

El techo del petróleo como una oportunidad para avanzar hacia la sostenibilidad. El caso español

Resumen

La energía ha determinado el desarrollo y la supervivencia o muerte de las civilizaciones. La civilización industrial se ha construido gracias a los combustibles fósiles y, en especial, al petróleo, por tener una alta densidad energética, ser fácilmente extraíble, manejable y transportable, además de ser una materia prima de una gama amplísima de productos. El uso de los combustibles fósiles supuso un salto cuantitativo en la disposición de energía. Se estima que un barril de petróleo (159 litros) contiene una energía equivalente a 25.000 horas de trabajo humano. No es de extrañar que las guerras del siglo XX hayan sido motivadas en gran medida por el control de petróleo y que las perdieran aquellos países que no pudieron asegurarse un flujo suficiente del mismo, como fue el caso de Alemania en las dos guerras mundiales y de Japón en la segunda. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2008), el consumo de combustibles fósiles alcanza el 82% de toda la energía primaria mundial, desglosado así: petróleo (35%), gas natural (21%), carbón (26%). El petróleo se emplea en el transporte (70%), en la producción eléctrica (10%) y el resto en petroquímica. El gas natural se utiliza especialmente en la producción eléctrica, en calefacción y en la industria. El carbón se utiliza, sobre todo, en la producción eléctrica y en la siderurgia integral. El paradigma dominante afirma que los recursos naturales son ilimitados, gracias al desarrollo científico-técnico y a la acción del mercado, factores que sustituyen los recursos escasos por otros abundantes. Pero, por el contrario, esta civilización está entrando en crisis por el techo de extracciones de petróleo. Esta crisis no tiene precedentes, por lo que es difícil prever cómo se desarrollará, su duración y consecuencias. Este texto consta de cuatro partes en las que explicamos: el fenómeno del techo del petróleo; las transformaciones generales que provocará en la civilización industrial, y sobre todo en los modelos económicos y de transporte; las transformaciones tecnológicas más importantes; y el impacto y transformaciones previsibles en la economía española. Al hablar del petróleo empleamos los términos extracción y bombeo en vez de producción (excepto en los gráficos, por respeto a los autores), porque no se produce nada, sólo se extrae con técnicas más o menos complejas.

Roberto Bermejo
Gómez de Segura

Universidad
del País Vasco

1. El techo de petróleo

1.1. Reservas

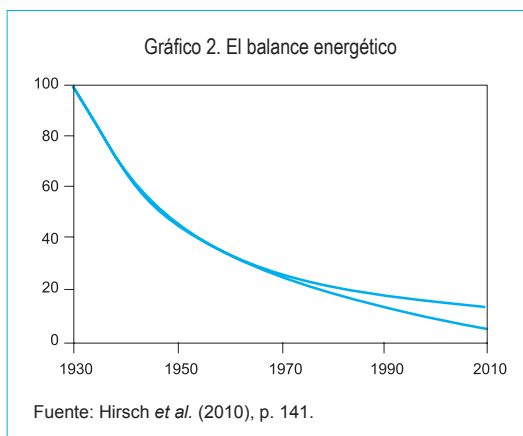
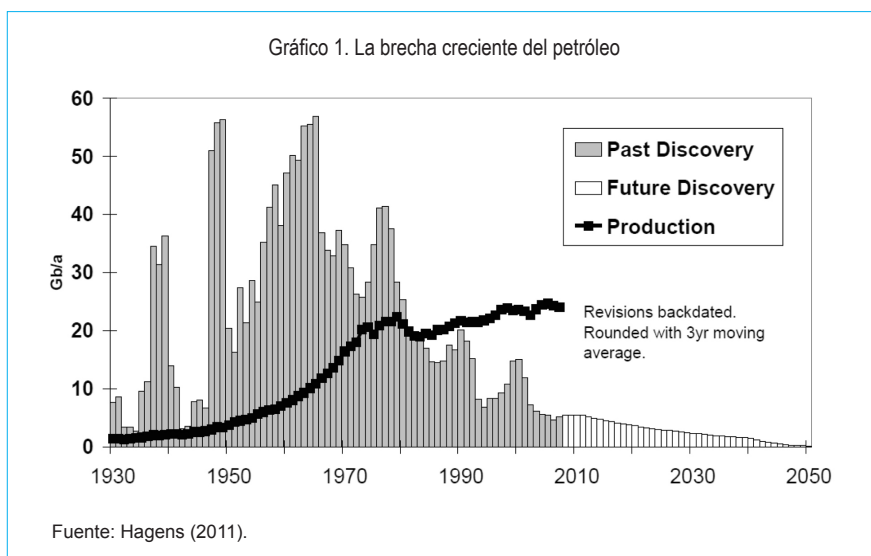
En este apartado se mencionan diversas clases de combustibles líquidos. Uno es petróleo y otros son productos de los que se pueden obtener algunos de los subproductos del petróleo. Por ello conviene conocerlos antes de pasar a evaluar las reservas. Tenemos el denominado *crudo* (que es petróleo obtenido directamente y del que existen calidades muy dispares); *condensado* (petróleo fruto de la condensación espontánea procedente del gas natural bruto asociado al petróleo);

gas natural líquido, que se obtiene en plantas separadoras del gas bruto y está formado por propano, butano, pentanos, etc.; el *petróleo hiper-pesado* (especialmente en Venezuela) del que no se obtienen los destilados más ligeros que tiene el crudo, pero sí los intermedios y gran abundancia de pesados (alquitrán, sobre todo); *betunes*, de los que se obtienen gasolinas, como el de arenas bituminosas (principalmente de Canadá, que es el resultado de la acción de bacterias sobre el petróleo que afloró a la superficie impregnando arenas) y el de pizarras bituminosas; *gasolinas* obtenidas del carbón; *agro-combustibles*; etc. Esta diversidad determina que no exista consenso al clasificarlos. Los organismos oficiales y las empresas utilizan el término “todos los líquidos”, porque permite esconder la realidad: que el petróleo (*crudo*) es menguante. Pero este término mezcla elementos muy diversos en potencial energético y usos.

No hay datos fiables sobre las reservas existentes, especialmente en el caso de los países petroleros que tienen nacionalizados los yacimientos (los cuales tienen la gran mayoría de las mismas) porque son un secreto de Estado. Los gobiernos que tienen el petróleo nacionalizado exageran su potencial para atraer inversiones y para tranquilizar a sus poblaciones. A pesar de ello, la gran mayoría de los estudios llegan a la conclusión de que las reservas originarias de petróleo oscilan alrededor de los 2.000 Gigabarriles (Gb). El informe *Global 2000*, publicado en 1980 por orden del presidente Carter, el cual es el más exhaustivo que se ha realizado, estima unas reservas originarias de 2.100 Gb. La *Association for the Study of Peak Oil* (ASPO), una organización internacional dedicada al estudio del techo del petróleo y a elevar la conciencia de los gobiernos y sociedades sobre el problema, mantiene la estimación más baja: 1.900 Gb. La estimación media de 65 consultoras, compañías de petróleo y otros entes es de algo menos de 2.000 Gb (*ASPO Newsletter* 2003 [diciembre]; AIE, 2008).

El Gráfico 1 muestra el declive de los nuevos descubrimientos en un contexto de aumento del consumo. Descubrimientos que alcanzaron su techo en 1964 y ahora tienen una caída tendencial de alrededor del 5% al año. Desde finales de la década de los 70 (periodo en el que se descubrió la provincia petrolífera del Mar del Norte y los yacimientos super-gigantescos de la bahía de Prudhoe en Alaska y el Cantarell en Méjico) no se han descubierto yacimientos de este tipo, y los gigantescos hallados tienden a cero.

La extracción de petróleos muy pesados se parece más a la minería que a la típica extracción de petróleo; es muy lenta y después son sometidos a un complejo proceso industrial. Sólo la mitad del betún de arenas bituminosas es procesado y convertido en petróleo sintético. En el proceso se pierde alrededor del 10% del



producto original. El petróleo de aguas profundas (> 500 m) es el recurso nuevo de mayor importancia (se le estiman un 7-8% de las reservas mundiales), pero tendrá una vida corta (una vez alcanzado el zenit, los yacimientos pierden capacidad al ritmo anual de 6-12%). Por otro lado, existe un alto riesgo de accidentes, sobre todo en yacimientos ultra-profundos (>1.500 m). Pero se aproxima

otra limitación: la del balance energético. Cada vez se necesita el aporte de más energía en las explotaciones. El balance energético general entre energía obtenida e invertida ha pasado de un ratio 100:1 en 1950 al actual que está alrededor del 10:1 y sigue cayendo, tal como muestra el Gráfico 2. Las arenas bituminosas de Canadá tienen un ratio de 5-6:1 y para algunos autores están en el límite de rentabilidad (ASPO Newsletter, 2009 [abril]; Bukold, 2010).

1.2. Los agentes principales

Hasta la década de los 60, siete empresas (hasta que la legislación antimonopolios de EEUU obligó a dividir las empresas estadounidenses) controlaban el petróleo mediante el Cártel Internacional del Petróleo (CIP). Se repartían el mercado en base a un sistema de cuotas. Después, la nacionalización del petróleo del Golfo Pérsico (producido en la década de los 70) y la desaparición del Cártel provocaron que las compañías privadas dejaran de controlar los precios. Además, se vieron obligadas a buscar petróleo en zonas cada vez más inhóspitas, aunque su situación se alivió con la explotación del petróleo del Mar del Norte, que se inició en la misma década. Pero con el declive de ese petróleo a partir de 2000 y las nacionalizaciones que se están produciendo, con especial incidencia en Rusia y América del Sur, se puede decir que su situación es cada vez más precaria. Se estima que las empresas privadas controlan menos del 20% de las reservas mundiales de petróleo (ocupando Exxon, la mayor empresa privada, el puesto 17) (*Baker Institute Policy Report*, 2008).

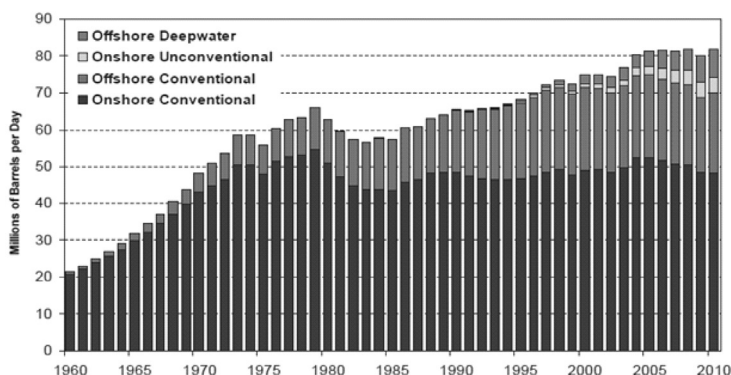
En 1960 Venezuela, Irán, Irak, Arabia Saudita (AS) y Kuwait crearon la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) para aumentar las rentas del mismo, cuyo reparto imponía el citado cártel de empresas privadas. Pero esto sólo fue posible cuando muchos países nacionalizaron el petróleo (Libia, 1971; Irak, 1972; Irán, 1973; Venezuela, 1975; Arabia Saudita [AS], 1979). A partir de entonces la OPEP pretendió fijar los precios complementando el suministro de las compañías privadas y de los países exportadores No-OPEP. Los países miembros tienen unas cotas de suministro en función de las reservas que se les estiman y la OPEP tradicionalmente las aumentaba o reducía proporcionalmente para sostener los precios que estimaba adecuados. Durante el periodo 1974-78 la OPEP consiguió controlar los precios. Pero después perdió esta capacidad y la situación habitual es de falta de control, debido a: la guerra entre Irán e Irak; la aparición en el mercado de Rusia, México, Gran Bretaña y Noruega; las divergencias internas sobre las cuotas; AS ha venido superando su cuota, en base a un acuerdo con EEUU de mantenimiento de unos precios bajos a cambio de protección militar. Pero AS empezó a bombear a pleno rendimiento para satisfacer una demanda creciente partir de 2004 y llegó al límite de su capacidad, por lo que la OPEP dejó de controlar los precios. Sin embargo, el desplome del consumo provocado por la crisis económica actual y la consiguiente reducción de la oferta, le ha permitido volver a influir en los precios. La OPEP está formada por los países del Golfo Pérsico, Argelia, Libia, Angola, Nigeria, Venezuela y Ecuador (Rodrigue, 2008).

1.3. Oferta

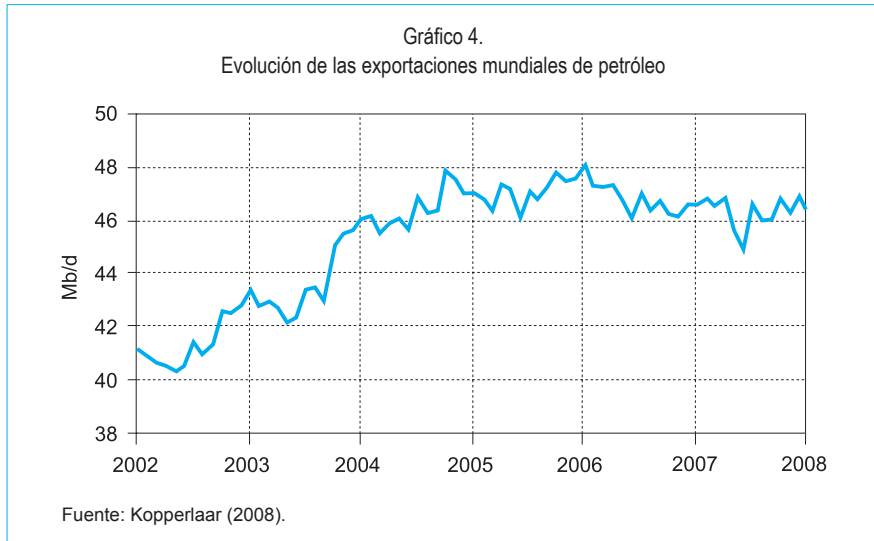
Los yacimientos gigantescos que han satisfecho la mayor parte de la demanda se están agotando, y los nuevos son cada vez más incapaces de sustituirlos. El 70% del petróleo proviene de yacimientos de más de 30 años. Unos 120 yacimientos, con una capacidad de bombeo superior a 100.000 b/d cada uno, suministran el 50% del petróleo. 70.000 yacimientos completan la otra mitad de la oferta. Ello indica que los yacimientos nuevos son cada vez más pequeños y se agotan más rápidamente. Los 20 yacimientos más grandes aportaban el 27% de la oferta mundial y tienen una vida media de 50 años. De ellos, cuatro se encuentran en la fase de máximo bombeo, y el resto en diferentes fases posteriores (con ritmos de extracción entre el 85% del máximo y menos del 50%). Catorce de ellos tienen una edad media de 55 años (Tverberg, 2009). El Gráfico 3 refleja la evolución de la oferta de petróleo durante el periodo 1960-2010. En él se muestra que la oferta se mantiene estancada en un plataforma oscilante (+/- 5% de variación) desde 2005.

