

## **EL CENIT DEL PETROLEO PARTES 1, 2 Y 3 por Luis Picazo casariego**

Vivimos en un mundo petróleo-dependiente. La civilización actual descansa sobre un modelo energético, y en consecuencia socioeconómico, que depende de los hidrocarburos (petróleo y gas natural) a bajo precio. Y depende hasta tal punto que un desajuste creciente entre la oferta y la demanda no podrá ser asumido por el sistema. Ninguna medida económica, social o política que pretenda seguir manteniendo un modelo de crecimiento ilimitado será viable a medio plazo cuando este desajuste comience. O al menos no lo será sin nefastas consecuencias para gran parte de la humanidad. Mantener un modelo de desarrollo basado en el crecimiento ilimitado en un planeta de recursos finitos es una quimera. No podemos eludir las leyes fundamentales de la termodinámica. Y si hasta ahora este modelo se ha mantenido se debe a dos razones fundamentales: por un lado a la oferta abundante hasta fechas muy recientes de petróleo y gas a bajo precio, y, por otro, a una profunda desigualdad en su distribución (sólo una pequeña y privilegiada parte de la humanidad disfruta de los elevados índices de consumo energético de las sociedades occidentales). Pero esta situación está comenzando a cambiar. La oferta a bajo precio disminuye mientras la demanda sigue su ascenso imparable. La ecuación se complica amenazando la estabilidad socioeconómica. Una civilización en constante crecimiento con un modelo energético basado en los combustibles fósiles terminará inevitablemente por colapsar. Así pues, urge una transición hacia un nuevo modelo. Sin embargo, si continúan las actuales tendencias políticas, sociales y económicas, y a la vista de las proyecciones demográficas, un escenario de crisis global sin precedentes parece inevitable. Nos queda muy poco tiempo para llevar a cabo una transición que requiere de una voluntad política y ciudadana y un pacto entre estados nunca antes conocido. Incluso podría ser ya demasiado tarde. Y esto se debe, no al agotamiento del petróleo, como tradicionalmente se piensa, sino a la consecución de su pico de producción, que supondrá el final del petróleo barato.

Este documento pretende dar una explicación objetiva al fenómeno del pico o cenit de la producción de petróleo, analizando sus causas, sus manifestaciones, sus consecuencias y sus posibles soluciones\*

\* Casi todo lo expuesto aquí es también aplicable al otro hidrocarburo, el gas natural, cuyo cenit de producción seguirá al del petróleo.

### **Una sociedad petroleodependiente**

Hasta principios del siglo XIX el hombre dependía directamente de la energía solar para su abastecimiento energético. Esta se obtenía por la quema directa de biomasa o mediante la utilización de molinos de viento o hidráulicos, además, evidentemente, del esfuerzo humano. Con el descubrimiento del petróleo y el gas natural a mediados de ese siglo, se empezó a explotar una herencia biogeológica compuesta por miles de millones de toneladas de hidrocarburos. Estos hidrocarburos, originados por inmensas cantidades de microorganismos prehistóricos fosilizados, condensaron la energía del sol durante miles de años. La humanidad comenzó a vivir de un recurso que le permitió independizarse del flujo diario de energía solar. La consecuencia fue un desarrollo industrial y una explosión demográfica exponencial en un cortísimo período de nuestra historia. Había nacido la sociedad del hidrocarburo.

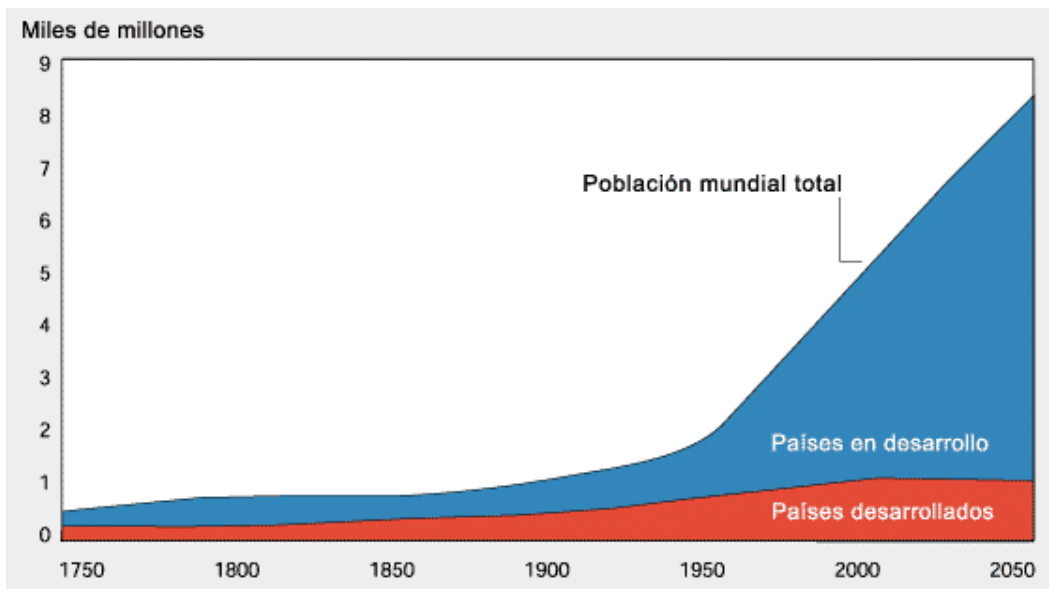


Gráfico 1. En este gráfico podemos apreciar el espectacular incremento demográfico debido al descubrimiento de los hidrocarburos, especialmente importante a partir de mediados del siglo XX, precisamente cuando se empieza a explotar el petróleo a gran escala (compárese el paralelismo entre este gráfico con el del pico de la producción mundial de petróleo, gráfico 11).

La energía que proporciona un recurso en relación con la energía que se invierte para obtenerla se denomina Tasa de Retorno Energético o EROEI (Energy Return on Energy Investment).

Como fuente de energía el petróleo es realmente eficaz. Con anterioridad a 1950, esta tasa era de 100/1; en los años 70 cayó a 30/1; actualmente es de 10/1 a escala mundial. Esto significa que, considerando por ejemplo una EROEI media de 30/1, por cada 30 barriles que se obtienen de petróleo se invierte 1 en su obtención (extracción, transporte y refino). Dicho de otra forma, se obtienen 30 unidades de energía por unidad invertida.

Por otro lado, el petróleo tiene una alta densidad energética y es relativamente fácil y seguro de almacenar a temperatura y presión ambiental. Por ello, es un magnífico combustible que constituye más del 90% del que se utiliza en el conjunto del transporte global (aéreo, marítimo y terrestre).

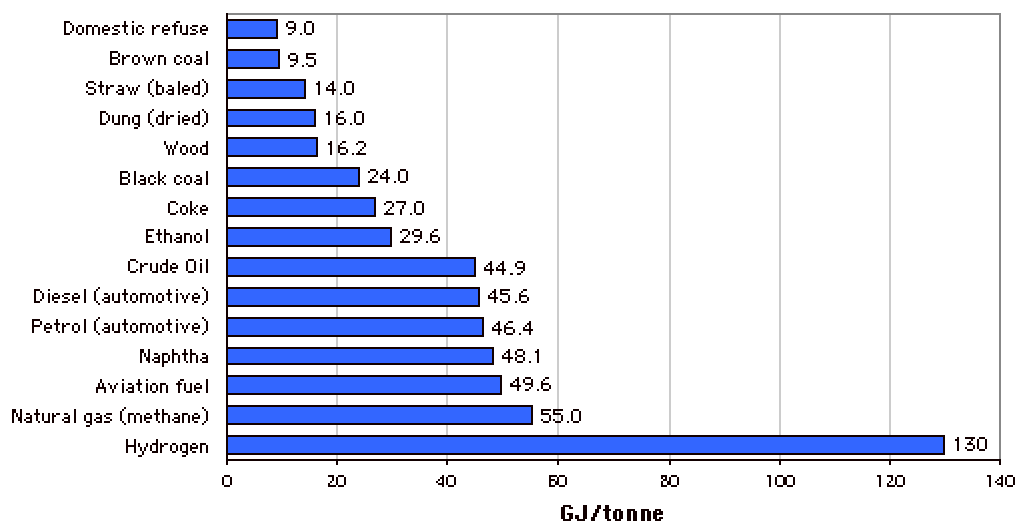


Gráfico 2. Densidades energéticas de diferentes combustibles.

Con estas cualidades no sorprende el grado de dependencia que la sociedad actual tiene del petróleo.

Es especialmente a partir de la década de los 70 cuando se empieza a producir un espectacular incremento del consumo mundial de energía primaria (especialmente de los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas). Entre 1971 y 2000 este consumo se incrementa en un 81%.

Actualmente, el 36% de la energía primaria se obtiene del petróleo y el 21% del gas natural (un 24% del carbón). Y, como ya se ha mencionado, el transporte global depende en más de un 90% del petróleo.

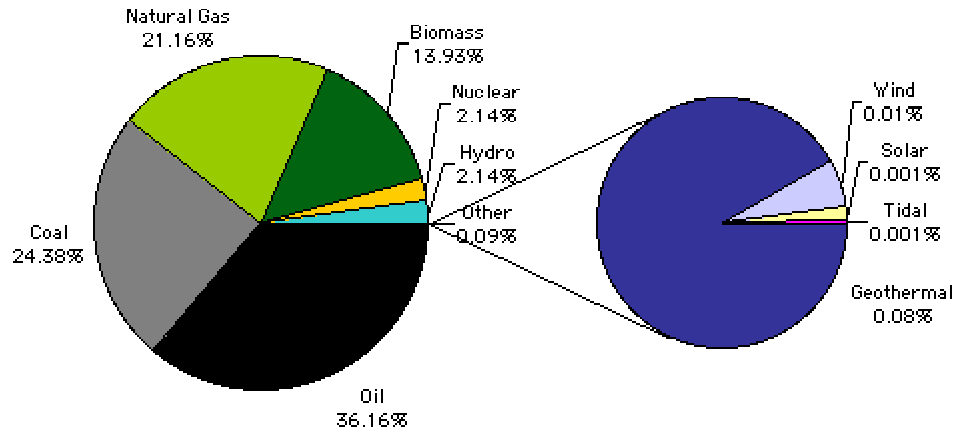


Gráfico 3. Desglose del consumo de la energía primaria.

Pero a esta dependencia energética hay que añadir la dependencia del petróleo como compuesto básico de la química orgánica. Constituye la base para más de ocho mil productos utilizados en infinidad de compuestos de la vida cotidiana, materiales de uso común y procesos industriales. Además es clave en la industria farmacéutica y cosmética.

Y por último hay que añadir la dependencia de la industria agropecuaria. El petróleo ha sido uno de los pilares que posibilitaron la Revolución Verde que, a partir de los años 60, permitió mejorar espectacularmente los rendimientos agrícolas (cuadruplicarlos en algunos casos). Actualmente la utilización de maquinaria agrícola, los requerimientos energéticos para la construcción de sistemas de riego y canalización, y el uso de pesticidas y fertilizantes derivados del petróleo, hacen que la agricultura moderna sea enormemente dependiente. A esto es necesario sumar, ya entrando en el ámbito de la industria alimenticia, la energía requerida para el almacenaje, la conservación y el transporte de los productos. Un ejemplo: se calcula que para obtener una caloría de alimento en EEUU son necesarias 10 calorías de combustibles fósiles. Refiriéndonos a la ganadería, nos encontramos con que la producción de carne consume cinco veces más petróleo que la de cereales.

Por todo esto, es fácil comprender hasta que punto es acertada la aplicación del término petróleo-dependiente a conceptos tales como civilización, sociedad o modelo económico.

	PRODUCTOS	CLIENTES
45%	GASOLINA	Automóviles, Camiones, Aviones, Pequeños barcos, Tractores, Vehículos militares, etc.
29%	FUELOLEOS	Hornos domésticos e industriales, Plantas industriales de generación de energía
9%	GASOLEOS	Automóviles, Camiones, Barcos, Trenes y Vehículos militares.
7%	QUEROSENO AVIACIÓN	Aviones a reacción civiles y militares

<b>5%</b>	PETROQUIMICA	Colas, Conservantes, Cosméticos, Perfumes, Fertilizantes, Pesticidas, Fibras, Medicinas, Plásticos, Pinturas, Tintes, etc.
<b>3%</b>	ASFALTOS	Asfaltos calles y carreteras e Impermeabilización de tejados
<b>1%</b>	ACEITES Y LUBRICANTES	Todo tipo de máquinas
<b>1%</b>	OTROS QUEROSENO	Calefacción y Cocinas domésticas, Ciertos equipos agrarios, etc.

Tabla 1. Desglose de las aplicaciones del petróleo. Obsérvese que se acaba quemando un 90% del petróleo producido. Fuente: World Book Encyclopedia (1995).

Los combustibles fósiles constituyen, para bien o para mal, la base sobre la que hemos edificado nuestro actual sistema socioeconómico. No es el petróleo, un verdadero regalo de la naturaleza, sino nuestra falta de previsión y nuestra ambición la que nos ha conducido a este grado de dependencia.

### El cenit o pico de la producción del petróleo

Generalmente se piensa que el petróleo se encuentra acumulado en bolsas en el interior de la tierra y que algún día se agotará. Ambas ideas son erróneas. El petróleo se encuentra "empapando", inmerso en la matriz rocosa del subsuelo (una imagen muy ilustrativa de esto sería la de un terrón de azúcar empapado de café). Su extracción en un yacimiento es al principio poco costosa, eficaz y técnicamente sencilla, pero con el paso del tiempo la extracción es cada vez menos eficaz y finalmente se vuelve inviable. Cuando el yacimiento deje de explotarse aún quedará mucho petróleo en el subsuelo. Petróleo que nunca se podrá recuperar.

Marion King Hubbert (1903 -1989), geofísico y director de prospecciones de la Shell, desarrolló en los años 50 una fórmula matemática que rige el proceso de producción de un yacimiento petrolífero (y en general la explotación de cualquier recurso primario). La aplicación gráfica de esta fórmula da como resultado una curva en forma de campana que relaciona la producción con el tiempo.

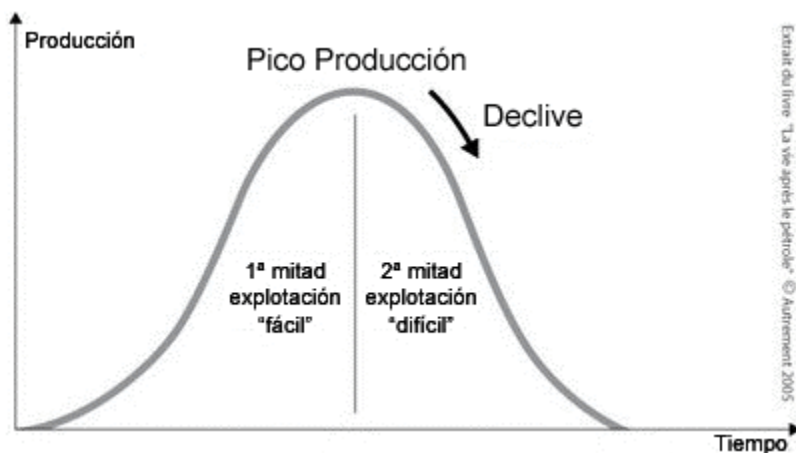


Gráfico 4. Modelo simplificado de la curva de Hubbert. Fuente: "La vie après le pétrole".

