



Publicación de distribución gratuita y libre con permiso de su autor. Este documento está pensado para aquellos interesados en imprimirlo y difundirlo como folleto engrapado. Por tal razón, deberá imprimirse en folios A4 por ambas caras (horizontalmente). Finalmente se superpondrán los folios, se doblarán y se engraparán. Está diseñado para imprimirse en blanco y negro, con excepción de las páginas centrales donde se muestran gráficos más comprensibles a color, que en blanco y negro.

Diseño gráfico, ilustración digital de portada y maquetación: Laura Camacho.



¿CÓMO SE FORMA EL PETRÓLEO?

El petróleo se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos. Los restos de animales minúsculos que viven en el mar —y, en menor medida, los de organismos terrestres arrastrados al mar por los ríos o los de plantas que crecen en los fondos marinos— se mezclan con las finas arenas y limos que caen al fondo en las cuencas marinas tranquilas. Estos depósitos, ricos en materiales orgánicos, se convierten en rocas generadoras de crudo.

El proceso comenzó hace muchos millones de años, cuando surgieron los organismos vivos en grandes cantidades, y continúa hasta el presente. Los sedimentos se van haciendo más espesos y se hunden en el suelo marino bajo su propio peso. A medida que se van acumulando depósitos adicionales, la presión sobre los situados más abajo se multiplica por varios miles, y la temperatura aumenta en varios cientos de grados. El cieno y la arena se endurecen y se convierten en esquistos y arenisca; los carbonatos precipitados y los restos de caparazones se convierten en caliza, y los tejidos blandos de los organismos muertos se transforman en petróleo y gas natural.

Una vez formado el petróleo, éste fluye hacia arriba a través de la corteza terrestre porque su densidad es menor que la de las salmueras que saturan los intersticios de los esquistos, arenas y rocas de carbonato que constituyen dicha corteza. El petróleo y el gas natural ascienden a través de los poros microscópicos de los sedimentos situados por encima. Con frecuencia acaban encontrando un esquistos impermeable o una capa de roca densa: el petróleo queda atrapado, formando un depósito. Sin embargo, una parte significativa del petróleo no se topa con rocas impermeables, sino que brota en la superficie terrestre o en el fondo del océano. Entre los depósitos superficiales también figuran los lagos bituminosos y las filtraciones de gas natural. *(Fuente: Enciclopedia Encarta 2002.)*

A N E X O : EL PROTOCOLO DE UPPSALA Y RIMINI (2003).

EL PROTOCOLO SOBRE EL AGOTAMIENTO DEL PETRÓLEO

CONSIDERANDO que el paso de la historia ha registrado un aumento en el ritmo de cambios, tal que la demanda de energía ha crecido rápidamente en paralelo con la población mundial en los últimos doscientos años, desde la Revolución Industrial;

CONSIDERANDO que el suministro de energía que demanda la población ha prove-nido fundamentalmente del carbón y del petróleo, que se han creado de forma muy lenta en el pasado geológico y que tales recursos están ine-vitablemente sujetos al agotamiento;

CONSIDERANDO que el petróleo pro- porciona el noventa por ciento del combustible para el transporte, que es esencial para el comercio y juega un papel crítico en la agricultura, necesaria para alimentar a una población en expansión;

CONSIDERANDO que el petróleo está distribuido de forma irregular en el planeta, por razones geológicas bien conocidas y la mayoría del mismo concentrado en cinco países que bordean el golfo Pérsico;

CONSIDERANDO que todas las áreas productivas del mundo ya se han identificado con la ayuda de tecnologías avanzadas y con un cada vez mayor conocimiento geológico, siendo evidente que los descubrimientos alcanzaron un cenit en los años sesenta, a pesar del progreso tecnológico y una búsqueda diligente;

CONSIDERANDO que el pasado cenit en los descubrimientos conduce inevitablemente a un cenit correspondiente de la producción en la primera década del siglo XXI, suponiendo que no se da una reducción drástica de la demanda;

CONSIDERANDO que el efecto del declive de este recurso vital afecta a todos los aspectos de la vida moderna, lo que tiene graves implicaciones políticas y geopolíticas;

CONSIDERANDO que es conveniente planificar una transición ordenada a un nuevo entorno mundial de un suministro reducido de energía, haciendo las provisiones anticipadas para evitar el gasto de

energía, estimular la entrada de energías sustitutivas y aumentar la duración del petróleo remanente;

CONSIDERANDO que es deseable enfrentarse a los retos que surgen de una forma cooperativa y equitativa, que pueda tratar las preocupaciones relacionadas con el cambio climático, la estabilidad económica y financiera y las amenazas de conflicto por el acceso a los recursos críticos.

SE PROPONE POR TANTO:

- 1)** Convocar una convención de naciones para considerar este asunto, con vistas a conseguir un Acuerdo, con los siguientes objetivos:
 - a) Evitar lucrarse con la escasez, de forma que los precios del petróleo puedan mantener una relación razonable con los costes de producción.
 - b) Permitir a los países pobres realizar sus importaciones
 - c) Evitar la desestabilización de los flujos financieros que surjan de los excesivos precios del petróleo.
 - d) Promover que los consumidores eviten el despilfarro
 - e) Estimular el desarrollo de las energías alternativas
- 2)** Este Acuerdo tendrá las siguientes líneas generales:
 - a) Ningún país producirá petróleo más allá de su tasa actual de agotamiento, que se define en la producción anual como un porcentaje de la cantidad que se estima queda por producir.
Cada país importador reducirá sus importaciones para ajustarse a la Tasa Mundial de Agotamiento, deduciendo cualquier producción local.
- 3)** Se regularán detalladamente las definiciones de las diferentes categorías de petróleo, sus exenciones y cualificaciones y los procedimientos científicos para la estimación de la Tasa de Agotamiento.
- 4)** Los países signatarios cooperarán para proporcionar información sobre sus reservas, permitiendo auditorías técnicas, de forma que se pueda determinar con precisión la Tasa de Agotamiento.
- 5)** Los países signatarios tendrán el derecho a apelar la valoración de su Tasa de Agotamiento si cambian las circunstancias.

8.



Referencias y artículos recomendados

AEREN (2005): "Los retos energéticos del s. XXI". <http://www.crisisenergetica.org/ficheros/Los%20retos%20energ%C9ticos%20del%20SXXI.pdf>

Ballenilla, F. (2004): "El final del petróleo barato", El Ecologista, número 40, págs. 21-22. <http://www.kirbyn.com/descargas/ciencia/Final.del.petroleo.barato.pdf>

Ballenilla, F. et al (Miembros del Grupo La Illeta de Alicante) (2005): "La sostenibilidad desde una nueva y urgente perspectiva". Ponencia presentada en IV Encuentro de Colectivos Escolares y Redes de Profesores que hacen investigación en su escuela. <http://ensino.univates.br/~4iberoamericano/trabalhos/trabalho306.pdf>

Bullón, F. (2005): "El cambio climático". RAM, Revista del Aficionado a la Meteorología. <http://www.meteored.com/ram/numero33/el-cambio-climatico.asp>

Duncan, R. (2000): "La cima de la producción mundial de petróleo y el camino a la garganta de Olduvai". <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20040205174031934>

Heinberg, R. (2001): "Carta desde el futuro". <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20041122154625621>

Janson, J. (1997): "Termodinámica y la producción de alimentos". <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20040102094756808>

Klare, M. T. (2005): "El colapso energético que se avecina". <http://www.jornada.unam.mx/2005/03/31/022a1eco.php>

