es/personal/fernando.ballenilla/>) es profesor de Didáctica de las Ciencias en la Universidad de Alicante y profesor del IES "San Blas" de Alicante. *La Illeta* es un grupo de didáctica de las ciencias formado por Fernando Ballenilla, Pepa Gisbert, Pura Sempere, Rosa Martín, Mari Ángeles Carballo, Ana Vicente, José Antonio Guillén y Pilar Aranda; está adscrito a la Red IRES (<http://www.redires.net>).

✉ Artículo recibido el 18 de noviembre de 2004 y aceptado en enero de 2005.

nente cenit de producción de ambos. En su último boletín lo plantean para el 2008 (marzo 2005; hay versiones traducidas del boletín en <http://www.crisisenergetica.org/index.php>):

“Cuando no resulta fácil predecirlo con precisión, en la comunidad científica, geológica y petrolera se está alcanzando un consenso que sitúa el punto de máxima producción mundial a finales de esta década o a mediados de la siguiente. Los más optimistas, en general economistas, creen que puede alargarse algo más, quizá otra década, por la explotación de yacimientos atípicos que el alza de precios puede convertir en rentables.

Tengan razón unos u otros, lo cierto es que éste es un horizonte lo suficientemente próximo como para que nos afecte directamente, si no a nosotros, a nuestros hijos. Y también que, aun en el mejor de los supuestos –que la extracción de petróleos pesados de las arenas bituminosas de Venezuela o Canadá, de las regiones polares o de las profundidades marinas permitiera mantener una producción en aumento–, la tendencia al alza de los precios es inevitable por sus mayores costes de producción” (Corderch, 2004).

¿Por qué en esta perspectiva el cenit de producción es una fecha crítica? Hay varias razones para ello.

En primer lugar, significa que a partir de entonces la producción de petróleo ya no va a poder seguir a la demanda asociada al crecimiento económico. Al revés, desde esa fecha la producción caerá del orden de un 3% a un 5% anual en el mejor de los casos, y así hasta el cese de la misma, que se producirá, sea cual sea el precio del petróleo, cuando cueste más energía producir un barril que la que podamos obtener de éste, siempre que el objetivo de la extracción sea obtener energía.

En segundo lugar, en esa situación, con caídas de la producción de petróleo mantenidas año tras año, crecimientos económicos como los actuales (entre el 2 o el 3% de crecimiento económico anual mundial) serán insostenibles. El crecimiento económico siempre ha ido acompañado del crecimiento del consumo energético, y eso incluso teniendo en cuenta los logros habidos en eficiencia energética.

En tercer lugar, al hablar del petróleo no estamos hablando de un recurso normal, similar a cualquier otro recurso. Estamos hablando de

energía, que es el prerrequisito para la obtención de los demás recursos. Además, en el caso del petróleo, se trata de la forma más versátil de disponer de la misma. Cualquier proceso de transformación energética que intente suplir, a partir de otra fuente de energía primaria, la versatilidad de uso del petróleo, requerirá un incremento del gasto energético mayor que el actual, por la energía disipada en el proceso de transformación, así como por la transformación de todo el parque industrial y de transporte, adaptado al uso del petróleo.

En cuarto lugar, una situación de continuo decrecimiento económico, ocasionada por la disminución paulatina de la producción petrolífera, muy bien podría provocar el colapso del sistema financiero mundial. El sistema financiero que sufrimos siempre ha funcionado con crecimientos exponenciales del capital, sinérgicos con el crecimiento económico. ¿Qué menos que un 2% anual para cualquier depósito a plazo fijo, por ejemplo? Sin embargo este rendimiento, aunque lo podemos ver como bajo, resulta ser exponencial, y no es nada comparado con los rendimientos de la especulación financiera.

En definitiva, con este escenario no resulta descabellado plantear un posible colapso del entramado industrial de nuestra civilización, tanto más probable cuanto más tardemos en afrontar el problema.

Cómo abordar el problema desde la escuela

Vistas así las cosas (Ballenilla, 2004), la *Década de Educación para el Desarrollo Sostenible* (<http://www.unesco.org/education/index.shtml>), que Naciones Unidas promueve de 2005 a 2014, puede ser una excelente ocasión para empezar a abordar este tema.

¿Cómo abordarlo? Simplemente habría que presentarlo, y tenerlo presente, en nuestra práctica docente, ya que el primer paso para resolver cualquier problema no es afrontarlo, sino ser consciente de que existe.

Nuestra cultura se caracteriza por una fe ciega de la mayoría de la población en que el

dios “tecnología” nos resolverá cualquier problema, y una fe ciega por parte de los que nos gobiernan en que el dios “mercado” proveerá las soluciones adecuadas en el momento preciso. Por esta razón se trata de un problema difícil de “ver”, a pesar de los claros indicios que se están manifestando desde hace tiempo (guerra de Irak, fiasco de las reservas de la Shell y otras compañías, aviso de la OPEP de que no dispone de capacidad de producción excedente, perturbaciones sobre el mercado de un simple huracán, de los que siempre ha habido y nunca han afectado tan gravemente al mercado del petróleo, dramático deterioro de la disponibilidad de recursos energéticos, y en consecuencia de la calidad de vida, de los países más pobres, etc.).

Presentar el problema y tenerlo presente durante el curso significa que, cuando se traten temáticas orientadas a la sostenibilidad, se tenga en cuenta esta nueva perspectiva, lo que implica, además, la necesaria formación orientada a conseguir:

a) el cese de la intensa degradación del medio natural (que en definitiva es el único recurso que podremos utilizar para sobrevivir cuando acabemos con los combustibles fósiles); y

b) progresos sustanciales en la distribución equitativa de los recursos y la riqueza (no puede dejar de provocar sonrojo que Nigeria uno de los países más pobres de África, y exportador de petróleo, tenga un consumo *per cápita* de 0,6 barriles/año, y en cambio EEUU, su principal cliente, de 24,7 barriles/año: <http://www.nationmaster.com/>).

Hay que tener muy presente que nos encaminamos a un “mundo de baja energía”, y en esa perspectiva es necesario hacer ver a nuestros alumnos/as que para garantizar la sostenibilidad y una transición ordenada a ese mundo es necesaria una:

1) *Protección absoluta del terreno agrícola y forestal.* En un contexto de escasez de energía, y en concreto de petróleo, el transporte de alimentos (dependiente del petróleo en cerca del 100%) se encarecerá. Resulta vital la conservación de las áreas agrícolas y forestales próximas a las ciudades.

2) *Recuperación para la agricultura tradicional de los ecosistemas agrícolas que han sido estresados por la agricultura dependiente del petróleo.* La agricultura actual, además de ser fuertemente dependiente del petróleo (tanto para el funcionamiento de la maquinaria agrícola como por el hecho de que la fabricación de abonos químicos y pesticidas requieren un consumo importante del mismo), dificulta la recuperación del terreno agrícola para la agricultura orgánica. Es necesaria, tanto la recuperación de tradiciones agrícolas seculares como la investigación orientada al desarrollo de la agricultura orgánica.