Evidentemente esta es una representación idealizada. En realidad, esta curva puede sufrir diferentes altibajos a lo largo del tiempo e incluso mantenerse en forma de meseta en la fase correspondiente al cenit de la producción. Pero el modelo es válido para hacer proyecciones sobre la producción de petróleo o gas de un yacimiento, región o país.

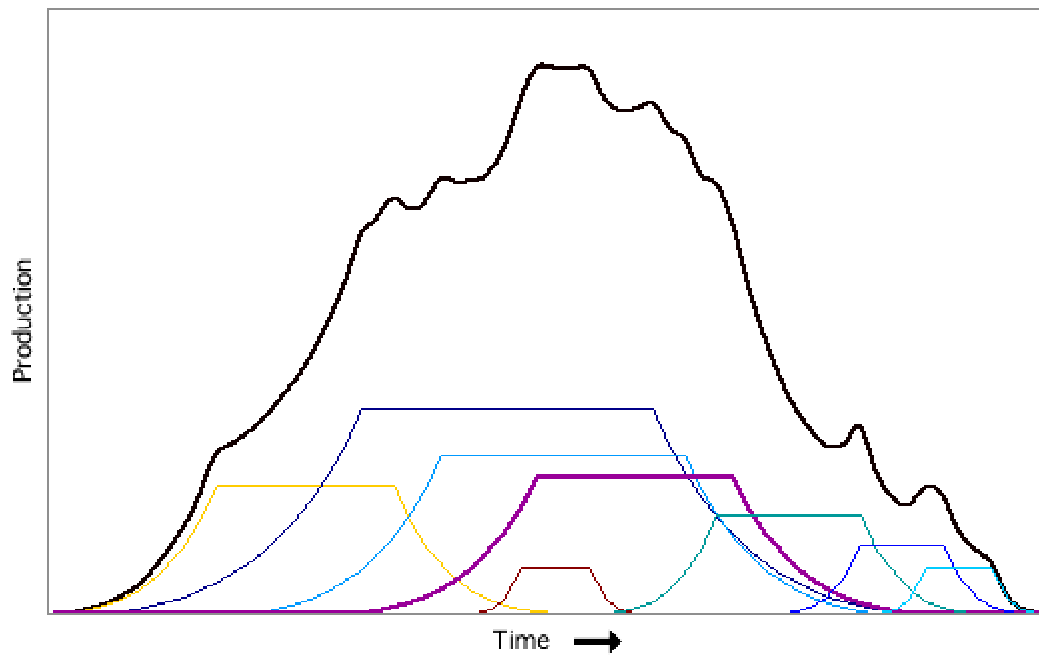


Gráfico 5. Curva de Hubbert aplicada a un yacimiento de 8 pozos.

El hecho de que la producción de petróleo siga este patrón supone que al principio de la explotación la producción aumente siguiendo la parte ascendente de la curva, obteniéndose petróleo abundante y a bajo precio. Cuando llegamos al pico de la curva se habrá extraído aproximadamente la mitad del petróleo del yacimiento. A partir de aquí la tendencia se invierte: la producción comienza a caer y cada vez se obtiene menos petróleo, de peor calidad y más costoso. Cuando la extracción ya no es económicamente viable el yacimiento se abandona. Pero seguirá quedando gran cantidad de petróleo no recuperable. Y aún suponiendo que económicamente siempre fuera rentable, se llegaría a un punto de inviabilidad técnica en la extracción.

En 1956 Hubbert predijo utilizando este modelo que la producción de petróleo en los EEUU alcanzaría su pico entre 1966 y 1972. El modelo funcionó con precisión: la producción estadounidense alcanzó su máximo en 1971 y a partir de ese año comenzó el declive. Finalmente, en 1975, cuando los Estados Unidos todavía sufrían cierta escasez de petróleo a causa de la crisis de 1973, la National Academy of Sciences confirmó la validez de los cálculos de Hubbert y reconoció que sus estimaciones, que resultaban más optimistas, estaban equivocadas.

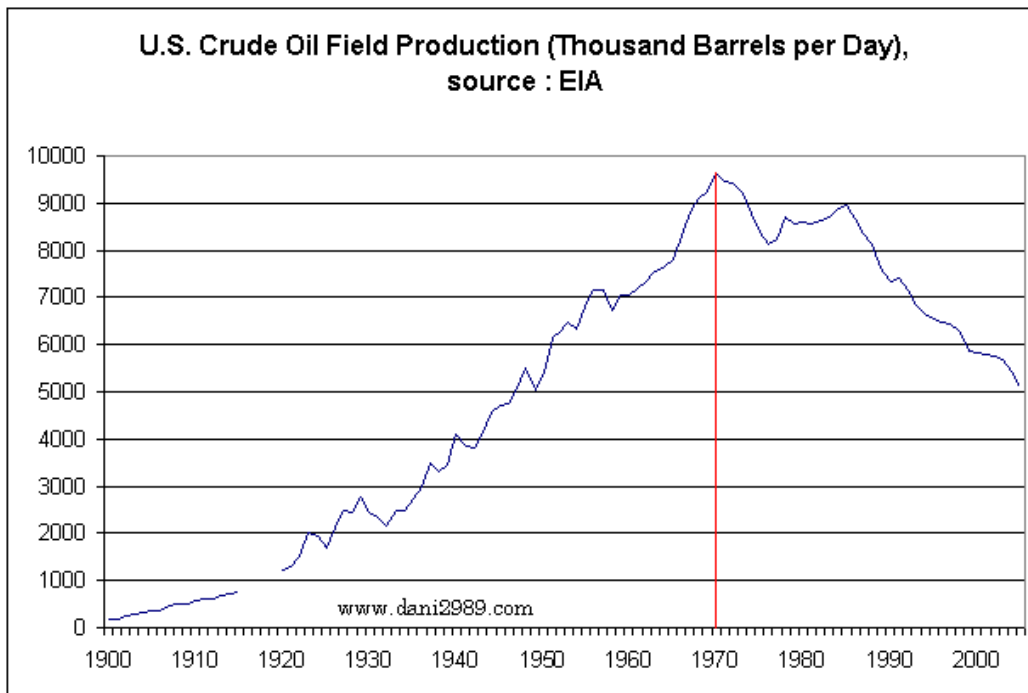


Gráfico 6. Curva de producción de Estados Unidos, 1900-2005. Pico en 1971. Fuente AIE.

Este modelo es extrapolable al conjunto de los países productores, de forma que se plantea la cuestión de cuándo se alcanzará el pico global de la producción en el planeta. Cuando se alcance, la producción global de petróleo barato comenzará a declinar rápidamente, tal y como subía en la parte ascendente de la curva.

La fase pico de la curva puede mantenerse un determinado periodo de tiempo transformándose en una meseta si se aumenta el número de pozos del yacimiento. El que se pueda cubrir la demanda no sólo está en relación con lo que quede en el yacimiento, sino también con el número de pozos perforados. Pero aumentando el número de perforaciones se acelera el agotamiento. Una gran inversión en infraestructura puede mantener la ficción de petróleo barato durante un tiempo estableciéndose un período de meseta, pero al pasar esta fase la caída será vertiginosa. Esto es así porque el área que hay debajo de la curva no puede variar, ya que representa las reservas de petróleo existentes. Mantener artificialmente la producción implicará un declive posterior más rápido.

Actualmente el 99% de la producción petrolera proviene de 44 países y por lo menos 24 de estos ya han pasado su pico y se encuentran en declive. Algunos expertos consideran que la producción global de petróleo se encuentra en una meseta desde el año 2000.

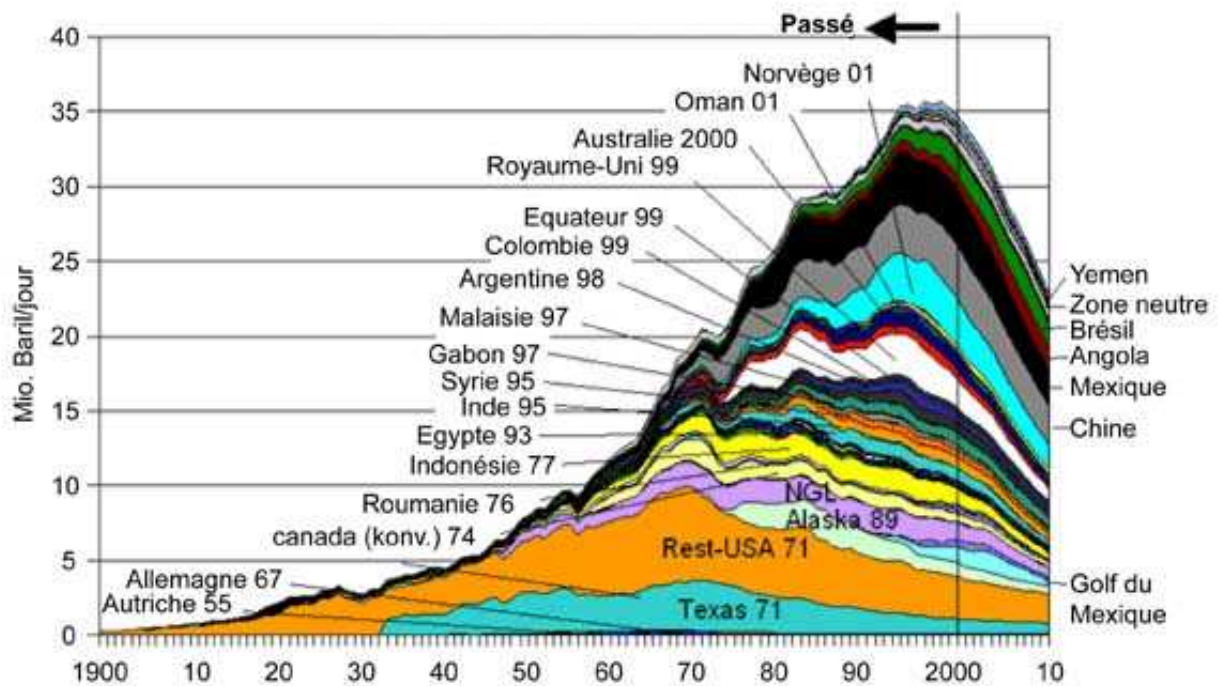


Gráfico 7. Países que han superado el pico de producción (excluidos países de la OPEP y Rusia).

### Norway's production

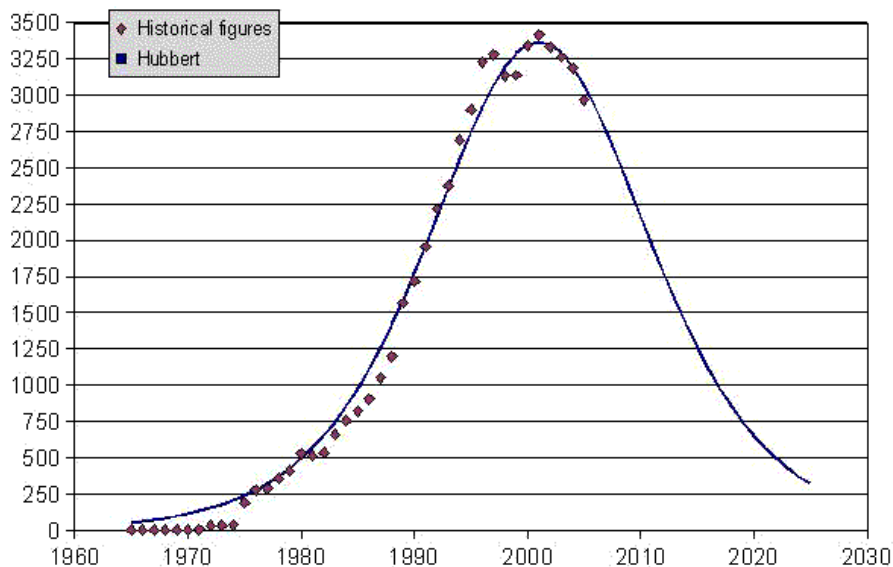


Gráfico 8. Curva de producción de Noruega. Superposición del modelo de Hubbert sobre datos históricos.

En una situación de demanda creciente, una vez superado el pico, se comienza a abrir una brecha entre esta y la oferta. Incluso en una situación de estabilización de la demanda se tendrá que reponer al menos el petróleo consumido año tras año, es decir, se requerirá como mínimo una oferta estable, no en descenso. Esto provoca un impacto en los precios evidente y rotundo. Se inicia así el derrumbe del sistema petróleo-dependiente. El único parámetro de la ecuación que se podrá modificar es el de la demanda, pues en este escenario ya no es posible aumentar la producción. En un planeta de recursos finitos el crecimiento económico se ha de detener en algún momento, y todo indica que ese momento lo va a marcar el cenit de la producción de petróleo. Así pues, no es el fin del petróleo, sino el fin del petróleo barato, lo que desencadenará esta crisis global.

## Las reservas de petróleo y las estimaciones sobre el pico

Actualmente el 65% de las reservas probadas de petróleo se encuentran en Oriente Próximo. Cinco países de la zona están entre los primeros del mundo en cuanto a reservas: Irak, Kuwait, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, Venezuela, Irán, Libia, Nigeria, Méjico y China.