El estancamiento de la oferta agrava el problema de suministro, porque el consumo doméstico de los exportadores crece fuertemente y por ello disminuye el petróleo exportado, como indica el Gráfico 4. Los 33 países que bombean más de 100.000 b/d han elevado el consumo del 16% a un 17,5% del total mundial en los cinco últimos años. El menguante petróleo exportado no impidió que los países importadores emergentes siguieran su escalada de consumo, porque se redujo el consumo de los países pobres (no pueden importar petróleo caro) y, sobre todo, de los países OCDE porque el precio alto redujo la demanda.

Gráfico 3. Oferta mundial de petróleo convencional y no convencional
(crudo, condensado, sinfuel, etc.)



Fuente: Hagens (2011).



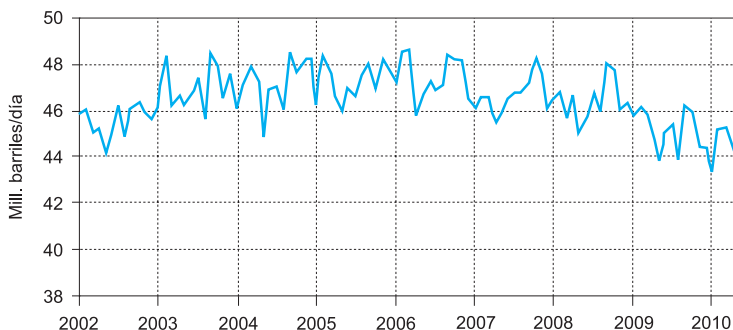
1.4. Demanda

La demanda media mundial en los últimos 27 años creció un 2% al año. Pero en 2008 se redujo en 0,3 Mb/d y en 2009 en 2,5 Mb/d. La AIE prevé en el informe *WEO2010* un ritmo medio anual de 1,2 Mb/d de aumento de la demanda. Pero el petróleo sólo supondría el 50% del total de combustibles en 2050, siendo el resto hidrógeno, agro-combustibles, etc. Los países exportadores de petróleo y los países emergentes mantuvieron hasta la crisis económica un ritmo muy fuerte de aumento del consumo, debido a un alto crecimiento económico y unas gasolineras muy subvencionadas. En los del Golfo Pérsico existen factores adicionales, como una industrialización en base a industrias muy intensivas en energía y a una alta tasa de natalidad. China fue responsable de más del 50% del aumento de la demanda en el periodo 2003-2008 (AIE, 2010).

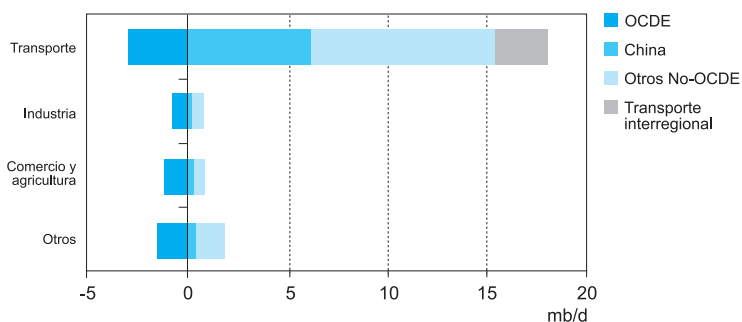
Por el contrario, en la OCDE se inició en 2005 la caída de la demanda y se agudizó en 2008 (-1,87 Mb/d, debido a la crisis y a las políticas energéticas de la UE, Japón, etc.). En 2009 se intensificó la reducción del consumo, pero a finales de ese año EEUU inició un ascenso moderado. Mientras tanto la UE y Japón seguían reduciéndola en 2010. El Gráfico 5 muestra la tendencia europea.

Para 2035, la AIE prevé que el 93% del aumento de la demanda se produzca en países No-OCDE y que China absorba el 37% de él (el de India será un 18%), alcanzando el 22% de la demanda total, frente al 17% actual. Los países del

Gráfico 5. Evolución del consumo en la UE-27



Fuente: Koppelaar (2010).

Gráfico 6. Consumos de energía primaria por sector y región previstos por la AIE
(New Policy Scenario 2009-2035)

Fuente: AIE (2010).

Golfo Pérsico tendrán el mayor aumento de la demanda: 2% anual, pero parece pequeño teniendo en cuenta el aumento del 6,9% de AS en 2010. Por el contrario, la demanda de la OCDE disminuiría en 6 Mb/d (lo que supone un ritmo anual de descenso del 0,6%), siendo en transporte donde se produciría el mayor descenso, en contraste con lo previsto en los países No-OCDE, tal como se muestra en el Gráfico 6. El 0,6% es la media de Japón (1,3%, pasando de un consumo de 4,1 Mb/d en 2009 a 2,9 Mb/d en 2035); de Europa (0,9%, pasando de 12,7 Mb/d a 10,4 Mb/d) y de EEUU (0,8%). El último capítulo de consumo corresponde al transporte interregional (AIE, 2010).

1.5. Precios

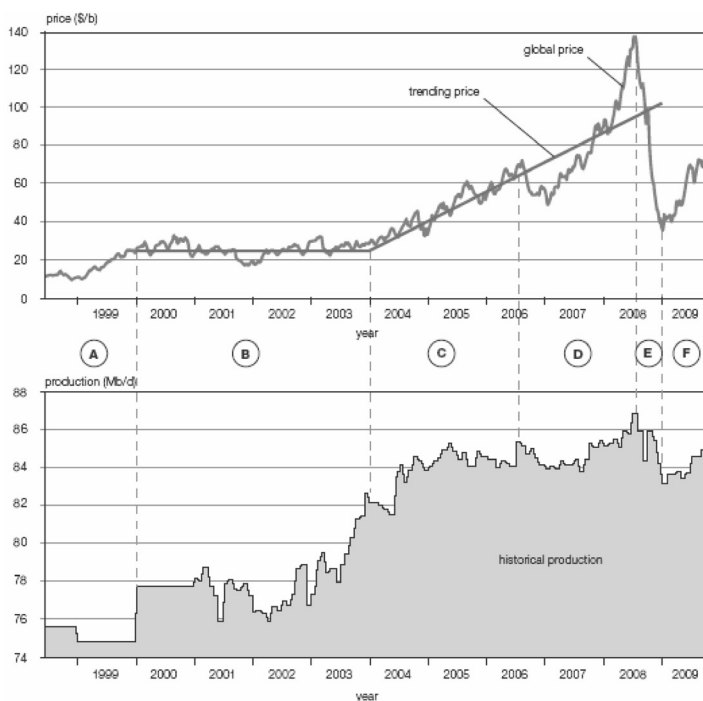
A partir de 2002 se produjo una escalada de precios que se agudizó en el periodo 2004-2008, en un contexto de alta volatilidad. La cual se debe a que existen numerosos factores que hacen oscilar los precios: las previsiones sobre el crecimiento económico; las variaciones de los *stocks*; las variaciones estacionales de consumo; las reducciones de capacidad de extracción por motivos políticos (guerras, sabotajes, huelgas, etc.) o por efecto de fenómenos climáticos (como huracanes en zonas petroleras); etc. Pero sólo el creciente desfase entre oferta y demanda explica la excepcional dinámica alcista de los precios en el periodo 2004-2008, que culminó en julio de 2008 con un precio de 147 \$ por barril (159 litros) en la Bolsa de Nueva York. El Gráfico 7 muestra la correspondencia entre las variaciones de la oferta y de los precios en seis fases. En la A la baja oferta justifica la elevación de los precios. En la fase B la oferta se estanca al principio, pero luego aumenta, lo cual explica la estabilidad de los precios. En las fases C y D los precios suben porque la oferta se estanca. En la E se hunden la demanda y los precios por la crisis económica (a pesar del recorte de la oferta de la OPEP) y el barril bajó hasta 32,70 \$ el 20 de enero de 2009. Pero en la fase F empezó a recuperarse por la aparición de signos de remontada de la crisis, que dio lugar a un aumento de las importaciones OCDE. En la primavera de 2011 el barril superó los 120 \$ y, aunque influyó el conflicto libio (que reduce la oferta en 1,3 Mb/d), pero antes del mismo había alcanzado los 105 \$/b (Mearns, 2009; ITPOES, 2010a).

De cara al futuro existe un consenso amplio en que el petróleo se encarecerá mucho, por el estancamiento de la oferta, la desaparición de los *stocks* acumulados en 2009 y de la oferta ociosa (colchón de seguridad que sobre todo mantiene Arabia Saudita para hacer frente a una reducción coyuntural de la oferta) existente en 2010. F. Birol, economista jefe de la AIE, multiplica los avisos sobre una escalada de precios, por lo que recomienda que “debemos dejarlo, antes de que él nos deje a nosotros” (*The Independent*, 3 de agosto de 2009).

1.6. El techo

El agotamiento de cualquier recurso depende de dos factores: las reservas existentes y el ritmo de consumo. Pero la geología de los combustibles fósiles (y en especial la del petróleo) añade un factor adicional: el ritmo de extracción. Hay múltiples factores que obstaculizan la extracción de petróleo: está alojado en las grietas de las rocas, impregnando arenas y rocas porosas; los yacimientos pierden

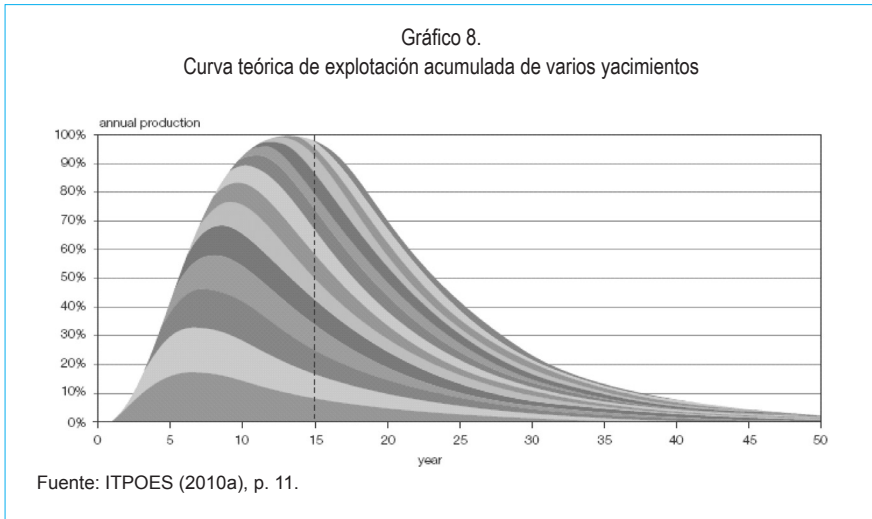
Gráfico 7.
Evolución de la oferta y su correlación con los precios



Fuente: ITPOES (2010a).

la presión inicial, por lo que hay que forzarlo a salir, inyectando agua, gas, etc.; una vez extraído su componente más ligera, va quedando un remanente crecientemente pesado; etc. Estas dificultades determinan: que el flujo de extracción alcance un techo y a partir del mismo disminuya inexorablemente; y que la mayor parte del petróleo no pueda ser extraído.

Los estudios de M. K. Hubbert (geólogo del petróleo) y la experiencia de décadas de estudios del comportamiento de los países petroleros muestran que las curvas de descubrimientos de yacimientos y de extracciones adoptan una forma de campana y que unas pocas décadas después de que la primera curva alcanza el techo lo hace, así mismo, la segunda (que tiene la forma de campana con una cola larga indicada en el Gráfico 8). La causa es que un ritmo decreciente de nuevos descubrimientos y un consumo ascendente llevan inexorablemente al punto en que el petróleo nuevo descubierto es inferior al consumido. Hemos visto que el techo mundial de descubrimientos de petróleo convencional se produjo en 1964 y el



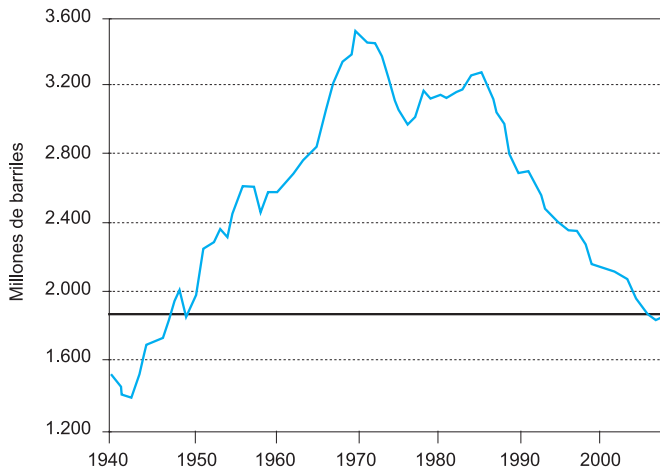
desfase entre petróleo descubierto y consumido empezó en 1981 y desde entonces aumenta. La experiencia muestra que poco antes de haber consumido la mitad del petróleo, el bombeo alcanza el zenit y empieza a bajar hasta el agotamiento del petróleo explotable. Hubbert acertó a predecir en 1956 que el techo de EEUU se produciría en 1970 (Hemmingsen, 2010).

Se utilizan diversos métodos para calcular el momento del techo, pero aquí explicaré dos: estimar la capacidad futura de extracción de los principales países y grupos de países petroleros; y estimar la tasa de agotamiento del conjunto de yacimientos en explotación, los proyectos existentes de nueva explotación y los que se prevé que se encuentren.

La extracción de petróleo en EEUU viene reduciéndose desde que alcanzó el techo en 1970 (según el Gráfico 9), salvo en el entorno a 1980 (debido al descubrimiento del yacimiento gigantesco *Prudhoe* [Alaska]) que permitió mantener estable el bombeo unos años, y últimamente se ha iniciado un ligero aumento, debido a la puesta en explotación de yacimientos en aguas profundas en el Golfo de México. Pero no tienen capacidad para revertir el declive (Tverberg, 2010).

