

## LA SOSTENIBILIDAD DESDE UNA NUEVA Y URGENTE PERSPECTIVA. REFLEXIONES ACERCA DE LA DÉCADA DE LA EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD, QUE NACIONES UNIDAS PROMUEVE DE 2005 A 2014

*Fernando Ballenilla, Pepa Gisbert, Pura Sempere,  
Rosa Martín Martín, Ángeles Carballo, Ana Vicente,  
José Antonio Guillén, Francisco F. García Pérez y Pilar Aranda<sup>1</sup>*

### La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles

Tradicionalmente el tema de la sostenibilidad, en nuestra civilización industrial, se referencia fundamentalmente al 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 conocimiento 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 más tarde (Hubbert, 1975).

En junio del 2001 se materializa ASPO (<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 inminente cenit de producción de ambos. En su último boletín lo plantean para el 2008 (hay versiones traducidas del boletín en <http://www.crisisenergetica.org/index.php>):

“Aun 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” (Coderch, 2004).

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

---

<sup>1</sup> Los autores forman parte del Grupo *La Illeta* (Alacant), integrado en la Red IRES. Fernando Ballenilla es el coordinador de dicho grupo: [F.Ballenilla@terra.es](mailto:F.Ballenilla@terra.es)

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.

b. 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.

c. 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 prerequisite 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.

d. 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, la *Década de Educación para la Sostenibilidad*, 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 significaría que, en cada una de las temáticas orientadas a la sostenibilidad que se tratasen, se tuviese en cuenta esta nueva perspectiva, lo que significa, además, las necesarias reivindicaciones exigiendo: a) el cese la intensa degradación de la naturaleza (que en definitiva es el único recurso que podremos utilizar para sobrevivir cuando acabemos con el petróleo); 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 capita* de 0,6 barriles/año y en cambio EEUU, su principal cliente, de 24,7: <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 necesario:

- a. Protección absoluta del terreno agrícola y forestal.
- b. Recuperación para la agricultura tradicional de los ecosistemas agrícolas que han sido estresados por la agricultura dependiente del petróleo.
- c. Recuperación de los acuíferos.
- d. Recuperación forestal, incluso de aquellos terrenos que se han ganado para la agricultura pero en los que esta no será sostenible sin el petróleo.
- e. 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.
- f. Formación, investigación y desarrollo en tecnologías no agresivas con la naturaleza y no vulnerables a una caída de la civilización industrial.
- g. Replanteamiento del transporte (depende del petróleo en más del 95%) y plan de transición para evitar que sufra un colapso.
- h. Utilización de los menguantes recursos energéticos para dar una solución, si no definitiva (hasta el momento no se conoce ninguna) al menos adecuada, al peligroso problema de los residuos radiactivos antes de que sea demasiado tarde.
- i. 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 difundir y apoyar las propuestas de carácter internacional, como el *Protocolo de Uppsala*, que tienen por objetivo afrontar de una manera racional el descenso de producción de combustibles fósiles.

En conclusión, es necesario el tratamiento de estas cuestiones 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*” a 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 moneda común en la generalidad de la población, sean adultos o niños, sean de izquierdas o de derechas, sean personas cultas o no. En ese sentido, 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? ¿Se podrá seguir utilizando después?

b. ¿Cuál es la vulnerabilidad de dicha tecnología a un colapso del actual sistema industrial? ¿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. Las 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, obra citada, 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:

a. 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, No. 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:

- a. el alimento;
- b. lo que fertilizó al alimento (el gas natural);
- c. cómo se plantó el alimento;
- d. cómo se cosechó;
- e. cómo se irrigó (con petróleo y gas); y
- f. 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](http://www.fromthewilderness.com/free/ww3/052703_9_questions.html), traducido por Pedro Prieto).

b. ¿Cuál es su potencial de sustitución de las fuentes de energía primaria, tomando como base el consumo actual de energía? ¿Que 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 que le hicieron 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 Km<sup>2</sup> 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 constituye el 5% de la energía primaria consumida, 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?

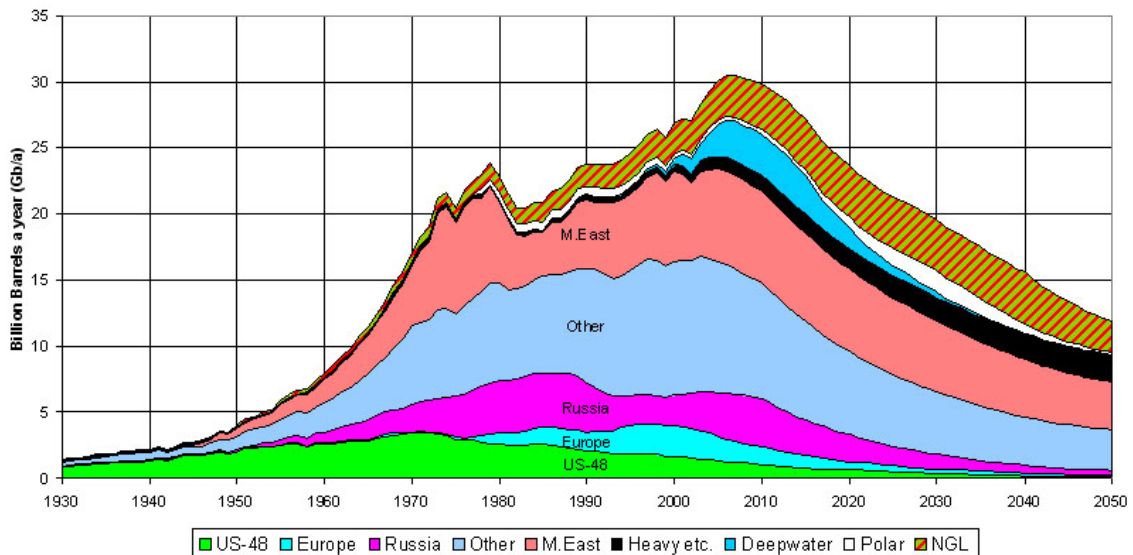
c. ¿Cuál es el plazo de tiempo en que es previsible que se realice la sustitución comentada en el punto anterior? Este es un dato muy relevante a la vista de que las previsiones oficialistas (optimistas) plantean el *peak oil* sobre el 2030 y las previsiones independientes (pesimistas) en está misma década. En ambos casos a la vuelta de la esquina en términos históricos.

Sólo tratando en nuestras aulas estas cuestiones y su relación con el agotamiento de los combustibles fósiles, nuestros alumnos/as pueden adquirir una visión de conjunto sobre el grave

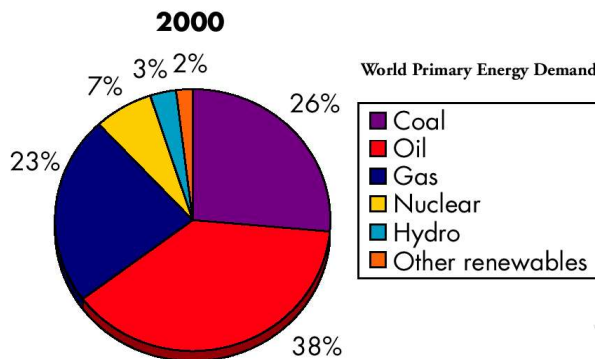
problema a que nos enfrentamos y una opinión cabal sobre el mismo. Nuestros alumnos y alumnas forman parte de una generación de futuros ciudadanos que van a tener que adoptar decisiones que pueden tener consecuencias dramáticas si no son acertadas.

No tratar este problema significará facilitar que los que nos gobiernan tomen decisiones al margen de la ciudadanía, decisiones que en el peor de los casos provoquen una injusta distribución, o, lo que es peor, el enfrentamiento por los cada vez más escasos recursos petrolíferos (es el caso de la guerra de Irak), y en el mejor de los casos lleven a opciones inadecuadas, apostando por tecnologías peligrosas y que a la larga generarán problemas aún más graves (por ejemplo, la nuclear), o por tecnologías vulnerables a la inevitable desaceleración de la sociedad industrial, o que sean simplemente ineficientes (con TRE bajas o negativas).

Como ilustración de lo tratado se recoge, a continuación dos Gráficas y un Texto: en la primera Gráfica se representa el progresivo agotamiento de la producción petrolífera; en la segunda se recogen las perspectivas acerca de los diversos tipos de energía en el mundo. El texto recoge el Texto del *Protocolo de Uppsala*.



Gráfica 1: Evolución de la producción de petróleo hacia el agotamiento. Fuente: Boletín de ASPO, noviembre 2004.



Gráfica 2: Perspectivas de la energía en el mundo. Fuente: AIE, edición 2002, p. 59.

## 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/uhdsg](http://www.isv.uu.se/uhdsg)

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 Collell (Ingeniero de Telecomunicaciones por la U. Politécnica de Barcelona, Master y Doctor por el MIT: Instituto Tecnológico de Massachussets), 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](http://www.fp-es.org/oct_nov_2004/story_5_19.asp) ).

Texto: Protocolo de Uppsala.

### **Bibliografia**

- 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](http://www.fp-es.org/oct_nov_2004/story_5_19.asp).
- HUBBERT, K. (1975). Los recursos energéticos de la tierra. En *La Energía*. Madrid: Alianza Editorial.
- 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>.