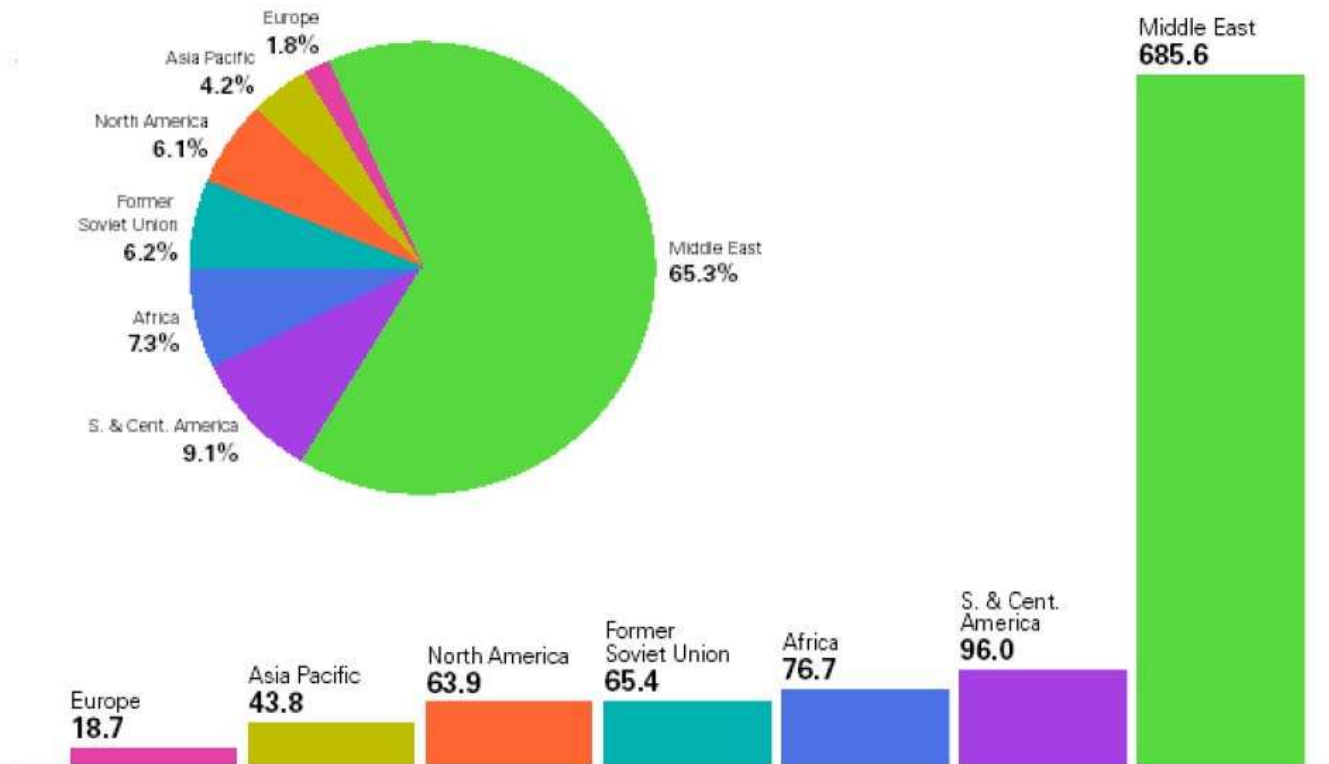


Gráfico 9. Reservas probadas de petróleo en el mundo.

Como se ha indicado, la mayoría de los países productores ya alcanzaron hace tiempo el pico de producción. Las únicas regiones donde aún no se ha alcanzado son Oriente Medio, Latinoamérica, Rusia, África del Oeste y del Norte, el Caspio y Canadá. Por lo tanto, se hace evidente la urgencia de calcular cuándo se alcanzará el pico en estas regiones, de cara a realizar proyecciones respecto a la producción mundial. Para ello se necesitan lógicamente conocer sus reservas, es decir, la parte del recurso recuperable que ha sido descubierto pero aún no se ha explotado. Y es aquí donde entramos en el punto más conflictivo del asunto.

Los datos oficiales sobre las reservas proporcionados por los países productores siempre han sido objeto de manipulación. El petróleo es un recurso estratégico, y, por lo tanto, los datos referentes a la cuantía de las reservas están sujetos a coyunturas políticas y económicas. De los datos que se presentan a continuación se puede deducir fácilmente la dificultad para establecer el advenimiento del cenit.



Año	Abú Dhabi	Dubai	Irán	Irak	Kuwait	Arabia Saudita	Venezuela
1980	28,00	1,40	58,00	31,00	65,40	163,35	17,87
1981	29,00	1,40	57,50	30,00	65,90	165,00	17,95
1982	30,60	1,27	57,00	29,70	64,48	164,60	20,30
1983	30,51	1,44	55,31	<b>41,00</b>	64,23	162,40	21,50
1984	30,40	1,44	51,00	43,00	63,90	166,00	24,85
1985	30,50	1,44	48,50	44,50	<b>90,00</b>	169,00	25,85
1986	31,00	1,40	47,88	44,11	89,77	168,80	25,59
1987	31,00	1,35	48,80	47,10	91,92	166,57	25,00
1988	<b>92,21</b>	<b>4,00</b>	<b>92,85</b>	<b>100,00</b>	91,92	166,98	<b>56,30</b>
1989	92,20	4,00	92,85	100,00	91,92	169,97	58,08
1990	92,20	4,00	93,00	100,00	95,00	<b>258,00</b>	59,00
1991	92,20	4,00	93,00	100,00	94,00	258,00	59,00
1992	92,20	4,00	93,00	100,00	94,00	258,00	62,70
2004	92,20	4,00	132,00	115,00	99,00	259,00	78,00

Tabla 2. Declaraciones oficiales de reservas con aumentos sospechosos en negrita, según Colin Campbell, SunWorld, 80-95 (datos en miles de millones de barriles).

De un análisis somero de estos datos se deduce que las cifras respecto a las reservas han sido manipuladas, en algunos casos sin pudor alguno.

Para empezar, en muchos casos se observa que las cifras permanecen invariables año tras año, a pesar de la producción. Se debe suponer entonces que los descubrimientos de nuevos yacimientos, año tras año, reemplazan exactamente o casi exactamente las cantidades producidas. Curioso.

Se nota claramente la guerra de cifras entre países. En 1985, Kuwait añadió un 50% a sus reservas comunicadas aunque nada en particular había cambiado en sus yacimientos petrolíferos, subiendo a los 90 gigabarriles. ¿Qué ocurrió tres años después? Venezuela dobló sus reservas por la inclusión del petróleo pesado. Eso forzó a los Emiratos Árabes Unidos, Irán e Irak a responder con incrementos masivos para proteger su cuota en la OPEP, la cual se basaba parcialmente en las reservas. En concreto, Saddam Hussein, preocupado de no verse sobrepasado por los países rivales, replicó con una bonita cifra redondeada a 100! Arabia Saudita les siguió en 1990 incrementando sus reservas declaradas de 170 a 258 mil millones de barriles, una estimación que ha variado muy poco desde entonces, a pesar de haberse producido alrededor de 37 mil millones de barriles. Este salto en la cuantía de las reservas se observa muy claramente en la siguiente gráfica.

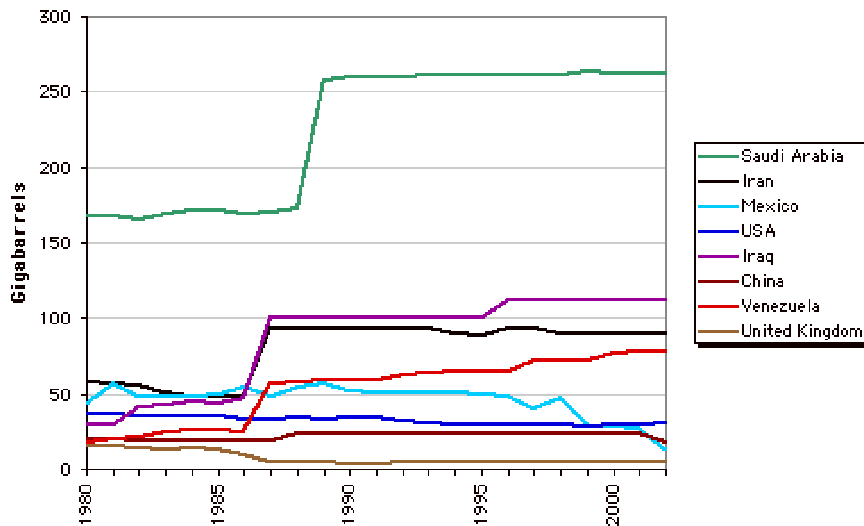


Gráfico 10. Salto de las reservas declaradas en la segunda mitad de los ochenta.

Resumiendo: no se puede dar ningún crédito a las reservas declaradas por los cinco países claves de Oriente Medio.

En consecuencia, partiendo de estos datos, difícilmente se puede hacer un cálculo exacto sobre cuándo se producirá el cenit. Gobiernos, organismos oficiales, compañías petrolíferas, consultoras y expertos independientes hacen sus propias proyecciones generando un rango de fechas para la predicción del cenit que va, desde las afirmaciones de que ya estamos en una fase de meseta, hasta el poco realista año 2037.

En este baile de datos y proyecciones podemos distinguir dos corrientes diferenciadas: los llamados pesimistas (¿por qué no realistas?), generalmente representados por expertos independientes, asociaciones y algunas consultoras, y los llamados optimistas, representados por gobiernos, compañías petroleras y agencias oficiales, con el USGS (United States Geological Survey) y la AIE (Agencia Internacional de la Energía) a la cabeza.

Una organización independiente lleva desde el año 2001 estudiando el pico del petróleo. Es la ASPO (Association for the Study of the Peak of Oil). Tiene filiales en muchos países y cuenta entre sus miembros destacados científicos y expertos en el mundo del petróleo, algunos de ellos antiguos responsables de compañías petrolíferas ya jubilados, lo que les confiere total independencia a la hora de difundir sus opiniones.

En el año 2002 situaron la fecha del cenit en el 2010. Dos años después adelantaron la fecha al 2008 y actualmente tienen tendencia a situarla en el 2011, debido a que la producción de los campos petrolíferos de aguas marinas profundas será mayor de la estimada inicialmente. No obstante destacan que el año exacto dependerá mucho de la futura demanda y no se sabrá cuándo se ha alcanzado el cenit hasta que se haya sobrepasado.

## El pico de la producción mundial

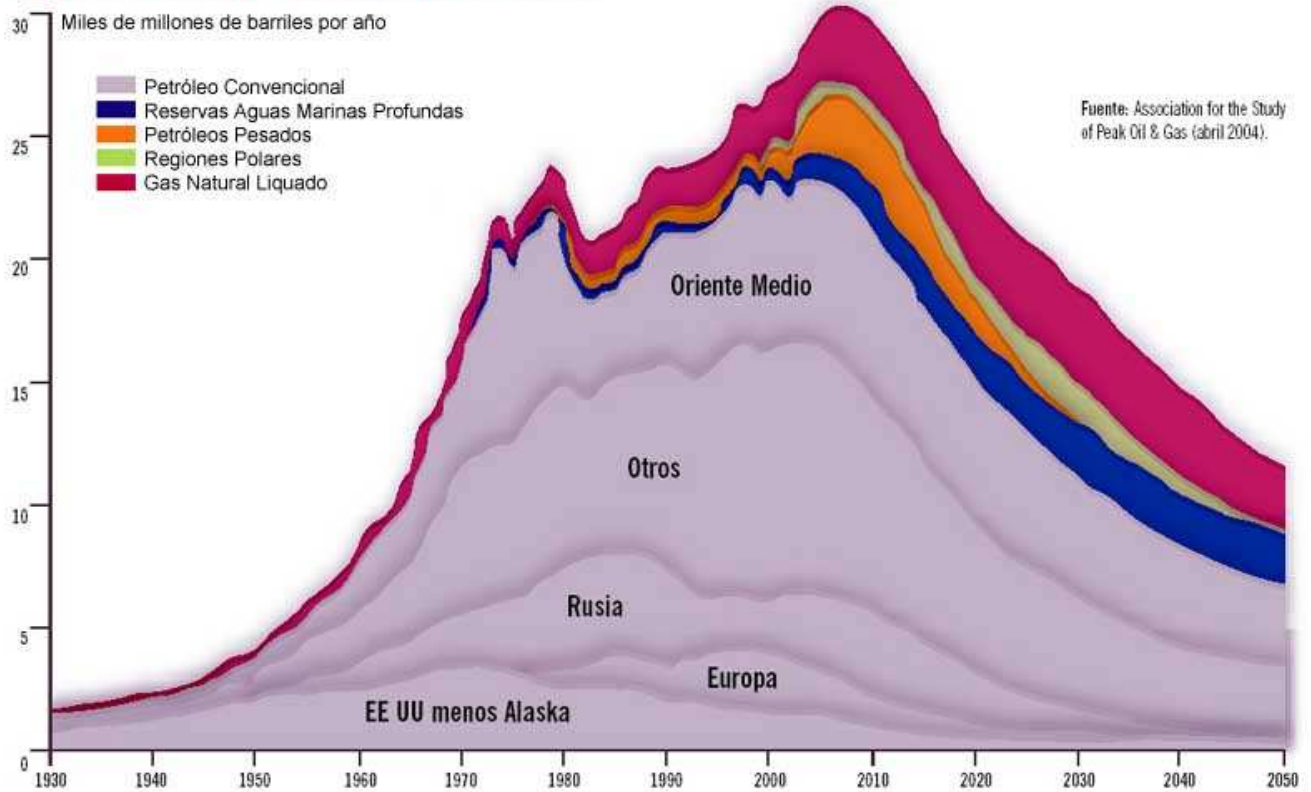


Gráfico 11. Proyección de la ASPO sobre el pico de la producción mundial. 1930-2050.

El Dr. en Ingeniería Química Samsam Bakhtiari, experto superior adjunto a la Oficina del Director en el Departamento de Planificación Corporativa de la National Iranian Oil Company (NIOC), un experto mundial, ha situado el cenit en 2006 ó 2007, como lo ha hecho el Energy Watch Group (EWG, grupo creado por el diputado del Partido Verde alemán Hans Josef). Para estos últimos la extracción seguirá a partir de ahora un declive del 3% anual.

En el otro extremo de la polémica tenemos principalmente al USGS y a la AIE, que sitúan el cenit entre 2020 y 2037.

FUENTE	FECHA ESTIMADA	FUENTE	FECHA ESTIMADA
<b>Expertos individuales</b>		<b>Gobiernos</b>	
A. Bakthiari	2006-2007	Gobierno Holandés	Después de 2030
M. Simmons	2007-2009	Gobierno Francés	2020-2030
C. Skrebowski	2007-2010		
K. Deffeyes	2005-2009	<b>Sociedades y Consejos</b>	
J. Laherrère	2010-2020	IHS Energy	2011-2020
P. Odell	2060	Douglas Westwood	2010-2020
B. Pickens	2005-2007	Energy Files	2010-2020
M. Lynch	après 2030	PFC Energy	2014-2025
C. Campbell	2010		
S. Al-Husseini	2015	<b>Organizaciones de Energía</b>	
J. Gilbert	2010	World Energy Council	Después de 2020
T. Petrie	avant 2010	Energy Research Center Netherlands	2010-2035
		CERA	Después de 2020
<b>Compañías Petroleras</b>		ASPO	2010
CNOOC	2005-2010	AIE (escenario de inversión diferido)	Hacia 2020
Total	2020-2025	AIE (escenario de recursos elevados)	Después de 2030
Shell	Después de 2025	USGS	2037
BP	No podemos saberlo	<b>Otras Organizaciones</b>	
Exxon-Mobil	Después de 2030	Volvo	2010-2015
		Ford	2005-2010

Tabla 3. Estimación de la fecha del Pico del Petróleo (World Oil Production & Peaking Outlook) Esta tabla sitúa el Pico entre el 2012 (en ausencia de crisis) y 2017 (si una crisis reduce la demanda de petróleo).