Marzo, M. (2005): "El fin de la era del petróleo barato. Las dudas sobre las reservas globales de crudo". http://www.kaosenlared.net/noticia.php?id_noticia=8160

Páez, A. (2002): "La dimensión sociopolítica del fin del petróleo: Desafíos a la sostenibilidad". <http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20040210200645448>

Pfeiffer, D. A. (2003): "Comiendo combustibles fósiles". <http://217.76.137.42/staticpages/index.php?page=20040706185428361>

Prieto, P. A. (2004): "La curva de Hubbert como la vida misma". <http://www.elinconfirmistadigital.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=912&mode>

Prieto, P. A. (2002): "Un cuento de terrorismo energético". <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456>

Prieto, P. A. (2005): "¿Kioto o Uppsala?". <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20050228194751631>

Savinar, M. D. (2004): "La vida después de la debacle del petróleo". http://www.animalweb.cl/n_o_imperial/crisis_energetica/peak_petroleo_debacle.htm

TVE (2005): "Vídeos con las entrevistas al Catedrático de Estratigrafía y profesor de Recursos Energéticos de la Universidad de Barcelona, Mariano Marzo, en Los desayunos de TVE" http://www.comunidadsinpetroleo.com/descargas_index.html

Fernando Bullón Miró, enero de 2006.

Mi agradecimiento a los compañeros de www.crisisenergetica.org por las sugerencias y comentarios recibidos y en especial a *Pedro A. Prieto, Gloria Jiménez y Edgar Ocampo.*

INDICE



•	Introducción	2
1.	Los combustibles fósiles, la crisis energética y el cambio climático	4
2.	La dependencia del petróleo del mundo actual	8
3.	La curva de Hubbert	11
4.	La llegada al cenit de la producción mundial de petróleo	16
5.	El ahorro energético	20
6.	Las otras fuentes de energía	22
7.	¿Qué hacer ante el cenit del petróleo?	26
8.	Referencias y artículos recomendados	28

Este documento nace para contribuir a la divulgación de la crisis energética global en la que nos encontramos. Para ampliar la información se aconsejan las referencias que se citan al final y la abundante información actualizada disponible en la página web www.crisisenergetica.org, en la que también existe un foro de debate, enlaces a páginas relacionadas y los boletines mensuales de la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO), que está integrada por científicos de diversos países que se dedican al estudio de las reservas petrolíferas, y que tratan de determinar la fecha y el impacto del cenit de las producciones mundiales de petróleo y de gas natural.

Introducción



El petróleo es un recurso único, que constituye para la humanidad una fuente de energía muy eficiente, fácil de extraer, transportar y utilizar, así como una materia prima con la que obtener una gran variedad de materiales. La abundante disponibilidad de petróleo ha sido determinante en los profundos cambios que ha experimentado la humanidad en el último siglo, hasta llegar al estado de dependencia del “oro negro” en la que se encuentra el mundo actual, pues está presente en casi todo lo que utilizamos y es la fuente de energía que mueve el 95% del transporte mundial.

El petróleo ha sido también esencial en el incremento de la capacidad de producir y distribuir alimentos y en los avances logrados en medicina, contribuyendo a la multiplicación explosiva de la población mundial, desde los mil millones de seres humanos a mediados del siglo XIX hasta los aproximadamente seis mil quinientos millones de la actualidad.

de las economías y de la población, etc. Posiblemente habría que cambiar todo el modelo de vida que se ha creado sobre la base de una ilimitada disponibilidad de petróleo.

Pero independientemente de que estos cambios se produzcan, cada uno de nosotros puede adoptar algunas medidas que en general se pueden agrupar en cuatro líneas de actuación:

1) Informarse. Es importante seguir informándose y tratar de conocer y comprender las implicaciones y las consecuencias que el cenit del petróleo puede tener en los años venideros.

2) Prepararse. Cuanto antes comencemos a mentalizarnos, en mejores condiciones estaremos para adaptarnos a los cambios que se vayan produciendo, afrontarlos con éxito, ayudar a los demás y, en general, atenuar los efectos para nosotros y para las personas de nuestro entorno.

3) Divulgar. Cuantas más personas conozcan la situación, más posibilidades hay de que comiencen a adoptar a su vez acciones positivas. Una opción puede ser transmitir la realidad de la crisis energética difundiendo este u

otros artículos, empleando para ello los medios y canales de que cada uno disponga, ya sea a través de Internet, publicaciones, dirigiéndose a medios de comunicación, asociaciones y autoridades locales, centros educativos, etc.

4) Actuar. Podemos empezar a cambiar ya nuestras vidas hacia un menor nivel de consumo en general y energético en particular, lo que será útil para reducir nuestra contribución a la situación a la que el sistema actual está llevando a la humanidad; disminuir la presión que nuestro modo de vida ejerce sobre los sistemas naturales que sustentan la vida en nuestro planeta; aminorar el ritmo de agotamiento del petróleo y de otros recursos; y, por último, estar mejor preparados para los tiempos en que nos veamos obligados a ello.

Si a la situación global a la que nos enfrentamos como especie se ha llegado como suma de las acciones individuales de todos los seres humanos que pueblan el planeta Tierra, es entonces a través de la decisión individual de cada uno como podemos influir en ella. En nuestras manos está decidir cuándo empezar a actuar de forma que nuestra influencia sea en positivo.

7.



¿Qué hacer ante el cenit del petróleo?

Cuando se plantea la posibilidad de una inminente escasez de los recursos energéticos, existe entre la opinión pública el convencimiento de que **ha de haber soluciones**, y de que **la tecnología lo podrá resolver todo**, sin cuestionarse el crecimiento económico, la viabilidad de nuestro modo de vida y sus consecuencias. Pero hasta ahora, las mejoras logradas por la tecnología en eficiencia energética no se han traducido en reducciones del consumo energético global. La historia de la humanidad ofrece abundantes ejemplos de civilizaciones muy avanzadas que sucumbieron cuando excedieron los límites en el consumo de los recursos en los que basaban su desarrollo. En cualquier caso, en un espacio limitado como nuestro planeta, toda sociedad cuyo modo de vida esté basado en el crecimiento continuo llegará inevitablemente a un punto en el



que se enfrente al límite marcado por el agotamiento de los recursos disponibles.

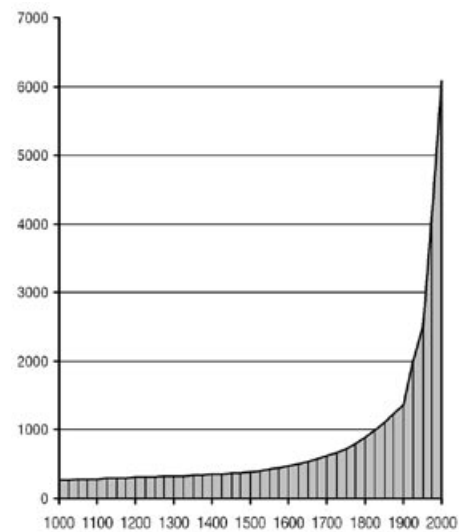
No está en nuestras manos decidir las políticas de los gobiernos, ni los comportamientos de consumo de los habitantes de todo el mundo, para orientarlos hacia una transición lo más suave posible a los tiempos con una menor disponibilidad de petróleo. Los cambios necesarios tendrían que ser probablemente demasiado complejos, con medidas impopulares y muy difíciles de asumir, basadas en la reducción del consumo y del transporte privado, tendencia al crecimiento negativo

Se estima que la humanidad ha consumido, en tan sólo cien años, cerca de la mitad del petróleo existente inicialmente, el cual necesitó de millones de años para formarse en el subsuelo de diversas áreas de nuestro planeta.