3) *Recuperación de los acuíferos.* Por ejemplo, el polémico transvase Ebro-Segura, según un informe técnico elaborado por el ingeniero de caminos y MBA Carlos Chica, hubiera supuesto un coste energético del 1,27% del consumo neto total de energía eléctrica en España. El regadío se mantiene también por el bombeo de aguas subterráneas de acuíferos con el nivel freático cada vez a mayores profundidades. En la perspectiva del encarecimiento de la energía y la escasez de petróleo, resulta vital la recuperación de los acuíferos y de las fuentes de valle a que daban lugar y que permitían mantener regadíos por gravedad.

4) *Recuperación forestal.* En la actualidad se han ganado para la agricultura muchos terrenos, algunos en pendientes, en los que se ha eliminado su cubierta forestal natural. Sin embargo eso ha sido posible gracias a la existencia de energía barata que ha permitido su roturación y puesta en regadío. Es probable que el aumento del coste energético convierta en insostenibles dichos cultivos, quedando entonces expuesto a la erosión el suelo. Es fundamental su recuperación forestal antes de que esto suceda.

5) *Adecuación de la población a niveles de equilibrio con los ecosistemas agrícolas naturales (no forzados con petróleo) que deben mantenerla.* En ese sentido es especialmente urgente replantearse la sostenibilidad de las grandes ciudades. Estas son fuertemente dependientes del transporte de alimento, recursos y materias primas, y el transporte es la actividad más dependiente del petróleo.

6) *Formación, investigación y desarrollo en tecnologías no agresivas con el medio natural y no vulnerables a una caída de la civilización industrial.* La modificación del medio natural requiere energía, y la disponibilidad de ésta ha facilitado graves agresiones al mismo. Además, se han desarrollado tecnologías no respetuosas con el medio natural. Disponer de energía proporcionaba la ilusión de que se podían recomponer los desastres ocasionados (con un consumo extra de energía), por ejemplo regenerar un playa, depurar agua, descontaminar de metales pesados Aznalcóllar (la contaminación se produjo debido a la rotura de la balsa de almacenamiento de residuos de la empresa Boliden y su vertido al río Guadiamar; la contaminación afectó de manera importante al parque natural de Doñana), etc. La situación cambiará radicalmente. Dependemos de la buena salud del medio natural que nos ha de sustentar, y en consecuencia la tecnología ha de ser escrupulosa en su relación con él. Por otra parte las tecnologías sofisticadas pueden requerir un alto costo energético y ser muy dependientes del transporte. Su mantenimiento en un “mundo de baja energía” y en la transición al mismo puede resultar incierta. Hay que apostar con decisión por tecnologías útiles, respetuosas con el medio, robustas y de fácil mantenimiento por la población local.

7) *Replanteamiento del transporte.* Éste depende del petróleo como combustible en más del 95% y la situación es aún más grave si tenemos en cuenta que todo el parque de vehículos y los viarios están pensados para el petróleo. Es fundamental elaborar un plan de transición para evitar que el transporte sufra un colapso. No tiene sentido, por ejemplo, seguir realizando sobredimensionadas inversiones en aeropuertos cuando la aviación comercial, tal como la conocemos, será uno de los primeros sectores en desaparecer. Menos sentido tiene el abandono en que se encuentra la red ferroviaria básica, que es el medio de transporte terrestre más eficiente energéticamente. Sin embargo se siguen proyectando gigantescas inversiones en trenes de alta velocidad y en autopistas y autovías para automóviles, de incierto futuro.

8) *Dar una solución, si no definitiva (hasta el momento no se conoce ninguna) al menos adecuada, al peligroso problema de los residuos radiactivos.* Hasta el momento no se ha dado ninguna solución al continuo aumento de residuos procedentes de la industria nuclear. Hay que suponer que debido a que se trata de una solución difícil (sea la que sea) y a que tiene un elevado coste energético. A medida que la escasez de energía sea cada vez más severa, más difícil será la solución. Es urgente abordar este problema antes de que los menguantes recursos energéticos limiten, aún más, las posibles alternativas.

9) *Cambio radical en lo que se refiere al uso y gestión de la energía.* El objetivo debe ser la disminución al máximo de su contribución en cualquier proceso, y deben ponerse a punto instrumentos para el trazado de los costes energéticos.

También es importante dar a conocer a nuestros alumnos y alumnas las propuestas de carácter internacional, como el *Protocolo de Uppsala* (ver Texto 1), que tienen por objetivo afrontar de una manera racional el descenso de producción de combustibles fósiles.

En conclusión, es necesario su tratamiento en el sistema educativo, desde la escuela primaria, para la toma de conciencia de la necesidad de respetar la naturaleza, ahorrar energía y no despilfarrar recursos, y para garantizar una formación que facilite la transición al “mundo de baja energía” al que nos encaminamos. También es fundamental prever medidas para evitar la pérdida de información cuando la escasez de energía sea ya severa.

Avanzando dificultades: “Ya inventarán algo” o la excesiva confianza en que la tecnología solucionará el problema

Mientras que la confianza en que el mercado solucionará el problema de las fuentes energéticas es más propia de nuestros políticos, gobernantes y economistas, una confianza desmedida en que la tecnología lo solucionará todo es

EL PROTOCOLO DE UPPSALA

Propuesto por
 Colin J. Campbell and Kjell Aleklett
 Uppsala Hydrocarbon Depletion Study Group
<http://www4.tsl.uu.se/isv/UHDSG/UppsalaProtocol.html>
 Uppsala University, Sweden
www.isv.uu.se/uhdsq

El Protocolo de Uppsala es una propuesta del grupo para el Estudio del Agotamiento de los Hidrocarburos de la Universidad de Uppsala (Suecia) para gestionar el más que probable declive de la producción mundial de petróleo, dirigido por el profesor Kjell Aleklett, y con el apoyo de la Agencia de la Energía de Suecia y de la petrolera sueca Ludin Petroleum.

Partiendo del irremediable agotamiento de las reservas de energía fósil, del acercamiento al punto de máxima producción mundial, de su impacto económico y social y de la necesidad de gestionar adecuadamente una transición hacia otros modelos energéticos, este grupo propone un gran acuerdo global sobre cuatro puntos:

1. Que los países productores acepten una auditoría técnica independiente de sus reservas petrolíferas y que se comprometan a no producir por encima de su tasa de agotamiento actual (porcentaje que representa su producción sobre la cantidad de petróleo que se estime les quede por producir).
2. Que los países consumidores adecuen sus importaciones a la producción mundial de petróleo que resulte de mantener constante la tasa de agotamiento global actual.
3. Mantener los precios del petróleo razonablemente estables en relación a los costes de producción para evitar flujos financieros desestabilizadores para que los países pobres puedan también adquirirlo, y para que no haya quienes puedan aprovecharse de la escasez.
4. Estimular el desarrollo de energías alternativas que puedan ir supliendo el déficit energético, y concienciar a la población de la necesidad de evitar el despilfarro energético y de adecuar nuestro tren de vida a la nueva realidad energética.

Si se aprobara este mecanismo de racionamiento mundial, la producción y el consumo disminuirían paulatinamente (o aumentarían sólo en la medida en que nuevos descubrimientos compensaran el consumo), pero de una forma controlada, previsible y concertada. El consumo energético global podría o no mantenerse en los niveles actuales en función de la capacidad de desarrollar fuentes alternativas. De lo contrario, el mecanismo de precios de mercado no hará sino desencadenar una escalada descontrolada del precio del petróleo que podría desembocar en una serie de acontecimientos geoestratégicos que acaben por desestabilizar todo el entramado económico internacional.