Como se puede ver, las estimaciones de los expertos independientes sitúan el cenit en torno a 2010. Y hay un hecho que es innegable: en la última década la producción petrolífera ha descendido en 33 de los 48 países productores más importantes, incluyendo a 6 de los 11 miembros de la OPEP.

En la siguiente tabla se muestran otras previsiones, incluyendo datos sobre las reservas finales previstas.

Fecha previsión	Fuente	Fecha prevista del pico	Reservas finales previstas
1972	ESSO	« El petróleo comenzara a escasear a partir del año 2000 »	2100 Gb
1972	Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente	« el pico se alcanzara prácticamente en el 2000 »	2500 Gb
1974	SPRU, Sussex Université	n/a	1800-2480
1976	Departamento de Energía UK	Pico: « alrededor del año...2000 »	n/a
1977	Hubbert	Pico: 1996	2000 Gb (Nehring)
1977	Ehrlich et al.	Pico: 2000	1900 Gb
1979	Shell	« ...meseta durante los próximos 25 años»	n/a
1979	BP (crisis del petróleo... todavía?)	Pico (mundo no comunista): 1985	n/a
1981	Banco Mundial	« meseta con el cambio de siglo »	1900 Gb
1995	Consultoras	Pico: 2005	1800 Gb
1997	Ivanhoe	Pico: 2010	~ 2000 Gb
1997	Edwards	Pico: 2020	2836 Gb
1998	IEA: WEO 1998	Pico: 2014	2300 Gb ref. case
1999	USGS (Magoon)	Pico: ~ 2010	~ 2000 Gb
1999	Campbell	Pico: ~ 2010	2000 Gb (incluido polar y aguas profundas)
2000	Bartlett	Pico: 2004 or 2019	2000 ou 3000 Gb
2000	IEA, WEO 2000	Pico: « después de 2020 »	3345 Gb (según la USGS)
2000	2000 US EIA	Pico: 2016-2037	3003 Gb (según la USGS)
2001	Deffeyes	Pico: 2003-2008	~ 2000 Gb
2002	Smith	Pico: 2011-2016	2180 Gb
2002	« Nemesis »	Pico: 2004-2011	1950-2300 Gb

Tabla 4. Previsiones sobre las reservas petrolíferas desde 1972 hasta 2002. Fuente: [www.petro-pic.org.uk](http://www.petro-pic.org.uk), version francesa.

En cualquier caso hay algo en lo que todos están de acuerdo: el pico del petróleo va a producirse, ya sea de forma inminente o a corto plazo. En consecuencia, se requiere iniciar una urgente transición energética mundial.

### Nuevos descubrimientos

A la vista de los datos y las sospechas que se ciernen sobre las reservas de petróleo, se podría confiar en la búsqueda de nuevos yacimientos para salir del atolladero energético.

Sin embargo, al igual que existe un pico en la producción de petróleo, el número de descubrimientos de nuevos yacimientos también sigue una curva en forma de campana a lo largo del tiempo.

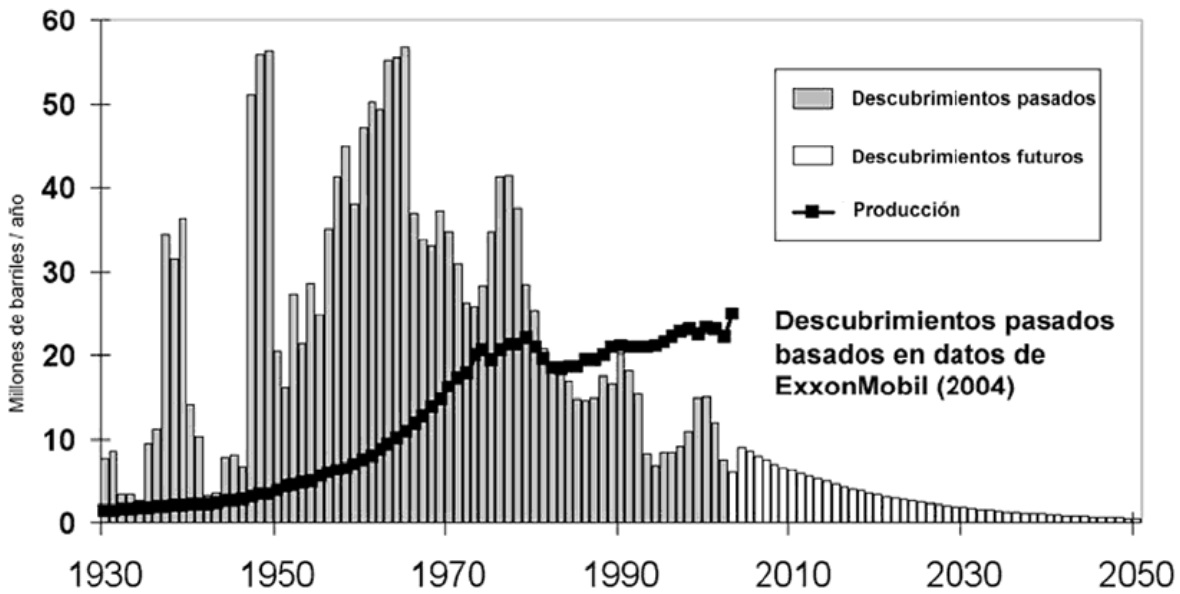


Gráfico 12. Cenit de los descubrimientos petrolíferos en relación con la producción a nivel mundial. Obsérvese la brecha que existe actualmente entre petróleo descubierto y la producción, así como la tendencia de descubrimientos prevista.

El cenit mundial de los descubrimientos se alcanzó en 1964. Desde esta fecha han ido descendiendo, pese a las innovaciones tecnológicas y las grandes inversiones de las compañías petroleras. De hecho las inversiones en exploración llevan años disminuyendo.

Desde principio de los 80 se consume más petróleo del que se encuentra, y llegará un momento en que los costes de exploración superen el valor esperado de los descubrimientos. A partir de entonces no resultará rentable seguir explorando.

A día de hoy, la relación entre barril consumido y barril descubierto es de 4 a 1. Es decir, se consume cuatro veces más de lo que se descubre.

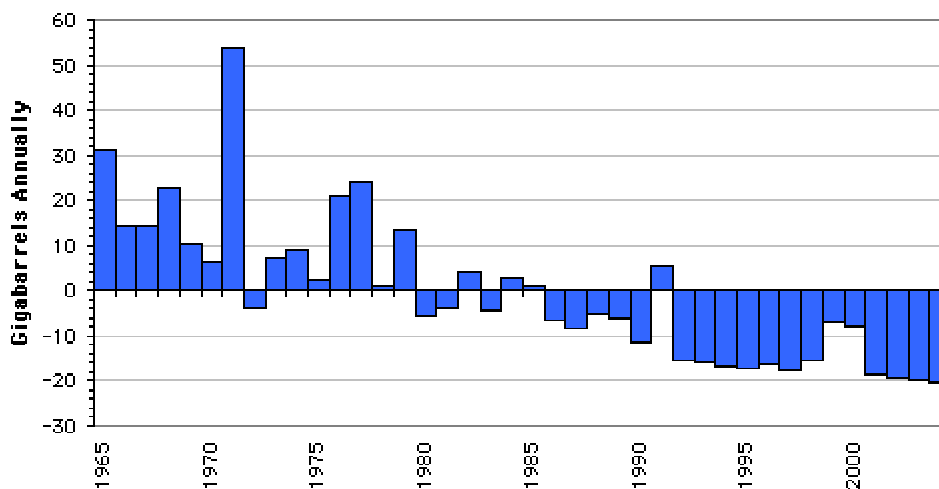


Gráfico 13. Relación descubrimientos / consumo a nivel mundial. Obsérvese la inversión de la tendencia a partir de los primeros años ochenta, coincidente con la del gráfico 12.

Respecto al petróleo no convencional (tan sólo el 5% de la producción), es decir, las arenas y los esquistos asfálticos, el petróleo de aguas profundas y el petróleo polar, tampoco se puede esperar gran cosa. Necesitan una enorme inversión en investigación e infraestructura y tienen graves repercusiones ambientales. En el caso de las arenas asfálticas tienen además una EROEI realmente pobre que varía de 3 a 1,5 / 1.

Actualmente se perfora a 4 Km. de profundidad marina y se busca petróleo en el círculo polar Ártico, en Groenlandia y en la plataforma antártica. En 2003 las empresas gastaron 8.000 millones de dólares en exploración y descubrieron reservas por valor de 4.000 millones de dólares.

Con todo, ha habido algunos hallazgos importantes -del orden de los mil millones de barriles- cerca de la costa occidental de África, y se ha descubierto un yacimiento enorme en el mar Caspio, en Kazajstán (el campo de Kashagan, con 13 mil millones de barriles, estimación de febrero de 2004).

Los otros descubrimientos recientes han sido relativamente pequeños, y con frecuencia se localizan en aguas profundas o en lugares remotos donde los costos de producción son altos.

### Una demanda en constante aumento

Hasta aquí se ha analizado el panorama de la oferta. Veamos ahora cuál es la situación de la demanda.

Como ya se ha señalado, el consumo de energía primaria en el mundo es enormemente desigual: entre la Unión Europea (16%) y Estados Unidos (25%) suman el 41% del consumo total. Y si añadimos Rusia (7%) y Japón (5%) observamos que más de la mitad de la energía mundial es consumida por estos tres países y la Unión Europea.

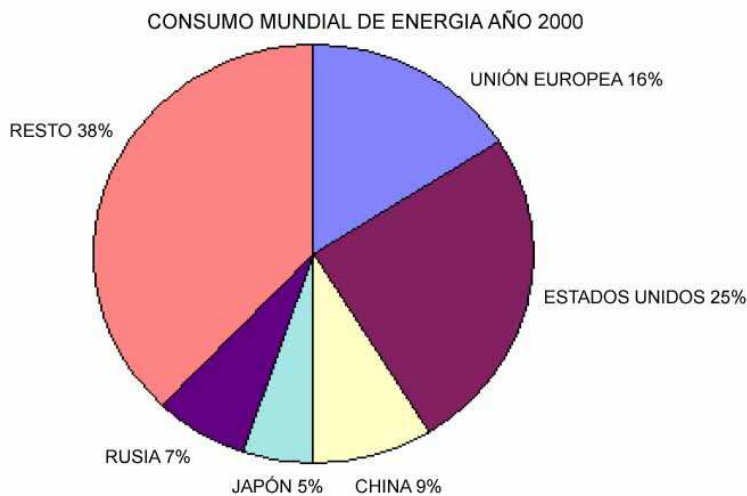


Gráfico 14. Distribución del consumo mundial de energía primaria. Fuente: Energy Information Administration, octubre 2002.

Desde su descubrimiento, este consumo no ha dejado de crecer. Es a partir de mediados del siglo XX cuando se acelera significativamente (sólo se registran descensos importantes en las crisis de 1973 y 1979).

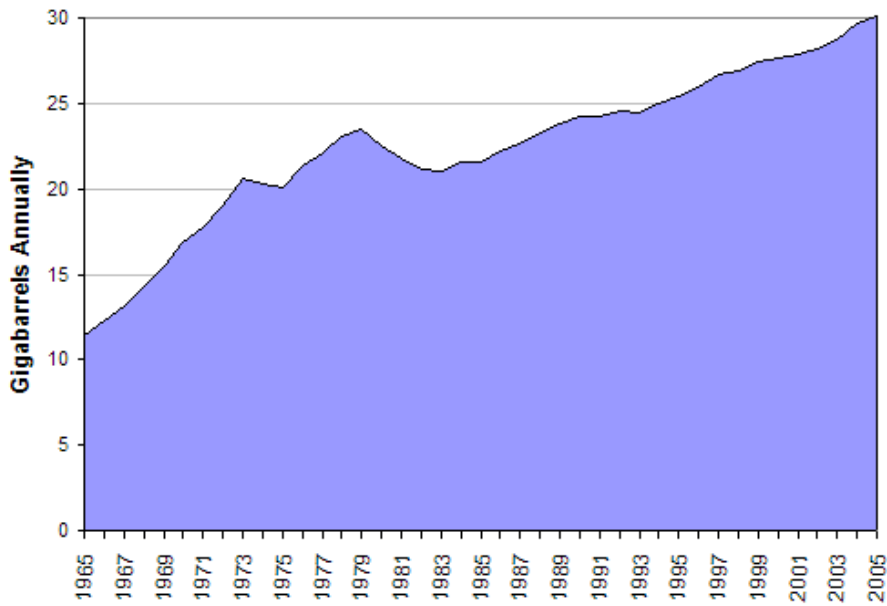


Gráfico 15. Consumo mundial de petróleo 1965-2003.

Actualmente se consumen unos 84 millones de barriles de petróleo por día (a partir de ahora 84 Mb/d), lo que equivale a 31 giga barriles por año (31 mil millones de barriles, a partir de ahora Gb).

En el siguiente gráfico se puede ver la previsión de demanda hasta el año 2030 y su desglose por sectores.

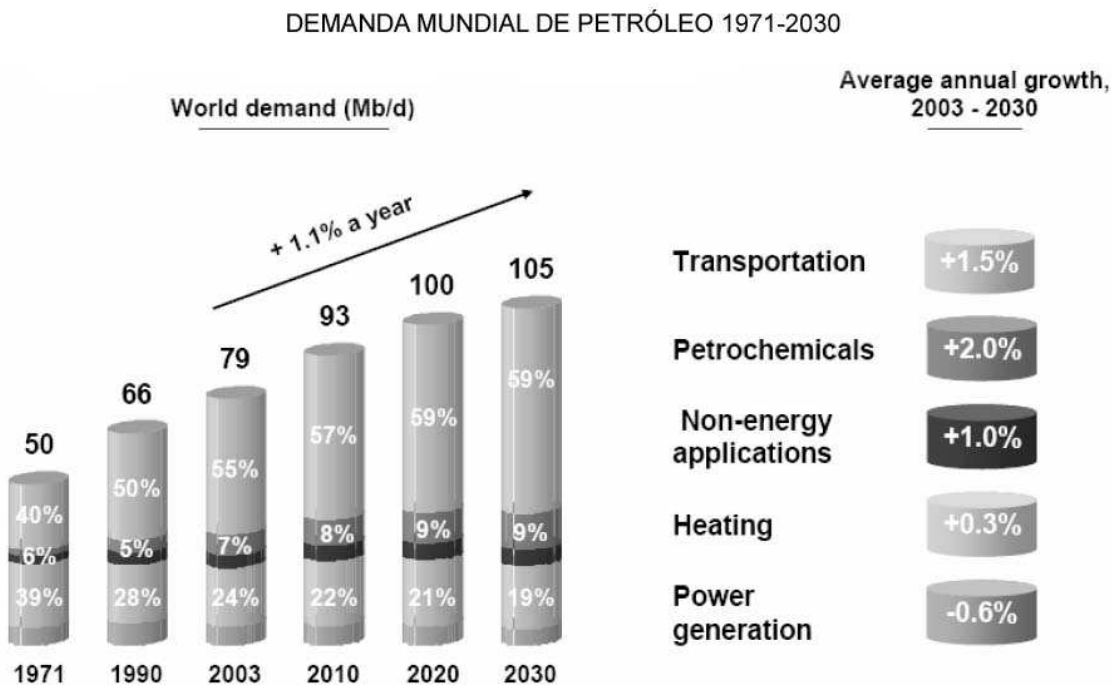


Gráfico 16. Previsión de la demanda de petróleo hasta 2030.