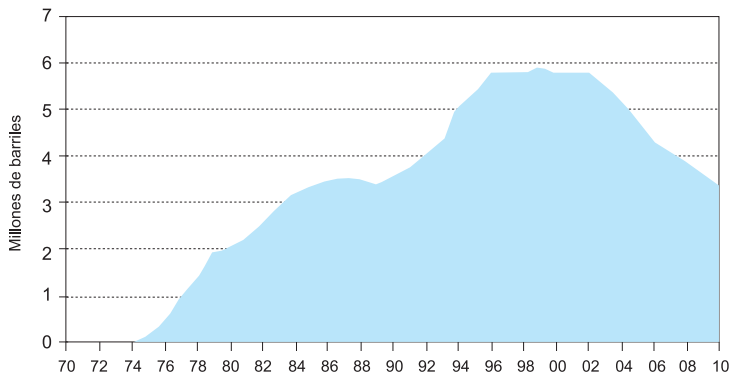
También, el petróleo del Mar del Norte está en declive desde que alcanzó su techo en 2000 y, después de mantenerse en una breve meseta, la extracción se está desplomando (Gráfico 10). Noruega (que extrae la mayor parte del petróleo de la zona) ha pasado de 3,4 Mb/d en 2004 a 2,2 Mb/d en 2010. Se espera que siga el declive fuerte en el futuro (Koppelaar, 2010a).

Gráfico 9. Extracción de petróleo de EEUU (1940-2008)



Fuente: Energy Information Administration.

Gráfico 10. Producción de petróleo del Mar del Norte



Fuente: Tverberg (2010).

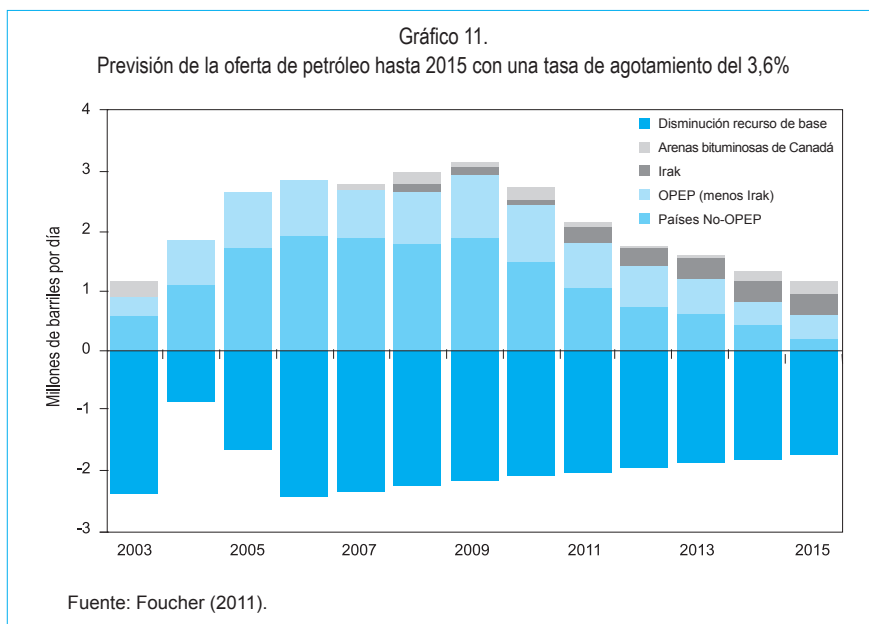
En el grupo de países de la antigua URSS, tiene particular importancia el comportamiento de Rusia, porque entre 2000 y 2008 aumentó su bombeo de 6 a 10 Mb/d y satisfizo el 40% de la nueva demanda mundial. En 2010 bombea ya 10,4 Mb/d y el Gobierno ruso en 2010 tomó la decisión aumentar un 2,2% su capacidad para 2020 invirtiendo 292.000 M\$. Pero la enorme inversión para alcanzar un aumento tan pequeño muestra la dificultad de mantener la cota actual. Entre el resto de países de este grupo destaca Kazajstán, porque se espera que eleve su capacidad en 1 Mb/d en el próximo futuro (Koppelaar, 2010a; Chaykovskaya, 2010).

Al Golfo Pérsico (GP) se le atribuyen el 60% de las reservas mundiales, por lo que la zona es decisiva para el futuro del petróleo. Hay un amplio debate sobre la capacidad de Arabia Saudita (AS). En los últimos años su bombeo ha oscilado en torno a 10,5 Mb/d y, aunque ha declarado su intención de aumentarlo hasta 15 Mb/d en 2012, en 2010 el discurso oficial es que no superará los 12 Mb/d, para alargar la vida de los yacimientos. Pero muchos analistas consideran que sólo podrá mantener el primer nivel. Irak es el único país de la zona que tiene potencial para aumentar mucho su capacidad de extracción. En 2007 alcanzó el nivel de previo a la invasión (2,4 Mb/d), debido a la inestabilidad del país. Algunos afirman que tiene un potencial de extracción de 6 Mb/d, pero los analistas más fiables la sitúan en 3-4 Mb/d. No se espera que el resto de países aumenten su capacidad en el futuro próximo y a medio plazo irán disminuyendo su ritmo de extracción. Así que es posible que el GP aumente a ritmo lento su bombeo hasta elevarse en 1-2Mb/d hasta finales de esta década, para luego estancarse y caer después (Koppelaar, 2010a; Eriksen, 2009).

Por último, en el grupo "Resto del mundo" no se espera ninguna contribución neta. Si bien Angola puede aumentar su extracción en 1Mb/d y menos Nigeria, la de México se está desplomando y, aunque consiga ralentizar su caída, nunca podrá elevarla. Brasil ha elevado su capacidad de 1,5 en 2005 a 2,0 Mb/d en 2010, cantidad insuficiente para satisfacer su demanda interna. Pero está descubriendo desde 2008 grandes yacimientos en el mar a unos 10 Km de profundidad, lo que pueden convertirle en un exportador importante, si resuelve los grandes retos tecnológicos y de costes. El resto de países de este grupo no tiene una incidencia importante y la mayoría de ellos están en declive o lo iniciarán pronto. En resumen, no está claro si este grupo podrá incrementar su bombeo a lo largo de esta década, pero en la siguiente el declive será muy fuerte, por la vida corta de los yacimientos marinos (Koppelaar, 2010a; Eriksen, 2009).

Resumiendo el análisis realizado, resulta que en unos pocos años puede que EEUU se mantenga estable, para después declinar, al igual que el grupo “Resto del mundo”. Pero parece difícil que el desplome del Mar del Norte sea compensado por el Golfo Pérsico y la antigua URSS. Y en unos pocos años la dificultad se transforma en imposibilidad.

El segundo método (de abajo a arriba) calcula los desfases entre oferta y demanda en el futuro, en base a la estimación de los proyectos nuevos y a la tasa de agotamiento de los existentes. Este es el caso del estudio *Wiki Oil Megaprojects* (WOM), que es una colaboración de *The Oil Drum* y *Wikipedia* para conocer los grandes proyectos petrolíferos futuros y contrastar el aumento de oferta de ellos con la tasa de agotamiento y el aumento de la demanda. El Gráfico 11 contrasta las principales aportaciones de petróleo nuevo desde 2003 y las previsiones para el periodo 2011-2015 y con las pérdidas de capacidad debidas al proceso de agotamiento de los yacimientos existentes. El resultado es que, si bien en los últimos años la oferta nueva fue ligeramente superior al ritmo de agotamiento, a partir de 2012 éste es crecientemente superior.



En base a los datos aportados, se está ampliando el consenso (como lo demuestra la conferencia de *ASPO USA 2010*) en que la oferta ha permanecido en una meseta oscilante (+/-5%) desde 2005 y en que muy pronto se iniciará el declive. Aunque éste se está retrasando debido a la bajada del consumo por la crisis. Dos informes del Pentágono (2008 y 2010, pp. 28-29) vaticinan que “una severa crisis energética es inevitable sin una masiva expansión de la producción”; porque “para 2012 el excedente de producción de petróleo podría desaparecer enteramente y tan temprano como 2015 el déficit de producción podría llegar a cerca de 10 Mb/d”. Esta cifra es muy semejante a la previsión del estudio WOM, que prevé una caída anual de la oferta de 2,4 Mb/d. El *Global Witness*, otro grupo de expertos británicos, ha emitido un informe en el que alerta que para 2015 faltarían 7 Mb/d. Un estudio del ejército alemán, después de describir diferentes previsiones del techo, afirma que es posible que nos encontremos en el techo (*Petroleum Review*, octubre de 2009; CGAT, 2010). El comisario de Energía de la UE, A. Pierbag, anunció en 2009 que se había alcanzado el techo. Lo mismo ha hecho G. Oettinger, el nuevo comisario, según nota de prensa (16 de noviembre de 2010) de la Comisión Europea: “Pienso que la cantidad de petróleo disponible a nivel mundial ya ha alcanzado el techo”.

Pero hay otras estimaciones que retrasan un poco el techo. C. de Margerie (presidente de Total) expresa dudas de que se pueda alcanzar 90Mb (ASPO Newsletter, marzo de 2008). En 2008 *Chatham House* (un *think tank* británico) publicó un estudio previendo escasez de petróleo en 5 ó 10 años. Un grupo británico de empresas transnacionales emitió un informe en 2008 en el que preveían el techo para 2011-12 y en 2010 otro en el que retrasan un poco el techo (debido a la crisis) a 2012-2015. El BGR (Instituto de Recursos Naturales alemán) y el Consejo Mundial de la Energía (CME) coinciden en que el techo está en la banda de 90-100 Mb/d (*Petroleum Review*, octubre de 2009; IPTOES, 2008 y 2010a).

Por último, la AIE incurre en contradicciones constantes. Hace llamamientos dramáticos a dejar el petróleo por su escasez y, por el contrario, publica informes en los que el techo aparece a largo plazo. La razón de ello es que tiene una idea clara de la gravedad de la situación, pero debe presentar informes optimistas para no disgustar a EEUU (Macalister, 2009). Aunque en cada informe anual se va acercando más a la realidad. El WEO2004 situaba el techo en 121 Mb/d. El WEO2008 lo rebajó a 104 Mb/d. Y el WEO2010 lo sitúa en 99 Mb/d para 2035. Además, afirma que el techo del crudo se alcanzó en 2006 en 70Mb/d y que desde entonces su bombeo se ha reducido a 68-69 Mb/d. Pero estos datos no concuerdan con los tintes dramáticos de los informes. El *WEO 2008* afirma: “El sistema energético mundial está en la encrucijada. Las tendencias de producción y consumo son manifiestamente

insostenibles [...]. El tiempo de actuar es ahora". El *WEO 2010* afirma que "el mundo de la energía encara una incertidumbre sin precedentes" y se pregunta si "el techo del petróleo será un invitado o el espectro de la fiesta" (EIA, 2008 y 2010).

1.7. Factores limitantes extra geológicos

Hasta aquí me he centrado en la geología del petróleo, pero la capacidad de extraer se ve limitada por muchos factores extra geológicos: económicos, ambientales, tecnológicos y políticos, que reducen las reservas explotables y retrasar su explotación. Los costes elevados de extracción y transporte del petróleo o del gas pueden impedir su explotación. Hay una estrecha correlación entre la elevación de la temperatura en las aguas y la severidad de los huracanes (la cual se ha duplicado desde la década de los 70). La mayor parte de los huracanes que han dañado las explotaciones petrolíferas del Golfo de México se han producido en la primera década de este siglo. Lo han hecho los huracanes *Isidore* (2002), *Iván* (2004), *Katrina* y *Rita* en 2005, *Dean* (2007) y *Gustav* y *Ike* en 2008. Los huracanes *Katrina* y *Rita* redujeron permanentemente la capacidad extractiva en 0,255 Mb/d (Rubin y Buchanan, 2008). Por el contrario, el cambio climático permitirá explotar el Ártico. Pero crece la alarma sobre los enormes impactos ambientales previsibles de tales explotaciones y en aguas muy profundas. El vertido de la plataforma *Horizon* (del yacimiento Macondo) en el Golfo de Méjico ha producido el mayor desastre ambiental después del de Chernobil y ha mostrado los enormes problemas de este tipo de explotación: incapacidad de EEUU para realizar una supervisión aceptable; utilización de nuevas tecnologías no probadas, porque las petroleras aceleran la explotación por la elevación rápida de los costes; etc. S. Bukold (2010) pide que se prohíban las explotaciones ultra-profundas (>1.500 m.) porque los vertidos no podrán ser controlados. Y se asegura que "Macondo aumentará los costes y retrasos de las perforaciones y desarrollos en aguas profundas, aunque no se pueden cuantificar" (ITPOES, 2010b).

A medida de que se van agudizando las tensiones sobre el reparto de petróleo, aumenta la frecuencia de conflictos armados. Los cuales tienen un efecto limitante de las reservas. Cuando EEUU atacó las tropas iraquíes situadas en Kuwait, éstas se retiraron prendiendo fuego a gran parte de los yacimientos, que estuvieron ardiendo durante meses. Los atentados contra los oleoductos son sistemáticos en Irak, México y Nigeria. Carecer de capacidad de inversión por guerras (Irak y Nigeria) o estar sometidos a un bloqueo económico (Irán) reduce la capacidad de explotación.

La nacionalización del petróleo o gas suele llevar a los países a decidir que se debe ralentizar la explotación, para que las generaciones futuras puedan tener acceso a ellos. Fenómeno que se conoce como el nacionalismo de los recursos. Esta conclusión es muy pertinente en países con poca población y grandes recursos (como Canadá, Noruega o Venezuela). El Parlamento noruego rechaza aumentar el ritmo de extracciones de gas. En Canadá la revisión del acuerdo de libre comercio se ha convertido en el centro del debate político, por la cláusula que le obliga a exportar a EEUU petróleo y gas, a pesar de que sus reservas se estén agotando. El rey de Arabia Saudita multiplica declaraciones sobre la necesidad de limitar la extracción para dejar petróleo a las generaciones futuras¹.