(Comentario de Marcel Coderch Colleli (Ingeniero de Telecomunicaciones y Doctor por el MIT, Instituto Tecnológico de Massachusetts), en "El fin del petróleo barato", artículo publicado en *Foreign Policy*, octubre-noviembre del 2004, edición española (http://www.fp.es.org/oct_nov_2004/story_5_19.asp)

Texto 1.

moneda común en la generalidad de la población, sean adultos o niños, sean de izquierdas o de derechas, sean personas cultas o no.

Ante esto, es fundamental que nuestros alumnos/as sean capaces de mantener una actitud crítica frente a la tecnología. Esta actitud es sobre todo importante a la hora de valorar las supuestas tecnologías orientadas a la sostenibilidad. Frente a estas propuestas tecnológicas nuestros alumnos/as deberían ser capaces de preguntarse:

a) ¿Cuál es el plazo para el desarrollo y puesta a punto de determinada tecnología? ¿En qué fecha dicha tecnología puede dejar de ser experimental y pasar a ser totalmente operativa y funcional? ¿Qué coste energético requerirá? ¿Será posible ese desarrollo antes de que la escasez de energía sea severa?

b) ¿Cuál es la vulnerabilidad de dicha tecnología a un colapso del actual sistema industrial? ¿Se podría seguir utilizando después? ¿Hasta qué punto dicha tecnología puede ser perturbada, hasta ser impracticable, y por lo tanto no sostenible, en una situación de profunda recesión y decrecimiento económico?:

“A medida que la energía disponible disminuye, muchos otros aspectos del sistema económico pueden también declinar, como por ejemplo: carreteras, puentes, rieles de tren, plantas de energía (principalmente gigantes plantas de energía nuclear), algunas de las más complejas comunicaciones y facilidades de la televisión. Cuanta menos energía esté disponible, estas operaciones tendrán que usar menos servicios de alta energía. Las facilidades de la Aeronáutica, la Administración Espacial y cadena de emisoras con satélite tal vez no puedan ser sustentables. Las bases de defensa pueden ser menos elaboradas, con aeronaves y tanques menos sofisticados, conforme los servicios de armamento se hagan cada vez más dependientes de las personas. La construcción intensiva en áreas costeras orientadas al lujo, turismo y las costosas reformas pueden desaparecer, en un proceso acelerado por desastres naturales y puede no haber subsidios remanentes para su reconstrucción. Si examinamos las grandes estructuras de las antiguas civilizaciones de Europa y Asia, podremos encontrar que los materiales de las grandes pirámides o templos están siendo usados actualmente para operar funciones menos elaboradas. Después de que los materiales útiles fueron aprovechados, el resto se convirtió en ruinas y fueron cubiertas por tierra o arena llevada por el viento para

dar lugar a nuevos paisajes. Las estructuras duraderas fueron aquellas que mantuvieron su uso para atender necesidades esenciales tales como: vivienda básica y uso de agua para mantener la producción agrícola. ¿Cuáles de las actuales estructuras resistirán?” (Odum, ob. cit., capítulo 31).

Especial atención merecen las tecnologías relacionadas con la obtención, gestión y uso de energía. Además de los dos factores anteriores, nuestros alumnos/as deberían ser capaces de considerar tres problemas relevantes:

1) *Un dato fundamental sería determinar su TRE (Tasa de Retorno Energético), es decir, ¿cuánta energía se obtiene de la energía que hay que invertir para obtenerla? Para abordar este punto habría que tener en cuenta todos los insumos que permiten y que ocasiona dicho proceso. Por ejemplo:*

“¿Se han tenido en cuenta todos los costes energéticos? Aquí es donde muchas fuentes de energía alternativa se estrellan, después de un sencillo examen.

El hidrógeno comercial ofrece un claro ejemplo de cómo se necesita más energía para producirlo que la que contiene ese combustible al quemarlo. La materia prima actual de la que se obtiene el hidrógeno es el gas natural. El gas natural es después tratado con vapor. El vapor es agua que se ha hecho hervir utilizando más gas natural, petróleo o carbón, sea de forma directa o para generar la electricidad con que se hará hervir el agua. El sentido común dicta que esto no puede ser una solución, porque todavía descansa en los combustibles fósiles.

La conversión de agua en hidrógeno se hace a través de la electrólisis. El científico David Pimentel ha establecido que cuesta 1.300 millones de KWh (kilovatios x hora) de electricidad producir el equivalente de 1.000 millones de KWh de hidrógeno (Bio Science, Vol. 44, N° 8, Septiembre de 1994).

Incluso una pequeña TRE positiva, si se pudiese obtener, no sería una solución, porque los combustibles fósiles ofrecen varias veces la energía invertida en ellos (para obtenerlos), no una fracción. Por eso es por lo que los utilizamos.

El etanol es otro caso típico. Algunas investigaciones han mostrado que el etanol tiene una TRE negativa. Nuevas investigaciones en Oregón muestran un retorno ligeramente positivo. El etanol es, como mucho, una alternativa beneficiosa temporal, no un sustituto.

Las afirmaciones de que los coches pueden funcionar con aceites vegetales nunca tienen en cuenta

la cantidad necesaria de energía para generar el aceite vegetal (la cosecha, el transporte, la extracción, etc.)

Los dispositivos que reciclan plásticos en petróleo no mencionan el hecho de que el plástico es petróleo y que se utilizó una gran cantidad de energía para hacer el plástico, en primer lugar.

De la misma forma, la nueva tecnología de depolimerización térmica no es una fuente alternativa de energía verdadera. Este proceso transforma los desechos de plástico en hidrocarburo como nuevo combustible. Esta tecnología es útil y puede ayudarnos en la cuesta abajo de la curva de Hubbert, pero nunca reemplazará a los combustibles fósiles. ¿Por qué? Pues porque los desechos se produjeron utilizando combustibles fósiles.

Incluso para la utilización de los menudillos de pavo, se tiene que contabilizar

- 1) el alimento,
- 2) lo que fertilizó al alimento (el gas natural),
- 3) cómo se plantó el alimento,
- 4) cómo se cosechó,
- 5) cómo se irrigó (con petróleo y gas) y
- 6) cómo el pavo consiguió llegar al mercado (petróleo).

La depolimerización térmica debería ser vista más exactamente como una forma de reciclado. Pero este proceso nunca tendrá la energía neta de los combustibles fósiles originales. A medida que los combustibles fósiles se vayan acabando, se acabarán con ellos las fuentes de materia prima.

Cualquier forma de energía alternativa de la que se afirme que es una solución a la venidera escasez de petróleo y gas tiene que tener un “libro abierto” y documentado con la TRE que supone. Si no, es que está ocultando algo”. (Original en http://www.fromthewilderness.com/free/ww3/052703_9_questions.html, traducido por Pedro Prieto).