Pero, ¿cómo se distribuye esta demanda? Un dato: cada estadounidense consume al año 20 barriles de petróleo, cada europeo 10, cada chino 1,6 y cada indio 0,6.

Si agrupamos en un gráfico datos sobre reservas, producción y consumo las desigualdades impresionan:



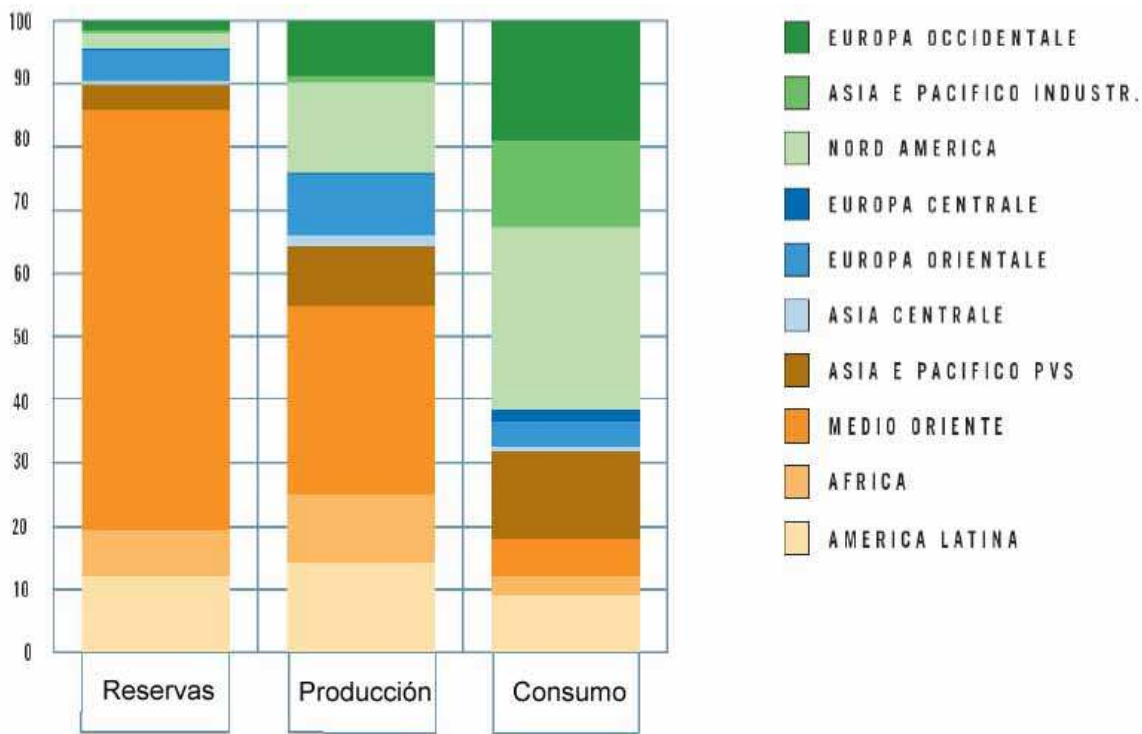


Gráfico 17. Distribución de las reservas, la producción y el consumo de petróleo en el mundo.

En definitiva, la desigualdad norte-sur, ya sea en el consumo total de energía o en consumo de petróleo per cápita, es brutal. Por ello, este factor debería ser un condicionante de orden ético en cualquier posible planificación futura de la demanda.

Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos el crecimiento de la demanda de petróleo en el tramo 2000-2010 será de 20 Mb/d. En una proyección hasta el año 2025 este departamento prevé que la producción mundial de crudo deberá crecer un 50%: de unos 80 Mb/d deberá pasar a 120 para que se puedan satisfacer todas las futuras necesidades energéticas.

El mismo vicepresidente de EEUU, Dick Cheney, lo expuso ya con claridad el 15 de noviembre de 1999 en una conferencia impartida en el Institute of Petroleum de Londres:

"Se espera de las compañías petroleras que sigan encontrando y produciendo suficiente petróleo para compensar los más de 71 Mb/d que se consumen cada día, y para cubrir, además, la nueva demanda. Según algunas estimaciones, la demanda anual global crecerá al 2%, al tiempo que la producción (...) caerá por motivos naturales un 3%, en el mejor de los casos. Esto significa que para 2010 necesitaremos producir unos 50 Mb/d adicionales"

Si se observan las previsiones de demanda de energía a nivel mundial a largo plazo, en las que el petróleo y el gas natural son los principales protagonistas, aterra pensar en una situación de declive estructural de la oferta:

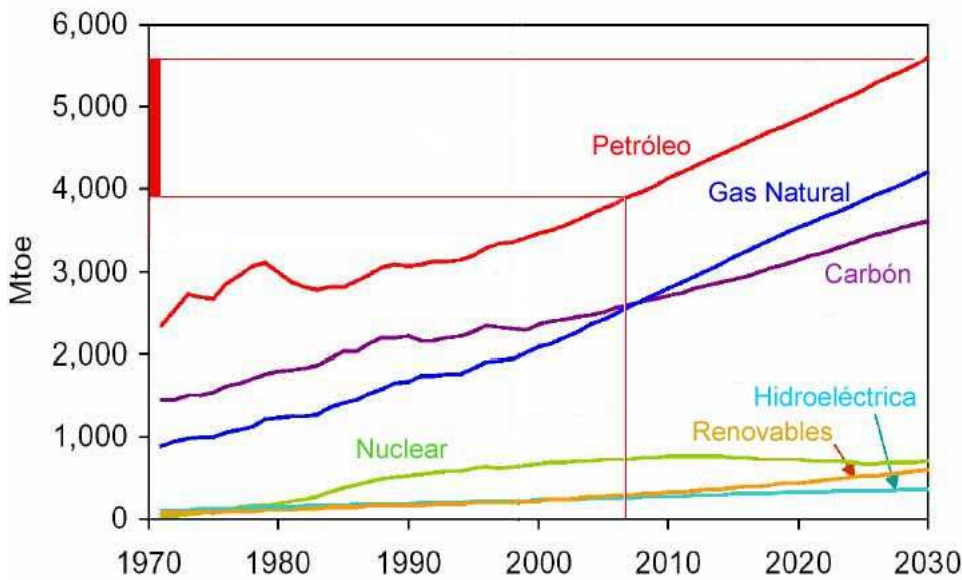


Gráfico 18. Previsiones de demanda de energía primaria a nivel mundial hasta 2030, en millones de toneladas equivalentes de petróleo, desglosada por sectores. Fuente AIE, WEO 2002.

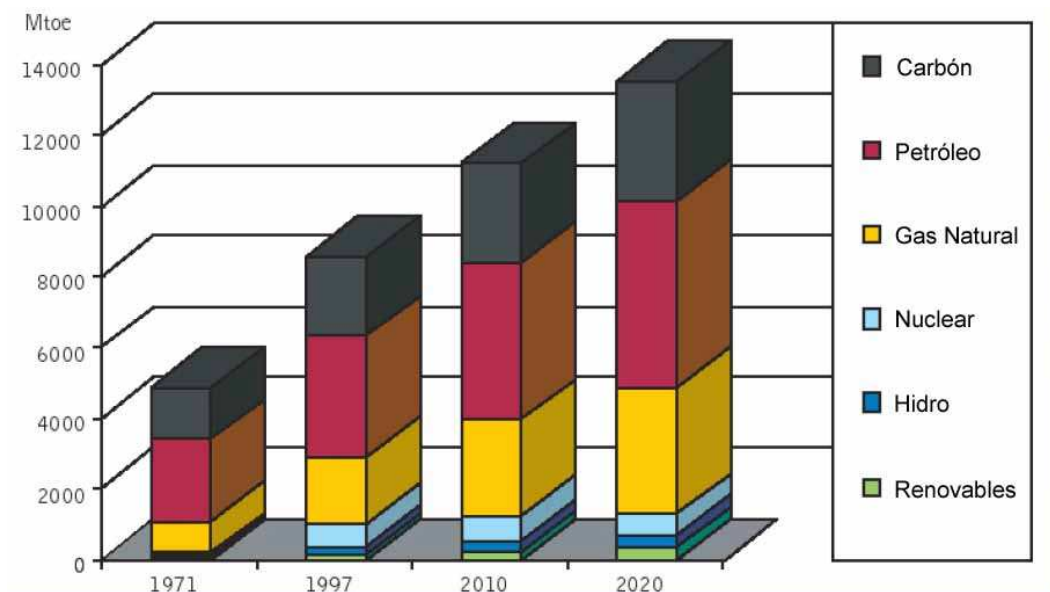


Gráfico 19. Previsiones de demanda de energía primaria a nivel mundial hasta 2020, en millones de toneladas equivalentes de petróleo, acumulando sectores. Actualmente se sitúa en unas 10.000 Mtoe. Fuente AIE, WEO 2000.

Esta demanda, como es lógico, se concentra fundamentalmente en los países en vías de desarrollo.

El ejemplo más ilustrativo es el de China. Este país tiene el 21% de la población mundial. Consume el 8% del petróleo mundial y piensa que es justo alcanzar el 21%, es decir, 17,6 Mb/d. Durante los últimos cinco años el crecimiento medio anual del PIB de China fue del 8,2% mientras que el consumo de petróleo fue del 8,4%. Si la economía china crece un 8% anual durante los próximos cinco años podemos esperar que necesite un aumento del consumo de petróleo de 3 Mb/d. De acuerdo con el profesor Pang Xiongqi de la Universidad China del Petróleo en Beijing, la producción china se mantendrá en los niveles actuales hasta 2009 y luego empezará a descender. Lo que quiere decir que China deberá importar petróleo suplementario. Dado que China ya importa 3 Mb/d, tendrá que incrementar sus importaciones en un 100% durante los próximos cinco años. Si se quiere tener una idea de la situación a largo plazo, téngase en cuenta que la previsión demográfica de china es alcanzar los 1.500 millones de habitantes en 2030.

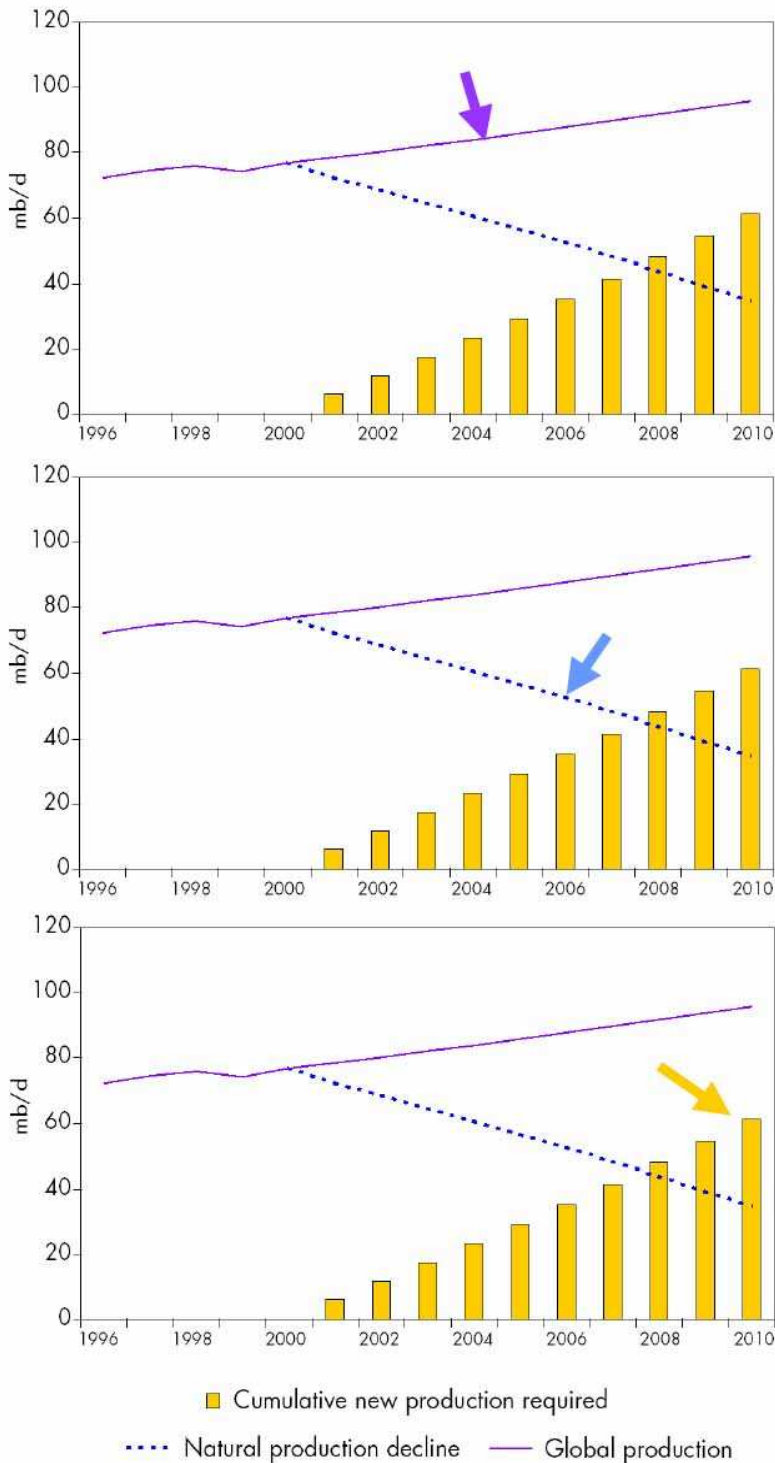


Gráfico 20. Relación de la producción global y la demanda acumulada.  
Fuente: Departamento de Energía EEUU.

### Los primeros síntomas del cenit

Existen numerosos síntomas que indican la proximidad del declive. Para mayor claridad se han agrupado en tres apartados: el comportamiento de las compañías petrolíferas, los movimientos geoestratégicos de las grandes potencias y determinadas manifestaciones de responsables políticos o informes oficiales.

1- Reacciones de las compañías petrolíferas.

El caso de China es espectacular, pero le siguen otros también cruciales como el de la India. Y detrás muchos otros países en vías de desarrollo y por supuesto el crecimiento sostenido de los voraces países del primer mundo. Con total seguridad la demanda seguirá aumentando de forma imparable.