En la gran mayoría de los proyectos de nuevos yacimientos se producen grandes retrasos en la puesta en explotación, que alcanzan en algunos casos más de 5 años. El *Thunder Horse* (Golfo de México) se puso en explotación en 2008, con 4 años de retraso. Estaba previsto que el *Kashagan* (Kazajstán) entrara en explotación en 2005, pero se va retrasando y la última previsión es 2012-13. De los 32 proyectos de nuevos yacimientos o de expansión de existentes que debían entrar en explotación en 2006, sólo 12 lo lograron. Una de las causas de estos retrasos es la complejidad enorme de muchos de los nuevos proyectos (Konyrova, 2008). La crisis económica ha retrasado o suspendido *sine die* muchos de los proyectos de explotación más caros.

Por el contrario, el desarrollo tecnológico ha permitido explotar yacimientos que en un principio no eran posibles, como ocurre con los yacimientos marinos a gran profundidad. Esta realidad nadie la discute, pero se debate sobre si el desarrollo tecnológico está permitiendo aumentar el petróleo extraíble de los yacimientos en explotación. Aunque muchos lo afirman, los geólogos más importantes consideran que lo único que consiguen es extraer la misma cantidad de petróleo, pero a más velocidad, acelerando así el agotamiento de los yacimientos. Otros estiman que aumentan la extracción, pero sólo en la fase final de la explotación (Hirsch *et al.*, 2010).

2. Transformaciones previsibles del techo del petróleo

El panorama del petróleo descrito se está complicando con la escasez de algunos metales estratégicos, como el grupo del platino (6 metales), indio, galio, tungsteno, etc., lo cual está generando una fuerte elevación de precios y acapara-

¹ <http://www.peakoil.net> y <http://www.thegulfonline.com>

miento. Además, es muy probable que el gas natural y el carbón alcancen su techo al final de esta década. Pero la dimensión de este texto aconseja centrarlo en el análisis de los efectos del techo del petróleo.

2.1. Transformaciones del sistema económico

2.1.1. Generales

Los estudios sobre los impactos del techo del petróleo se enfocan sobre el efecto en el PIB, en aspectos sectoriales (balanza de pagos...) y aplican premisas lineales, como la curva de declive lineal, que supone impactos proporcionales a los precios del petróleo. Así que carecen de un enfoque sistémico y, dado que el sistema socioeconómico es complejo, la premisa de linealidad resulta totalmente inadecuada (Korowicz, 2010; pp. 30-31). Sin embargo, resulta imposible concretar la magnitud de las transformaciones que se producirán, porque no se puede prever el momento en que la humanidad comprenderá que se ha alcanzado el techo, el grado de transformación que habrá alcanzado entonces y las interrelaciones entre los elementos del sistema. Por ello analizaré las tendencias que se manifestaron en la escalada de precios pasada y las extrapolaré.

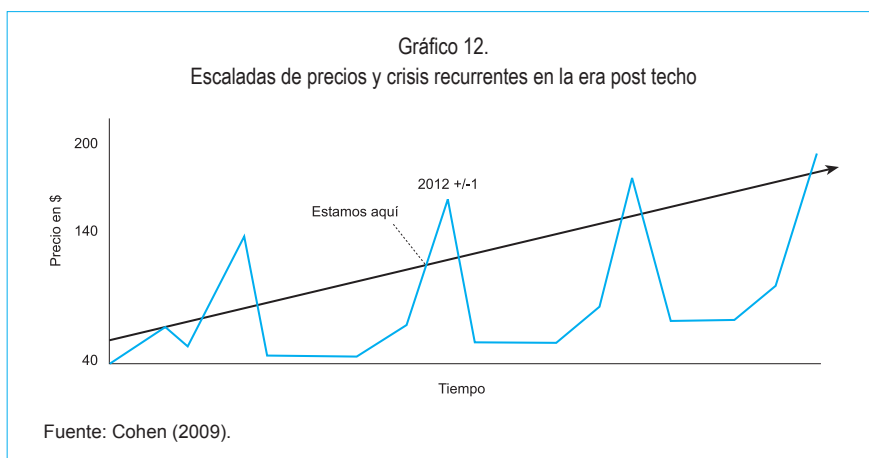
Lo primero que aparece en un análisis somero del sistema socioeconómico imperante es su extraordinaria vulnerabilidad. Sólo funciona con tasas de crecimiento mínimo del 2% en la OCDE y superiores en países emergentes. En 2009, muchos analistas opinaban que China podría enfrentarse con una fuerte contestación social, si no alcanzaba una tasa de crecimiento del 8% anual. La razón es la enorme emigración del campo a la ciudad se podía ver frustrada. Cuando el crecimiento es bajo o nulo, el sistema financiero entra en crisis y agrava la situación por su drástica reducción del crédito, entrando así en una espiral descendente. Pero cuando crece, el sistema se hace más complejo, aumentando así los costes de su gestión, así que los beneficios de la complejidad son crecientemente superados por los costes (Korowicz, 2010; pp. 24 y 32).

La escalada de precios del petróleo y de las otras materias primas más importantes que se dio en la década pasada agravó extraordinariamente la crisis económica que se inició en 2008, hasta el punto de que se la considera la más grave, al menos, desde la Segunda Guerra Mundial. La escalada terminó provocando inflaciones elevadas y una fuerte reducción de capacidad de gasto y de inversión en los países OCDE debida a los pagos de petróleo. A finales de 2007 empezó a

repuntar la inflación, llegando en países OCDE hasta cotas del 5-6% en 2008. Los bancos centrales reaccionaron con la receta habitual: elevando el tipo de interés. Esto provocó el encarecimiento del crédito, al cual se le unió un descenso de rentas por la elevación de la factura del petróleo. Ambos factores provocaron el colapso de la burbuja inmobiliaria que se producía en la OCDE y que había iniciado ya su declive. Ese colapso provocó a su vez el del sistema financiero, aquejado de múltiples problemas, algunos de ellos provocados por el delirio neoliberal y otros estructurales del sistema económico neoliberal (como la acumulación de la deuda). Así que la crisis iniciada en 2008 no es sólo de tipo financiero, "sino que fue un síntoma de una crisis más grande, una crisis energética" (Rubin, 2009). Muchos autores respaldan este análisis: G. Tverberg (2009a), J. Hamilton (2009), Murphy (2009), L. Kilian (2009), etc. Por desgracia la gran mayoría de los gobiernos no asocian la crisis con el petróleo, por lo que buscan la salida sin preocuparse del petróleo. Pero esto durará poco, porque la escalada de precios provocó un repunte inflacionario en la primavera de 2011.

La magnitud del impacto del techo va a depender del ritmo de superación de la crisis actual (uno lento retrasa el impacto), de la adopción de políticas transformadoras por parte de los gobiernos, etc. El Gráfico 16 incluye la crisis actual como la primera en la que el petróleo ha sido un factor decisivo, en base a la argumentación expuesta. Después vendrán nuevos ciclos. D. Cohen (2010) define esta situación como de descenso económico oscilante: una sucesión de escaladas de precios del petróleo, cada vez más cortas y con cotas más altas, que provocan una reducción del PIB. A medida de que se va superando la crisis actual, los precios vuelven a crecer, por el aumento de la demanda, y superarán la cota anterior, iniciando otra crisis, que se vera agudizada de nuevo por otros factores: escaladas de precios de alimentos y de materiales estratégicos; y una gran volatilidad de los precios energéticos. En teoría el ciclo se volverá a repetir una y otra vez, pero el futuro será más complejo, porque es poco probable que ante una nueva escalada de precios no se aceleren las transformaciones que, al menos, suavizarán el impacto del nuevo ciclo.

La magnitud del impacto dependerá del ritmo de disminución del suministro de petróleo. R. Hirsch *et al.* (2010) establecen dos escenarios, con reducciones del 2% y 4% al año, y consideran que el segundo sería catastrófico. El PIB mundial se reduciría en un 20-30% a lo largo de más de una década, lo cual generará una crisis social que puede desestabilizar las instituciones políticas. Un informe del ejército alemán (CGAT, 2010) prevé que el impacto del techo durará 15-20 años. Y "el declive o colapso del suministro de petróleo golpeará a todos los sectores de la economía, provocando cambios rápidos en el transporte" (ITPOES, 2010a;



p. 26). La gran mayoría de las sociedades sufrirán un impacto muy grave, pero su intensidad dependerá de sus características estructurales. Será menor cuanto más predominen los factores siguientes: administraciones con finanzas saneas; baja dependencia relativa del petróleo; alta eficiencia energética; grandes recursos de petróleo y/o gas; fuerte desarrollo de las tecnologías solares; baja apertura de la economía; alta diversidad de tejido económico; instituciones sólidas; y alta cohesión social. Los países en que predominan los factores contrarios se encontrarán en la posición más difícil. Los principales países exportadores de petróleo y/o gas seguirán teniendo cuantiosas rentas de exportación, aunque en cuantía muy variable según las fases del declive oscilante. Pero la vulnerabilidad de este grupo es muy variable y depende, sobre todo, de los ratios de exportación/población. En Noruega y en algunos emiratos del Golfo Pérsico este ratio es muy grande y la vulnerabilidad pequeña. En el otro extremo tenemos a países como México, Rusia, Argelia, Egipto, etc. (Bermejo, 2008: 316ss.; CGAT, 2010).

Como ya ha ocurrido en el pasado, los Estados se volverán más intervencionistas, por la necesidad de impulsar transformaciones rápidas para superar la crisis. El CGAT espera una reducción del mecanismo de libre mercado (racionamiento de gasolinas, alianzas políticas entre Estados para garantizar el suministro de combustibles fósiles, proteccionismo etc.) y economías más auto-centradas por la elevación de costes del comercio. El cual se reducirá drásticamente, sobre todo el de largo recorrido, por los costes energéticos y la menor actividad económica. Pero el comercio regional se fortalecerá. J. Rubin y B. Tal (2008), economistas del banco CIBC, afirman en base a los factores analizados que “la globalización es reversible”. El CGAT aboga por la creación de infraestructuras redundantes y altamente

resilientes y por la descentralización. Pero la necesidad obligará a crearlas, sobre todo, en los sectores de energía, industrial y agrícola. Aumentará también el apoyo al hidrógeno de origen renovable. Se fortalecerán las actividades de reparación, re-manufacturación, reciclado, etc. En el sector financiero se aplicarán medidas que supondrán una cierta nacionalización del crédito y se fortalecerán los sistemas de financiación comunitarios. Se priorizará la inversión en el transporte colectivo y de mercancías por ferrocarril. J. Rubin (2009) declara que no se sorprenderá “si el nuevo mundo más pequeño que emerge fuera mucho más fiable y agradable que el que estamos cerca de dejar atrás”.

Al menos, en la primera fase de la crisis se agudizarán las tensiones entre las potencias por el acceso a recursos escasos. El CGAT prevé un debilitamiento de las instituciones internacionales y la agudización de las confrontaciones por el acceso a la energía escasa, sobre todo en la elipse estratégica (la que engloba Siberia Occidental, el Mar Caspio y el Golfo Pérsico, que engloba el 70-80% de las reservas de petróleo y gas) y en los yacimientos marinos. El declive actual de la exigua ayuda a los países pobres se intensificará. Pero en una fase posterior es probable que la cooperación se fortalezca para facilitar la transición colectiva, llegando a acuerdos sobre un nuevo SMI y un sistema financiero internacional menos especulativo (Batson, 2009; Sousa, 2009).

2.1.2. En algunos sectores

a) Sistema financiero

Se ha venido afirmando que la debilidad del sistema financiero se encontraba en la esfera internacional, ya que carece de instituciones capaces de regular un mercado caracterizado por sus excesos especulativos. Y, por el contrario, a escala nacional existen instituciones que regulan los mercados y evitan los excesos. Además, las empresas certificadoras informarían al mercado sobre la solvencia de las empresas y el valor de los activos financieros. Pero esto ha resultado no ser cierto. En el delirio neoliberal algunas potencias des-regularon sus sistemas financieros y realizaron políticas fiscales que alentaban los procesos especulativos.

Los bancos sabían que la política especulativa era arriesgada, pero la mayor parte de ellos se vieron arrastrados a aplicarla, porque los que empezaron con ella cosechaban grandes beneficios. Este panorama es descrito por el Banco Internacional de Pagos (BIS, 2007: 7) como “irracionalmente exuberante” y lo explica como

una tendencia natural: “parece existir una tendencia natural en los mercados a que los éxitos pasados conlleven un aumento de la asunción de riesgo, del apalancamiento de la financiación, de los precios, de las garantías y, con ello, que se asuma más riesgo”. Y alertaba del alto riesgo de colapso del sistema financiero. Vaticinio compartido por muchos autores, que se ha cumplido, aunque la magnitud del colapso ha sido tan grande que pocos la previeron, debido a la falta de transparencia del sistema financiero. La crisis provocó la quiebra de muchos bancos y los gobiernos les inyectaron enormes fondos públicos para reflotarlos y devolver así la confianza en el sistema bancario, que es un requisito imprescindible del sistema económico. Pero esta política genera un enorme malestar social, porque supone la privatización de beneficios y la socialización de las pérdidas (Stiglitz, 2009; Paris, 2009).

La crisis actual y la sucesión de crisis venideras obligarán a tomar medidas fuertemente intervencionistas para evitar los colapsos recurrentes del sistema financiero y garantizar el crédito. La batería de medidas posibles es muy amplia: creación de un sistema de crédito público a interés cero; la creación (y, en caso de existir, la potenciación) de bancos públicos aprovechando las oficinas de los organismos de correos; exigencia de total transparencia de las actuaciones de los bancos; y fuertes medidas de apoyo a los bancos comunitarios (uniones de crédito, bancos verdes, sistemas financieros comunitarios, etc.); regulación de la banca para que garantice la provisión a la sociedad “servicios altamente cualificados y especializados, y que ganen rentas semejantes a las de sus clientes”; etc. (Paris, 2009). Estas medidas darán estabilidad al sistema financiero, acabarán con los privilegios escandalosos y la discriminación del más débil y reforzarán el tejido económico básico, que es el principal creador de empleo.