2) *¿Cuál es su potencial de sustitución de las fuentes de energía primaria? Tomando como base el consumo actual de energía, ¿qué porcentaje podría llegar a cubrirse de una forma realista?*

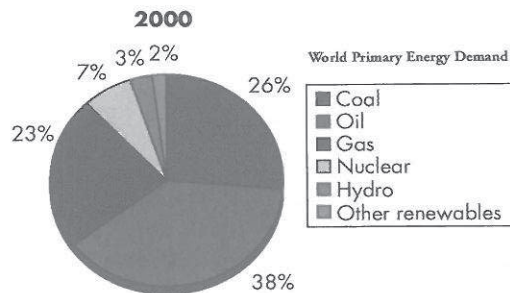
Por ejemplo, el catedrático y profesor de Recursos Energéticos de la Universidad Autónoma de Barcelona Mariano Marzo, en una reciente entrevista el pasado 29 de septiembre en el programa *Los desayunos de la 2*, citó al presidente de Exxon Mobil cuando dijo que su empresa calculó que una estación promedio de gasolina en los EE.UU. suministra la misma energía que aportan 120 Km² de paneles fotovoltaicos.

Al aplicar el dato de las gasolineras de Exxon Mobil a todas las gasolineras, en todos los

EE.UU. es fácil darse cuenta de que estamos ante una alternativa imposible si se mantienen los actuales consumos energéticos.

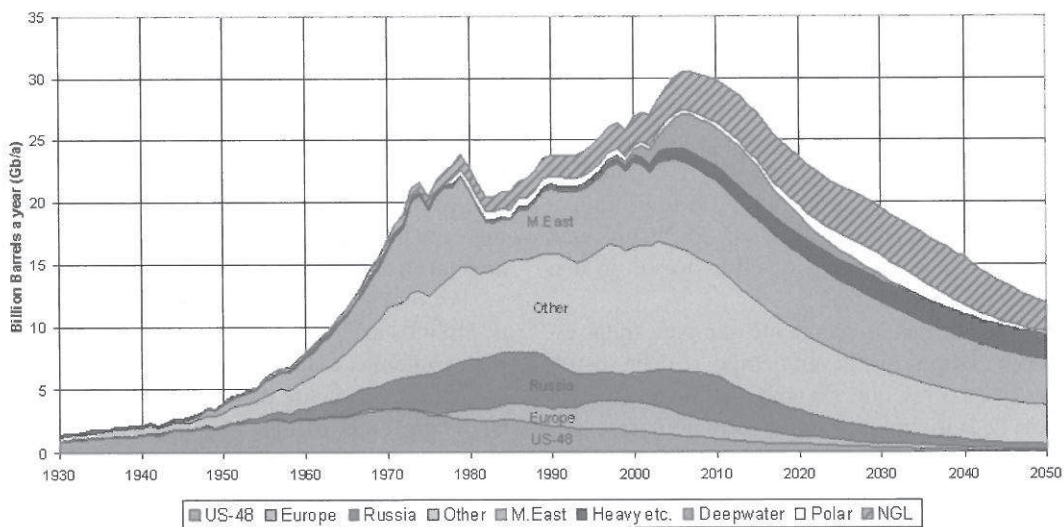
Para hacernos una idea de la gravedad de la situación, en el sistema energético mundial la suma de las energías renovables (hidráulica, solar fotovoltaica, solar térmica, eólica...) sólo constituyen el 5% de la energía primaria consumida (ver Gráfica 1), y en un plazo muy corto habría que sustituir el 61 % de la energía primaria procedente del petróleo y el gas natural. ¿Es posible? ¿O la tarea central debe ser reducir los consumos?

3) ¿Cuál es el plazo de tiempo en que es previsible que se realice la sustitución comentada en el punto anterior? Este es un dato muy relevante a la vista de que las previsiones oficialistas (optimistas)



Gráfica 1: Perspectivas de la energía en el mundo. Fuente: Publicación de la AIE, edición 2002, p. 59.

mistas) plantean el *peak oil* sobre el 2030 y las previsiones independientes (pesimistas) en esta misma década (ver Gráfica 2). En ambos casos a la vuelta de la esquina en términos históricos.



Gráfica 2: Evolución de la producción de petróleo hacia el agotamiento. Fuente: Boletín de ASPO, noviembre 2004.

La contradicción entre la complejidad de los problemas de la vida real y el estrecho marco disciplinar para tratarlos en la escuela

Nuestros alumnos y alumnas forman parte de una generación de futuros ciudadanos que van a tener que adoptar decisiones que pueden tener consecuencias dramáticas si no son acertadas.

No tratar este problema significará facilitar que los que nos gobiernan tomen decisiones al margen de la ciudadanía, lo que, en el peor de los casos, provocará una injusta distribución de los escasos recursos energéticos, o, lo que es peor, guerras y enfrentamientos por conseguirlos (como ya ocurrió y puede volver a suceder con nuestra implicación en la guerra de Irak).

Tratarlo superficialmente puede llevar a la toma de decisiones inadecuadas, apostando por tecnologías peligrosas y que a la larga generarán

problemas aún más graves (por ejemplo la nuclear), o tecnologías vulnerables a la inevitable desaceleración de la sociedad industrial, o que sean simplemente ineficientes (con TRE bajas o negativas).

Pero para tratar en nuestras aulas estas cuestiones es fundamental romper con los planteamientos disciplinares clásicos, que en muchas ocasiones se comportan como los árboles que no nos dejan ver el bosque. Solo así nuestros alumnos/as podrán adquirir una visión de conjunto sobre el grave problema a que nos enfrentamos y una opinión cabal sobre el mismo.

En ese sentido, los “Ámbitos de Investigación Escolar”, entendidos como “un conjunto de problemas siconaturales relacionados entre sí, y que, desde la perspectiva de los alumnos, son relevantes para la comprensión de la realidad” (Grupo Investigación en la Escuela, 1991a y 1991b), son el marco idóneo para el tratamiento de estas y similares problemáticas.

Efectivamente, esta temática y el conjunto de actividades que presento a continuación para abordarla, ¿son de ciencias?, ¿de tecnología?, ¿quizás de economía?, ¿de ética acaso?, ¿o más bien de matemáticas?

Es además sorprendente que para tratar estas temáticas, que llevan tiempo, se deba sustraer éste a otras, que, sin embargo, sí son específicas de la disciplina y sí que forman parte, explícitamente, de los temarios oficiales. Decisión difícil la que deben tomar los profesores y profesoras: elegir entre el análisis de las intimidades de la meiosis, por poner un caso, y el análisis del desastre de Aznalcóllar, por poner otro.

Cada vez es mayor el divorcio entre el conocimiento que sería necesario para que los ciudadanos pudiesen tomar decisiones informadas sobre los problemas que les afectan, y el conocimiento disciplinar y académico que se imparte en las escuelas, parcelado, ajeno a los intereses y problemas de nuestros alumnos y alumnas, incluso pensado con un claro objetivo de selección social, (como es el caso de los académicas programas propuestos por la LOCE –Ley Orgánica de Calidad de la Educación–, promovida por la anterior Ministra de Educación Pilar

del Castillo y aún vigente). Se trata de un conocimiento cuya principal utilidad es el progreso dentro del propio sistema educativo:

“En contraste con la retórica tradicional, la educación científica puede ser vista como una más de las herramientas de la sociedad burguesa para reproducirse apartando a algunos estudiantes, a menudo provenientes de contextos específicos (mujeres, minorías o aquellos en desventaja económica), de los itinerarios de aprendizaje que podrían llevar a carreras científica y tecnológicamente orientadas. Conocer el ciclo de Krebs, la diferencia entre mitosis y meiosis o las tres leyes de Newton, en muchos casos, contribuye muy poco a los éxitos o fracasos que experimentamos en nuestra vida diaria.” (Roth, 2002).