Numerosos estudios vienen advirtiendo desde hace décadas que, una vez consumida la mitad de las reservas de petróleo del planeta, el ritmo de extracción comenzaría a decaer. Esto significa que la generación de comienzos del siglo XXI se enfrenta al descenso de la disponibilidad del recurso más

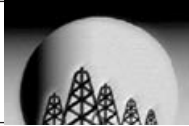
esencial para el mantenimiento del sistema económico y del modo de vida actuales; lo que constituye tal vez el mayor desafío al que se enfrenta la sociedad de nuestros días, puesto que no existe ningún otro recurso conocido con sus cualidades y prestaciones. Pese a las inversiones realizadas, en la actualidad no se dispone de sustitutos que puedan reemplazarlo como fuente de energía, en especial para obtener carburantes para el transporte, ni como materia prima para los más de tres mil productos de uso común que se obtienen del petróleo.

En los últimos años viene manifestándose una progresiva disminución de la producción excedentaria de petróleo, debido a las dificultades para incrementar la oferta al ritmo que lo hace la demanda, de forma que el precio del crudo ha experimentado un notable ascenso. En los próximos años cabe esperar que este proceso se vaya acentuando, en especial a partir del momento en que la producción de petróleo empiece a decaer. Los incrementos en los costes energéticos y los desabastecimientos pueden llevar a la economía mundial a una recesión sin precedentes, cuyos primeros síntomas se están haciendo notar de forma cada vez más evidente.



Evolución de la población mundial en miles de millones de habitantes desde el año 1000 al 2000.

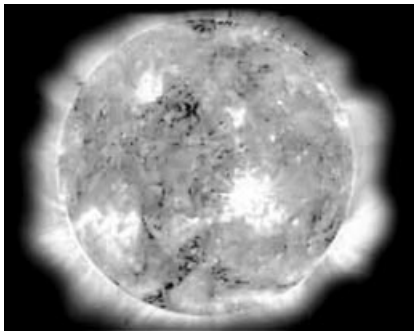
1.



Los combustibles fósiles, la crisis energética y el cambio climático

La energía que vemos manifestarse en nuestro planeta, ya sea la que da lugar al movimiento del aire y de los océanos, a las nubes y a las lluvias, o la que se manifiesta en forma de vida, procede de las reacciones de fusión nuclear que tienen lugar en el Sol. Las plantas absorben la energía del Sol a través de la fotosíntesis, y los animales la toman, directa o indirectamente, de las plantas.

A lo largo de millones de años, una parte de la energía absorbida



de este modo por los seres vivos fue quedando enterrada en forma de materia orgánica y se fue transformando lentamente, mediante procesos físico-químicos, en diversos compuestos orgánicos sólidos (carbón), líquidos (petróleo) y gaseosos (gas natural).

Estos compuestos, denominados “combustibles fósiles”, son finitos y no renovables, puesto que necesitan de millones de años para formarse, y son únicos en la Naturaleza, pues no existen otros elementos que se hayan formado de esa manera ni que, por tanto, acumulen una cantidad de energía tan grande y tan fácil e inmediata de aprovechar, por simple combustión.



LOS BIOCOMBUSTIBLES

no tienen las prestaciones que presentan los gasóleos obtenidos del petróleo y, para incrementar su producción significativamente, se tendrían que dedicar una gran cantidad de tierras fértiles a su cultivo, lo que es complicado en un mundo en el que el hambre y la desertización son dos de sus problemas de más difícil solución. Además, nuevamente el petróleo aparece como el recurso que está detrás de su desarrollo, pues el proceso de siembra, tratamiento, fertilización, riego, cosecha, transporte y distribución requiere de energía que en la actualidad se obtiene del “oro negro”.

LA FUSIÓN NUCLEAR es la fuente de energía de la que se dice que resolverá todos los problemas energéticos en el futuro. Pero las complejidades tecnológicas a superar son de tal magnitud que desde que se planteó inicialmente ya se advertía que no iba a estar disponible al menos antes de pasados unos 50

años, y así se continúa diciendo en la actualidad, pese a que han pasado más de 30 desde entonces. Se necesita alcanzar temperaturas superiores a cien millones de grados para que se produzca la reacción de fusión; materiales que resistan las altas temperaturas y la radiación; lograr que la energía liberada sea mayor que la necesaria para calentar y mantener aislado el combustible; y finalmente, desarrollar dispositivos que capturen la energía generada y la conviertan en electricidad, de tal manera que de todo el proceso se obtenga un balance energético suficientemente positivo.

EL HIDRÓGENO, por último, no es una fuente de energía. Se plantea como combustible para el transporte porque no es contaminante y se puede utilizar de forma líquida, como los derivados del petróleo. Pero el hidrógeno libre es muy raro en la Naturaleza, y se necesita más energía para obtenerlo de la que después proporciona. Además, requiere de muy bajas temperaturas para mantenerse líquido - lo que a su vez requiere energía-, ocupa más volumen por unidad de energía que las gasolinas o el diesel, y haría falta adaptar a él los vehículos actuales y los sistemas de transporte y distribución de combustible que están implantados hoy en día.

LA FISIÓN NUCLEAR

presenta numerosas dificultades para implantarse a gran escala y a corto plazo: el enorme coste (económico y energético) de la construcción y desmantelamiento de cada central nuclear; la ausencia de soluciones al tratamiento y almacenamiento de los peligrosos residuos, que emiten radiactividad durante miles de años; el riesgo de accidentes nucleares y de atentados terroristas; los conflictos entre los países por el temor al posible empleo de la energía nuclear para fines militares; el gran impacto ambiental que genera la minería del uranio. En todo caso, aunque todos estos problemas se pudieran superar, el uranio también posee una cresta de Hubbert, que se alcanzará dentro de unos 25 años, plazo que se acortaría si se incrementase el número de centrales nucleares. -



(Abajo: Central nuclear de Chernóbil, Ucrania)



LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

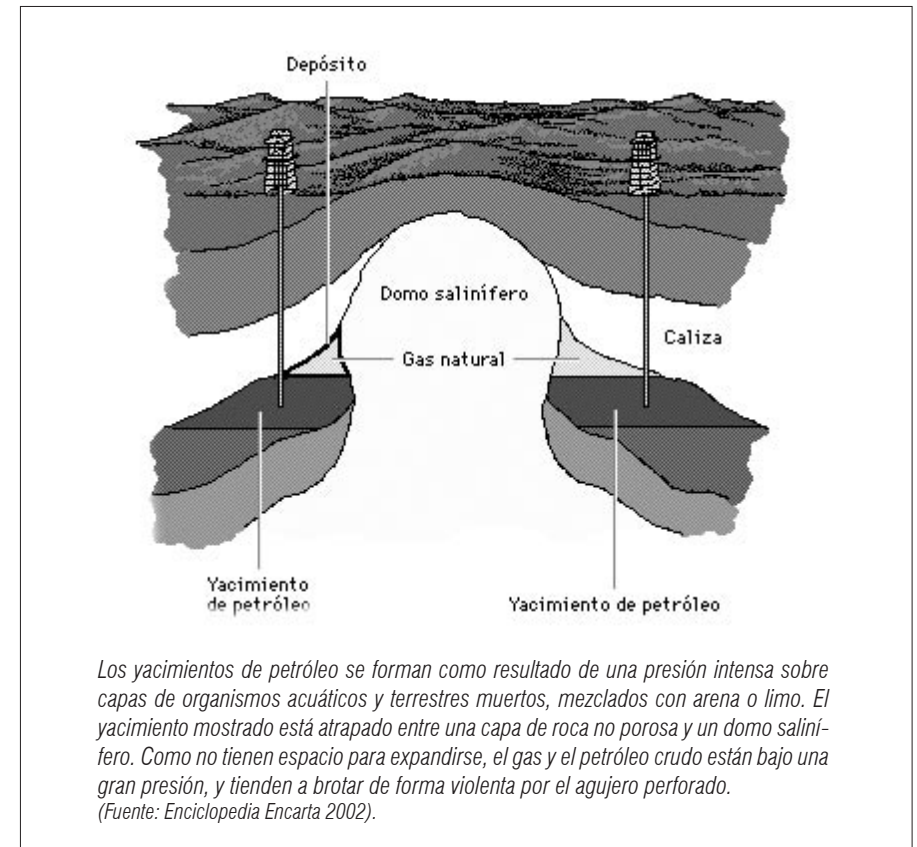
que sólo aporta el 2,3 % de la energía global, tiene pocas posibilidades de incrementarse significativamente. Las grandes presas siempre causan gran impacto sobre las áreas donde se construyen, y obligan a desplazarse a las poblaciones residentes en las mismas.