A escala internacional, parece evidente que el dólar será sustituido una cesta de monedas fuertes en el SMI, el cual será gestionado por FMI, que funcionará como un banco central mundial. Tendría un fondo de inversión mucho mayor que el actual y emitiría su propia moneda de reserva: los derechos especiales de giro (DEG), que es unidad de cuenta semejante al ECU en la UE. Se trataría de que la cesta actual se fuera reduciendo el peso de dólar (ahora tiene un peso del 40%) para aumentar el de las monedas de los países emergentes: yuan, khaleeji (la futura moneda del Golfo Pérsico), real brasileño, etc. Su funcionamiento sería supervisado por un consejo de coordinación mundial. También es probable que se reforme el sistema financiero internacional, debilitando los paraísos fiscales, los movimientos de capitales especulativos; etc.

b) Industria

Durante la primera escalada del petróleo del siglo XXI se pudieron constatar varias tendencias en el sector industrial: un desplazamiento de las industrias intensivas en energía de países OCDE hacia los países exportadores de petróleo y gas; la reducción de la longitud de las cadenas de producto; un extraordinario desarrollo de la industria de producción de sistemas captadores de energía renovable; un renacimiento de la producción en algunos sectores industriales en los países OCDE como consecuencia del encarecimiento de los costes de transporte de bienes con un bajo ratio valor comercial/peso (como fue el caso del acero chino); el declive de las empresas productoras de vehículos de carretera y de aviones; el fortalecimiento de las empresas de construcción ferroviaria, naval y de autobuses. Ante una nueva escalada del petróleo, las industrias priorizarán cada vez más la reducción de los costes energéticos, lo cual producirá: un mayor uso de la mano de obra en algunos procesos particularmente intensivos en energía; una utilización preferente de materiales locales; una intensificación del reciclado de los materiales estratégicos que son escasos; un fortalecimiento de la reparación y la re-manufacturación, especialmente de grandes vehículos de transporte (trenes, barcos y aviones); y el reforzamiento de la producción local. La industria agroalimentaria reducirá su tamaño, porque los costes energéticos de los procesos industriales encarecerán mucho los alimentos elaborados, etc.

c) Agricultura

La agricultura industrial utiliza grandes cantidades de energía fósil (sobre todo petróleo) y muchos analistas afirman que su escasez reducirá mucho la producción mundial de alimentos. L. Brown (2009, p. 8) afirma que “la triplicación de la cosecha de cereales en los últimos está íntimamente relacionada con el petróleo”. Por lo que será mucho más difícil aumentar la producción mundial “con un petróleo caro y un suministro en declive”. Pero no es sólo intensiva en energía la producción sino también la distribución. El petróleo se utiliza para mover la maquinaria agrícola y bombear agua, en el transporte, en la fabricación de insumos y en la manipulación industrial y en la refrigeración de alimentos. El gas se utiliza en la producción de abonos. En EEUU la producción de alimentos supone un quinto del consumo energético total (21%), siendo el resto de los principales capítulos de consumo: 14% transporte; 16% procesado; 7% envasado; 7% restaurantes y 32% refrigeración y preparación doméstica (Ho, 2005; Lawrence, 2005).

La teoría de que la escasez de petróleo reducirá la producción de alimentos no tiene respaldo empírico. Muchos autores muestran que la agricultura tradicional, basada en el cultivo simultáneo de varias plantas, es con gran diferencia más productiva por unidad de superficie, y que un huerto produce decenas de veces más por unidad de superficie que la agricultura industrial de monocultivo. Pero incluso en este caso, esa agricultura no es superior a la ecológica. Un equipo liderado por D. Pimentel realizó una investigación en el Instituto Rodale (Pensilvania), en 1981-2002, para comparar la productividad de la agricultura industrial y la ecológica. Fue realizada sobre 6,1 hectáreas y utilizaron las rotaciones habituales de cereales y leguminosas con tres modelos agrícolas (monocultivo agroindustrial, agricultura ecológica integrada, con ganado y sin ganado). Las producciones fueron semejantes, excepto en caso de sequía, donde la agricultura ecológica fue superior porque el suelo rico retiene el agua (Renton: 2008).

En el futuro la agricultura industrial disminuirá mucho (y con ella sus largos circuitos de comercialización) por los altos costes de los combustibles fósiles. En su lugar se fortalecerán modelos agrícolas menos intensivos en energía y orientados a la alimentación de poblaciones relativamente próximas, por lo que se elevará mucho el nivel de autoabastecimiento de los países y regiones. También se multiplicarán los pequeños huertos para el autoconsumo, como respuesta a la crisis económica y como medio de garantizarse alimentos sanos.

2.1.3 El sector de transporte

a) El impacto de la última escalada de precios del petróleo

En el pasado hemos asistido a un fuerte aumento de la movilidad a escala mundial. En el periodo 1995-2006, en la UE el transporte de mercancías interior creció al ritmo anual del 2,8%, en toneladas-kilómetro, y el de pasajeros-kilómetro en un 1,7%. El transporte aéreo de pasajeros creció mucho más. Estas progresiones quebraron en 2008 debido a la crisis y lo harán mucho más cuando se manifieste el techo del petróleo. El sector del transporte será el más impactado, porque el petróleo abastece el 96% de su energía en la UE y el transporte de carretera consumo 74% del petróleo del transporte. Esta dependencia del petróleo se debe a la hegemonía que tiene la carretera en el transporte de pasajeros y de mercancías y a la que ejerce el transporte aéreo en los desplazamientos de más de 500 Km. Esa dependencia ha venido intensificándose debido a las características del actual paradigma de movilidad: movilidad creciente, aumento continuo de la velocidad de desplazamiento

y de las distancias recorridas. Este paradigma empezó a modificarse en dirección de un paradigma antagónico en la fase final de la escalada de precios del petróleo del periodo 2002-2008: menor movilidad, más lenta y cercana. El posterior hundimiento de los precios del petróleo llevó al debilitamiento de algunas tendencias debido al petróleo barato. Pero las sucesivas y cada vez más drásticas fases de encarecimiento del petróleo producirán la consolidación de un modelo de transporte basado en el paradigma alternativo. Y los países que más han profundizado en el modelo tradicional se verán impactados de forma especial y, por ello, tendrán una transformación particularmente larga y costosa.

La escalada de precios del petróleo de 2002-2008 redujo la movilidad, la velocidad de desplazamiento y especialmente de los más largos. El coche redujo su hegemonía. Pero la intensidad de los cambios fue inferior en Europa que en EEUU, debido al menor sobre-coste de la factura del petróleo por la apreciación de euro (Comisión Europea, 2009).

En el primer semestre de 2008 se intensificaron los cambios señalados. Todos los modos de transporte sufrieron una elevación de costes, pero con grandes diferencias en la magnitud de los mismos. Lo cual determinó la proliferación de iniciativas reductoras de los mismos por parte de empresas de transporte y el diseño de vehículos más eficientes en el caso de empresas constructoras. Entre las iniciativas más comunes destacan: trasvases modales; sustitución de los vehículos más veloces, pero menos eficientes, por otros más lentos y eficientes; disminución de la velocidad de los vehículos; mejora en la eficiencia de la conducción y de los vehículos (reducción del peso de los mismos, renovación de flotas con los vehículos más eficientes existentes); eliminación de los trayectos no rentables; etc. Estas medidas constituyen las primeras respuestas, necesarias pero insuficientes, y por ello dieron paso a otras más drásticas: reducción del número empresas, de vehículos y de plantillas en el caso de los modos que redujeron su cuota. Los modos receptores de viajeros y mercancías se expansionaron, así como las empresas productoras de vehículos para ellas (Bermejo, 2008; pp. 146-150).

La escalada de precios afectó de forma particularmente aguda y temprana al transporte aéreo de mercancías. Entre 1951 y 2004 este tráfico internacional creció (en toneladas-millas) al ritmo anual del 11,7% a escala mundial (en el caso de toneladas el ratio fue del 7,4%). En la EU el porcentaje en valor de importaciones aéreas en relación con el total se redujo en el periodo 2000-2007 del 25,1% al 18,1%. Pero como fue un periodo de fuerte crecimiento del comercio, el valor de las importaciones aéreas creció ligeramente. Por el contrario, la cuota de mercado de las importaciones por barco crecieron del 41,5% al 50,3% en el mismo periodo. Y las exportaciones mostraron tendencias semejantes (Hummels, 2009; pp. 3, 4 y 57).

También, el transporte por carretera fue altamente impactado en 2007 y 2008. En algunos países OCDE se redujo fuertemente el flujo de mercancías y el uso del coche. Por el contrario, aumentó el flujo de pasajeros en autobús y tren. En EEUU el transporte por camión se redujo en 2007 un 1.5%, en el primer semestre de 2008 disminuyó la flota de camiones en un 3% y el número de millas/vehículo en un 4.2%. Las ventas de coches en la UE, EEUU y Japón se redujeron un poco en el primer semestre de 2008, pero después aceleraron su declive, especialmente en el último trimestre por la recesión. Todo ello determinó una drástica reducción de las ventas de coches y las de los más grandes se desplomaron (con caídas de hasta el 70%), provocando una aguda crisis en el sector. Las compañías estadounidenses fueron las más impactadas, por centrar su negocio en coches muy grandes e ineficientes, llevando a la quiebra a General Motors (Uchitelle, 2008; OCDE, 2009).

El ferrocarril se fortaleció en 2007 y 2008 a nivel mundial. Según la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) en 2007 el tráfico de viajeros aumento en un 1.5-2% en Europa y Japón, mientras que en mercancías fue del 3.5% para la Europa. En 2008 se mantuvo esta tendencia en viajeros: un crecimiento del 3.9% en viajeros en viajeros-Km y a un ritmo menor en Rusia y Japón. Los ritmos de crecimiento en India y China fueron explosivos (UIC, 2009). En EEUU venía aumentando el número de viajeros en el ferrocarril y en 2007 lo hizo en un 3%. En 2008, las compañías ferroviarias de EEUU tenían encargados 3.000 nuevos vehículos. La mejoría del ferrocarril no impidió que también las compañías adoptasen medidas para reducir el consumo de energía, sobre todo adiestrando a los conductores en el ahorro de energía. Por ejemplo, lo hicieron First Group y TransPennine Express (Milmo y Adetunji, 2008; Krauss, 2008).

b) Transformaciones generales previsibles en el futuro

La crisis energética consolidará el cambio de paradigma. Así que resultan particularmente desacertados los planes de construcción de grandes infraestructuras de transporte en base a la extrapolación de las tendencias históricas de crecimiento de la movilidad. Resulta indudable que el actual flujo internacional de personas y mercancías se reducirá. La gente priorizará la proximidad de los centros trabajo y servicios a la hora de comprar la vivienda. Primará vivir en ciudades densas y de tamaño medio, que garanticen desplazamientos cortos (y en transporte público) para ir a trabajar, para acceder a servicios, etc. (Faesta, 2007; p. 43).

En general, se reducirá aún más la velocidad de los modos, aparte de que el trasvase modal de pasajeros y mercancías se produce normalmente hacia modos más lentos. Los tráficos de mercancías por avión y por camión se reducirán drásticamente. También disminuirán las distancias recorridas. Se intensificará la tendencia hacia la regionalización del comercio y los desplazamientos de mercancías a larga distancia serán exclusivamente para las de poco peso y alto valor añadido. Un proceso semejante, pero menos intenso, se producirá en el transporte de viajeros, debido a que los desplazamientos muy largos y los muy frecuentes serán muy caros. Es muy probable que sean abandonados muchos de los proyectos de construcción o ampliación de aeropuertos, puertos y de líneas de AVF. Por el contrario, se va a producir un incremento muy fuerte de la demanda en el transporte de cercanías, por el trasvase de viajeros del coche a ellos. Por ello los medios colectivos se verán desbordados. Esta situación se puede paliar con la promoción de los desplazamientos no motorizados. Una idea de su potencial lo da el hecho de que en la UE el 50% de los desplazamientos en coche son de distancia inferior a 5 Km y el 30% son de menos de 3 Km, por lo que pueden realizarse de forma no motorizada, bien en bici o andando (Comisión Europea, 2007; p. 7).

En el transporte de mercancías se intensificarán los procesos de trasvase de la carretera al ferrocarril y al barco en recorridos medios-largos. Pero, aunque resulta difícil realizarlo (con carácter generalizado) en trayectos inferiores a 200 kilómetros, sus altos costes llevarán a buscar nuevas formas de reducir su uso. Empiezan a manifestarse algunas tendencias en este sentido. Una es que se busca acercar el tren lo más cerca posible a las zonas de distribución. Los ferrocarriles franceses inauguraron en 2008 un servicio de trenes de mercancías que llegan hasta la estación parisina de Bercy y desde allí se distribuye la carga en furgonetas por las tiendas de una importante cadena de distribución. Otro caso se da en las llamadas "autopistas del mar" (servicios regulares entre puertos), donde se suele emplear el método *roll-roll* (transportan los camiones sin las cabezas tractoras). Una idea de su progresión lo da la empresa *Transfennica*, que en 2007 estableció este sistema entre los puertos de Bilbao y Zeebrugge (Bélgica) con un barco. Dos años después pasó a tres. También este sistema funciona en Gijón, Vigo y en los principales puertos del Mediterráneo. Este sistema acerca el barco al destino de la carga, al ser utilizado por puertos medios, que abastecen a zonas más pequeñas que los grandes puertos (Bermejo, 2009; pp. 114-117; *Boletín del Puerto de Bilbao*, septiembre de 2009).

Así que los problemas mayores de saturación se producirán en los transportes de viajeros de cercanías y en el de mercancías por ferrocarril. Por el contrario, las carreteras y los aeropuertos se verán infrautilizados. Pero los modos receptores (ferrocarril y barco) tienen los ratios más bajos de mejora de la eficiencia energética, por lo que deberán mejorar mucho.

3. Transformaciones tecnológicas

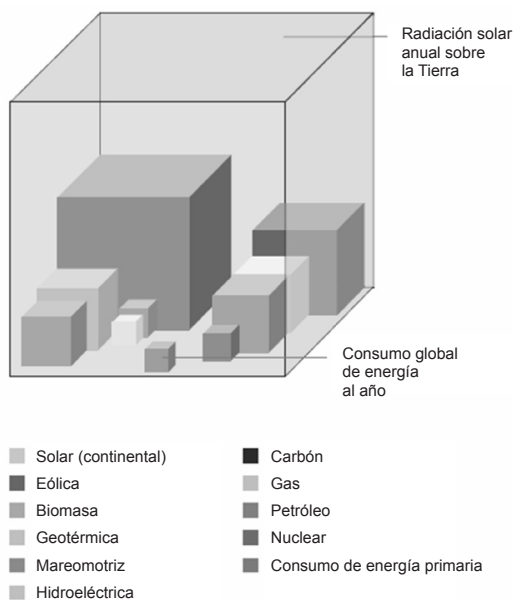
Ante el techo del petróleo se suele plantear como alternativa a las energías renovables, pero estas aportan mayoritariamente electricidad, calor y cantidades limitadas de agro-combustibles. Así que en principio no parecen ser una alternativa al petróleo. Pero veremos que las energías renovables deben ser utilizadas también para producir hidrógeno, que es el único combustible alternativo.