Ante esta situación de aumento en 20 Mb/d hasta el 2010, no sólo habrá que satisfacer esta nueva demanda sino que además habrá que reemplazar la pérdida de capacidad de producción. Una caída en la capacidad de producción del 5% anual significa tener que reemplazar una producción de 40 Mbd en 10 años: el doble de lo requerido para cubrir la demanda suplementaria, de 20 Mbd. Sumando ambas cantidades resulta que en lo que queda de década hay que poner a punto una capacidad de producción de 60 Mbd, 8 veces la producción actual de Arabia Saudita, primer productor mundial.

¿De dónde saldrá, a la vista de todo lo expuesto anteriormente, todo el petróleo necesario para satisfacer esta demanda? Hoy por hoy nadie tiene la respuesta. La ecuación oferta / demanda se desestabiliza y las reservas y los nuevos descubrimientos no resuelven el problema de tal incremento de demanda.

La compañía Shell anunció el 9 de enero de 2004 que el 20% de sus reservas deberían pasar de probadas a posibles (es decir inciertas). Este anuncio supuso una caída de sus acciones y la dimisión de su presidente, Phil Watts, por la presión del accionariado. Después han revisado de nuevo sus reservas tres veces, haciéndolas disminuir de 14.500 millones de barriles a 10.133 millones.

Otro caso de sobrevaloración de reservas similar es el de Repsol-YPF, que también anunció una reducción del 25% de las mismas en enero de 2006, lo que provocó una caída en bolsa del 8%.

En junio de 2005 se celebró en Madrid el congreso anual de la European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). La revista First Break, editado por la EAGE, comenta la intervención de Nemesio Fernández Cuesta, Director de Upstream de Repsol YPF. En esta intervención, Fernández Cuesta mostró un gráfico ilustrando las perspectivas de producción hasta el 2050, y que First Break comenta de la siguiente manera: "Cuesta presentó la ahora familiar diapositiva pronosticando un grave declive en la producción de gas y petróleo, que empezará en algún momento de los próximos diez años." Las fuentes citadas en el gráfico para el pronóstico de producción son Petroconsultants, Petrodata, BGR y Petroleum Economist. La forma del gráfico recuerda en gran medida a la del gráfico de ASPO. Además, hay que tener en cuenta que Petroconsultants es una de las fuentes de ASPO, de lo que se deduce que las previsiones de Repsol YPF no difieren demasiado de las de esta organización.

Otro comportamiento sobre el que es conveniente reflexionar lo constituye el hecho de que las petroleras solo han incrementado una pequeña fracción de sus presupuestos destinados a exploración y búsqueda de yacimientos nuevos, a pesar de que los precios se han incrementado un 370% en el período 2001-2006.

Además de disminuir sus inversiones en exploración y producción, las petroleras se han ido fusionando desde 1998, lo que indica una contracción del sector:

Diciembre 1998:	Fusión	BP	y	Amoco.	
Abril 1999:	Fusión	BP-Amoco	y	Arco.	
Diciembre 1999:	Fusión	Exxon	y	Mobil.	
Octubre 2000:	Fusión	Chevron	y	Texaco.	
Noviembre 2001:	Fusión	Phillips	y	Conoco.	
Septiembre 2002:	Shell	compra	Penzoil-	Quaker	State
Febrero 2003:	Fusión	Frontier	Oil	y	Holly.
Marzo 2004:	Maratón	adquiere	el 40%	de	Ashland.
Abril 2004:	Westport	Resources	adquiere	Kerr-	McGee.
Julio 2004:	Los analistas	sugieren	la fusión	de BP	y Shell.
Abril 2005:	Fusión	Chevron-Texaco y Unocal.			

2- Geoestrategia, la guerras por los recursos ya han comenzado.

Como se ha mencionado anteriormente, en 1971 EEUU alcanzó su cenit de producción. Desde entonces los grandes consorcios petroleros, para no perder su hegemonía y la de su país en el mundo, utilizan su poder para orientar la política exterior del gobierno norteamericano hacia el control de los principales yacimientos de petróleo y gas del planeta. Hay que tener en cuenta que los Estados Unidos han pasado de importar un 2 % del petróleo que consumían en 1950, a importar el 60% de su inmenso consumo actual, que supone el 25 % del suministro energético global.

Un 60% de las reservas de petróleo se encuentran en Próximo Oriente y el 70% de las reservas de petróleo y gas mundial se encuentra en la llamada la "elipse estratégica de la energía", zona que abarca la península Arábiga, Irak, Irán y el mar Caspio.



Grafico 21. La elipse estratégica de la energía: 70% de las reservas del petróleo y gas mundial.

A la vista de los datos expuestos sobre las previsiones de crecimiento de la demanda y la concentración de los principales recursos energéticos, petróleo y gas natural, es evidente que las actuales tensiones en esta zona del mundo no son sino el producto de un posicionamiento geoestratégico que empezó hace ya tiempo. Las ocupaciones de Afganistán e Irak son los casos más evidentes de las guerras por recursos que actualmente se libran. Si observamos que todos los países acusados de albergar terroristas -Irak, Irán, Siria, Arabia Saudita- casualmente también tienen grandes reservas de petróleo, frases como "la guerra contra el terrorismo durará 50 años" o que el compromiso de los EEUU en Medio Oriente es ahora un "compromiso generacional" cobran todo su siniestro sentido.

También hay que recordar que antes de iniciarse la guerra de Irak, Francia y Rusia estaban llegando a acuerdos de explotación con Saddam Hussein.

La otra gran potencia clave en este contexto es China. Su posición ante EEUU es muy fuerte, pues aporta una enorme cantidad de bienes a bajo coste y contribuye al sostén de su sistema financiero mediante la compra de bonos del Tesoro. Su posicionamiento estratégico frente a los recursos energéticos, basado en la diplomacia y las relaciones comerciales, se sitúa al lado de Irán, Venezuela y África Occidental.

### 3- Manifestaciones de responsables políticos e informes oficiales

Alguien se puede preguntar por qué ante tal panorama los responsables políticos no se manifiestan públicamente. En realidad sí lo hacen. Aunque no podemos esperar declaraciones oficiales al respecto, el reconocimiento velado de la gravedad de la situación por parte de diferentes responsables políticos o empresariales se viene produciendo desde hace tiempo.

Como ya se ha mencionado, Dick Cheney, en un discurso en 1999, cuando aún era vicepresidente de Halliburton, afirmó:

"Algunas estimaciones indican que habrá un crecimiento anual promedio del 2% en la demanda global de petróleo en los años venideros a la par que, siendo conservador, una declinación del 3% de las reservas existentes. Esto significa que para el 2010 necesitaremos unos 50 millones de barriles diarios adicionales"

George W. Bush dijo en mayo de 2001:

"Lo que la gente necesita escuchar de forma clara y precisa es que en América se nos está agotando la energía"

Pero si hay alguien que no tiene pelos en la lengua a pesar de haber sido consejero de energía en la administración Bush, es Matthew Simmons, uno de los más importantes analistas e inversores en el sector de la energía y conocedor como pocos de la situación. En una entrevista en From de Wilderness en agosto de 2003, ante una pregunta sobre si era hora de que el Pico del Petróleo formara parte del debate de la política pública, respondió:

“Ya ha pasado la hora. Como dije, los expertos y los políticos no tienen ningún Plan B de apoyo. Si hace pico la energía, particularmente si 5.000 de los 6.500 millones de habitantes tienen poco o nada de acceso a la energía moderna, será un golpe tremendo a nuestro bienestar económico y nuestra salud, más grande de lo que cualquiera pudiese imaginar”

El propio Secretario de Energía de G. W. Bush, Spencer Abraham, afirmó que

"EEUU se enfrenta a una gran crisis de suministro de energía en las próximas décadas. El fracaso para encarar este desafío amenaza su prosperidad económica y su seguridad nacional y alterará sustancialmente su modo de vida"

También se pueden encontrar afirmaciones de esta índole en informes oficiales. En febrero de 2005 en un informe del Departamento de Energía de EE UU (Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, and Risk Management, el llamado informe Hirsch) se podía leer que

“el cenit mundial del petróleo representa un problema con una gravedad sin precedentes. Los riesgos políticos, económicos y sociales son enormes. La prevención prudente de riesgos requiere una atención urgente y una acción inmediata”.

Para terminar, si a todo esto añadimos la evolución de la producción y el precio en los últimos cinco años, nada nos lleva a pensar que no estemos ante los primeros síntomas del cenit. En el momento de escribir estas líneas (noviembre de 2007) el precio del barril de crudo Brent se sitúa en 95 dólares. Desde enero de 2007 ha aumentado un 50% y se ha cuadruplicado desde 2002.

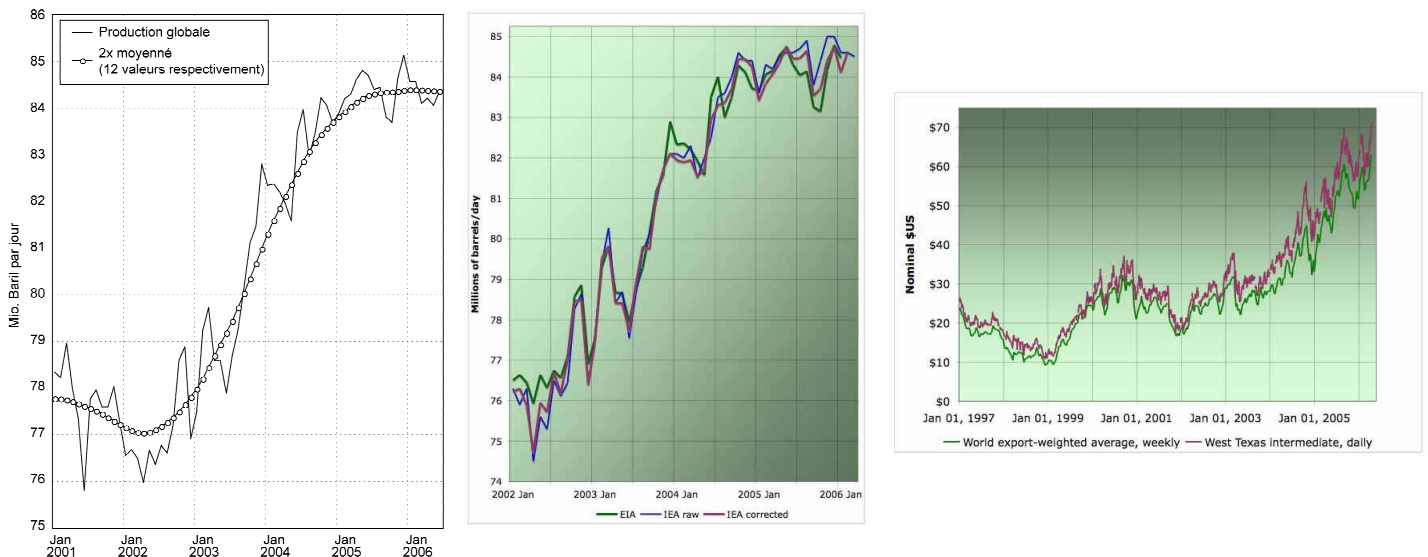


Gráfico 22. De izquierda a derecha: Producción global de petróleo 2001-2006; Producción diaria promedio 2002-2006; Evolución del precio del petróleo 1997-2005.

Con todo lo hasta ahora expuesto, se puede concluir que la negación de la llegada del cenit en la producción petrolera mundial a corto plazo es una temeridad y una huida suicida hacia delante.

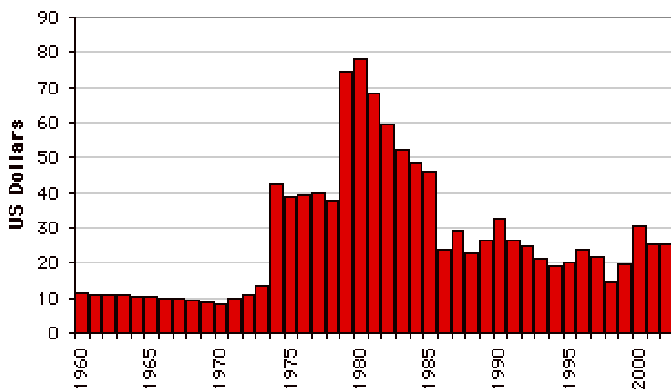
## Las consecuencias

Ya se ha descrito la enorme dependencia que tiene el sistema socioeconómico de los hidrocarburos. Se ha visto que la actual tendencia de consumo energético conduce a una situación de desequilibrio estructural entre la oferta y la demanda.

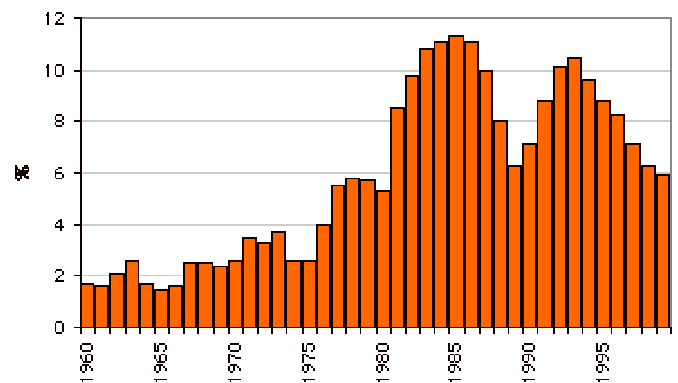
Una primera aproximación a las consecuencias de una situación de este tipo puede hacerse tomando como referencia las crisis petroleras de los setenta.

En 1973, debido a la guerra del Yom Kippur en Oriente Medio, la OPEP comenzó un embargo de petróleo que desabasteció a los países industrializados. En siete años el precio del crudo se multiplicó por 10, provocando dos recesiones y medidas de ahorro energético que hicieron que por primera vez en la historia disminuyera el consumo. Se buscaban suministros adicionales para cubrir la demanda inmediata y almacenarlos en previsión de una futura escasez. El pánico aumentó las compras provocando una demanda extra y un mayor aumento del precio. Había interrupciones en los suministros de electricidad y las autopistas de Europa Occidental estaban desiertas los fines de semana. Los efectos fueron un gran aumento del paro, desencadenamiento de la espiral inflacionista y recesión económica.

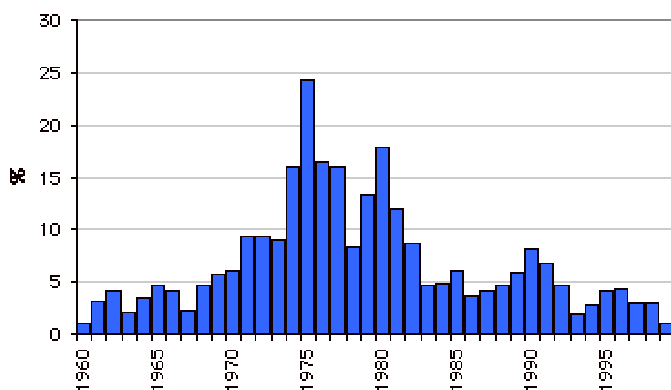
Pero una imagen vale más que mil palabras. En las siguientes gráficas se observan los graves efectos que tuvo el aumento del precio del petróleo en esta crisis sobre el paro, la inflación y el crecimiento en Gran Bretaña.



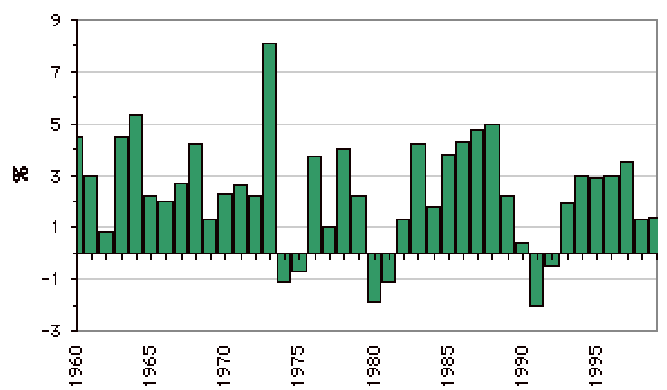
Precio petróleo en el mundo período 1960-2000



Paro en Gran Bretaña período 1960-2000



Inflación en Gran Bretaña período 1960-2000



Crecimiento Gran Bretaña período 1960-2000

Gráfico 23. Relación del paro, la inflación y el crecimiento económico en Gran Bretaña con el precio del petróleo durante las crisis petroleras. Obsérvese que los únicos años de crecimiento negativo (1974 y 1975, 1980 y 1981, 1991

y 1992) coinciden exactamente con los años siguientes a las crisis petroleras (1973, guerra del Yom Kippur; 1979, caída del Sha de Persia; 1990, primera guerra del Golfo).

Después de la revolución iraní de 1979 se empieza a recuperar la normalidad. A partir de 1982, el consumo volvió a crecer y los precios descendieron a los niveles anteriores a la crisis. Los años setenta pusieron de manifiesto la relación directa entre la oferta de petróleo a bajo precio y el crecimiento económico. Se comprobó que incluso caídas en la producción de petróleo de tan sólo el 5%, produjeron incrementos de casi cuatro veces el precio, afectando gravemente a las economías petróleo-dependientes.

Sin embargo, estas crisis fueron consecuencia de eventos bélicos o políticos y, por lo tanto, la caída en la producción era coyuntural. Pero una situación de deficiencia estructural en la oferta no tendrá vuelta atrás, será irreversible. La estrecha relación entre la producción y el crecimiento económico se revelará con toda su crudeza en forma de una recesión difícil de imaginar.

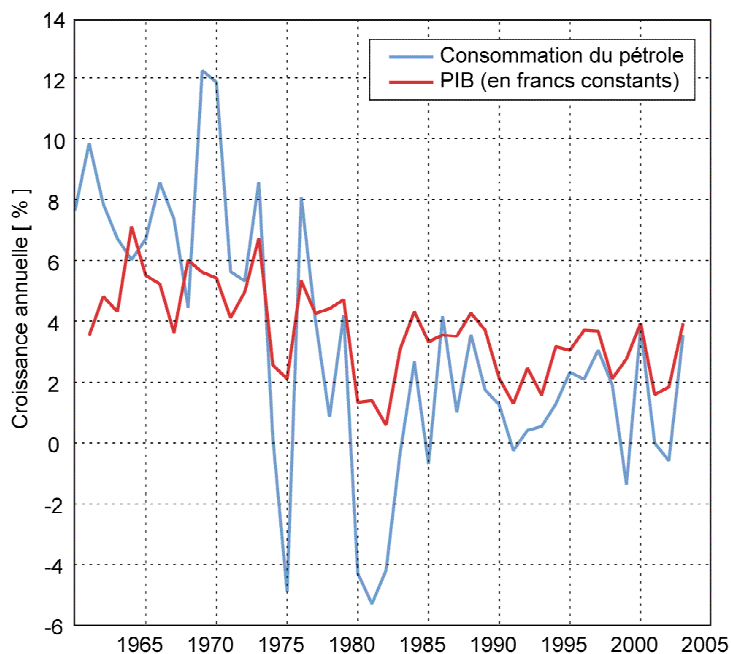


Gráfico 24. Relación entre consumo de petróleo y crecimiento del PIB. 1960-2005. Al igual que en ejemplo anterior se observa claramente la relación entre las caídas en el consumo y la caída del PIB.

A la dependencia de la industria, la construcción, el suministro eléctrico, el transporte global y la agricultura de la energía proveniente del petróleo y el gas, se debe añadir la dependencia del sistema financiero mundial.

El sistema financiero ha ido creando una situación de endeudamiento personal, corporativo y estatal colosal, confiando en que el crecimiento del mañana, alimentado por una energía proporcionada por hidrocarburos baratos, será garantía suficiente para saldar las deudas de hoy. De ahí la necesidad de crecimiento económico para sostener semejante deuda. Consecuentemente, una vez que comience el declive, el sistema financiero y monetario corre riesgo de colapsar. En esta situación, cualquier programa global para afrontar una transición energética que puede durar décadas y requerir inversiones gigantescas puede ser absolutamente inviable.

Un informe de marzo de 2005 preparado para el Departamento de Energía de los EEUU titulado "The Mitigation of the Peaking of World Oil Production" (La Mitigación del Efecto del Pico en la Producción Mundial de Petróleo) señala:

"Sin la compensación oportuna, el equilibrio oferta/demanda mundial será llevado a cabo mediante una destrucción masiva de la demanda (carencias), acompañado por enormes aumentos del precio del crudo. Ambos crearán un prolongado periodo de significativas dificultades económicas mundiales. Esperar hasta el momento del pico petrolero



antes de iniciar los programas de mitigación de la crisis dejará al mundo con un déficit de combustible líquido de dos décadas o más.”

“Los problemas asociados al pico del petróleo mundial no serán temporales y poco servirán de guía las pasadas crisis energéticas. El reto del pico petrolero merece una seria e inmediata atención si se pretenden comprender enteramente los riesgos y dar comienzo a la mitigación en un tiempo razonable ... el mundo nunca se ha enfrentado con un problema igual. Sin una mitigación masiva por lo menos una década antes del hecho, el problema se hará presente y no será temporal. Las transiciones energéticas previas fueron graduales y evolutivas. El pico del petróleo será abrupto y revolucionario.”

Parece evidente que de no emprenderse acciones radicales, globales e inmediatas para afrontar la llegada del declive del petróleo, será muy difícil evitar las consecuencias de un hundimiento de la economía planetaria que acarreará una recesión sin precedentes, incremento masivo del paro, resurgimiento de movimientos radicales y caos generalizado, hambrunas y extensión de las guerras por recursos.

### **Alterantivas**

Las otras energías fósiles: el gas natural y el carbón.

Las proyecciones futuras sobre el consumo energético también prevén un aumento de la producción de gas natural y carbón. Es cierto que el gas natural irá adquiriendo cada vez mayor importancia en la planificación energética del futuro, pero desde luego no será el hidrocarburo que sustituya al petróleo. Su producción sigue igualmente una curva en forma de campana, con una fase de meseta y una caída más abrupta. Su cenit se alcanzará 15 o 20 años después que el del petróleo. Es más: teniendo en cuenta que una disminución de la oferta de petróleo aumentará la demanda de gas, este cenit seguramente se adelantará. Es cierto que aún se pueden realizar nuevos descubrimientos de yacimientos de gas natural, pero esto debería llevarnos a considerar al gas natural como una fuente de energía clave para encarar una transición energética y nunca como un sustituto del petróleo. De lo contrario se crearía otra dependencia energética de un hidrocarburo que tampoco tardará en declinar.

Por otra parte el transporte a largas distancias y el almacenaje del gas es complicado, pues antes debe ser licuado. Además el gas no puede ser la materia prima de sustitución de muchos miles de productos petroquímicos.

Respecto al carbón, cuyo consumo también aumentará previsiblemente, aunque su pico de producción está aún lejano tiene muchos inconvenientes. Genera mucho más dióxido de carbono que el petróleo y el gas, con el consiguiente efecto sobre el cambio climático, produce más contaminación, su extracción tiene un gran impacto ambiental y consume mucha energía, tiene aproximadamente la mitad de la densidad energética del petróleo y no se puede utilizar directamente para el transporte ni para sustituir miles de compuestos derivados del petróleo.

Resumiendo. El 80% de la energía primaria consumida a nivel mundial proviene de los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón. Los tres harán pico en los próximos años o décadas en ese orden y es fundamental tener en cuenta que la declinación de uno acelerará la llegada del pico de los siguientes. Sustituir ese 80% de energía primaria por otra alternativa en un plazo de una o dos décadas es el gigantesco reto al que nos enfrentamos. Veamos las alternativas.

Las energías renovables

Las energías renovables (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica e hidroeléctrica) actualmente representan una aportación minúscula en el panorama energético mundial. Sin embargo, experimentarán un importantísimo crecimiento y constituirán una parte significativa de la cartera energética del futuro. Pero a varias décadas vista.

Por otro lado, presentan problemas físicos que imponen una limitación en cuanto a su consolidación como fuente de energía principal:

- su naturaleza difusa (a excepción de la geotérmica, muy localizada), lo que supone que se necesitan grandes superficies de instalaciones para obtener una energía de baja densidad
- incompatibilidad como combustible para el transporte
- intermitencia energética.

No hay que olvidar que el 36% de la energía se obtiene del petróleo y de esta se utiliza más del 90% en el transporte; o lo que es lo mismo, el transporte consume un tercio de la energía primaria total.

Evidentemente hay que hacer todos los esfuerzos posibles para desarrollar estas fuentes de energía, pero es sencillamente ingenuo pensar que constituyen una solución a la dependencia de los combustibles fósiles. Su potencial, al menos en las próximas décadas es limitado.

Veamos por ejemplo algunas cifras con respecto a la energía eólica. En Francia, el gobierno ha fijado en su programa plurianual de inversiones de producción eléctrica una potencia eólica de 13 GW para el 2015, lo que equivale a 7.000 aerogeneradores (diez veces más que los actuales). Para asegurar el 5% del consumo eléctrico del país (482 TWh) hacen falta alrededor de 5.000 generadores de 2 MW. Si suponemos que los más de 6.000 aerogeneradores que faltan por implantar para cumplir el programa son de 2 MW (lo que es mucho suponer; estos son los mayores aerogeneradores que se están implantando de forma generalizada, con torres de 100 mts. de altura, palas de 80 mts. de diámetro y decenas de toneladas de hormigón en la cimentación) se cubriría en 2015 el 7% de la demanda eléctrica, en el caso de que esta no aumente hasta esa fecha (seguimos suponiendo demasiado). Y estamos hablando de sólo del consumo eléctrico, no del conjunto de energía primaria.

Mención especial merece la primera de las energías renovables, la energía hidroeléctrica. Conviene aclarar que es renovable pero no alternativa, ya que se viene utilizando desde la antigüedad (la UE la considera renovable en todos los casos, pero en el caso de España sólo se considera renovable hasta centrales de 10 megavatios, debido al gran impacto ambiental que producen las grandes centrales hidroeléctricas). Fue una de las primeras fuentes de energía que se utilizó para producir electricidad.

Aunque apenas representa un 2,5% de la energía primaria total, alrededor de un 20% de la electricidad mundial procede de esta fuente. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica disponible en el mundo sólo se cubriría el 15% de la energía total consumida. En realidad se está utilizando alrededor del 20% de este potencial, aunque en España y en general en los países desarrollados, el porcentaje de explotación llega a ser de más del 50%. En el caso de los países de la OCDE constituye la tercera fuente de energía primaria tras los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) y la energía nuclear.

Es considerada una energía limpia, pues apenas produce gases de efecto invernadero y no es contaminante. Su coste de explotación es bajo y es económicamente rentable.

Aunque el impacto ambiental durante la explotación es mucho menor que el de las energías fósiles, las inversiones necesarias para construcción de grandes presas son muy elevadas y el impacto ambiental puede llegar a ser enorme, pues se llegan a anegar grandes valles con la consiguiente destrucción de hábitat. Por otra parte, un embalse modifica el caudal del río y cambia las características físico-químicas del agua, provocando un impacto considerable en el ecosistema fluvial. Además, se produce una retención de sedimentos, disminuyendo los nutrientes aguas abajo y produciendo en ocasiones la pérdida de valiosos ecosistemas costeros en la desembocadura.

En conclusión, la energía hidroeléctrica sólo puede llegar a cubrir una pequeña parte de la demanda de energía primaria, pues sus posibilidades geográficas son limitadas y ya se encuentra en un avanzado grado de implantación (en muchos lugares donde es viable la construcción de una central esta ya se ha construido) y aunque es una energía limpia, renovable y rentable puede llegar a ocasionar un grave impacto ambiental.

## Los biocombustibles

Puesto que un tercio de la energía mundial se quema en el transporte, mucha gente piensa que los biocombustibles pueden solucionar el problema.

El actual debate sobre los biocombustibles se centra en su rendimiento energético y no está exento de polémica. En Francia, mientras que la Agencia por el Control de la Energía (Agence pour la Maîtrise de l'Énergie, ADEME) concluye en un estudio un rendimiento muy favorable, el Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INRA) afirma que este rendimiento es mucho menor. En general hay acuerdo en que el biodiesel (obtenido a partir de aceite de oleaginosas como la colza o el girasol) tiene una tasa de recuperación energética positiva de 2 ó 3/1 (bastante modesta por cierto) y la del bioetanol (obtenido a partir de plantas como la caña de azúcar, la remolacha, el maíz o el trigo, ricas en sacarosa o almidón) es prácticamente nula o incluso negativa. Por otro lado, se requieren grandes superficies de cultivo para su producción.

Teniendo en cuenta lo expuesto, la disponibilidad de superficies de cultivo en el planeta y la magnitud del sector del transporte mundial, sustituir el petróleo por biocombustibles a escala planetaria es irrealizable. Lo que no quiere decir que no sea una gran alternativa a una cierta escala y en ciertas regiones y, por tanto, sea necesario su desarrollo.

## La alternativa nuclear

Actualmente existe un intenso debate sobre la conveniencia de la energía nuclear como alternativa ante el cenit de la producción de petróleo. Algunos países como Francia han apostado hace ya tiempo por este tipo de energía. Probablemente, dada la urgencia y gravedad de la situación, el momento presente no sería el mejor para prescindir de las instalaciones nucleares que ya están en funcionamiento. Sin embargo, la extensión de este tipo de energía no constituye de ningún modo una alternativa.

La primera objeción es que la producción del uranio también alcanzará en un futuro no muy lejano su pico. No estamos ante una fuente de energía ilimitada.

Según el Foro Atómico (datos publicados el 29 de junio de 2005) las reservas de uranio a un precio de 59 dólares la libra son de 4,6 millones de toneladas. Actualmente existen 441 reactores en funcionamiento cuyo consumo es de 66.815 t/año. Según estos datos tendríamos reservas para 69 años al nivel de consumo actual. Si se elevara la aportación de este tipo de energía al 100% de la cartera energética global las reservas tan solo alcanzarían para 4,5 años. Estas cifras nos dan una idea bastante aproximada de los plazos del agotamiento del uranio.