LAS ENERGÍAS RENOVABLES

(solar, eólica, mareomotriz, geotérmica...)

representan tan sólo el 0,5 % del total mundial, y su incipiente desarrollo ha sido posible gracias a la disponibilidad de petróleo, que es utilizado tanto en forma de materia prima como de energía para la fabricación de los costosos materiales necesarios, y para la construcción de las infraestructuras aparejadas. La energía que proporcionan es difícil de transportar y de almacenar, y su cantidad varía en función de agentes externos.



Hace unos 250 años, con el inicio de la Revolución Industrial, el ser humano comenzó a servirse de la energía almacenada en esos compuestos —empezando por el carbón—, es decir, empezó a extraerlos del subsuelo y a quemarlos, transformándolos en gases y emitiéndolos a la atmósfera.

Así pues, se puede decir que al quemar los combustibles fósiles masivamente lo que nuestra especie viene haciendo es trasladar a la atmósfera, en forma de gases, toneladas de materiales orgánicos, ricos en carbono, que llevaban en el subsuelo millones de años.

La energía obtenida al quemar estas fuentes fósiles dio a la humanidad la posibilidad de explotar con mayor intensidad otros recursos naturales, como el agua, las tierras o los recursos pesqueros, lo que posibilitó la explosión demográfica del último siglo y el modo de vida basado en el elevado consumo energético del que hoy disfruta aproximadamente un tercio de los habitantes del planeta.



Los combustibles fósiles continúan siendo la fuente energética básica, pues no sólo aportan el 80 % de la energía que se consume en el mundo, sino que también contribuyen al aprovechamiento de las demás fuentes energéticas conocidas.

Si la Tierra fuese infinita y sus recursos ilimitados, la población y el consumo energético podrían seguir aumentando indefinidamente. Pero nuestro planeta es limitado, y por tanto también lo son sus recursos y sumideros.

Esto significa que algún día el proceso de extracción de materiales del subsuelo y su emisión a la atmósfera nos llevaría al punto en que los recursos comenzasen a dar síntomas de agotamiento; y los sumideros, de empezar a saturarse.

Y ese es precisamente el punto en el que estamos: **mientras la humanidad continúa creciendo en población y necesidades energéticas, los geólogos avisan de que el suministro de combustibles fósiles va a empezar a decaer** —empezando

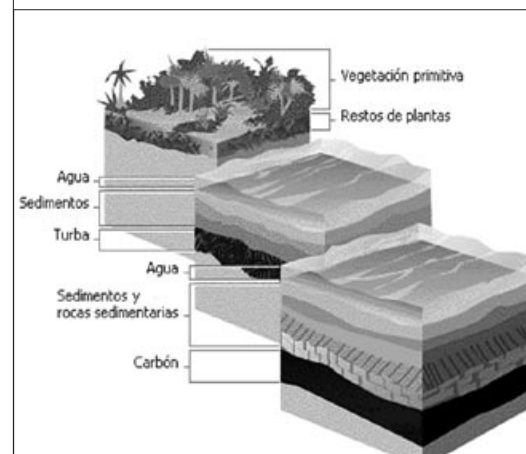
de vehículos actual – más de 800 millones— para que pudiesen funcionar con ella, así como desarrollar toda la infraestructura para la producción, transporte y distribución de la misma por todo el mundo.



Se repasan a continuación algunas de las dificultades que presentan las fuentes energéticas que se plantean como posibles alternativas al petróleo:

EL CARBÓN es un combustible muy pesado, poco eficiente, con poca versatilidad y con un gran coste de extracción y de transporte. Es muy contaminante (tanto su minería como su combustión) y es el causante de la lluvia ácida, además de contribuir al efecto invernadero. Estos problemas se

verían incrementados si se tratase de sustituir con él al petróleo.



¿Cómo se forma el carbón?

El carbón que hoy utilizamos se formó a partir de generaciones de plantas que murieron en antiguos pantanos y ciénagas, y que se fueron asentando bajo sedimentos. Este material vegetal formó primero un material orgánico compacto denominado turba. Con el paso del tiempo, la presión y el calor que ejercían la acumulación y el engrosamiento de las capas de sedimentos sobre la turba provocaban la salida gradual de la humedad. Esto aumentaba el contenido de carbono de la turba, que al final se convertía en carbón. (Fuente: Enciclopedia Encarta 2002)

EL GAS NATURAL es el que más está aumentando su uso y tiene muchas ventajas, pero su explotación también contribuye al efecto invernadero y sigue una curva de Hubbert más pronunciada que la del petróleo, de manera que, una vez que se alcance el cenit, lo que sucederá sólo unos pocos años después que el del petróleo, su declive será mucho más pronunciado. En Norteamérica la escasez de gas ya empieza a ser un problema acuciante.

6.



Las otras fuentes de energía



La otra posibilidad para reducir el consumo de petróleo sería comenzar a sustituirlo por otras alternativas energéticas. En la actualidad, las fuentes de energía basadas en recursos finitos no renovables (combustibles fósiles y fisión nuclear), que tantos problemas de contaminación generan, aportan el 86% del enorme consumo de energía global. (Ver figura 5, pag 15)

Las demás fuentes energéticas pueden continuar siendo complementarias en la producción de electricidad, pero no pueden aumentar tanto como para reemplazar la gran cantidad de energía suministrada por las no renovables para cubrir los requerimientos de la sociedad, y menos si la población mundial y las economías de los países continúan en crecimiento.

El petróleo representa el 35% del total del consumo energético global y más del 90% de la energía empleada en los transportes. Resulta muy complicado que pueda ser sustituido como carburante, pues debería primero aparecer una fuente de energía con sus prestaciones y en cantidad suficiente, y a continuación adaptar o sustituir el inmenso parque

por el petróleo y el gas natural—, y los climatólogos advierten que el incremento detectado en las concentraciones de los gases producto de su combustión no tiene precedentes, al menos en los anteriores cientos de miles y probablemente en millones de años (Figura 1, abajo).

Entre los gases cuyas concentraciones están aumentando notablemente destaca el dióxido de carbono (CO₂), que tiene la propiedad de actuar como un “invernadero”, lo que podría estar iniciando una alteración impredecible en el equilibrio climático de nuestra atmósfera.