La organización del currículum en torno a los “ámbitos de investigación”, es decir, en torno a “subsistemas del medio especialmente seleccionados por su validez para generar líneas de investigación escolar y como estructuras de organización e integración del conocimiento escolar” (Cañal, 1994), vendría a solucionar la situación y permitiría que secuencias de problemas como los propuestos más adelante, con numerosos puentes interdisciplinares, fuesen algo normal en el desarrollo del currículum.

Por otra parte, un planteamiento curricular de ámbitos facilitaría que en la escuela se traten los problemas reales “que están en la calle”, asignatura pendiente de nuestro sistema escolar. Tratar en la escuela esas problemáticas es necesario porque son temáticas fácilmente motivadoras debido a la consonancia que encuentran nuestros alumnos y alumnas entre lo que hacen en la escuela y lo que es motivo de preocupación social. Por otra parte, se trata de problemáticas complejas, y su tratamiento en profundidad permite un aprendizaje motivado de los conocimientos necesarios para formarse una opinión cabal sobre éstas. Por último, proporciona sentido al trabajo en la escuela, permitiendo a ésta contribuir a formar ciudadanos que puedan tomar decisiones informadas en la vida real, y sacándola del rol de impartir un conocimiento rigurosamente académico, con pocas conexiones con la realidad exterior a la escuela, y cuya principal utilidad –como se ha dicho– es el éxito dentro del marco escolar.

En ese sentido también resulta interesante la aportación sobre el “aprendizaje situado” de Roth (2002):

“Desde mi perspectiva, muchas de las nuevas propuestas no modifican gran cosa porque, a pesar de los cambios propuestos, los estudiantes continúan concentrándose en aprender para la escuela, más que en participar en actividades significativas aprendiendo durante el proceso. (...) En contraste con esto, el aprendizaje casi nunca es el foco en la actividad diaria fuera de la escuela; más bien aprendemos incidentalmente cuando participamos en acciones relevantes, significativas, con propósito y responsables.

En su undécima tesis sobre Feuerbach, Karl Marx (Marx y Engels, 1969) hizo el hoy famoso comentario que encabeza este artículo: el propósito de la actividad es provocar cambios en el mundo que habitamos. Es más, esos cambios requieren que entendamos el mundo, lo que es posible sólo si lo enfrentamos en la praxis diaria (Bourdieu, 1980; Mao Ze Dong, 1967)

[Y en ese sentido...] cuando los estudiantes comienzan a preocuparse por situaciones y entidades específicas de la misma manera en que otras personas lo hacen, no realizan más tareas que sirven para seleccionarlos, sino que cambian activamente (y por lo tanto entienden) el mundo en el que ellos y nosotros vivimos. El aprendizaje -incidental- de los estudiantes es significativo porque sus propias acciones son realizaciones concretas de las posibilidades generalizadas y socialmente mediadas de actuar y cambiar el mundo [...].

Los educadores críticos tienen, entonces, que pensar en establecer contextos que sean continuos con las actividades cotidianas. Por ejemplo, participar en activismo ambiental, contribuir a una base comunitaria de conocimiento sobre la salud ambiental o llevar adelante un vivero son todas actividades de considerable importancia en la vida cotidiana [...].”

Una propuesta de actividades para tratar en el aula el agotamiento del petróleo

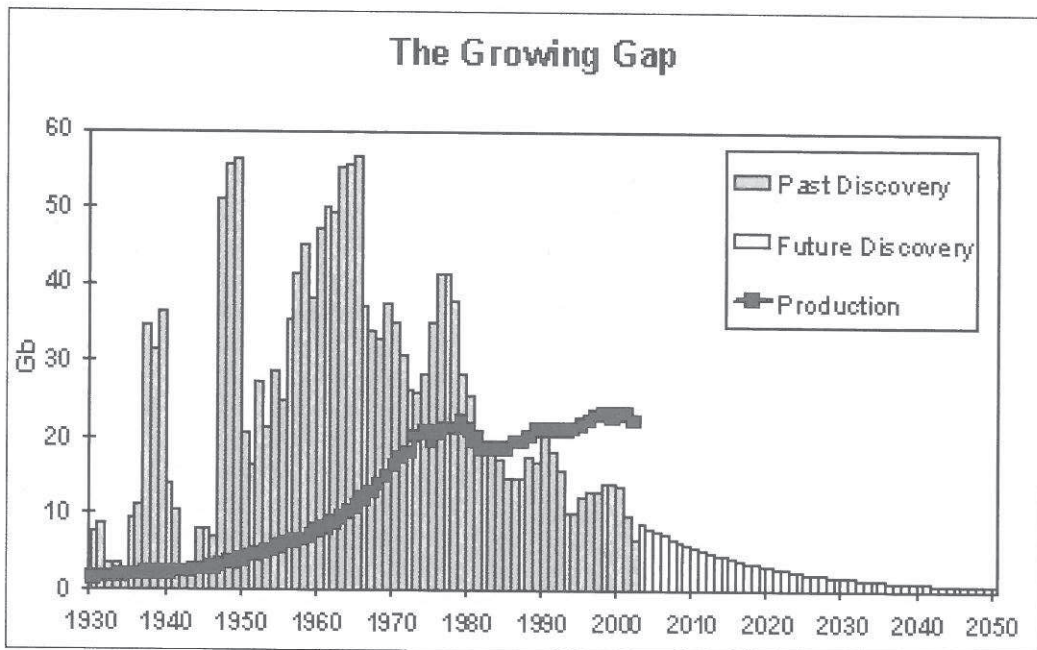
Lo que sigue es un banco de problemas y actividades para tratar esta problemática en nuestras aulas, preferentemente de secundaria. Nuestros alumnos/as de secundaria, como la mayoría de la población, pero en mayor medida, tiene una confianza excesiva en la tecnología

(desde que nacieron se encuentran sumergidos en una etapa de desarrollo tecnológico fulgurante) y considera lo normal la situación de desarrollo económico en que han vivido (no vivieron las crisis del petróleo de los años 70 y el periodo de “estanflación” posterior que duró hasta bien entrados los 80, ni siquiera el desplome de la URSS). Además no tienen una idea clara de las implicaciones que tendrá en nuestras vidas la continua disminución de la producción de petróleo. No son conscientes de la enorme cantidad de productos y actividades que son posibles gracias al petróleo, bien porque éste se utiliza como materia prima, o bien porque ha facilitado el acceso de la humanidad a la energía. Todas las actividades propuestas han sido experimentadas con éxito, pero no con los mismos alumnos, sino con alumnos/as de distintas edades y de distintos cursos; dependía de la edad, del interés, de la oportunidad y de la capacidad, el que se realizasen unas u otras. Muchas de las actividades también las han trabajado mis alumnos/as de universidad.

a) Una primera actividad, con el objetivo de ampliar el campo de intereses y personalizar el problema del agotamiento del petróleo es pedirles que dividan una hoja en dos columnas y en la de la izquierda enumeren actividades triviales que realizan desde que se levantan hasta que se acuestan. Por ejemplo: apago el despertador, enciendo la luz, me calzo las zapatillas y me pongo el batín, etc.