Por otra parte, la energía nuclear no resuelve hoy por hoy el enorme problema del transporte global. En Francia, el 80% de la energía eléctrica es de origen nuclear, pero este tipo de energía solo supone el 25% del consumo total.

Respecto a la seguridad, no se trata tanto de la probabilidad de que ocurran accidentes graves, que quizás sea prácticamente nula, habida cuenta de los medios tecnológicos y humanos puestos a su servicio, sino de las consecuencias que uno sólo de ellos puede tener en términos de pérdidas de vidas humanas, número de afectados y prolongación en el tiempo de sus consecuencias. Y no sólo se trata de la seguridad en las centrales nucleares, sino en toda la cadena del proceso, desde las explotaciones mineras para extraer el uranio, pasando por su enriquecimiento, transporte y transformación en UO<sub>2</sub>, hasta la fabricación de elementos combustibles.

La energía nuclear no ha solucionado ni mucho menos el grave problema de los residuos radiactivos. Ningún país tiene todavía en funcionamiento un depósito geológico permanente. Todos son transitorios y funcionan bajo licencias de 60, 70 o 100 años. Después el problema lo heredarán aquellos que no han disfrutado de la energía que produjo esos residuos.

El silicato de zirconio ha sido considerado el compuesto de elección para, en forma de cerámica sintética, vitrificar los residuos de alta actividad con el propósito de almacenarlos de forma permanente. Investigadores del Reino Unido y Estados Unidos han comprobado que el daño estructural de la radiación en un compuesto de zirconio es mayor de lo previsto y que la estructura cristalina de la cerámica dejará de serlo, y por tanto de contener radioactividad, a los 1.400 años. Sin embargo, el periodo de desintegración del plutonio-239 es de 24.110 años y el tiempo ideal de inmovilización de los residuos de 250.000 años.

Por otra parte, no se puede pensar en formaciones geológicas estables durante cientos de miles de años. Hoy por hoy, el problema de los residuos constituye por sí sólo un argumento irrefutable en contra de la solución nuclear.

Y para finalizar, aún asumiendo que los problemas de gestión de residuos y seguridad estuvieran resueltos en los países más desarrollados, la proliferación nuclear en países menos avanzados y su asociación al uso militar, y la vista de las tensiones geopolíticas actuales, produce escalofríos.

Respecto a la fusión, tan sólo va a comenzar su fase experimental con el proyecto internacional ITER en Francia, que terminará con la construcción de un reactor experimental en diez años. La producción, de ser viable, se estima que empezaría en 50 años.

La opción del hidrógeno

Últimamente se habla mucho del hidrógeno como el combustible del futuro. Su producción no es cara y su único subproducto es el agua. Sin embargo, el hidrógeno es la molécula más pequeña que existe y es muy reactivo, por lo que su transporte y almacenamiento es muy caro y requiere de una tecnología compleja.

Sin embargo y contrariamente a lo que se piensa, el hidrógeno en sí mismo no es una fuente de energía, sino un transportador o vector de esta. Esto es así porque se necesita consumir más energía para producir, transportar y almacenar el hidrógeno, de la que luego se puede obtener de él. Es decir, tiene una tasa de retorno energético negativa. Si la energía invertida en obtener hidrógeno se obtiene de combustibles fósiles, evidentemente no se habrá solucionado nada.

Actualmente se investiga en la obtención de hidrógeno partiendo de fuentes de energía alternativas como la solar, la eólica o la nuclear, a través de un proceso de electrolisis del agua. Este hidrógeno también tendría una tasa de recuperación negativa y requeriría parques solares y eólicos masivos.

Paralelamente se están llevando a cabo iniciativas para la utilización de hidrógeno en los vehículos que funcionen con celdas de combustible. No se producen emisiones de CO<sub>2</sub> y su eficiencia es el doble que la del motor de gasolina. Su principal problema es la durabilidad y, por el momento, su alto coste.

Por último, aún suponiendo que el hidrogeno fuera una alternativa real para el transporte, sería necesario llevar a cabo un rediseño total de nuestro sistema de transporte y comercialización de combustibles y una adaptación de toda la industria del sector, lo que aumentaría el consumo energético y llevaría muchos años, si no décadas, en implantarse.

El ahorro y la eficiencia energética

Los planes de ahorro energético deberán formar parte sin duda de cualquier planificación a la hora de afrontar una transición. Pero como se ha visto, el consumo de energía está directamente asociado al crecimiento económico. Debido a ello, es difícil imaginar como implantar planes de este tipo a gran escala y a largo plazo en un sistema económico basado en el incentivo al consumo y el crecimiento constante. Además, se requiere de voluntad política para alcanzar un pacto de estado en este sentido, pues, desde un punto de vista electoral, donde se planifica a 4 ó 5 años vista, puede ser suicida implementar planes de ahorro energético que supongan una ralentización de la economía cuando no un crecimiento negativo.

Por otro lado, las medidas de ahorro energético parecen lógicas en los países más desarrollados, pero la justa aspiración de los países en desarrollo de aumentar su nivel de vida, y por tanto aumentar su consumo de energía, puede hacer que los efectos de estas medidas sean prácticamente insignificantes a escala mundial (aunque no por ello no deseables).

Respecto a la eficiencia energética, tan necesaria, requiere grandes inversiones e investigación y no constituye por si sola una solución. Incluso se advierte que en algunos casos podría empeorar las cosas debido al efecto de la Paradoja de Jevon, aunque esto puede ser muy discutible pues en ello influyen parámetros psicológicos.

Esta teoría afirma que aumentar la eficiencia disminuye el consumo instantáneo pero incrementa el uso del modelo, lo que provoca un incremento del consumo global. Es decir, que a medida que el perfeccionamiento tecnológico aumenta la eficiencia con la que se usa un recurso, lo más probable es que aumente el consumo de dicho recurso. Por poner un ejemplo claro, si contáramos con un modelo de coche híbrido o supereficiente que consumiera la mitad de gasolina, probablemente el ahorro que nos aportase su utilización sería invertido en consumir otros bienes o servicios, que a su vez suponen consumo energético, o simplemente utilizaríamos más el coche.

Por todo lo expuesto, podemos concluir que las medidas de ahorro y eficiencia energética, aunque imprescindibles, no serán de gran utilidad si forman parte del modelo socioeconómico actual, sino que han de ser una medida más dentro de una transición a gran escala orientada hacia un nuevo paradigma de desarrollo.

## **Conclusión**

La inminente llegada del cenit del petróleo en los próximos años exige, como se ha visto, una transición urgente hacia otro modelo energético y socioeconómico. Ante esta situación, se pueden identificar los siguientes factores críticos:

- 1- No existe una alternativa real para sustituir los hidrocarburos a corto plazo, por lo que cualquier transición pasará probablemente por la puesta en marcha de un conjunto mixto de alternativas.
- 2- El factor tiempo. Probablemente ya es tarde para afrontar esta transición sin consecuencias socioeconómicas negativas. Se tendría que haber empezado hace tiempo. Cualquier transición que se inicie en el momento presente tardará una o dos décadas en comenzar a dar resultados, por lo que muy probablemente parte de su implementación se solapará con el comienzo del declive. Pero cuanto más se retrase esta transición más destructores serán los efectos de este declive.
- 3- El sector de los transportes es absolutamente crítico. Consume un tercio de la energía primaria la cual proviene prácticamente en su totalidad del petróleo. Los efectos del declive sobre una economía basada en una red de transportes globalizada, en la que los centros de producción de la materia prima, elaboración y consumo se encuentran habitualmente muy alejados, en ocasiones en continentes diferentes, pueden ser devastadores.
- 4- La transición será en si misma petróleo-dependiente. Habrá que realizar inmensas remodelaciones y crear nuevas infraestructuras, industrias y tecnologías que supondrán una gran demanda energética añadida. La implementación de las diferentes alternativas dependerá a su vez, al menos en su fase inicial, de los hidrocarburos, lo que puede contribuir a acelerar más el declive. Este es un aspecto crucial y es otra razón por la cual la transición se debería haber empezado hace tiempo, cuando las reservas eran mayores. Necesitamos energía y tiempo extra ¿dispondremos de ambos?
- 5- Cualquier transición requiere una enorme inversión de capital. Si esperamos que el aumento exacerbado del precio del petróleo sea el incentivo que provoque la transición, la propia fragilidad de una economía petróleo-dependiente en esta situación puede hacer peligrar su viabilidad financiera.

Se impone por tanto iniciar una transición de forma inaplazable y a escala mundial, que ha de pasar necesariamente por un amplio abanico de alternativas energéticas, pero que debe tener como base fundamental la planificación de la demanda. Esto significa no sólo una reducción en el consumo energético, sino también su redistribución, habida cuenta de la tremenda e insultante desigualdad existente en la distribución actual. No podemos aceptar que sea el precio de los hidrocarburos el que regule la demanda, dejando fuera de juego a gran parte de la humanidad, provocando la desestabilización social y desatando más guerras por recursos. Y para actuar sobre la demanda es necesario un cambio de la esencia misma del actual modelo socio-económico.

El modelo de crecimiento ilimitado nos está llevando al límite de la capacidad de sustentación del planeta. Y el primer factor limitante es el cenit del petróleo y del gas. A falta de soluciones milagro, la transición hacia un modelo de la sobriedad parece la única alternativa realista en un planeta hiperpoblado. Cualquier otro que no contemple un decrecimiento de los países desarrollados en pos de una convergencia con los menos desarrollados hacia un estado de equilibrio sostenible, tan sólo aplazará el colapso. Ha llegado la hora de la renuncia en la sociedad del despilfarro.

Luis Picazo Casariego

#### ACTUALIZACIONES

**12/06/2008. Redacción CE:** ayer se publicó la revisión anual del Statistical Review of World Energy 2008 que publica British Petroleum. Según esta estadística, el mundo produjo en 2007 menos petróleo que en 2006, y es la primera vez que esto sucede desde el año 2002. El consumo aumentó un 1,1%, mientras que la producción descendió un 0,1%. Otro dato a destacar es que las reservas probadas de carbón disminuyeron en un 6,7% a nivel mundial.

Por su parte, la Energy Information Administration, dependiente del Departamento de Energía de los Estados Unidos, publicó su Short Term Energy Outlook, del que destacamos que, en los primeros meses de 2008, los países no OPEP vieron caer su producción de petróleo en 240.000 barriles diarios. Esta caída se debe a que Rusia se ha añadido al grupo de importantes productores no OPEP incapaces de mantener estable su producción: Estados Unidos, Reino Unido, Noruega y México. La agencia estadounidense ya ha rebajado tres veces en lo que va de año sus pronósticos de crecimiento de producción para los productores de fuera de la OPEP hasta los 300.000 bd, desde los 900.000 bd de crecimiento que se esperaban en febrero.

12/06/08

#### **La AIE cree que el mundo afronta la "tercera crisis del petróleo"**

La Agencia la Energía subraya que la subida en la proporción del gasto en crudo necesario por cada punto de crecimiento del PIB mundial será del 6% en 2008

Tokio. (EFE).- El mundo se enfrenta a la "tercera crisis del petróleo" a causa del rápido incremento en la proporción de crudo necesario para el crecimiento económico, según Nobuo Tanaka, director de la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

En unas declaraciones a la agencia japonesa Kyodo, Tanaka afirmó que el incremento en la proporción del gasto en petróleo necesario por cada punto de crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) mundial será del 6% en 2008. En 1974, tras la primera crisis del petróleo, este indicador fue del 3,7% y en 1980, durante la segunda crisis, se elevó hasta el 7,3%.

No obstante, Tanaka apuntó que la razón principal de esta crisis es diferente a las dos anteriores, en las que el problema estribó en un recorte de la oferta. A su juicio, la causa de la crisis actual se encuentra en que la oferta no alcanza a satisfacer "la creciente demanda" de países como China, la India y otras economías emergentes.

Para Tanaka, la crisis del petróleo actual se debe a "problemas estructurales", es decir, que entre 1980 y 2000 no se invirtió lo suficiente en la industria del petróleo.

### **Referencias bibliográficas:**

ASPO y las reservas energéticas. ASPO.  
Combustibles fósiles y geopolítica. Mariano Marzo.  
Comiendo combustibles fósiles. Dale Allen Pfeiffer.  
Cuánto tiempo durará el petróleo. Leonardo Maugery.  
El cenit del petróleo convencional. Víctor Carol Guardiola.  
El colapso energético que se avecina. Michal T. Klare.  
El fin del petróleo barato. Marcel Coderch.  
El fin del petróleo y del gas barato. Yves Cochet.  
El final del petróleo barato. Fernando Ballenilla.  
El G7 y la incertidumbre sobre las reservas petrolíferas. Michael C. Ruppert.  
El mundo ante el cenit del petróleo. Fernando Bullon Miró.  
El petróleo en Oriente Medio. Realidad o Ilusión. Colin C. Campbell.  
El poder del petróleo en el siglo XXI. Jack Naffair y Arthur Lopic.  
Energía, algo más que una crisis de oferta. Pedro Prieto.  
Energía, crisis de oferta. Felipe González.  
Estudio sobre las reservas mundiales de petróleo. Víctor C. G.  
El foro del cenit del petróleo. Word Watch num. 25, primavera 2006.  
Hidrogeno, tecnología y política. Daniel Morgan y Fred Sissine.  
Industria y Minería. Número 367. Monográfico Jornada "La Encrucijada Energética"  
La vida después del colapso petrolero. Matthew Savinar.  
Las sombras del informe Cheney. Arthur Lopic.  
Objeciones al cenit de la producción petrolera. [www.petro-pic.org](http://www.petro-pic.org)  
ODAC. Entendiendo el agotamiento. Chris Skrebowski.  
Por qué el hidrogeno no es la solución. [www.fromthewilderness.com](http://www.fromthewilderness.com)  
Predicciones sobre el precio del petróleo de Ali Bakhtiari. Adam Porter.  
Protocolo de Uppsala. Grupo de estudio del Agotamiento de los Hidrocarburos de Uppsala de la Universidad de Uppsala, Suecia.  
Una guerra por el petróleo. Mariano Marzo.

### **Principales webs consultadas:**

[www.crisisenergetica.com](http://www.crisisenergetica.com)  
<http://wolf.readinglitho.co.uk/francais>  
[www.petro-pic.org.uk](http://www.petro-pic.org.uk)  
[www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)  
[www.iea.org](http://www.iea.org)  
[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)  
[www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)

### **Material Audiovisual consultado:**

La humanidad ante el agotamiento de las reservas de petróleo. AEREN (Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos).  
Los Desayunos de TVE. Entrevista a Mariano Marzo. 2005. RTVE.  
Los Desayunos de TVE. Entrevista a Mariano Marzo. 2006. RTVE.  
Petróleo, el Fin de una Era. Documentos TV. RTVE.  
El Poder del Petróleo. TV5 France.