3.1. Electricidad renovable

El Gráfico 13 muestra que cualquiera de las fuentes renovables contempladas tiene potencial teórico para generar más energía de la consumida actualmente. Y destacan la fuente solar con un potencial 1.800 mayor que el consumo y, menor medida, la eólica (potencial de 200). Analizaré brevemente las energías eólica y fotovoltaica.

Crece rápidamente el número de Estados que aplican políticas de promoción de las energías renovables y algunos las revisan periódicamente para adaptarse a los crecimientos que desbordan los objetivos anteriores. Más de 100 países tienen algún objetivo de energía renovable y en la mayor parte de ellos el objetivo es alcanzar el 15-25% en energía primaria o electricidad para 2020. China está desarrollando fuertemente las renovables y elevando periódicamente sus objetivos. En 2009 tenía instalados 226 Gw (un cuarto del total de la potencia instalada), de los que 197 eran hidráulicos, pero la potencia eólica instalada se multiplicó por 30 entre 2005 y 2009. En 2009 fue el país que más potencia instaló. La estrategia del gobierno chino de 2010 prevé que para 2020 la potencia renovable acumulada sea de 500 Gw (300 hidráulicos, 150 eólicos, 30 de biomasa y 20 fotovoltaicos): darían un 15% de la ener-

Gráfico 13.
El potencial físico de las energías renovables

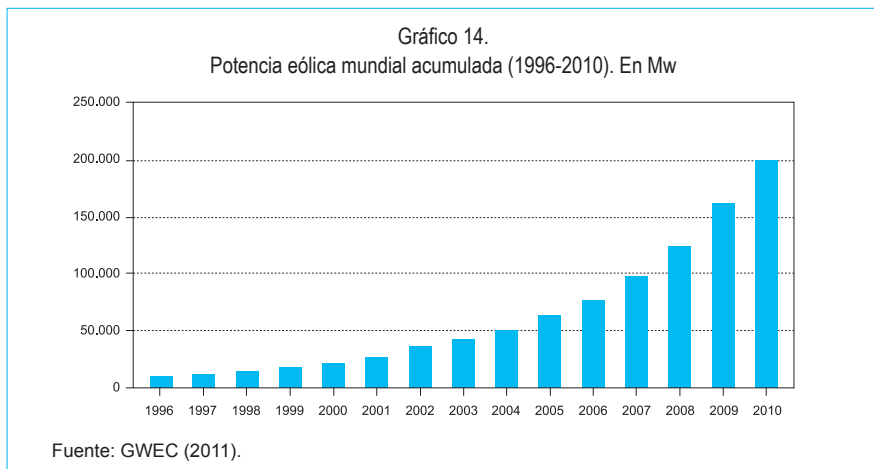


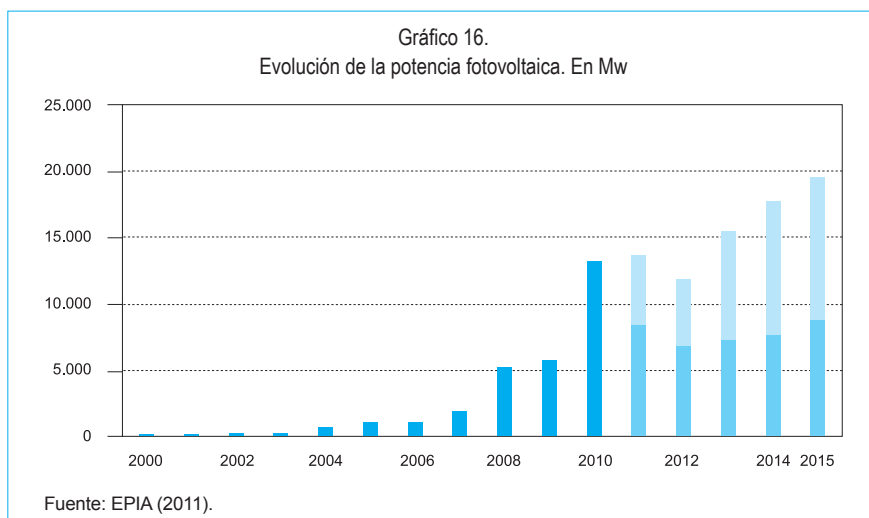
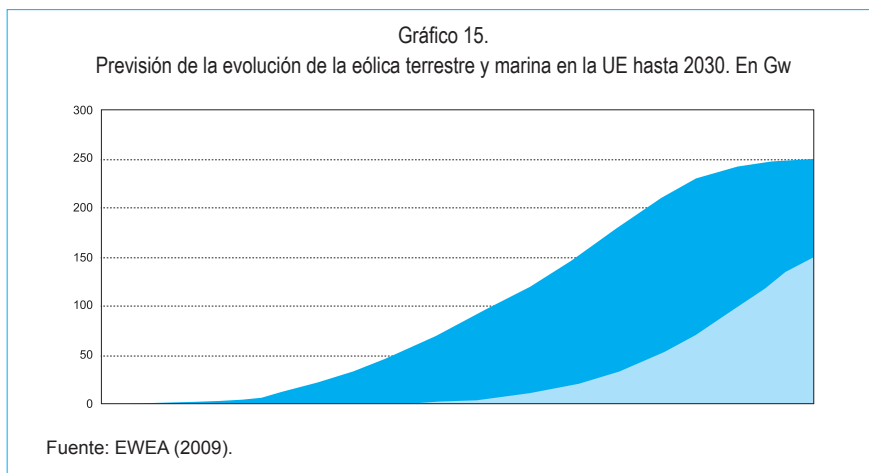
Fuente: EPIA (2011b).

gía primaria. Japón dio en 2008 un giro radical a su política volcada en la energía nuclear y, sin renunciar a ella, pretende convertirse en el líder en renovables del siglo XXI (Martinot y Junfeng, 2010). El Consejo Europeo de Bruselas (marzo de 2007) aprobó un *Plan de Acción* vinculante con los siguientes objetivos de las energías renovables para 2020: incremento en un 20% de la eficiencia energética; aportación del 20% de las energías renovables al consumo total; y como rasgo negativo un mínimo del 10% de contribución de los agro-combustibles al consumo total. Rasgo que la directiva 2009/28/CE modificó, de forma que el 10% debe ser alcanzado por la electricidad renovable (vehículos eléctricos), el hidrógeno y los agro-combustibles. La Comisión Europea considera que con la dinámica actual de desarrollo de las renovables se cumplirá el objetivo del 20% de la energía primaria (COM[2010] 639final: 5).

La energía eólica viene creciendo al ritmo anual del 30% y en 2011 alcanzó una potencia total acumulada en el mundo de 200.000 Mw (Gráfico 14). La UE es hegemónica a escala mundial, pero China es el país que más está acumulando potencia eólica.

El futuro de la eólica va a descansar cada vez más en la instalada en el mar en la UE. Pero, aunque en este momento, domina la instalada sobre plataformas fijas en aguas superficiales de los mares del Norte y Báltico, numerosos Estados están desarrollando la eólica flotante, porque la mayoría de las plataformas marinas alcanzan mucha profundidad al alejarse de las costas. El Gráfico 15 muestra el desarrollo de la eólica terrestre y marina hasta 2030 y, mientras la primera tiende a la saturación al final del periodo considerado, la marina se mantiene en pleno desarrollo.





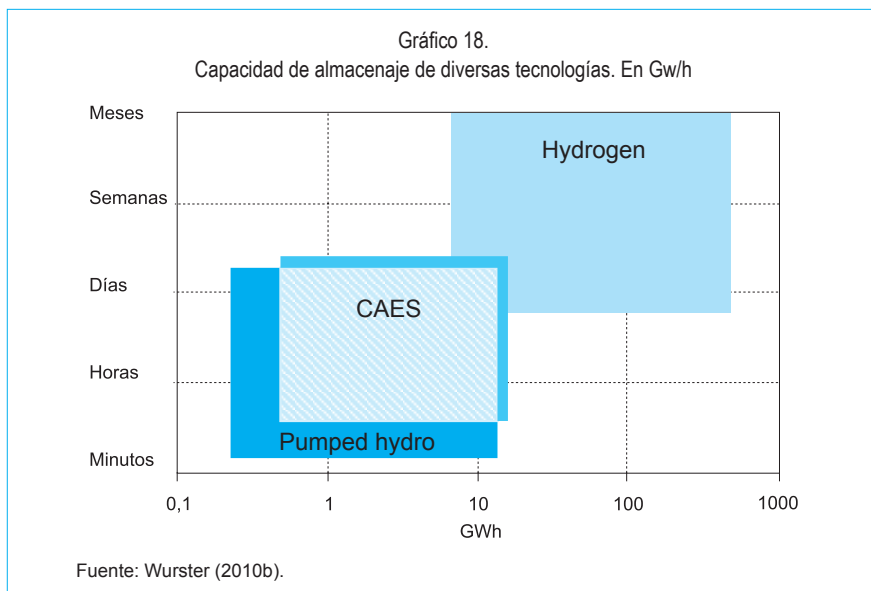
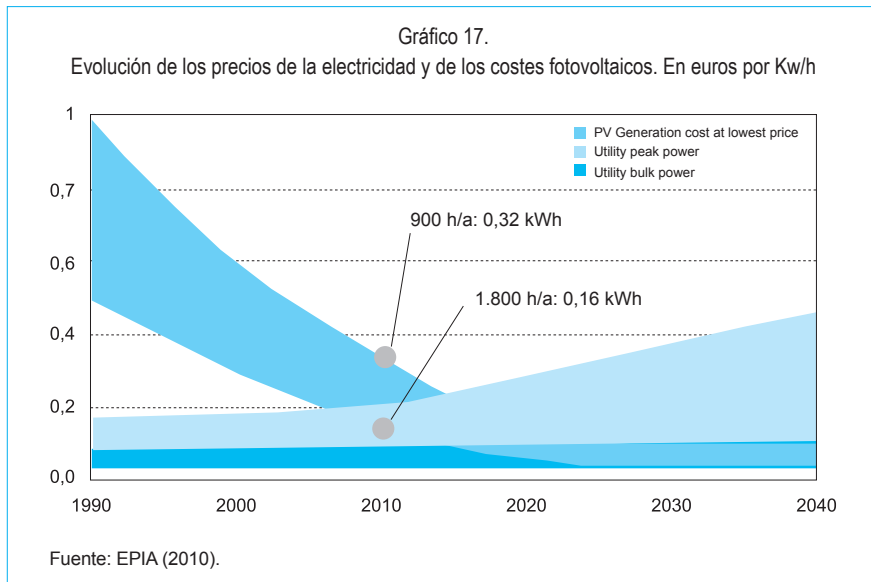
La energía fotovoltaica se distingue por su desarrollo explosivo. Aunque la década pasada ha crecido al ritmo medio del 60%, en 2010 lo hizo en un 130% (instalando en la UE unos 13.000 Mw) y el sector prevé un crecimiento en 2011 del 100%. Siendo Alemania el líder mundial (instaló 7.200 Mw en 2010, mientras España acumuló sólo 360 Mw, a pesar de tener el doble de insolación).

El crecimiento explosivo de la energía fotovoltaica está provocando un desplome de los costes, tal como se muestra en el Gráfico 17. Por lo que, a pesar de que en el pasado fueron muy superiores a los eólico, los países soleados europeos están muy cerca de rebajarlos al nivel de las energías convencionales. EPIA prevé que en un par de años lo alcancen (aunque en las horas centrales del día ya lo están alcanzando) y que luego se vaya extendiendo, alcanzándolo dos tercios de la UE para 2020.

Históricamente ha dominado la visión de que un sistema eléctrico eficiente debía basarse en grandes plantas de generación y largas líneas de transporte. Pero el extraordinario desarrollo de las energías renovables y su carácter distribuido abren las puertas a un modelo eléctrico descentralizado, de generación distribuida (GD). La GD supone un conjunto de pequeños productores (normalmente de electricidad renovable) y usuarios conectados a una red local, la cual está a su vez conectada con la red general. La dinámica actual de GD tiende a diluir los límites entre generadores y consumidores y entre sectores. Los edificios pueden generar su propia electricidad (mediante placas fotovoltaicas y/o pilas de hidrógeno) energía y verter a la red los excedentes. Al utilizar vehículos eléctricos (batería y células de hidrógeno) el sector de transporte adquiere capacidad para almacenar y generar electricidad. Estas redes no sólo gestionan la oferta sino también la demanda. Todo ello produce un nivel de complejidad de gestión desconocido en el pasado. Pero estos sistemas complejos pueden ser gestionados de forma eficiente mediante el uso de tecnologías informáticas y de telecomunicaciones (TIC), dando lugar a la creación de redes inteligentes. Pero un estudio para el Parlamento Europeo declara que:

“... a pesar del movimiento hacia un sistema energético más sostenible, la estructura legislativa europea actual tiende a promover las energías renovables a gran escala y frecuentemente falta el apoyo al desarrollo e integración la generación pequeña y micro” (Wurster *et al.*, 2010a; pp. 11, 77).

Por otro lado, un sistema eléctrico 100% renovable y descentralizado necesita una importante capacidad de acumular energía. Existen múltiples formas de hacerlo, pero cuando se exige el almacenamiento de grandes cantidades de energía y durante periodos prolongados (más de 48 horas), las alternativas se reducen mucho. El bombeo de agua de un pantano a otro superior es el sistema más eficiente (80% de rendimiento) y utilizado, seguido del aire comprimido (70%), siendo bajo el rendimiento del H₂ (30-40%) (Gráfico 18). Pero es la única solución cuando se necesita almacenar energía durante semanas o meses, tal como se muestra en el Gráfico 18 (LBST, 2010).