La columna de la derecha se deja en blanco a la espera de trabajar sobre las expectativas de duración del petróleo. Cuando ya se ha trabajado esta cuestión se les pide que analicen el listado de actividades valorando si podrían realizarlas dentro de cuarenta años. Mientras lo hacen hay que hacerles reflexionar sobre el origen de la energía y de la materia prima que les permiten realizarlas. Esta actividad resulta muy impactante y les hace darse cuenta de que la escasez de petróleo no solo significa que la gasolina va a estar más cara...

b) Otra serie de actividades podrían tener el objetivo de dar a conocer cuál es la situación en lo que se refiere a reservas y producción de petróleo. Para esto podemos utilizar la Gráfica 3,



Gráfica 3: Descubrimientos y producción de petróleo. Fuente: Boletín de ASPO, marzo 2005.

procedente del boletín de ASPO del mes de marzo de 2005. El histograma de barras indica en un color más oscuro el petróleo descubierto y con un color más claro, el que es previsible descubrir. La línea negra nos indica el petróleo realmente consumido. Los datos vienen dados en Gigabarriles (Gb), es decir 10^9 barriles/año (miles de millones de barriles/año).

A partir de la gráfica pueden determinar: ¿Cuál fue la década en que se produjeron más descubrimientos? ¿Cuánto petróleo se descubrió en el 2003 y cuánto se consumió? ¿De donde salió ese petróleo consumido y no descubierta ese año? ¿Por qué se está descubriendo menos petróleo cada vez? ¿Cuántos barriles se consumen en un día? También a partir de la Gráfica 1 se les puede pedir que se fijen en que porcentaje contribuye el petróleo y el gas natural en el consumo energético mundial.

Una actividad clave sería que calculasen gráficamente cuanto petróleo queda partiendo de la Gráfica 3. Para ello se les pide que recorten el petróleo descubierto y no gastado y que lo peguen sobre el que se supone que se descubrirá en los próximos años. Es conveniente que pro-

longuen el eje temporal de la gráfica hasta el 2060 o el 2070. A continuación se prolonga la línea negra de producción. Es importante que no queden huecos debajo de esa línea (para ello también hay que rellenar los huecos que hay debajo de la línea hasta el 2003). Cuando acaban el recortable es el momento de retomar la primera actividad, y después se pueden comentar las consecuencias de cada una de ellas (las habrá con disminuciones bruscas de producción, con disminuciones paulatinas... Puede resultar interesante darles a leer un texto que les de noticia de la metodología usada para prever la producción de un pozo, de un campo o de un país, y de King Hubbert, el geofísico que la desarrolló (Texto 2). También se les puede señalar que comparen sus resultados con los de ASPO (Gráfica 2).

c) ¿Podrá la energía nuclear o el carbón solucionar la escasez energética? Al margen de las consideraciones medioambientales en lo que se refiere a la energía nuclear, que crea toneladas de residuos, por ejemplo plutonio, con una vida media de 24.000 años (que supera ampliamente la duración de cualquier civilización que haya

EL FIN DEL PETRÓLEO BARATO

"En 1949 King Hubbert, vaticinó (en la revista *Science*) la poca duración de la era de los combustibles fósiles, fue el primer geofísico en hacerlo.

King Hubbert, en esa época era un empleado de la Shell, que le contrató para estudiar sus pozos y hacer predicciones de explotación. Se dio cuenta de que las explotaciones de los pozos seguían una pauta concreta. Tras un pausado comienzo se ponían a producir (lease extraer) exponencialmente hasta que llegaba un momento en que cesaba ese progreso exponencial, y a partir de ahí la producción disminuía al mismo ritmo que en la subida hasta que se agotaba el pozo.

Más adelante vio que se podía aplicar esa misma pauta al conjunto de campos de su compañía, y para más inri en 1956 vaticinó que la producción de EE.UU. alcanzaría su cenit en 1970 declinando después rápidamente. Naturalmente le trataron de lunático hasta que en la década de los '70 la producción se comportó como el había previsto, dando como resultado el progresivo agotamiento del petróleo en EE.UU. y que en la actualidad tenga que importar cerca del 60% (y entre el 80 y 90% de aquí a diez años).

A partir de entonces se le empezó a considerar en su país, e incluso fue asesor energético del gobierno de EE.UU. algunos años. Durante esa época apoyó la energía nuclear, pero abandonó la opción cuando se percató de lo irresoluble del problema de los residuos.

La Gráfica 4 la realizó King Hubbert en 1971 y se publicó en *Scientific American*. Se trata de una proyección de las reservas mundiales de petróleo y de su agotamiento.

De esta gráfica resaltaría dos cosas:

a) Que, aunque aumentasen en vez y media las reservas disponibles, sólo se tardaría una década más en haber consumido el 80% del total del combustible.

b) Que el "pico" de máxima producción coincide con el agotamiento del 50% del combustible. De ahí la importancia del suceso. Cuando se alcance, eso significa que a partir de ahí solo es posible el descenso."

(Tomado de: Ballenilla, F. (2004). Crisis energética.

El fin del petróleo barato.

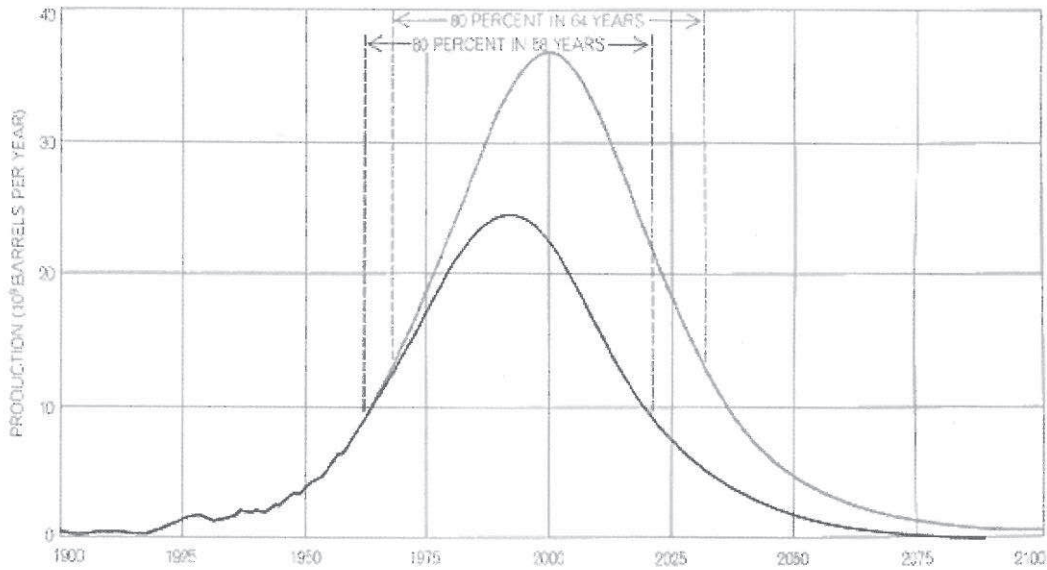
El Ecologista, 40, 20-23. Madrid. En:

<http://www.ecologistasenaccion.org/revista/home.html>

existido en la tierra, y que hace difícil imaginar cómo podremos ocuparnos de mantener esos residuos seguros durante centenares de miles de años), se trata de saber hasta qué punto puede ser una "solución" (pongo las comillas porque si se tuviesen en cuenta los costes externalizados de desmantelamiento y gestión durante siglos de los residuos la TRE sería evidentemente negativa). Lo mismo cabe decir del carbón. Es una fuente de CO₂ aún mayor que el petróleo y el gas natural, y, si la escasez de petróleo lleva a sintetizarlo a partir de éste, el coste ambiental derivado de las toneladas de CO₂ que se emitirían a la atmósfera sería inmenso. Esas emisiones se sumarían a las del petróleo y gas ya quemados, y quizás nos llevasen a tener que medir el CO₂ atmosférico no en partes por millón sino en partes por mil, con las consecuencias climáticas de todos conocidas.