A partir de este punto no se puede saber qué pasará en las próximas décadas, tanto respecto a cómo será el proceso a través del cual nuestra especie se habrá de ir adaptando a vivir con cada vez menor disponibilidad de energía y materiales procedentes de los combustibles fósiles, como respecto a la respuesta que pueda tener el sistema climático ante la acumulación de determinados gases de invernadero en las capas bajas de la atmósfera.

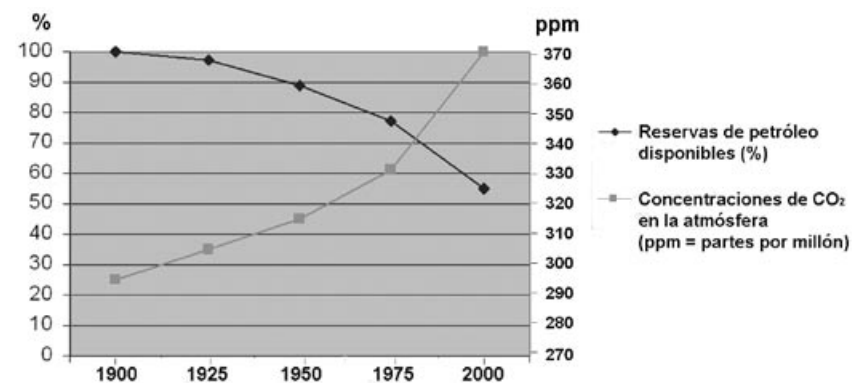


Figura 1: Evolución aproximada del porcentaje de reservas de petróleo y de las concentraciones de anhídrido carbónico (CO₂) en la atmósfera a lo largo del siglo XX.

2.



La dependencia del petróleo del mundo actual

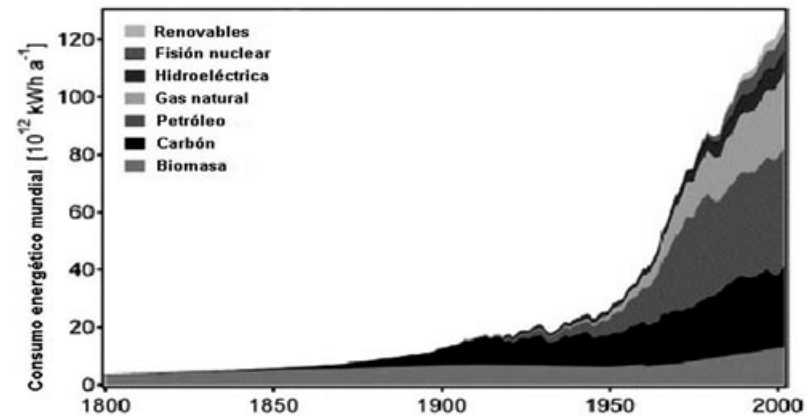
El petróleo, por su fácil obtención, versatilidad, facilidad de transporte y almacenaje, y la gran cantidad de energía que proporciona por unidad de volumen, se convirtió, desde **el inicio de su extracción comercial masiva a principios del siglo XX,** en el combustible fósil que más contribuyó al formidable desarrollo de la industria, la agricultura y los medios de transporte, permitiendo la especialización de las zonas productivas de todo el mundo.



- Por una parte, los gobiernos de los países más poderosos del mundo se ven obligados a mantener el crecimiento como objetivo básico de sus políticas económicas, puesto que si tratasen de establecer unilateralmente políticas drásticas de reducción del consumo, éstas chocarían con los intereses del sector empresarial y de las grandes compañías multinacionales; podrían afectar también negativamente a la actividad económica y al empleo; amenazarían al equilibrio del sistema financiero; encontrarían rechazo entre los agentes sociales y económicos; y podrían encontrar oposición por parte de los países y de las instituciones económicas con los que mantienen compromisos internacionales. Por otra, hasta ahora el crecimiento económico siempre ha venido acompañado

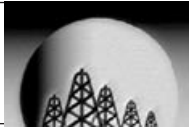
de incrementos en el consumo de energía.

- Las empresas privadas necesitan de elevados niveles de consumo para mantener sus ventas y beneficios, y se valen para ello de la publicidad, que estimula a los ciudadanos al consumo.
- No se puede disminuir significativamente el consumo de petróleo en muchas actividades productivas básicas como la agricultura o los transportes.
- Si ya parece difícil que los países más desarrollados dejen de aumentar sus niveles de consumo, puede resultar aún más complicado que los países con menor nivel de renta per cápita acepten renunciar a aumentar el suyo, en su objetivo de salir de la miseria y tratar de igualar el nivel de consumo de los países más desarrollados.



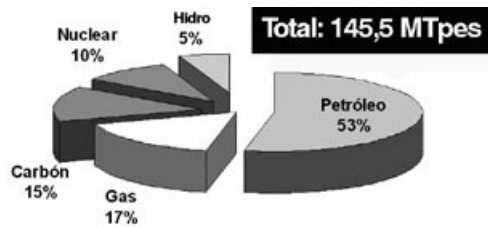
Consumo energético desde 1800. Se observa el incremento iniciado a mediados del s. XVIII con el uso de los combustibles fósiles. Fuente: <http://www.hydropole.ch/Hydropole/Intro/WorldE.gif>

5.



El ahorro energético

Ante la inevitable e inminente reducción de la oferta de petróleo que cabe esperar en los próximos años, la medida aparentemente más lógica, sencilla e inmediata que se puede adoptar es tratar de reducir el consumo energético, para ir adaptándolo a la realidad geológica marcada por la curva de Hubbert.



¿Cuánto consumimos en España?

Consumo español de energía primaria por tipo de fuente (2004 según BP)

Si en lugar de actuar de este modo se opta por forzar la explotación de los yacimientos petrolíferos del planeta, el efecto que se puede esperar es que se alargue la meseta de la parte superior de la campana de Hubbert, es decir, que se logre

atrasar el inicio de la caída de la producción mundial de petróleo, pero de lograrse, el efecto posterior será que cuando se inicie la caída ésta resulte más pronunciada. Es como si, ante la disminución de caudal de un depósito de agua que se está agotando, se opta por añadir más grifos. Al principio se logrará mantener el caudal, pero a costa de agotar más rápidamente el depósito, de manera que después el agua dejará de salir de forma más repentina.

Así pues, **el ahorro energético** es la medida aparentemente más sencilla e inmediata de aplicar, pero no está exento de **dificultades para ser aplicado masivamente:**



Todo ello permitió el incremento de la producción y del comercio a nivel mundial, pero también fue llevando a una mayor dependencia de la energía y de los productos proporcionados por el mismo.



Hoy en día, nuestra sociedad y modo de vida actuales son posibles gracias al uso intensivo del petróleo, pues actividades tan básicas como la industria, la producción eléctrica, los transportes, la construcción, el turismo, la agricultura, la pesca, la ganadería, la minería, la medicina, etc., son muy dependientes de su disponibilidad.



En concreto, la producción comercial de alimentos se basa en el uso intensivo del petróleo, que permitió la mecanización de la agricultura y la extensión de los regadíos. El petróleo se emplea tanto en forma de energía —para el arado, siembra, recolección, bombeo del agua, tratamientos, cosecha, transporte, conservación y distribución—, como en la fabricación de los insecticidas, abonos y conservantes alimentarios.



Se estima que con el actual modelo de producción y distribución, por cada caloría de alimento que llega al consumidor final se requiere una media de unas ocho calorías de combustible fósil, básicamente de petróleo.