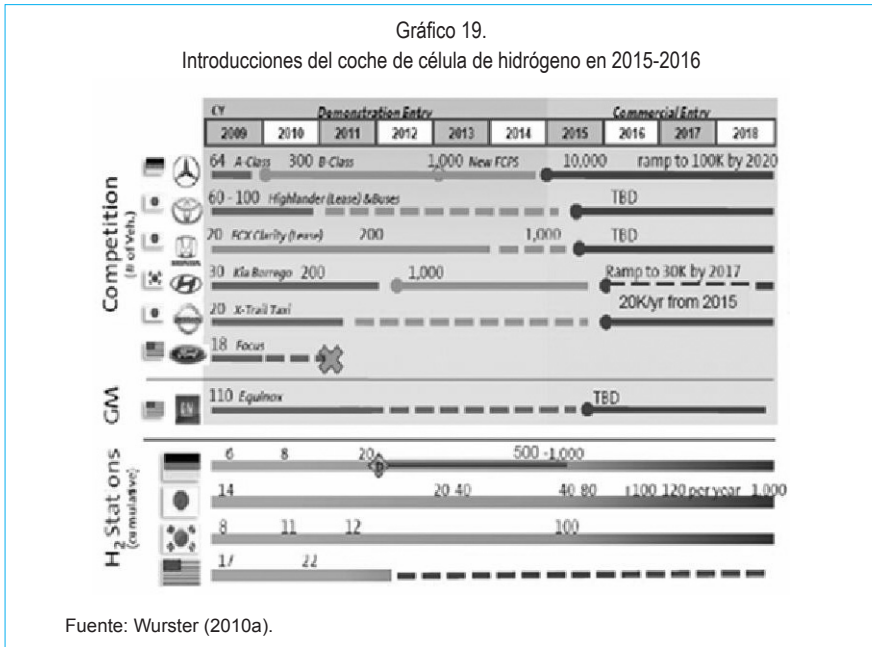
3.2 Combustibles renovables

En el caso del transporte se postulan los agro-combustibles (AC) y el coche eléctrico. A primera vista parece que son elecciones acertadas. Pero la primera opción no es válida, porque falta tierra cultivable y el balance energético de las plantas de clima templado tienen rendimientos muy pobres. Y los cultivos tropicales dedicados a la exportación generan enormes impactos sociales y ambientales. Un informe del *Institute for European Environmental Policy* (IEEP), basado en otros de la propia Comisión Europea, y que ha contado con la colaboración de sus *Joint Research Centers*, llega a conclusiones demoledoras, a pesar de basarse en hipótesis conservadoras. El resultado es que el cambio indirecto de tierra asociado a los AC (ILUC por sus siglas en inglés) aumentará los GEI del transporte hasta un 6%. Dicho de otra forma, se producirá en 2020 “entre el 80,5 y el 166,5% más GEI que si se utilizara la misma cantidad de combustibles fósiles [...]”. Ello subraya la necesidad de priorizar la cuestión del ILUC asociado a los biofueles” (IEEP, 2010; pp. 16, 21). La segunda elección tampoco es válida, porque no es una solución a los vehículos de transporte colectivo y de mercancías. Pero tampoco es una alternativa al coche impulsado por el petróleo, porque la batería siempre será una limitación por su pobre capacidad de almacenar energía. La Comisión Europea afirma que “los coches eléctricos puros se muestran más prometedores en el ámbito urbano, dado el limitado alcance que proveen las baterías” (COM[2010]186 final). Así que la única alternativa es el hidrógeno asociado a la célula de hidrógeno pero, dado que este es un combustible secundario, éste debe ser producido a partir de energías renovables: el hidrógeno debe ser renovable.

Se produce cada año más de medio billón de metros cúbicos de hidrógeno para la industria, lo que supone un potencial energético equivalente a más del 10% del petróleo consumido. Pero ahora sus aplicaciones se están expandiendo en la producción eléctrica asociado a la célula o pila de combustible en una gama amplísima de usos y especialmente en el transporte. Hay múltiples razones para ello: alto potencial energético (un kilo de hidrógeno es equivalente al de 3,5 litros de petróleo); incrementa la seguridad energética, porque se puede obtener de cualquier fuente energética; solventa el problema de la intermitencia de las principales energías renovables; y asociado a la célula de combustibles sus usos son altamente eficientes. Por el contrario, el hidrógeno tiene dos limitaciones importantes: es un combustible secundario, por lo que hay que gastar energía para obtenerlo rompiendo la molécula del agua; y es necesario almacenarlo a gran presión (especialmente en los vehículos), porque es el gas más volátil. Se suele afirmar que es peligroso, pero más de un siglo de utilización industrial muestra unos resultados impecables.

Según un informe del DoE (2004) al Congreso: “la tecnología de células de combustible ofrece oportunidades únicas de sustanciales reducciones en el uso de energía y en emisiones en su aplicación al transporte y a la producción eléctrica”. Pueden alcanzar una eficiencia de hasta el 90%, recuperando el calor residual. Tiene una alta eficiencia incluso cuando no funcionan a plena carga. Sólo emite vapor de agua. Es una tecnología flexible (le permite adaptarse fácilmente a todos los usos posibles de la electricidad) y se adapta fácilmente a los incrementos de demanda por su carácter modular. Se emplean para producir electricidad desde en aparatos microelectrónicos hasta en gran escala para alimentar a las redes eléctricas. A pesar de su importancia, el apoyo institucional ha sido insuficiente y variable, por lo que a mediados de la década pasada se quebró el optimismo sobre su rápido desarrollo que existía anteriormente. Esta actitud sólo se puede entender por una falta de comprensión sobre la escasez del petróleo. Y, aunque las potencias clásicas vienen elevando su apoyo desde finales de la primera década del siglo XXI, el retraso acumulado lleva a que muchos consideren que el hidrógeno sólo puede ser una alternativa al petróleo en el transporte a medio-largo plazo. Pero la nueva escalada del petróleo ha renovado el apoyo de la UE. Aparte de la inversión de unos 200 M€ año, ha aprobado otra adicional de cerca 1000 M€ en 6 años en un proyecto denominado *New Energy World*, con el objetivo de despliegue masivo de las tecnologías del hidrógeno antes de 2020 (EHA, 2010).

Los Estados están centrados en la aplicación de la célula a coches. En consecuencia, se retrasa su aplicación a los vehículos de transporte ferroviario, marítimo y aéreo, e incluso del autobús. Sin embargo, sería mucho más fácil introducir las pilas en los vehículos indicados (salvo en el avión) porque tienen amplio espacio para almacenar hidrógeno y no requieren unas prestaciones tan exigentes como las del coche (alta autonomía, reducido espacio de almacenamiento de hidrógeno, alta durabilidad de las pilas, etc.). Muchos fabricantes de automoción (Honda, Daimler, Toyota, etc.) están convencidos de que sólo el hidrógeno garantiza el futuro del sector y que los coches eléctricos y las variantes de coches híbridos son pasos intermedios (y facilitadores) hacia la tracción de célula, mientras se construye su infraestructura. Mientras que los rendimientos de los motores de combustión se sitúan en el entorno del 20% (17-18 % en EEUU) el de las células para automoción puede llegar al 60%. Por ello, y a pesar de que la producción de hidrógeno supone mayor energía consumida que la que se invierte en la cadena de producción de gasolinas, se espera un rendimiento doble del de un coche convencional. Su comercialización exige una vida de 5 años (200.000 km) y más de 400 km sin repostar. Estos objetivos han sido superados por algunos fabricantes, pero aún el coste y el peso del depósito son excesivos (Callaghan *et al.*, 2010).



La UE pretende impulsar la construcción de la infraestructura básica para 2017 en dos fases. En la primera se crearían 30 regiones de demostración (ya están funcionando) con 9 estaciones en cada una. En la segunda fase se irían conectando las zonas con nuevas estaciones. Pero algunos Estados y regiones van más avanzados. A finales de 2009 en Alemania un grupo de empresas de energía se comprometieron a construir una red de estaciones de servicio por todo el país para 2015 y poner en carretera ese año cantidades significativas de coches y cientos de miles poco después. Acuerdos semejantes se han alcanzado en Japón, Corea del Sur, etc. La experiencia en cambio de combustibles indica que es necesario que un 15-20% de las estaciones de servicio ofrezcan hidrógeno para entrar en la producción en masa de vehículos. (McKinsey, 2010; EHA, 2010). El Gráfico 19 muestra los planes de las compañías de automoción.

Las flotas de vehículo cautivos (autobuses, taxis, furgonetas de reparto) constituyen el mercado temprano de mayor potencial, por utilizar recarga de combustible centralizada y porque el sobrepeso del sistema no supone un problema importante. La UE puso en marcha en 2003 el programa CUTE en el que 10 ciudades utilizaron 3 autobuses Daimler cada una. En 2006 puso en marcha el programa comunitario HyFLEET con 50 autobuses Daimler de nueva generación, para ser utilizados en siete ciudades europeas, en Pekín y en Perth (Australia). Ambas experiencias fue-

ron un éxito total: los utilizaron 8,5 millones de pasajeros y recorrieron 2,5 millones de kilómetros. Daimler presentó en 2010 un avanzado autobús de hidrógeno con autonomía de 240 Km. La *European Hydrogen Association* (EHA) afirma que el autobús “esta cerca de la comercialización” (EHA, 2010).

4. Impactos del techo y transformaciones previsibles en la economía española

España caracteriza por una dependencia del petróleo desconocida en la UE. El consumo de energía se multiplicó por un factor de 2,5 ente 1973 y 2005, a pesar de que entre 1973 y 1985 el petróleo fue muy caro. Entre los años 1985 y 2003 el consumo de petróleo en España creció un 143% y en la UE15 un 55%. El resultado es un alta nivel de dependencia. En 2007 importó el 79,5% de su energía (sobre todo petróleo y gas), mientras que este ratio fue en la UE del 53,1%. La aportación del petróleo en España supone el 48% del consumo energético, habiendo reducido este ratio por los altos precios del petróleo en un principio y después por la crisis, tal como indica la tabla. Esta enorme dependencia del petróleo determina una vulnerabilidad muy alta al techo del petróleo. Una consecuencia es que en las escaladas de precios la factura del petróleo se dispara. Entre marzo de 2007 y de 2008 se duplicó el coste de las importaciones de petróleo (www.ine.es).

La enorme dependencia española del petróleo con respecto a la media de la UE es debida, sobre todo, a dos factores: una menor aportación del gas natural al *mix* energético y el papel fuertemente hegemónico de la carretera en el transporte español. Los gobiernos españoles mantienen desde hace varias décadas una política de transporte de gestión de la oferta, excepto en el ferrocarril. Es decir, se prevén los aumentos de movilidad futuros y se construyen las infraestructuras que la satisfacen. Es lo que se define como política de “prever y dotar”. Ello se ha traducido en: una construcción masiva de carreteras de alta capacidad, hasta el punto que en 2009 alcanzó el liderazgo europeo, desbancando a Alemania; unos precios particularmente bajos de las gasolinas (aproximadamente un 20% más bajas que la media europea); una fiscalidad sobre vehículos relativamente baja; un transporte de mercancías por carretera fuertemente subvencionado; y, por el contrario, el abandono del ferrocarril convencional. Estos factores han reducido a niveles residuales su cuota de mercado en mercancías. Comparando el reparto modal de España con el de la UE-12 (UE-15 menos España, Portugal y Grecia) se ve que en la primera la carretera domina de forma mucho más acusada que en la segunda, sobre todo en mercancías. En España el automóvil transportó el 81,4% de

los pasajeros-km en 2006, frente al 74,2% en la UE-12. En mercancías la cuota del ferrocarril español fue del 4% de las toneladas-kilómetro (y sigue bajando), mientras que en la UE-12 fue del 28%².

Por el contrario, en el caso del ferrocarril no se aplica la política de prever y dotar, sino la de liderazgo mundial de alta velocidad (AVF), por lo que se invierte masivamente en ella, marginando la red convencional. El *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte* (PEIT 2005-2020) es la expresión de la política de transportes española, ya que establece los objetivos de construir 6.000 Km de autovías y autopistas y 9.000 Km de líneas férreas de alta velocidad, de los cuales unos 2.000 para velocidades de hasta 300 Km/h de velocidad punta y 4.000 hasta 250 Km/h. De cumplirse el PEIT, España contaría 2020 con el 50% de la red de AVF de la UE en 2020. A principios de 2008 España ya alcanzó el primer lugar de Europa en kilómetros de AVF y el segundo del mundo. En 2010 el gobierno anunció que era líder mundial al sobrepasar a Japón, aunque los expertos consideran que China ocupa ya la primera plaza. También es líder europeo en número de aeropuertos comerciales (48), seguido de Francia (42), mientras que Alemania sólo tiene 25. Normalmente no llegan a 10 los aeropuertos rentables (sólo 9 lo fueron en 2009, la gran mayoría de ellos se ubican en centros turísticos). Para lograr estos objetivos ha sido necesaria una enorme inversión. España ha venido invirtiendo en el entorno del 2% del PIB, mientras que el resto de países de la UE están muy por debajo del 1%. Ello explica, en buena medida, que desde 1993 el gasto social de España se viene reduciendo en relación con la media de la UE. En 1993 fue un 24% del PIB y en la UE-12 un 28%. Y en 2006 se situó en 20,9% y el de la UE-27 en un 26,9% (Ministerio de Fomento, 2005; *Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados*, 2008: 13; www.aena.es).

Aunque la especial severidad de la crisis española (en el contexto de la UE -15) se explica, en gran medida, por el derrumbe de una burbuja inmobiliaria (que se creó como resultado de una relación simbiótica del sector de la construcción y el financiero) sin parangón a nivel mundial, también influye la vulnerabilidad especialmente alta de la economía española al petróleo caro. El problema tradicional de un déficit crónico de la balanza de pagos, se agrava de forma extraordinaria en las escaladas de precios del petróleo, como lo demuestra la duplicación de los pagos exteriores comentada. Por ello no extraña que el Informe *La Energía en España 2008* recoja el texto de la AIE (WEO 2008): "La AIE destaca que la tendencia actual tanto del suministro como del consumo de energía es insoste-

² <http://www.eurostat.org>.

nible, no sólo desde el punto de vista ambiental sino también desde el punto de vista económico y social” (Ministerio de Industria, 2009; p. 13). Pero el Gobierno español no actúa de forma consecuente con este diagnóstico.