¿Pero se puede presentar al carbón (del que se estima que hay reservas para unos 230 años con el consumo actual) y a la energía nuclear (con un siglo de reservas suponiendo el consumo actual) como posibles soluciones? Este es un buen ejercicio para nuestros alumnos/as. Partiendo de la Gráfica 1 pueden saber cuál es el consumo actual, tanto de energía nuclear como de carbón. Si se acaba el petróleo y el gas natural y ese déficit de energía hay que cubrirlo con carbón o energía nuclear, ¿cuánto durarían las reservas en cada caso? El resultado es bastante sorprendente, y eso sin tener en cuenta que la estima de reservas está hecha ahora, disponiendo de energía abundante y barata. Cuando ésta sea escasa y cara, muchas de esas supuestas reservas serán inaccesibles.

Realmente el problema no es que se acabe el petróleo, y mucho menos que se llegue al cenit de producción. Cuando se llegue al cenit (según ASPO en el 2007) aún quedará la mitad del petróleo por consumir, lo que obviamente no es nada catastrófico. El problema real es el sistema económico que padecemos, basado en la obtención del máximo beneficio (sin importar cómo se obtiene) en el mínimo tiempo, y en el crecimiento continuo y exponencial de éste. Como apuntan en el boletín de ASPO de febrero del 2005:



CYCLE OF WORLD OIL PRODUCTION is plotted on the basis of two estimates of the amount of oil that will ultimately be produced.

The colored curve reflects Ryman's estimate of $2,100 \times 10^8$ barrels and the black curve represents an estimate of $1,350 \times 10^8$ barrels.

Gráfica 4: Ciclo de la producción mundial de petróleo. Fuente: K. Hubbert en *Energy and Power*. Scientific American Book, 1971.

84

“La segunda mitad de la era del petróleo alboraa ahora y se caracterizará por el declive del petróleo, seguido del gas y de todo lo que depende de esas fuentes primarias de energía. El declive real del petróleo será gradual, a menos de un 3 por ciento anual, de forma que la producción de todos los hidrocarburos líquidos en 2020 habrá caído aproximadamente a lo que era en 1990. En esos términos, no parece ser una situación especialmente seria. Pero en realidad, es un hecho devastador, porque implica que la economía basada en el petróleo estará en un declive permanente y terminal, lo que eliminará la confianza en el crecimiento perpetuo del que depende el sistema financiero. Sin el supuesto de un crecimiento continuo, se acabará la concesión y la obtención de préstamos: quedarán pocas cosas viables en las que invertir. A esto sigue el hecho de que habrá que eliminar ingentes cantidades del denominado Capital, que de hecho no era capital, en el sentido de ser el resultado de un ahorro producto del trabajo, sino simplemente una expresión de confianza especulativa en un crecimiento económico continuo. Esto nos lleva a la conclusión de que el mundo se enfrenta a una nueva Gran Depresión, activada más por la percepción de un declive a largo plazo de la economía que por el declive real en el suministro de petróleo en sí mismo, que es gradual y no catastrófico. El mundo, con seguridad, no se quedará sin pe-

tróleo, pero se enfrenta al comienzo del declive al haber consumido alrededor de la mitad de lo que estaba disponible en el planeta.”

d) Efectivamente, el cenit de la producción petrolífera señalará el comienzo de los problemas. Una actividad interesante es proporcionarles el Texto 3 y pedirles que, fijándose en la Gráfica 3, identifiquen a qué años se está refiriendo el autor. Otra actividad muy potente, pero que requiere un cierto aparato matemático, es pedirles a los alumnos/as que determinen cuánto petróleo hará falta en el 2010, 2020, 2030, 2040... si la economía ha de crecer como indica la Tabla 1. Se puede utilizar la expresión: $P = P_{inicial} * (1 + \text{tasa de crecimiento}/100)^n$.

ⁿ Como producción inicial se puede tomar la producción de 24 Gb del año 2000; n serán los años (10, 20, 30...) y la tasa de crecimiento de la producción va pareja a la de crecimiento económico. Una vez calculadas las producciones que requerirá el crecimiento económico, se pueden llevar a la gráfica del recortable que realizaron para calcular la duración de las reservas y comparar ambos resultados: ¿De dónde saldrá todo

LOS EFECTOS DEL EMBARGO

"El embargo llegó de sorpresa y conmocionó a todos, ya que se vivía desde meses antes un tenso equilibrio entre la oferta y la demanda —algunos analistas ya esperaban una crisis, pero no de las dimensiones con las que se presentó—. Fueron meses de incertidumbre, temor y malestar, ya que se desconocía cuánto petróleo había disponible, la información era confusa. Tanto las compañías petroleras como los consumidores buscaban suministros adicionales no sólo para su uso inmediato sino también para almacenarlos en previsión de una futura escasez; las compras de pánico provocaron una demanda extra y un mayor aumento del precio; la interrupción del suministro regresó a los habitantes de Europa occidental y Japón a los años de la posguerra, a sus privaciones, escasez y amargura, sus logros económicos de las décadas de 1950 y 1960 parecían precarios. En Japón, los temores que surgieron a raíz del embargo crearon una serie de acaparamientos de diferentes productos (el precio del papel higiénico se habría cuadruplicado, como el del petróleo, si el gobierno no hubiese impuesto severos controles; la escasez de petróleo se vio acompañada de escasez de papel higiénico). En Gran Bretaña el desabasto fue más grave por la confrontación de los mineros del carbón con el ministro Heath, que acabó no sólo en huelga sino en una guerra económica total; no había suficiente suministro de petróleo para sustituir rápidamente el carbón en las centrales de generación de energía eléctrica; los suministros de electricidad se interrumpieron, con lo que la industria pasó a tener una semana laboral de sólo tres días; el suministro era tan bajo que no se podía calentar el agua corriente de las viviendas; la economía de la isla estaba paralizada como no lo había estado desde la escasez del carbón de 1947. Europa occidental vio vacías sus autopistas los fines de semana; bicicletas y carretas tiradas por caballos ocuparon las calles. En Estados Unidos el precio de la gasolina aumentó en un 40%, ningún otro incremento fue tan visible, inmediato y tuvo efectos tan viscerales como éste; no sólo los automovilistas tenían que dar más dinero para llenar sus depósitos, también veían que las estaciones de servicio aumentaban el precio del galón de gasolina prácticamente una vez al día; la escasez fue aun más palpable con la emergencia de las "colas de la gasolina", estas líneas de automóviles se convirtieron en el símbolo más visible del embargo y de su experiencia más directa por parte del público norteamericano.

Los principales efectos del shock del petróleo fueron: alta inflación, desempleo y recesión. Esta crisis es el fin de la era del alto crecimiento económico y el pleno empleo en los países capitalistas; comenzó un período de estancamiento: alta inflación y bajo crecimiento."

(Armando Páez: *La dimensión sociopolítica del fin del petróleo: Desafíos a la sostenibilidad*. México)

Texto 3.

Escenario Macroeconómico 2003-2005

Tasas anuales	2003*	2004	2005
PIB	2,5	2,8	3,0
Consumo final	3,1	3,4	3,3
Hogares	2,9	3,2	3,2
Adm. Públicas	3,9	4,0	3,5
Form. Bruta			
Cap. Fijo	3,2	3,3	4,0
Bienes de equipo y otros prod.	1,7	2,2	5,1
Construcción	4,3	4,2	3,2
Demanda interna	3,2	3,5	3,4
Exportaciones	2,6	4,8	6,4
Importaciones	4,8	6,9	7,3
Aportación exterior	-0,8	-0,9	-0,6
Empleo	1,8	2,0	2,0
Productividad por ocupado	0,7	0,7	0,9
PIB nominal	6,6	6,3	6,3

2003*: datos de 2003 conforme a la última actualización del INE.

Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda

Tabla 1: Escenario macroeconómico 2003-2005. Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda.

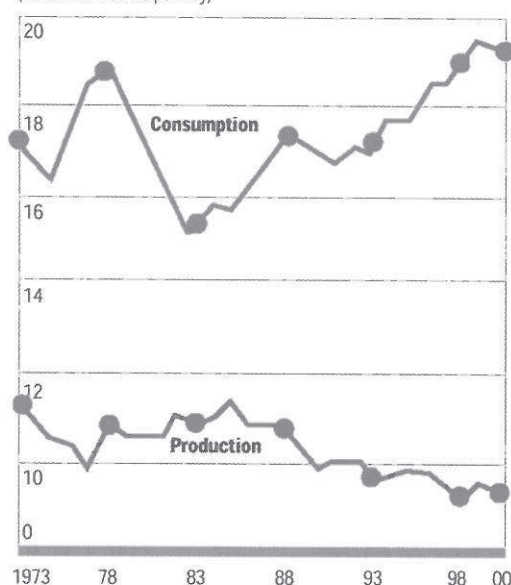
ese petróleo que requerirá el desarrollo económico? ¿Cuándo empezarán los problemas? ¿En qué consistirán esos problemas?

e) Finalmente, conviene terminar con actividades que permitan aplicar lo aprendido a una mejor comprensión de lo que pasa en el mundo en que viven, que avancen soluciones o perspectivas de solución, y, a ser posible, que realicen alguna actividad que permita difundir el problema al resto del centro escolar.

La Gráfica 5 puede servir para que se planteen el problema de cuál fue el móvil real de la guerra de Irak. Como predijo Hubbert en 1956, la producción de crudo de EEUU alcanzó su cenit a principios de los 70 y desde entonces no ha hecho más que declinar, obligando a EEUU a pasar de ser exportador neto a

Dependence on Oil Imports Is Rising

(Millions of Barrels per Day)



Over the past few decades, U.S. consumption of oil and petroleum products has increasingly outpaced domestic production. Today the United States imports over half of the oil it consumes—up from about 35 percent in the early 1970s.

Note: Petroleum includes both crude oil and petroleum products.
Source: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

86

Gráfica 5: Contraste entre la producción y el consumo de petróleo en EE.UU. Fuente: Departamento de Energía de EE.UU.

importar petróleo para poder cubrir la fuerte dependencia del mismo de su modelo de sociedad (con un 4,58% de la población mundial EEUU consume un 20% de la producción petrolífera).

Se les puede plantear que, si consideran que esa no es la manera adecuada de resolver el problema energético, que enumeren las medidas políticas, sociales y personales que se les

ocurran y que convenga implementar ahora, a medio, y a largo plazo, para abordar este problema (Tabla 2).

Por último pueden realizar una exposición de carteles que recojan lo que han trabajado en clase para exponerlos en el instituto.

REFERENCIAS

BALLENILLA, F. (2004). Crisis energética. El fin del petróleo barato. *El Ecologista*, 40, 20-23. Madrid. En: <http://www.ecologistasenaccion.org/revista/home.htm>

BOURDIEU, P. (1980). *Le sens pratique*. París: Editions du Minuit.

CAÑAL, P. (1994). Los ámbitos de investigación como organizadores del conocimiento escolar en la propuesta curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12). *Investigación en la Escuela*, 23, 87-95.

CODERCH, M. (2004). El fin del petróleo barato. *Foreign Policy*, nvbre./dcbre. Edición Española. En: http://www.fp-es.org/oct_nov_2004/story_5_19.asp.

GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA (1991a). *Proyecto Curricular IRES (Investigación y Renovación Escolar)*. Introducción y cuatro volúmenes. Sevilla: Díada.

GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA (1991b). Un proyecto de investigación y renovación escolar. *Cuadernos de Pedagogía*, 194, 34-38.

HUBBERT, K. (1975). Los recursos energéticos de la tierra. En *La Energía*. Madrid: Alianza Editorial.

ZE DONG, M. (1967). *Selected Works, 1*. Pekín: Peking Foreign Press.

	¿Qué hacer?	Ahora	Medio plazo	Largo plazo
Medidas	Personales			
	Locales			
	Políticas			

Tabla 2: Posibles medidas a tomar ante la grave situación energética.

- MARX, K. y ENGELS, F. (1969). Marx: Theses on Fuerbach. En *Selected Works*, 1, pp. 13-15, Moscú: Progress.
- ODUM, H. T. *et al.* (1988). Environmental Systems and Public Policy. En *Ecological Economics Program*. University of Florida, Gainesville 32611, USA. Traducción al castellano en: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/index.htm>
- ROTH, W-M. (2002). Aprender ciencias en y para la comunidad. En *Enseñanza de las Ciencias*. 20(2), 195-208.

SUMMARY

In this article we reflect on the necessity of educating today's students to be aware of the fact that cheap oil is in imminent danger of running out; of what might be done to confront that situation and the criteria which should be taken into account to evaluate it. We also propose a tested and challenging series of problems to be treated in class. Finally it should be pointed out that these problems exceed the narrow teaching framework as it usually happens whenever social environmental problems are dealt with in classroom.

KEY WORDS: *Oil Exhaustion; Sustainable Development; Social and Environmental Problems; Educational Innovation.*

RÉSUMÉ

Cet article propose des éléments de réflexion concernant la nécessité de former nos élèves à la prise de conscience de la fin imminente du pétrole bon marché, des mesures envisageables pour affronter cette situation et des critères à prendre en compte pour évaluer de façon critique les mesures qui seront prises. On y trouvera par ailleurs un intéressant éventail de problèmes déjà soumis en classe. On constate enfin que cette problématique dépasse l'étroit champ disciplinaire comme il arrive quand sont abordés, dans la classe, des problèmes socio-environnementaux relevant.

MOTS CLÉ: *Épuisement du pétrole; Développement durable; Problèmes sociaux et de l'environnement; Innovation éducative.*