El petróleo forma parte de todo tipo de plásticos, productos químicos, materiales de construcción, etc., de manera que está presente en casi todos los bienes de uso común utilizados en nuestros días.

La lista sería interminable y abarca objetos tan variados como componentes internos y cubiertas de aparatos electrónicos, cueros sintéticos, detergentes, productos de limpieza, cosméticos, pinturas, lubricantes, PVC, fertilizantes agrícolas, medicamentos, aislantes, asfaltos, fibras sintéticas para la ropa, muebles, botellas, pañales, ordenadores, cámaras de fotos, baterías, gafas, lentillas, champús, teléfonos móviles, pastas de dientes, bolígrafos, neumáticos, etc.



Es necesario también para el mantenimiento de los servicios básicos urbanos como el suministro de agua potable, recogida de basura, mantenimiento de calles y jardines, servicios de bomberos, protección civil, policía, etc.

No debe sorprender por tanto que, si el funcionamiento de la sociedad depende en tal medida de un recurso, cualquier variación en su precio afecte a todos los sectores económicos.



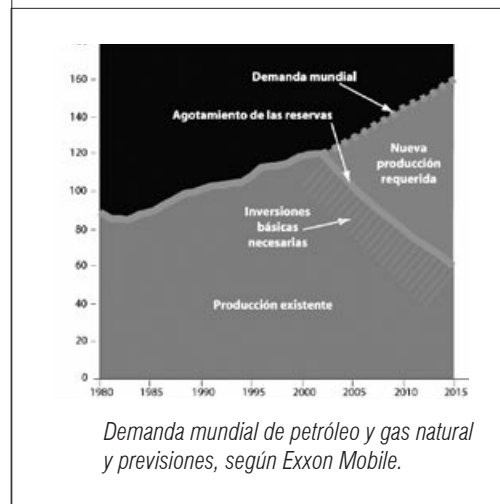
Muchos de los principales campos y países productores han entrado ya en declive. Cuando la producción de un país exportador cae por debajo de su consumo interno, pasa de ser exportador neto a importador neto, con lo que empieza a presionar sobre los mercados internacionales de crudo. Los países que se mantienen en la parte ascendente de la curva de Hubbert se ven obligados a aumentar su producción para cubrir, no sólo el incremento de la demanda internacional, sino también la disminución de las producciones de los que ya han pasado el cenit, lo que cada vez resulta más difícil y lo será más a medida que más campos y países productores vayan superando el cenit y entrando en el declive de sus producciones.

Otra evidencia clara de la proximidad del cenit de la producción mundial de petróleo es que, si bien la

demanda continúa aumentando, el descubrimiento de grandes yacimientos viene disminuyendo desde los años sesenta, pese al empleo de tecnologías cada vez más sofisticadas y la competencia de las empresas petroleras por hacerse con el mayor número de yacimientos.

Desde los años ochenta el consumo de petróleo supera a los descubrimientos, de forma que en la actualidad se ha alcanzado la alarmante proporción de que por cada barril que se descubre se consumen cuatro. Esto significa que casi todo el petróleo que se está consumiendo hoy en día procede de los grandes yacimientos descubiertos hace varias décadas.

(Ver figura 4, pág. 15).



En este sentido hay que señalar que la demanda, lejos de reducirse, los últimos años viene experimentando una fuerte subida, en especial a causa del gran crecimiento económico de países como China e India, cuyas poblaciones suman 2.300 millones de personas.

Cada vez aparecen más informaciones y estudios sobre la crisis energética, así como se van sucediendo las manifestaciones de personas vinculadas al mundo de la energía y del petróleo, que alertan de la situación en la que nos encontramos y de las consecuencias que se pueden

derivar del encarecimiento de los precios del petróleo.

A modo de ejemplo, la petrolera estadounidense Chevron-Texaco, ha iniciado recientemente una campaña a través de la web Will You Join Us? (¿Te unes a nosotros?), que empieza diciendo: **La energía será uno de los asuntos definitorios de este siglo. Una cosa está clara: la era del petróleo fácil se ha acabado. Lo que hagamos a partir de ahora determinará nuestro éxito en responder a las necesidades energéticas del mundo entero durante este siglo y los siguientes.**

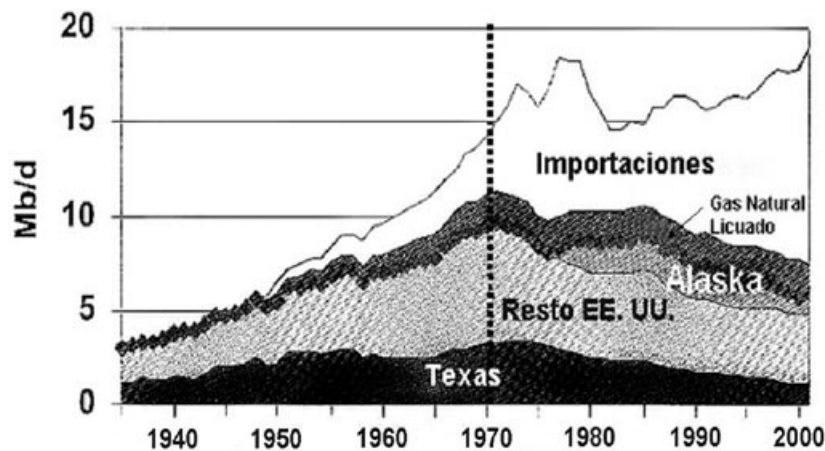


Figura 6: Producción y consumo de petróleo de los EE. UU., en millones de barriles por día. Se observa el pico de producción en 1970 y el aumento de las importaciones desde los años 50. Fuente: Campbell, C.J., *The Essence of Oil and Gas Depletion*, Multi-Cience Publishing CO., 2002.

3.



La Curva de Hubbert

En los años 50 del siglo pasado, el científico estadounidense *M. King Hubbert* demostró que la evolución que experimenta la explotación de cualquier pozo petrolífero sigue una curva en forma de campana, llamada por ello “curva de Hubbert” (Ver figura 2, pag.14)

Esto significa que, si bien al iniciarse la explotación, la producción de petróleo aumenta rápidamente, de forma que se puede extraer cada vez mayor cantidad con muy poco esfuerzo, a medida que va pasando el tiempo el aumento de la producción va perdiendo fuerza, hasta que se alcanza un máximo a partir del cual la producción comienza su declive hasta el agotamiento del pozo.

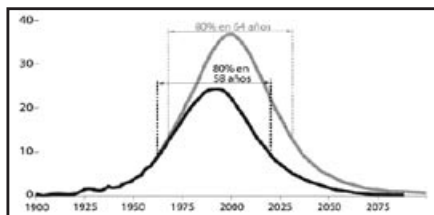
En el tramo ascendente de la curva de *Hubbert* (antes de llegar al máximo), el petróleo es abundante, de buena calidad y fácil de extraer, pero en el tramo descendente cada vez es más escaso, costoso de extraer, de peor calidad y de menor pureza.

El cenit del petróleo es el término que se aplica a la parte superior de la campana de *Hubbert*, es decir, al tramo en el que se logra la máxima producción, y **se alcanza cuando se ha extraído aproximadamente la mitad del petróleo existente inicialmente.**

Si la evolución de la producción de cualquier pozo petrolífero muestra una curva en forma de campana, lógicamente, si se suman las producciones de varios de ellos la curva que se obtiene tiene también una forma similar. Esto significa que la producción de cualquier yacimiento, país productor o la mundial en su conjunto también presentan una evolución en forma de campana.