A pesar de que José Blanco declaró a consecuencia del drástico recorte de presupuesto para transporte que se produjo en la primavera de 2010 que «en un país como España, con una renta per cápita inferior a la media europea y con una presión fiscal más de seis puntos por debajo de la media de la zona euro, exigíamos un nivel de infraestructuras mucho mayor que cualquiera de los países más ricos», Fomento sigue priorizando la AVF. Pero no olvida la carretera. Subvenciona con préstamos blandos a las principales empresas constructoras (que son las mayores del mundo) en el caso de numerosas autopistas que son ruinosas. La prioridad de mercancías se traduce en invertir 3.000 M€ en adaptar dos corredores convencionales (Algeciras, Valencia, Barcelona, frontera y Sintés, Madrid, País Vasco, frontera). Se supone que pondrá ancho europeo, pero las altas pendientes de las cordilleras peninsulares son un obstáculo infranqueable para largos convoyes. Fomento prevé que pasen de 350 a 750 metros. La solución en mercancías es reconvertir el sistema de AVF en un ferrocarril mixto y ello exige rediseñar el trazado para velocidades inferiores a 200 K/h. En el momento actual, ni los mejores trayectos llegan al mínimo de rentabilidad y con el techo del petróleo la demanda de viajeros en AVF se reducirá mucho. E. Davignon (coordinador europeo para el Transporte Transpirenaico) tiene clara esa prioridad: “Mi convencimiento es aún mayor [que al principio de su mandato] en cuanto a que la finalidad de estas infraestructuras [los dos corredores de AVF entre España y Francia] evolucionará esencialmente hacia el transporte de mercancías” (Davignon, 2008; p. 12). Y la otra prioridad es el transporte de cercanías, por lo que necesita fuertes inversiones para hacer frente a las necesidades del futuro próximo.

Pasando al sector energético, vemos que el panorama de las renovables ha venido empeorando desde de 2008 y especialmente el de la fotovoltaica. Este tema requeriría un tratamiento más profundo del que le dedico aquí por razones de espacio, por lo que sólo haré un análisis general. Desde 2008 el Ministerio de Industria lleva adelante una campaña de descrédito de las renovables (en sintonía con el sector energético convencional) con acusaciones de: corrupción; desestabilización de la red eléctrica; altos costes y por ello responsables de gran parte de la deuda del Gobierno con el sector eléctrico.

El único caso de corrupción conocido se refiere a que en 2008 el 30 de septiembre decretó el fin a las enormes subvenciones a la energía fotovoltaica (las cuales mostraban una gestión nefasta del Gobierno). El anuncio anticipado del

recorte provocó una avalancha de inversiones, pero algunas empresas que no pudieron terminar a tiempo sus proyectos declararon que los habían concluido. En el RDL 6/2009 el gobierno declara que “las renovables son un gran riesgo a corto plazo para el sistema eléctrico por razones económicas y técnicas”. La supuesta desestabilización de la red de las razones “técnicas” es desmentida reiteradamente por Luís Atienza, responsable de Red Eléctrica, afirmando que está tomando las medidas necesarias para que se alcancen los objetivos fijados para España por la directiva 20/20/20 y es reconocido como el mejor integrador de las renovables en Europa. Las razones económicas son desmentidas por las continuas y drásticas rebajas de las primas (aparte de innumerables trabas al desarrollo de las renovables) y porque vienen contribuyendo a la rebaja del precio de la electricidad que resulta de las subastas trimestrales. La deuda pública con las compañías eléctricas tiene su origen en la decisión del último Gobierno del Partido Popular de bajar el precio de la electricidad (que venían cayendo en picado desde 2008 y la redujo en más de un 30% adicional) y asumir el Estado las pérdidas que tal política ocasionaba al sector eléctrico. Y el Gobierno socialista sólo ha realizado subidas pequeñas y tarde, por lo que la deuda alcanzó 20.000 M€ a finales de 2010. Sin embargo, el argumento de que las renovables son caras permite justificar que el RDL (que incluye la subida del precio indicada) establezca que, de los 4.600 M€ que pretende ahorrar el Estado, 3.000 M€ sean costeados por las renovables (mediante reducción de las primas y de las horas que pueden cobrarlas), de las que al subsector fotovoltaico le suponen 2.200 M€. Por el contrario, no se cita que las renovables están elevando en nivel de autoabastecimiento energético, reduciendo las emisiones de CO₂ y que los costes de las renovables bajan continuamente y los de la fotovoltaica se desploman (40% cada año en 2009 y 2010) (<http://www.energias-renovables.com>).

Todo ello está teniendo un efecto demoledor en el sector renovable y sobre todo las medidas de carácter retroactivo, porque convierte a España en un país de alto riesgo para la inversión, como ha resaltado la prensa financiera internacional. La industria fotovoltaica anuncia que ha perdido 30.000 empleos directos en los dos últimos años y la industria eólica otros 10.000, y que las últimas medidas supondrán la pérdida de decenas de miles de empleos adicionales. Ello contrasta con la imagen que se da en el extranjero. Por ejemplo, el Presidente anunció en la reunión del G20 (otoño de 2010) que pretendía crear 100.000 empleos en el sector de renovables. Pero aún es más grave que esto ocurra en un momento en que se está decidiendo qué tecnologías y qué empresas liderarán el sector a escala mundial, en un contexto muy competitivo. Además, la política reseñada ocurre en un país que tiene la mayor insolación de Europa y una de las mejores del mundo, unas condiciones muy buenas de viento terrestre y marino para generadores flotantes

y una alto potencial hidráulico que permite estabilizar la red almacenando energía renovable³. Por último, el hidrógeno no es una prioridad para el Gobierno español. No tiene una estrategia de despliegue. Las empresas españolas no aparecen en el panorama internacional (I+D, patentes, etc.).

He comenzado este apartado indicando que España tiene una muy alta vulnerabilidad al techo y las políticas gubernamentales de transporte y energía (somera-mente analizadas) la aumentan, por lo que la vulnerabilidad crece. Aunque siempre queda la esperanza. El techo del petróleo pronto será tan evidente que obligará a realizar cambios drásticos. La Asociación de Empresas Fotovoltaicas (AEF) afirma que alcanzarán la paridad de costes en 2012. Las empresas españolas aún mantienen el liderazgo tecnológico en centrales termo-solares. Importantes empresas de renovables se mantienen gracias a su penetración en mercados emergentes. Algunos gobiernos autonómicos apoyan decididamente a las renovables.

Referencias bibliográficas

- > AIE (International Energy Agency) (2008): *World Energy Outlook 2008*. París, IEA.
- > AIE (International Energy Agency) (2010): *World Energy Outlook 2010*. París, IEA.
- > Batson, A. (2009): "China Takes Aim at Dolar"; en *The Wall Street Journal*, 24 de marzo de 2009.
- > Bermejo, R. (2008): *Un futuro sin petróleo. Colapsos y transformaciones socioeconómicas*, Madrid, CIP y Catarata.
- > Bermejo, R. (2009): "La política de transportes española ante el fin del techo del petróleo", en Alvarez Cantalapiedra, S. y Carpintero, O., eds.: *Economía Ecológica: Reflexiones y perspectivas*, Madrid, Ediciones de Ciencias Sociales.
- > BIS (Bank for International Settlements) (2007): *77º Informe Anual*, BIS,
- > Bukold, S. (2010): "Offshore Oil Drilling: Public Costs and Risks are Too High"; en *Global Oil Briefing* (50).
- > CAGT (Center for German Army Transformation) (2010): *Implications of Resource Scarcity On (National) Security*. CAGT.

³ <http://www.energias-renovables.com>

- > Callaghan, L. *et al.* (2010): *2010 Transport Fuel Cell Analysis*. Fuel Cell Today.
- > Chaykovskaya, E. (2010): "Trillions necessary to maintain Russia's oil production"; en *The Moscow News*, 29 de octubre de 2010.
- > Cohen, D. (2009): "2009. A year We Will Live to Regret". Disponible en <http://www.energybulletin.net/node/51013>
- > Comisión Europea (2007): *Sustainable Urban Transport Plans*. Comisión Europea.
- > Comisión Europea (2009): *EU energy and transport in figures*. Bruselas, Comisión Europea.
- > Davignon, E. (2008): *Informe anual del coordinador europeo. Proyecto prioritario nº 3. Eje ferroviario de alta velocidad del sudoeste de Europa*. Bruselas, Comisión Europea.
- > Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados (2008): *Discurso de don José Luis Rodríguez Zapatero en la sesión de investidura como Presidente del Gobierno*. Sesión plenaria nº 2, celebrada el 8 de abril de 2008.
- > DoE (US Department of Energy) (2004): *Hydrogen Posture Plan*. WashingtonDC, DoE.
- > EHA (European Hydrogen Association) (2010): *EHA contribution to the Consultation on the Energy Strategy for Europe EU 2011-2020*. EHA.
- > EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (2010): *Solar Generation 6*. EPIA.
- > EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (2011): *Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2015*. EPIA.
- > Eriksen, T. (2009): *World Oil Forecast-Update November 2009*. En <http://www.energybulletin.net/print/50793>
- > Eurostat (2008): *Energy, Transport and environmental Indicators*. Eurostat.
- > EWEA (European Wind Energy Association) (2011): *Pure Power. Wind Energy targets for 2020 and 2030*. EWEA.
- > FAESTA (The Foundation for the Economics of Sustainability) (2007): *Envisioning a Sustainable Ireland from an Energy Availability Perspective*. Dublín, The Foundation for the Economics of Sustainability.

- > Focus Groups (2009): *Report: The Future of Transport*. Directorate-General for Energy and Transport, European Commission.
- > Foucher, S. (2011): "Crude Oil and Liquids Capacity Additions: 2010-2015". Disponible en <http://www.theoildrum.com/node/7785>
- > GWEC (Global Energy Wind Council) (2011): *Annual Market Update 2010*. GWEC.
- > Hagens, N. (2011): "Time to Wake Up: Days of Abundant Resources and Falling Prices Are Over Forever". Disponible <http://www.theoildrum.com/node/7853>.
- > Hamilton, J. (2009): "Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08". *Brooking Papers on Economic Activity*.
- > Hemmingsen, E. (2010): "At the base of Hubbert's Peak: Grounding the debate on petroleum scarcity"; en *Geoforum* (41, 4).
- > Hirsch, R. L. *et al.* (2010): *The Impending World energy Mess*. Amazon.
- > Ho, M. W. (2005): "Making the World Sustainable"; en *Energy Bulletin* (julio).
- > Hummels, D. (2009): *Globalization and Freight Transport Costs in Maritime Shipping and Aviation*. OECD and International Transport Forum.
- > IEEP (Institute European Environmental Policy) (2010): *Anticipated indirect Land Use Change Associated with Expanded Use of Biofuels and Bioliquids in the EU. An Analysis of the National Renewable Energy Action Plans*. IEEP.
- > IPTOES (Industry Taskforce on Eak Oil & Energy Security) (2010a): *Oil Crunch (Second report)*. IPTOES.
- > IPTOES (Industry Taskforce on Eak Oil & Energy Security) (2010a) (2010b): *Peak Oil. Implications of the Gulf of Mexico oil spill*. IPTOES.
- > Kilian, L. (2010): "Comment on "Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08" by James D. Hamilton"; *Brooking Panel on Economic Activity*.
- > Konyrova, K. (2008): "Kashagan field oil production delayed"; en *New Europe* (mayo).
- > Koppelaar, R. (2010): "Oilwatch Monthly. June 2010"; ASPO Netherlands.
- > Korowicz, D. (2010): *Tipping Point. Near-Term Systemic Implications of the Peak in Global Oil Production. An Outline Review*. Dublín, Faesta.

- > Krauss, C. (2008): "Gas Prices Send Surge of Riders to Mass Transit". Disponible en <http://www.nytimes.com>
- > Lawrence, F. (2005): "Food study reveals hidden costs of transport". Disponible en <http://www.guardian.co.uk>
- > Martinot, E. y Junfeng, L. (2010): *Renewable Energy Policy Update for China*. Disponible en <http://www.renewableenergyword.com>
- > McKinsey & Company (2010): *A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis*. Consorcio de empresas.
- > Mearns, E. (2009): *Oil price: Where next? And Thoughts for 2010*. Disponible en <http://www.energybulletin.net/print/51028>
- > Milmo, D. y Adetunji, J. (2008): "Britain goes slow as trains, planes and ships cut fuel costs". Disponible en www.guardian.co.uk
- > Ministerio de Fomento (2005): *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte*. Madrid, Ministerio de Fomento.
- > Ministerio de Industria (2008): *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2011*. Ministerio de Industria.
- > Murphy, D. (2009): "Further Evidence of the Influence of Energy on the U. S. Economy". Disponible en <http://netenergy.theoil Drum.com/node/5304>
- > Nelder, C. (2008): "Notes on ASPO-USA Peak Oil Conference"; ASPO-USA.
- > OCDE (2009): *Key Transport Statistics 2008*. París, OCDE.
- > Paris, A. J. (2009): "I am a banker. Some of us did not f*ck up". Disponible en <http://www.energybulletin.net/print/48463>
- > Pentágono (2008): *The Joint Operating Environment 2008*. United States Joint Forces Command.
- > Pentágono (2010): *The Joint Operating Environment 2010*. United States Joint Forces Command.
- > Renton, A. (2008): "Is this the end of cheap food?"; en *The Observer*, 20 de enero de 2008.

- > Rodrigue, J. P. (2008): *International Oil Transportation*. Hofstra University. Disponible en <http://people.hofstra.edu>.
- > RUBIN, J. (2009): *Why your world is about to get a whole lot smaller*. Nueva York, Random House.
- > Rubin, J. y Buchanan, P. (2008): *What's the Real Cause of the Global Recession?*
- > Rubin, J. y Tal, B. (2008): "Will Soaring Transport Costs Reverse Globalization?"; en *StrategEcon* (mayo), CIBC World Markets Inc.
- > Sousa, L. de (2009): "Andris Piebalgs: it may have peaked". Disponible en <http://europe.theoildrum.com/node/5397>
- > Stiglitz, J. E. (2009), "Capitalist Fools"; en *Vanity Fair Magazine* (enero).
- > Tverberg, G. (2009a): "Where we are headed: Peak oil and financial crisis". Disponible en <http://www.theoildrum.com/node/5320>
- > Tverberg, G. (2009b): *Science 1101. Petroleum and peak oil*. Disponible en <http://www.theoildrum.com/node/5969>
- > Tverberg, G. (2010): "World Oil Production. Looking for Clues as to What may be Ahead". Disponible en <http://www.theoildrum.com/node/7258>
- > Utchitelle, L. (2008): "Soaring Fuel Prices Take a Withering Toll on Truckers". Disponible en <http://www.nytimes.com>
- > UIC (International Union of Railways) (2009): *UIC world rail statistics for 2008*. UIC Statistic Department.
- > Wurster, R. et al. (2010a): *Tecnologías de hidrogenas y comercialización del H2 y los FCEVs en 2015*. LSBT.
- > Wurster, R. et al. (2010b): *Cómo llevar energías renovables al máximo éxito por medio del hidrógeno*. LSBT.