Conociendo este hecho, y aplicando una serie de cálculos matemáticos, Hubbert dedujo en 1956, con notable precisión, que el cenit de la producción de petróleo de EE. UU., que entonces era el mayor productor de crudo del planeta, se alcanzaría aproximadamente en 1970 (figura 6, pag. 18). Para la producción mundial, Hubbert estimó que el cenit tendría lugar a finales del siglo XX o a principios del siglo XXI, y demostró también que, aunque las reservas mundiales reales superasen en el doble a las consideradas en sus cálculos, el cenit mundial sólo se retrasaría una década.

(figura 2, pag. 14)



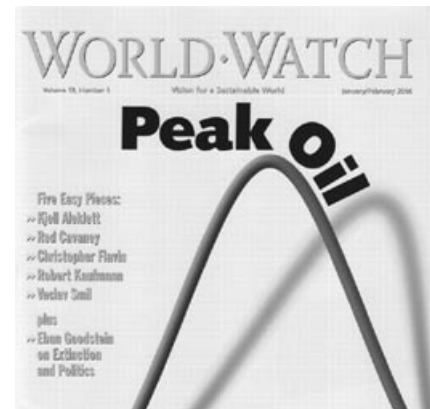
Numerosos estudios han venido verificando la validez de los resultados de Hubbert y muestran que ya se ha consumido aproximadamente la mitad de las reservas iniciales, lo que indica que estamos en los años del cenit de la producción mundial de petróleo.



Así pues, aunque se estima que al ritmo de consumo actual queda petróleo para unos 40 años, el desafío más inminente al que se enfrenta la sociedad de principios del siglo XXI es el que supone alcanzar el máximo de la producción mundial de petróleo y entrar en el declive de su producción.



oficialmente por sus gobiernos, pues en los años 80 las aumentaron, sin ninguna base científica, para tratar de acceder a mayores cuotas anuales de producción, que se asignaban según las reservas declaradas por cada país.



Portada de la Revista del World Watch Institute de enero/febrero de 2006, dedicada al Peak-oil (cenit del petróleo en inglés)

En la Conferencia sobre el Cenit del Petróleo de mayo del 2003, el Profesor Kenneth Deffeyes, autor de "El Cenit de Hubbert: La Inminente Escasez del Petróleo Mundial", explicó que *el cenit pudo haber sido en el 2000, pues la producción mundial ha dejado de aumentar desde ese momento, pese al aumento de la demanda y la presión de los gobiernos occidentales a los países productores para que aumenten su producción y evitar el alza de precios.*

El Instituto de los Recursos Mundiales (World Resources Institute) publicó un informe en 1996 que decía:

Si persiste el crecimiento de la demanda mundial en un modesto dos por ciento anual, la producción podría comenzar a declinar hacia el año 2000 (...) incluso aunque se den enormes aumentos del petróleo estimado como recuperable (lo cual es poco probable), apenas daría para algo más de otra década (desde 2007 a 2018). En consecuencia, a menos que se reduzca de forma muy acusada el crecimiento de la demanda, la producción de petróleo comenzará pronto su largo declive.

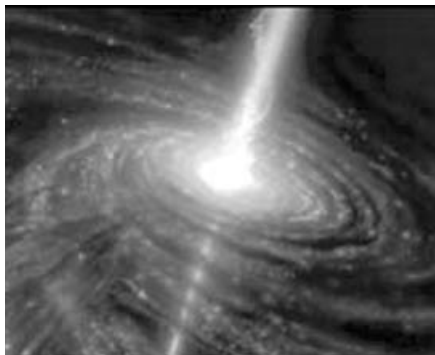
4.



La llegada al cenit de la producción mundial de petróleo

No se puede conocer con exactitud la fecha del cenit de la producción mundial de petróleo, pero casi todas las estimaciones actuales más fiables lo sitúan en algún momento entre los años 2004 y 2010.

(Figura 3, pag. 14)



La fecha exacta no es lo trascendente, sino el hecho de que estamos en los tiempos en que la producción ya no va a poder incrementarse de forma significativa, y en todo caso la tendencia que se espera para los próximos años es que comience a disminuir.

En realidad, lo más probable es que no se conozca que ha pasado el cenit hasta varios años después de superado, pues la producción presenta fluctuaciones de un año para otro, de manera que el tramo superior de la curva de producción mundial puede presentar la forma de una meseta alargada con varios picos máximos.

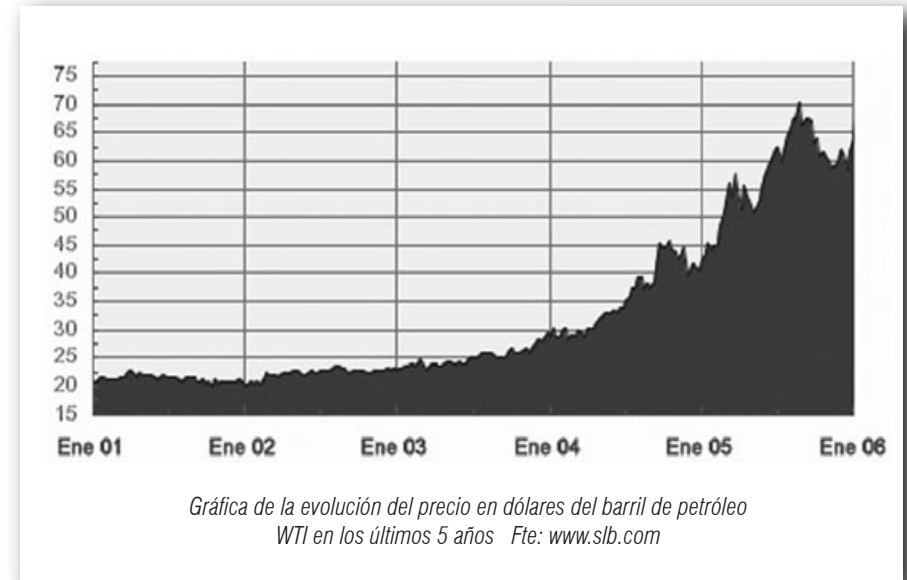
No se conocen tampoco con exactitud las reservas de los principales países productores de la OPEP, que pueden ser menores que las publicadas

El descenso de la oferta mundial de “oro negro”, en el contexto de creciente demanda, unido a la fuerte dependencia existente hoy en día, y sin otras alternativas energéticas que puedan reemplazar a corto plazo la gran cantidad de energía que proporciona, puede abrir una brecha entre la demanda y la oferta que se vaya haciendo cada vez más profunda, lo que puede llevar a desabastecimientos en los mercados internacionales y a una subida de los precios del crudo.

El encarecimiento de la energía puede generar procesos inflacionarios que se extiendan a todos los sectores económicos y tener impactos



imprevisibles sobre las economías de todos los países, lo que puede poner en riesgo el equilibrio del sistema financiero internacional y desencadenar intensas crisis sociales.



Gráficas

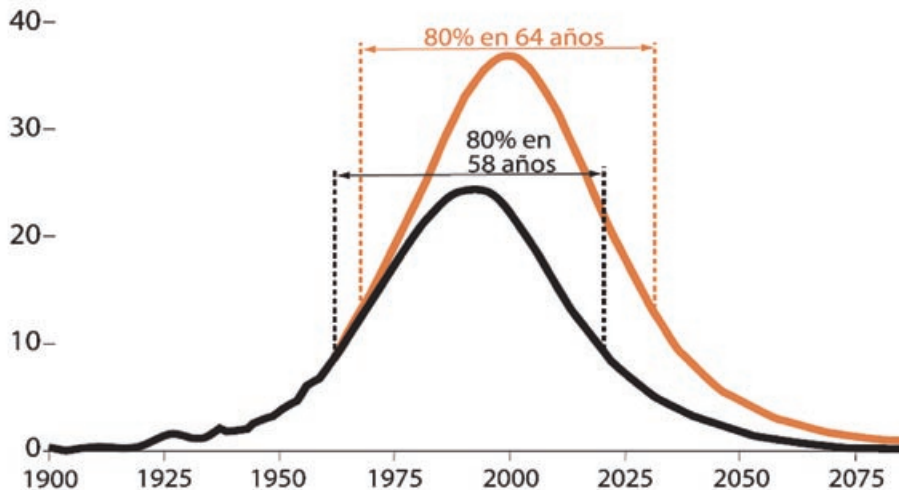


Figura 2: Proyección de la producción mundial de petróleo publicada por Hubbert en 1971 en "Scientific American". La curva superior muestra que, aunque se duplicasen las reservas, la fecha del pico de la producción tan sólo se retrasaría una década, y el tiempo que la humanidad invertiría en consumir el 80 % de todas las reservas mundiales se ampliaría tan sólo seis años.

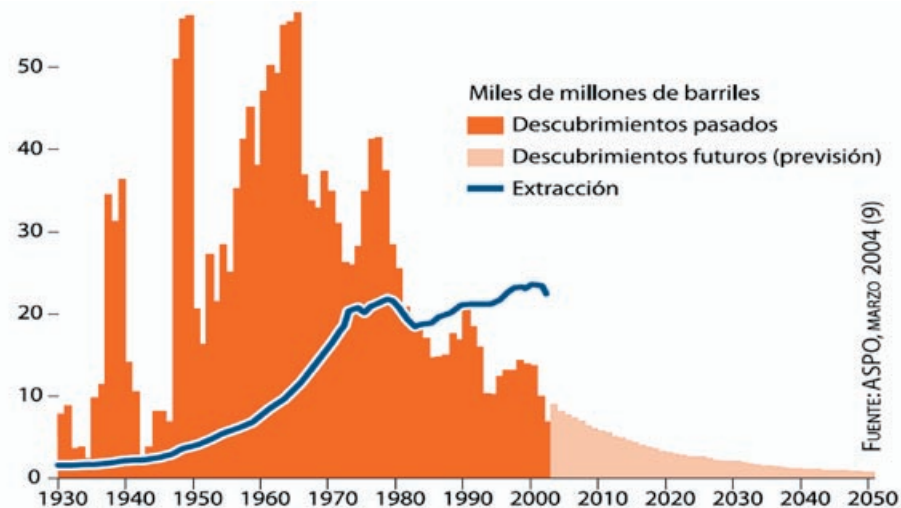


Figura 4: Descubrimientos anuales de yacimientos de petróleo desde 1930, expresados en volumen de reservas incorporadas por año (barras verticales) y extracción mundial de petróleo hasta el año 2003 (curva azul). Se observa que a partir de los años ochenta la extracción de petróleo comienza a superar al petróleo que se descubre cada año.

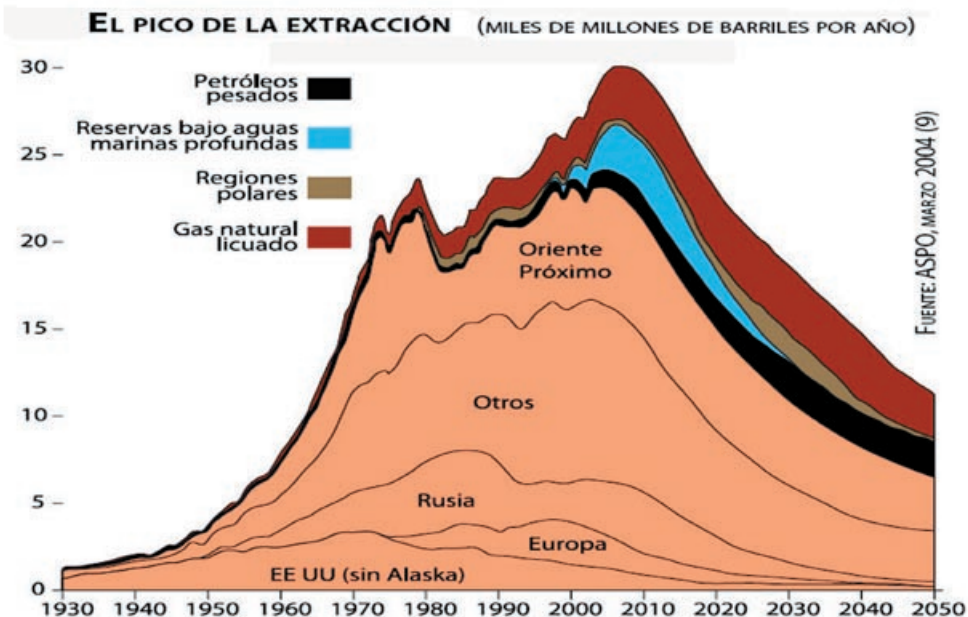


Figura 3: Gráfico de la producción mundial de petróleo según la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO). Fuente: "Hubbert's Peak: The impending Oil Shortage". Kenneth S Deffeyes.

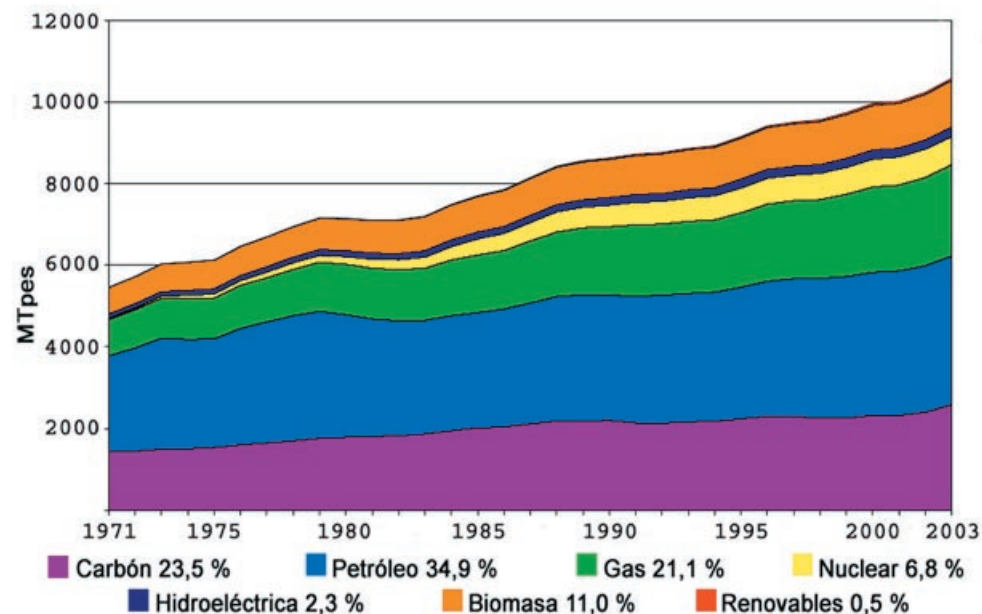


Figura 5: Evolución del suministro de cada una de las fuentes de energía primaria sobre el total del consumo mundial de 1971 a 2003 en millones de toneladas equivalentes de petróleo (MTpes). Se indican los porcentajes aportados por cada una de ellas en el año 2000. Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE).