

# El mundo ante el cenit del petróleo

Fernando Bullón Miró

Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos (AEREN).

## INDICE

Resumen.....	2
La “Curva de Hubbert” y el cenit del petróleo .....	3
El ascenso por la curva de Hubbert a lo largo del siglo XX .....	4
El momento actual: El petróleo en nuestras vidas .....	5
La llegada al cenit mundial .....	6
Tras el cenit: El descenso por la curva de Hubbert .....	7
Las posibilidades ante el cenit .....	8
1- El ahorro energético.....	9
2.- Aparición de nuevos yacimientos y explotación de fuentes no convencionales.....	9
3.- Otras fuentes de energía .....	10
-Carbón: .....	11
-Gas natural: .....	11
-Fisión nuclear:.....	12
-Hidrógeno: .....	12
-Hidroeléctrica:.....	12
-Solar, eólica, mareomotriz y geotérmica:.....	13
-Biomasa y biocombustibles: .....	14
-Fusión nuclear: .....	14
Los gobiernos ante la proximidad del cenit.....	14
El lado amargo de la “Era del Petróleo”.....	15
El cenit del petróleo y los límites del crecimiento .....	16
La relación entre la Crisis Energética y el Cambio Climático .....	17
¿Qué hacer ante el cenit del petróleo?.....	19
REFERENCIAS Y ARTICULOS RECOMENDADOS EN INTERNET: .....	20

## Resumen

La humanidad se encontró hace algo más de cien años con un recurso único, el petróleo, que le dio la posibilidad de disponer de una fuente de energía muy eficiente, fácil de extraer, transportar y utilizar, así como de obtener una gran variedad de materiales a partir del mismo. La disponibilidad de petróleo permitió buena parte de los profundos cambios que ha experimentado la humanidad en el último siglo, hasta llegar al estado de enorme dependencia del “oro negro” en la que se encuentra el mundo actual, pues está presente en casi todo lo que utilizamos en nuestras vidas y es la fuente de energía que mueve el 95 % del transporte mundial. El petróleo ha sido también determinante en el incremento de la capacidad de producir y distribuir alimentos y en los avances logrados en medicina, contribuyendo de esa manera a la multiplicación de la población mundial, desde los mil millones de seres humanos a mediados del siglo XIX hasta los seis mil quinientos millones de la actualidad.

Los geólogos estiman que la humanidad ha consumido en tan sólo cien años aproximadamente la mitad del petróleo que se había ido formando a lo largo de millones de años bajo el subsuelo de diversas áreas de nuestro planeta. Los expertos en geología y recursos energéticos hace décadas que vienen advirtiendo que la generación de comienzos del siglo XXI habría de enfrentarse al momento en el que se alcanzaría el cenit de la producción mundial de petróleo, a partir del cual su disponibilidad comenzaría a decaer. Este hecho constituye uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad en nuestros días, pues no existe ningún otro recurso conocido con sus cualidades y prestaciones, y pese a las inversiones realizadas, no se dispone de sustitutos que puedan reemplazar a tiempo el indispensable aporte de energía del petróleo, en especial en su papel como combustible para el transporte, ni tampoco para reemplazarlo como materia prima para los más de 3.000 productos de uso común que se obtienen del petróleo.

En los últimos años se viene detectando una progresiva reducción de la capacidad de producción excedentaria de petróleo, debido a las dificultades para incrementar la oferta al fuerte 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 acentúe a medida que la demanda continúe en ascenso y, en especial, a partir del momento en que la producción de crudo empiece a decaer. Los expertos consideran que 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 cada vez más evidentes, así como a un incremento en las tensiones entre las grandes potencias del planeta para hacerse con las menguantes reservas.

*Este artículo nace para contribuir a la divulgación de la crisis energética global en la que nos encontramos. A lo largo del texto aparecen diversos hipervínculos a sitios web en inglés con explicaciones más a fondo, entrevistas y artículos. Para ampliar la información en castellano se añade al final una serie de referencias. Se aconseja en especial la web crisisenergetica.org, donde existe abundante información distribuida en diversas secciones, artículos traducidos, comunicados, noticias actualizadas, entrevistas, gran número de enlaces a otras páginas relacionadas y un foro de debate con comentarios de personas interesadas en este tema. También en dicha página están disponibles las traducciones al castellano de los boletines de la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO), que integra 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.*

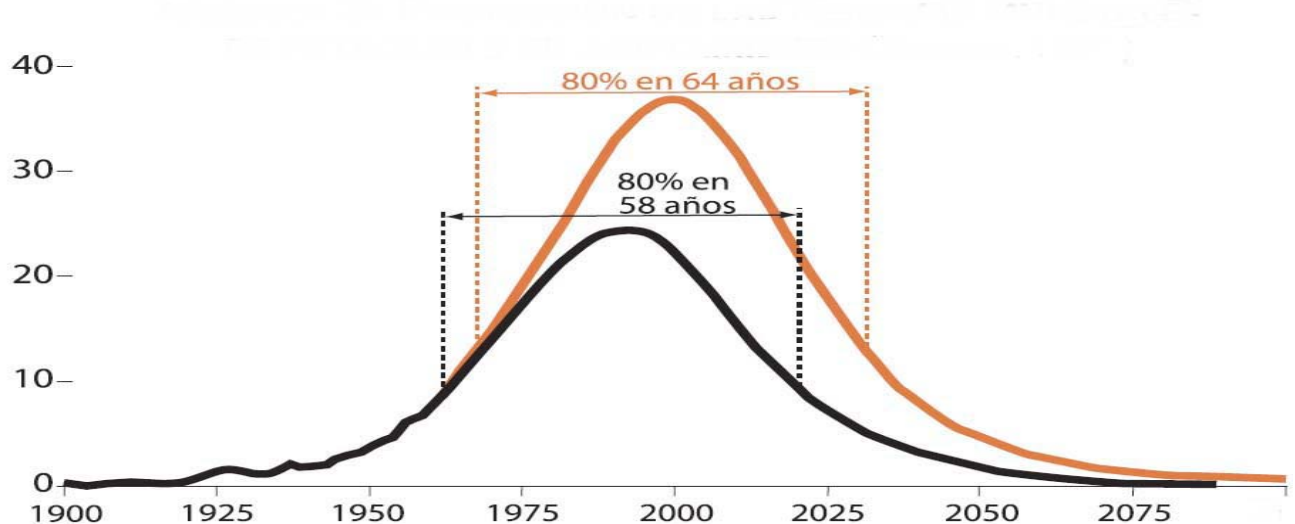
## La “Curva de Hubbert” y el cenit del petróleo

La producción de cualquier pozo de petróleo a lo largo de su tiempo de vida útil sigue una curva en forma de campana, a la que se denomina “Curva de Hubbert”. Esto significa que aunque 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. El “Cenit del Petróleo” es el término que se aplica al punto de la curva de Hubbert en el que se logra la máxima producción, y se alcanza cuando se ha extraído aproximadamente la mitad del petróleo existente inicialmente. Una vez pasado el cenit, se inicia el descenso de la producción que, siguiendo la forma de la campana, al principio se va dando poco a poco y después más rápidamente (figura 1).

A lo largo del tramo descendente de la curva de Hubbert, los costes de extracción se van haciendo mayores a medida que se continúa con la explotación, de forma que se van necesitando cada vez más gastos y energía para extraer el petróleo que se va agotando, hasta que se llega al punto en que es necesaria tanta energía para la extracción como la que se obtiene del petróleo resultante de la misma, momento a partir del cual deja de tener sentido continuar la explotación de un pozo aunque quede petróleo en el interior y sea cual sea el precio que tenga éste en el mercado. Además, el petróleo que se obtiene va resultando progresivamente de menor pureza.

En definitiva, el petróleo es abundante, de buena calidad y de fácil extracción en el tramo ascendente, y escaso, de peor calidad y más costoso de extraer en el tramo descendente.

Por lógica, si esto es lo que sucede para un pozo, al sumar la producción de varios pozos se obtiene una curva de producción similar, por lo que la producción de cualquier país, como la mundial en su conjunto, también presenta una curva de producción con forma aproximada de campana. Con este método, consistente en la aplicación de una serie de ecuaciones matemáticas, el geólogo estadounidense M. King Hubbert estimó en 1956 que el cenit de la producción de los EE.UU. se produciría en 1969, lo que tuvo lugar un año más tarde (figura 8, página 15). Aplicándolo a la producción mundial, Hubbert calculó que el pico tendría lugar en algún momento de la última década del siglo XX o la primera del XXI (figura 1).



**Figura 1: Proyección de la producción mundial de petróleo realizada por Hubbert en 1971 y publicada 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 en tan sólo seis años.**

**Fuente: “Hubbert’s Peak: The impending Oil Shortage”. Kenneth S Deffeyes**

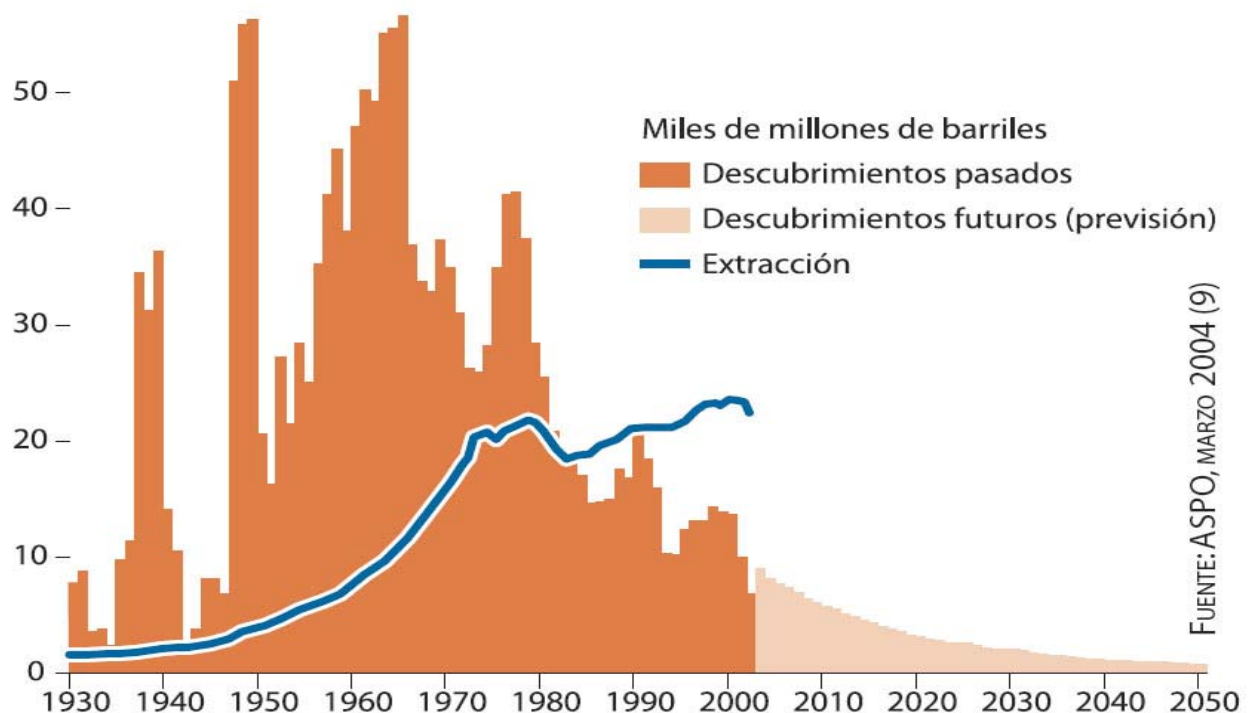
## El ascenso por la curva de Hubbert a lo largo del siglo XX

La extracción comercial de petróleo comenzó en 1859, pero fue a principios del siglo XX cuando se inició en Texas la primera explotación masiva de pozos petrolíferos. El petróleo rápidamente se mostró como un recurso único y excepcional, por su fácil obtención, versatilidad, facilidad de transporte y almacenaje, y la gran cantidad de energía proporcionada por unidad de volumen. EE. UU. se convirtió en el primer productor de crudo del planeta y éste fue uno de los factores que posibilitaron su fuerte despegue económico hasta llevarle a la posición hegemónica mundial que conserva en nuestros días.

El petróleo contribuyó al fuerte desarrollo de los medios de transporte, sustituyendo al carbón, facilitó la mecanización de la agricultura, el desarrollo de la industria y la especialización de las áreas productivas de todo el mundo, lo que permitió un fuerte incremento de la producción y del comercio a nivel mundial, pero también una mayor dependencia mundial de la energía y de los productos proporcionados por el mismo.

Tras la Segunda Guerra Mundial, en los años cincuenta y sesenta el ascenso por la curva de Hubbert se puso de manifiesto en la economía mundial y especialmente en la de los países occidentales, que experimentaron fuertes crecimientos económicos, superiores al 8 % anual.

También en esos años se produjeron los descubrimientos de los mayores yacimientos de petróleo conocidos. A partir de entonces, y pese a las mejoras tecnológicas y la competencia de las empresas petroleras por hacerse con el mayor número de yacimientos, los descubrimientos han ido disminuyendo progresivamente (figura 2).



**Figura 2:** Descubrimientos anuales de yacimientos de petróleo desde 1930, expresados en volumen de reservas incorporadas por año. Se muestra también la curva de la extracción mundial de petróleo hasta el año 2003. Se observa que a partir de los años ochenta la extracción de petróleo comienza a superar al petróleo que se descubre cada año.

En 1970, EE.UU., máximo productor mundial durante décadas, alcanzó su cenit de producción tal como había sido pronosticado por King Hubbert, y desde entonces, los grandes consorcios empresariales petroleros norteamericanos que explotaban los suculentos pozos de Texas, se van a ver cada vez más necesitados de recurrir a los campos petrolíferos de otras regiones del planeta.

En 1973, la recesión causada por subida de los precios del petróleo provocada por la OPEP constituyó una muestra del notable impacto que puede generar en las economías occidentales una fuerte subida del precio del crudo. A partir de entonces, las sucesivas crisis del petróleo indican que el mundo empieza a alcanzar la parte superior (meseta) de la curva de Hubbert, y los crecimientos económicos no volverán a ser los de los años anteriores.

En 1979 se alcanzó el máximo de la producción mundial de petróleo per cápita, lo que significa que desde aquel año la cantidad de petróleo disponible por habitante se ha ido reduciendo año a año. Pese a ello el consumo energético en los países ricos continúa aumentando para así mantener sus crecimientos económicos anuales que, aunque ya no volverán a ser los de los años 60, se mantienen en torno al 2-3 %.

En los años ochenta el consumo mundial de petróleo empieza a superar al que se descubre cada año. La diferencia ha ido aumentando hasta llegar a la proporción actual, en la que por cada barril que se descubre en el mundo se consumen cuatro (figura 2)

### **El momento actual: El petróleo en nuestras vidas**

Nuestra sociedad y nuestro modo de vida actual se basan en el uso intensivo del petróleo. La industria, la electricidad, el transporte, la construcción, el turismo, la agricultura, la pesca, la ganadería, la minería, etc., son muy dependientes del petróleo, que también ha contribuido a los notables adelantos experimentados en medicina, al utilizarse en la producción de medicamentos, en el desarrollo de infraestructuras sanitarias como hospitales y ambulancias, y hasta en la construcción de las carreteras por donde circulan éstas.

La producción comercial de alimentos se basa en el uso intensivo de petróleo, que facilitó la extensión de la agricultura basada en los regadíos, pues se necesita para el uso de las maquinarias de cultivo como tractores y cosechadoras, las bombas de agua para el riego, los refrigeradores y los sistemas de transporte como los grandes buques mercantes o los camiones. También es necesario en la fabricación de fertilizantes, insecticidas y conservantes alimentarios.

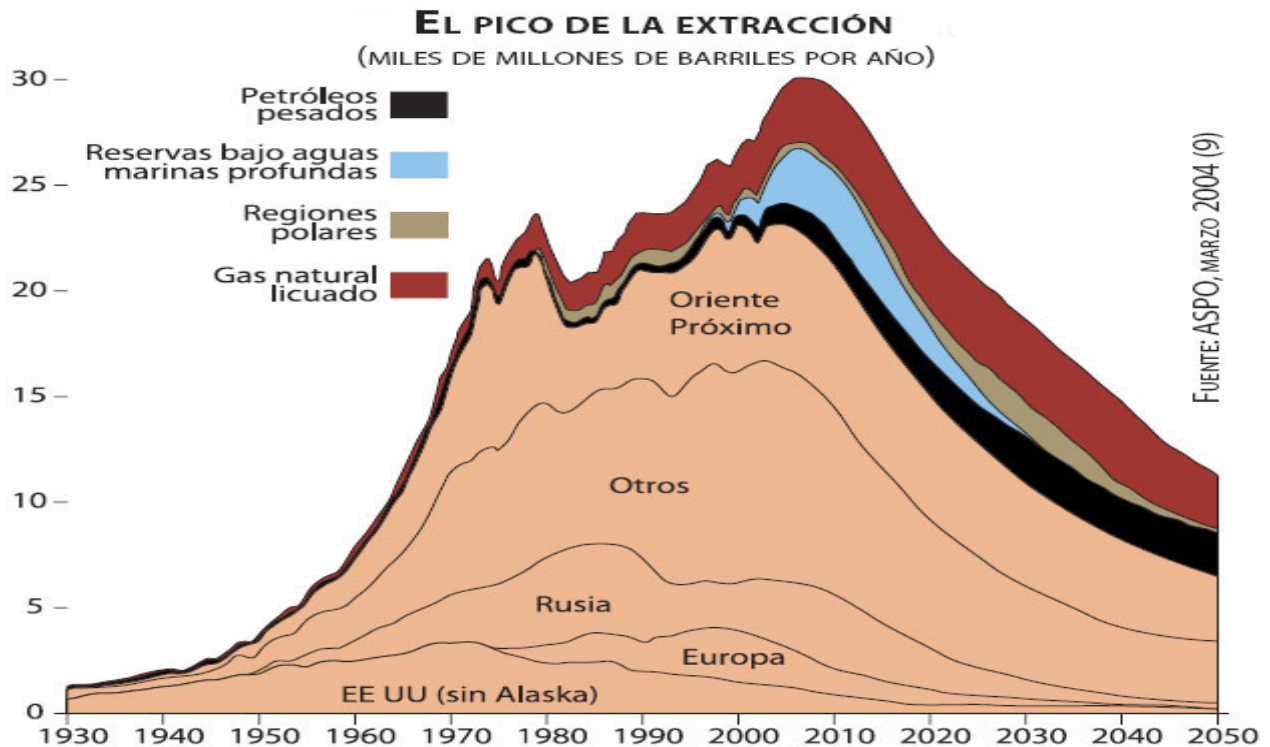
El petróleo está presente en los procesos de fabricación de prácticamente todos los bienes de uso común básicos en nuestro modo de vida actual, tanto en forma energía como de materia prima, ya sea en todo tipo de plásticos, productos químicos, materiales de construcción, etc. Forma parte de componentes internos y cubiertas de aparatos electrónicos, cueros sintéticos, detergentes, productos de limpieza, cosméticos, pinturas, lubricantes, PVC, aislantes, fibras sintéticas para la ropa, muebles, botellas, pañales, cámaras de fotos, baterías, gafas y lentillas, champús, teléfonos móviles, pastas de dientes, bolígrafos, neumáticos, etc.

Se utiliza también en el mantenimiento de los servicios básicos urbanos como alcantarillado, recogida de basura, cuidado 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 del petróleo, cualquier incremento en su precio genere procesos inflacionarios que finalmente acaben por extenderse a todos los sectores económicos y por afectar a las economías de todos los países, golpeando primero y en especial a las de los más débiles.

## La llegada al cenit mundial

Aunque no se puede conocer con exactitud la fecha del cenit de la producción mundial de petróleo los geólogos vienen estimando que se producirá en la presente década. Las estimaciones más fiables lo sitúan en algún momento entre los años 2004 y 2010 (figura 3).



**Figura 3:** Gráfico de la producción mundial de petróleo según la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO).

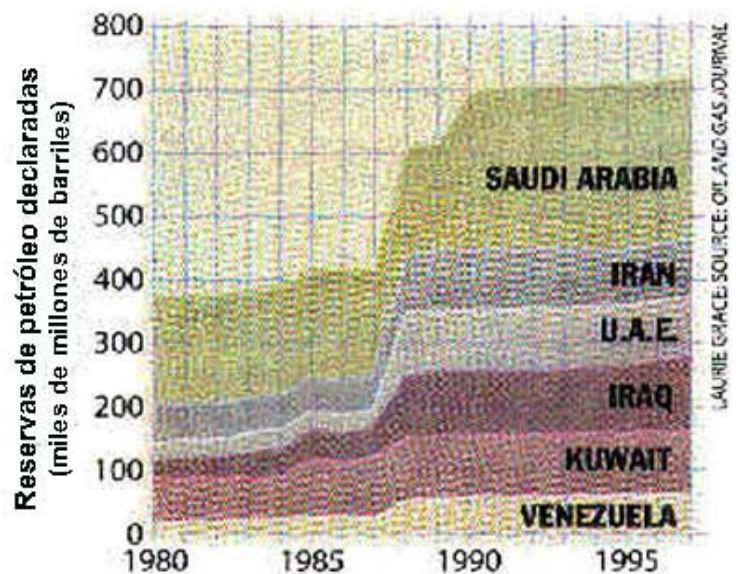
En realidad no se sabrá que ha pasado el cenit hasta unos 3 ó 4 años después de superado, pues la producción varía cada año. No se pueden conocer tampoco con exactitud las reservas de algunos de los principales países productores, que pueden ser menores que las publicadas oficialmente por sus gobiernos, pues en los años 80 las aumentaron sin ninguna base científica para poder acceder a mayores cuotas anuales de producción, pues éstas se asignaban según las reservas que tuviese cada país (figura 4)

Cabe la posibilidad de que ya se haya alcanzado el cenit de la producción mundial de petróleo, pues algunos de los principales países productores y de los mayores campos petrolíferos del mundo ya lo han superado. 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.*

Conocer la fecha exacta del cenit no es lo que más preocupa a los expertos, pues la parte superior de la campana de Hubbert puede ser una meseta con diversas fluctuaciones antes de empezar el declive. El hecho significativo es que según los geólogos actuales los cálculos de Hubbert se van cumpliendo y estamos ya en los años en los que la producción mundial no se va a poder incrementar significativamente, y que en los próximos años empezará a disminuir. La producción de algunos países fuera de la OPEP ya ha alcanzado su cenit y otros lo están alcanzando en estos años. En cuanto 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 la demanda mundial. Esto es lo que viene sucediendo los últimos años a medida que más

países, antes exportadores, pasan a consumir más petróleo del que pueden producir. A partir de 2008 los países de la OPEP producirán más petróleo que todos los demás países productores del mundo juntos, lo que llevará al mundo a depender en gran medida de la energía suministrada por tan sólo 11 estados productores.

El Instituto de los Recursos Mundiales 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 finalmente 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.* La realidad de nuestros días es que la demanda está experimentando un fuerte tirón, especialmente por el gran crecimiento económico de China e India, cuyas poblaciones suman 2.300 millones de personas.



**Figura 4: Reservas oficiales declaradas de petróleo de seis países de la OPEP. A finales de los años 80 se dieron fuertes incrementos sin base científica.**

**Fuente: Oil & Gas Journal**

A medida que la llegada del cenit del petróleo se va haciendo más acuciante, van apareciendo más informaciones sobre la crisis energética, así como se van sucediendo las manifestaciones de personas vinculadas al mundo de la energía y del petróleo, como las del banquero de inversiones energéticas tejano y cercano a la administración Bush Matthew Simmons, quien afirmó que *la situación es desesperada, y que ésta es la cuestión más seria del mundo (...) sin la energía, no tendremos agua, alimentos, ni sistema de salud sostenibles....*, o las del propio Secretario de Energía, Spencer Abraham, quien aseveró que *EE.UU. 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 los directivos de la industria de la energía van reconociendo la gravedad de la situación. Por ejemplo, el presidente de la multinacional Exxon Mobil Exploration Company, Jon Thompson, declaró que *hacia el año 2015, necesitaremos encontrar, desarrollar y producir un nuevo volumen de petróleo y gas que supere en ocho barriles cada 10 de los que se producen hoy.* En 1999, Mike Bowlin, Presidente y Gerente General de la petrolera ARCO declaró que *nos hemos embarcado en el principio de los últimos días de la era del petróleo.*

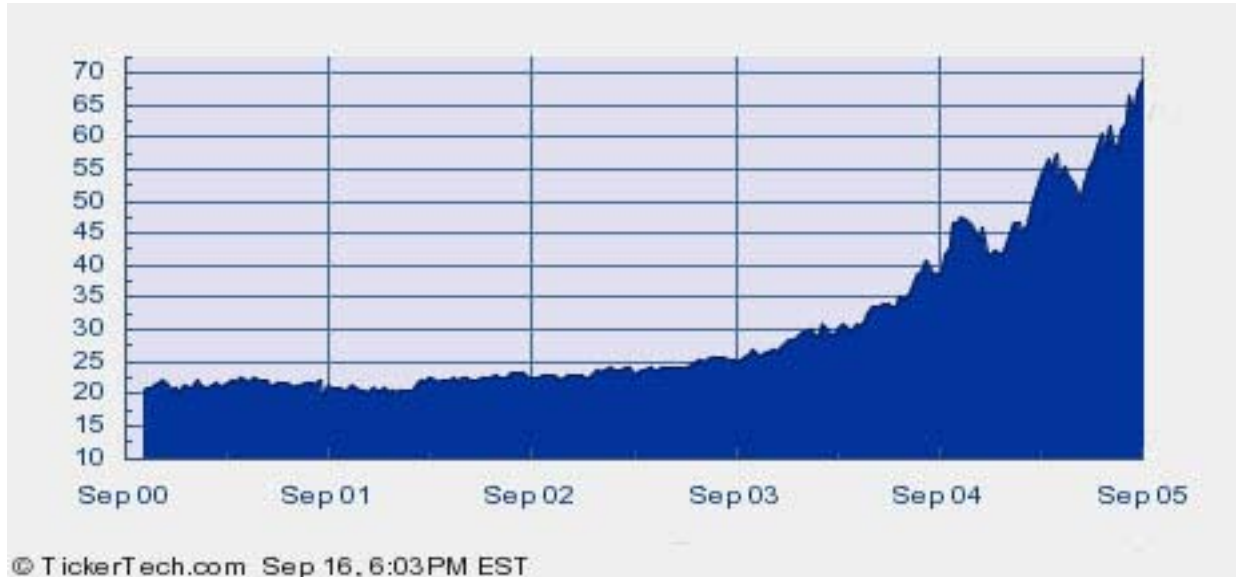
Recientemente, la petrolera estadounidense Chevron-Texaco, ha iniciado una campaña a través de la web Will You Join Us? (*¿Te unes a nosotros?*), que empieza diciendo que: *La energía será uno de los asuntos definitorios de este siglo. Una cosa está clara: la era del petróleo fácil se ha acabado. Lo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

### Tras el cenit: El descenso por la curva de Hubbert

Si imaginamos la forma de la campana, y si por ejemplo, el 2000 hubiese sido el año del cenit del petróleo, la producción máxima de petróleo mundial en el año 2020 sería igual a la del año 1980. Sin embargo, de seguir la tendencia actual, la población del mundo en el 2020 será mucho mayor

y mucho más industrializada de lo que estaba en 1980. Por consiguiente, de ser así, la demanda mundial de petróleo sobrepasará en mucho a la producción mundial.

Siguiendo las leyes del mercado, cuanto más exceda la demanda a la oferta de petróleo más alto será su precio (figura 5). No sólo eso, a medida que el petróleo no pueda cubrir la demanda habrá lugares y sectores de la economía mundial que quedarán desabastecidos. Podría llegar un momento en que el sistema financiero experimente un colapso, pues está creado sobre la base de los intereses del capital, que a su vez parten de la base del crecimiento de la economía. El derrumbe económico y de los mercados financieros podría causar una grave crisis social.



*Figura 5: Evolución de los precios del barril de petróleo WTI entre los meses de septiembre del 2000 y 2005.*

*Fuente: [www.slb.com](http://www.slb.com)*

Así pues, aunque queda petróleo para varias décadas al ritmo de consumo actual, el asunto preocupante es que el sistema económico está creado sobre la base del crecimiento, y que según los expertos estamos alcanzando el fin de la posibilidad de obtener petróleo fácil y en cantidades suficientes para abastecer la creciente demanda mundial.

Según el Profesor Richard Heinberg, tras el cenit cabe esperar los siguientes acontecimientos:

1. Subida de los precios de los combustibles.
2. Aumento del coste de la vida.
3. Aumento de las hambrunas, comenzando por los países pobres.
4. Guerras "preventivas" por hacerse con los recursos en áreas ricas.
5. Derrumbe económico y caos creciente afectando a todo el globo.
6. Tras un período de tiempo se alcanzará una re-estabilización, con una menor población mundial que podrá repartirse los recursos restantes.

Algunos de esos acontecimientos podrían estar empezando a manifestarse de forma más o menos clara en algunas zonas del mundo. Muchos especialistas consideran que estamos viviendo las primeras fases del colapso del petróleo, que está afectando de forma cada vez más clara a la economía norteamericana, la cual según diversos autores podría experimentar una recesión a lo largo de los próximos meses.

### **Las posibilidades ante el cenit**

Las soluciones ante el cenit del petróleo habrían de pasar por el ahorro energético masivo, por el descubrimiento de nuevos grandes yacimientos que retrasen la caída de la producción, y/o por la progresiva sustitución del petróleo por otras fuentes de energía alternativas a medida que la



producción de aquél vaya disminuyendo. Pero lo cierto es que ni siquiera con el alza de los precios del crudo que ya se ha registrado se ha detenido el incremento de la demanda, ni se han incrementado los gastos en exploración, ni se están implementando masivamente energías para sustituir al petróleo.

## **1- El ahorro energético**

Reducir el consumo energético es la medida aparentemente más sencilla e inmediata que se puede poner en práctica ante el cenit del petróleo, pero presenta diversas dificultades:

- No se puede disminuir significativamente el consumo de petróleo en muchas actividades productivas básicas como la agricultura o el transporte de mercancías.
- Si el gobierno de un sólo país o un sólo partido político informase a sus ciudadanos del cenit del petróleo perdería el apoyo de los electores, que sólo quieren oír hablar de “progreso” y de “crecimiento”. Además, un gobierno no puede oponerse a las políticas conjuntas de los países e instituciones con los que tienen compromisos internacionales, y con los que comparte espacios y objetivos económicos comunes. Tampoco se puede oponer a los intereses de las grandes corporaciones empresariales que operan en sus países.
- El sector privado necesita de elevados niveles de consumo para mantener sus ventas y beneficios, y para ello se vale de la publicidad que estimula a los ciudadanos al consumo.
- Las grandes agencias de noticias y los medios de comunicación están en manos de poderosas empresas multinacionales que tienen inversiones en el sector energético, y si informasen con claridad del cenit del petróleo y de sus consecuencias, podría perderse la confianza en la solidez de la economía, y producirse una brusca caída de la inversión en la bolsa y el derrumbe del sistema financiero. En ese sentido, en ocasiones los medios de comunicación se refieren a otras fuentes de energía como las “energías del futuro”. Este tipo de informaciones impiden concienciar a la población, a la que proporcionan un sentido de seguridad que, como veremos, no se corresponde con la realidad, y que contribuye a promover el aumento de los elevados niveles de consumo energético actuales.
- Si los países desarrollados no frenan sus elevados y crecientes niveles de consumo de petróleo, es complicado que los países en vías de desarrollo como China acepten reducir su consumo, cuando hoy en día su nivel de consumo per cápita es muy inferior al de los países más desarrollados. Esto complica aún más la posibilidad de que empiece a disminuir la suma de la demanda mundial.

## **2.- Aparición de nuevos yacimientos y explotación de fuentes no convencionales**

Desde los años 60, tal como muestra la figura 2 (página 4), y pese a las exploraciones habidas en todo el planeta con tecnologías cada vez más sofisticadas, los descubrimientos de yacimientos de petróleo han ido disminuyendo progresivamente. La mayor parte del petróleo que se consume en la actualidad proviene de los grandes campos petroleros descubiertos hace más de dos décadas, pues por su gran tamaño estos campos fueron los primeros en descubrirse.

Actualmente, pese a que la producción y la capacidad de refino están al máximo de sus posibilidades, la producción está teniendo dificultades para cubrir la creciente demanda mundial, por lo que se ha producido una fuerte subida de los precios del petróleo. Esta situación se podía prever desde hace tiempo, y sin embargo las grandes petroleras llevan años disminuyendo las inversiones en exploración, creación de nuevas refinerías o fabricación de nuevos buques petroleros. Dichas inversiones habrían resultado rentables con la previsible subida de la demanda. Probablemente si no se dieron esas inversiones es porque sabían que no quedaban grandes cantidades de petróleo por descubrir, ni por tanto para transportar o refinar.

Además, hay que tener en cuenta que desde que se descubre un campo petrolífero hasta que empieza a producir se necesita un período de unos 4 a 6 años, por lo que aunque apareciese algún gran yacimiento puede no llegar a tiempo para cubrir la inminente escasez, y menos aún porque habría que esperar a crear los nuevos barcos petroleros y las refinerías necesarias, lo que tampoco se hace de un año para otro. En este sentido los últimos años de esta década pueden ser críticos, pues apenas está prevista la apertura de nuevos campos que permitan seguir compensando el declive de la producción de los campos más antiguos, como ha venido sucediendo hasta la actualidad.

Respecto a las fuentes no-convencionales de petróleo, como esquistos y arenas asfálticas, su explotación genera graves daños ambientales y requiere enormes inversiones en investigación e infraestructuras, así como grandes cantidades de agua y de energía (aproximadamente se necesita la energía equivalente a dos barriles de petróleo por cada tres que se obtienen).

### 3.- Otras fuentes de energía

Las fuentes de energía basadas en recursos finitos no renovables (gas, petróleo, carbón y fisión nuclear), que tantos problemas de contaminación generan, aportan en la actualidad el 86% del enorme consumo de energía global (figura 6), y de ellas el petróleo, el 35 % del total y más del 90 % de la energía empleada en los transportes. Ninguna de las demás fuentes de energía conocidas pueden desarrollarse a tiempo como para acercarse a la gran cantidad de energía proporcionada por ellas, y menos en las cantidades que se requieren si la población mundial, la economía y el desarrollo de los países continúan creciendo tal como es el objetivo básico de las políticas económicas de los gobiernos de todo el mundo. A esto se une que las fuentes de energía renovables se sirven para su implantación de la energía y de los materiales proporcionados por el "oro negro", por lo que en un mundo con menor disponibilidad y con precios de petróleo más elevados, su instalación resultará más costosa y complicada.

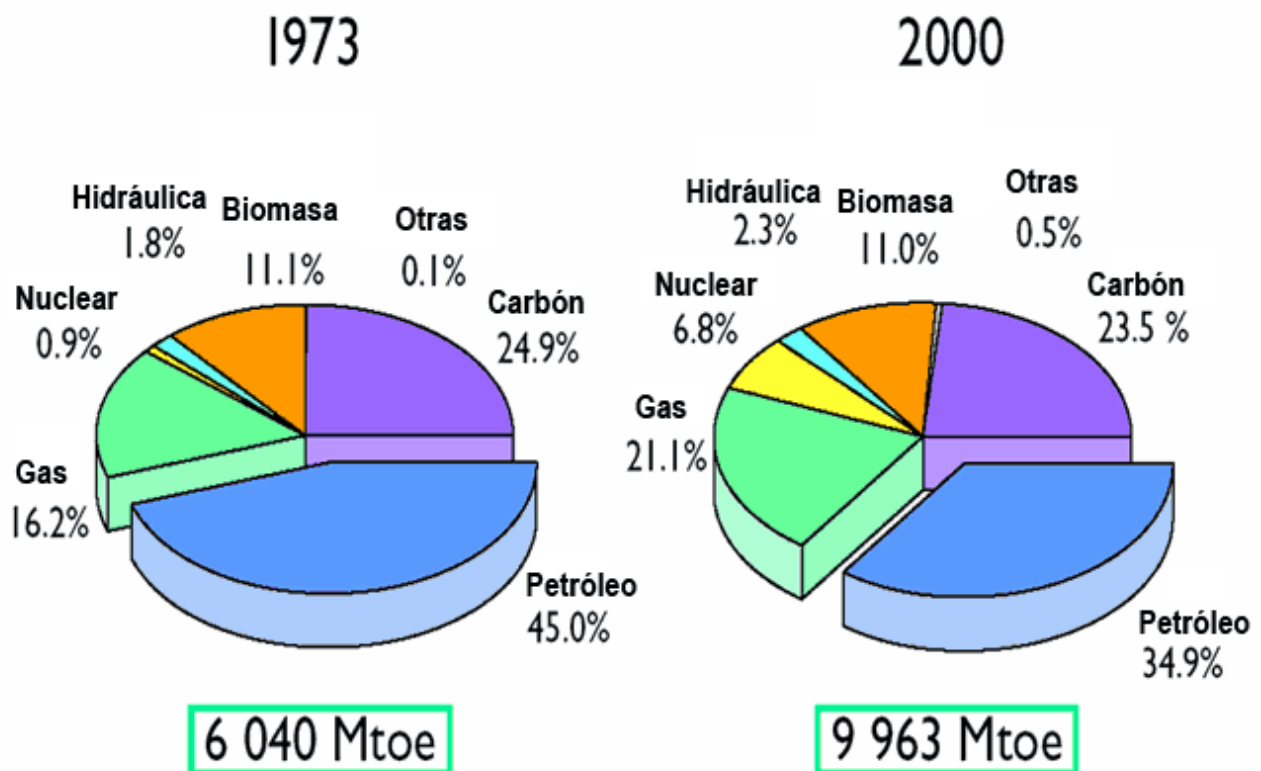


Figura 6. Aportación de cada una de las fuentes de energía primaria al total del consumo mundial (1973-2000) Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

Si bien las energías renovables pueden complementar a las tradicionales en la producción de electricidad, en nuestros días no se dispone de ninguna fuente de energía que pueda sustituir al petróleo como combustible para el transporte antes de la llegada del cenit de la producción mundial si esta se da en las dos primeras décadas del siglo XXI, pues para ello debería ser técnicamente posible la rápida sustitución y/o adaptación de todos los vehículos del planeta – los más de 800 millones de coches, camiones, aviones, barcos, etc.- para que pudiesen funcionar con la nueva fuente de energía y, por último, se tendría que desarrollar toda la infraestructura para la producción, transporte y distribución de la misma por todo el mundo.

Actualmente tampoco se dispone de ninguna alternativa que pueda sustituir al petróleo como materia prima en la fabricación de los más de 3.000 productos derivados del mismo, que son esenciales en la industria y en nuestro modo de vida actual.

A continuación se analizan algunos de los problemas específicos que presentan cada una de las principales fuentes de energía que se plantean como alternativas al petróleo:

#### **-Carbón:**

El carbón supone actualmente el 24% de los suministros energéticos mundiales, pero un incremento en su producción conllevaría diversos problemas:

1. Es del 50% al 200% más pesado que el petróleo por unidad de energía.
2. La minería del carbón es muy destructiva con las áreas donde se desarrolla, por lo que su incremento llevaría más tierras a la ruina.
3. En contraste con el petróleo y los combustibles que se obtienen del gas natural, regular el nivel al cual se quema el carbón es difícil, por lo que para producir electricidad se pierde la mitad de su volumen de energía.
4. La extracción del carbón precisa energía tanto para el uso de maquinaria de perforación como para la del transporte, energía que se obtiene del petróleo.
5. Las centrales térmicas generan emisiones de gases y partículas causantes de la lluvia ácida y que contribuyen al efecto invernadero y al cambio climático. Este problema también se agravaría con un incremento del uso del carbón.
6. Los combustibles líquidos del carbón son muy ineficientes y requieren grandes cantidades de agua.
7. También el carbón tiene una curva de Hubbert, de forma que aunque hay reservas probadas para unos 200 años, si se aumenta el uso del carbón para sustituir al petróleo y/o al gas, éstas durarían menos y el cenit de la producción mundial del carbón se adelantaría.

#### **-Gas natural:**

El gas natural proporciona actualmente el 20% del suministro energético global. Al igual que en el caso del carbón y del petróleo, la producción de gas contribuye al efecto invernadero y también sigue una curva de Hubbert, cuyo cenit se estima que se alcanzará en torno al año 2020, fecha que se adelantaría si se incrementase la extracción de gas para sustituir al petróleo. Debido a las características geológicas de los yacimientos de gas natural, la curva de declive es más pronunciada, de forma que cuando se alcance el cenit, el descenso será más rápido que en el caso del petróleo.

El agotamiento del gas ya es un grave problema en EE.UU., cuya producción de electricidad se basa en esta fuente de energía, y donde la demanda está superando al suministro, que apenas se está logrando mantener pese a la gran cantidad de pozos nuevos que se perforan cada año. La escasez de gas constituye un reto para la sociedad y la economía de los EE.UU., pues desde Norteamérica no es fácil acceder a través de gaseoductos a las reservas de otros continentes. Pese a que esta situación ya viene generando una subida de precios en los últimos años, la demanda de electricidad en el país con mayor consumo de energía per cápita del mundo continúa en ascenso.

### **-Fisión nuclear:**

Aunque la energía nuclear lleva siendo abandonada globalmente desde hace años, ahora se promueve como solución para compensar el cenit del petróleo, lo que resulta técnicamente imposible y presenta numerosos factores de riesgo:

1. Cuantos más reactores haya, mayor será el riesgo de accidentes y de ataques terroristas a instalaciones nucleares.
2. El enorme coste (energético y económico) tanto para la construcción y desmantelamiento de cada reactor como para la extracción del uranio, su refinado, tratamiento químico, transporte, almacenamiento, medidas de seguridad, etc.
3. Sólo para sustituir a las actuales fuentes de electricidad no nuclear se necesitarían unas 1,000 centrales nucleares nuevas, y aún así no resolvería el problema de la obtención de energía para sustituir al petróleo en los transportes.
4. La minería del uranio genera multitud de problemas medioambientales.
5. A lo largo de la vida útil de una central nuclear se generan residuos que son radiactivos durante milenios, y aún no se han encontrado soluciones definitivas para su almacenamiento. La solución a este grave problema requerirá sin duda de mucha energía, para construir cementerios nucleares suficientemente seguros. Este problema se agravaría con un incremento de la producción nuclear.
6. El desarrollo de la energía nuclear acrecentaría las tensiones internacionales, pues Occidente, por su propia seguridad, no acepta que todos los países puedan enriquecer uranio y desarrollar centrales y tecnologías propias. Pero si sólo unos pocos países desarrollan la energía nuclear se tendería a una situación injusta, en la que la mayoría de los países dependerían energéticamente de unos pocos.
7. El poder nuclear no llegaría a tiempo antes del cenit del petróleo, pues construir un gran número de centrales requiere un amplio período de tiempo.
8. El uranio también posee una cresta de Hubbert, con unas reservas finitas y muy limitadas, que al consumo actual - 440 centrales que aportan el 6,8 % de la energía primaria global- se estima que alcanzarán para unos 70 a 100 años más, y que el cenit se producirá en un plazo de aproximadamente unos 25 años. Estos plazos se acortarían si se pusieran en funcionamiento masivamente centrales por todo el mundo.

### **-Hidrógeno:**

El hidrógeno no es una fuente de energía, sino un vector energético, es decir, en él se almacena la energía producida por fuentes primarias de energía. Esta producción es, además, deficitaria, pues se necesita más energía para su fabricación que la que después proporciona. Sin embargo, se habla de él como “el combustible del futuro” para nuestros vehículos, pues una vez producido se trata de un combustible líquido, como el petróleo, y no contaminante, por lo que en principio se puede utilizar como sustituto de éste para mover vehículos. Pero si es complicado que las energías renovables puedan contribuir significativamente a la producción de electricidad, imaginemos lo que supondría que además hubieran de producir la energía necesaria para fabricar hidrógeno en cantidades suficientes para sustituir al petróleo en el transporte mundial.

El hidrógeno presenta otros problemas técnicos, pues ocupa de cuatro a once veces el volumen de la gasolina o el diesel, necesita mantenerse a temperaturas muy bajas (esto también requiere energía) y los actuales vehículos no están preparados para su utilización, por lo que si todas las dificultades que presenta se pudieran salvar, haría falta una adaptación de todo el sistema de transporte mundial que se debería llevar a cabo antes de que comience la escasez de petróleo.

### **-Hidroeléctrica:**

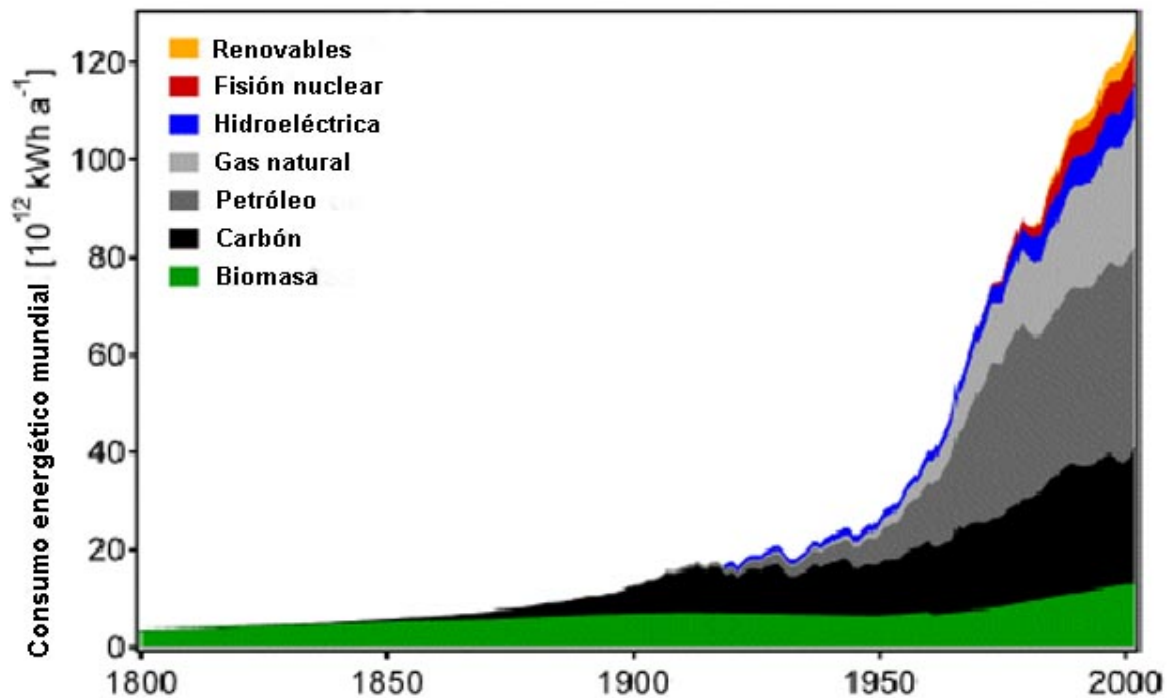
El poder hidroeléctrico actualmente aporta tan sólo el 2.2% del suministro de la energía global, y presenta pocas posibilidades de aumentar significativamente su porcentaje en el total del consumo energético mundial.

La construcción de grandes presas también requiere de energía que se obtiene del petróleo y representa siempre un gran impacto para las áreas afectadas, tanto desde el punto de vista ecológico como humano, por la cantidad de personas desplazadas de sus zonas de origen, problemas que se agravarían si se tratase de incrementar la producción de esta fuente de energía.

**-Solar, eólica, mareomotriz y geotérmica:**

Las energías solar y eólica significan respectivamente tan sólo el 0,006 y el 0,07 % de la producción energética mundial, pese a que están fuertemente subvencionadas. Las restantes energías renovables, como la mareomotriz o la geotérmica, todavía suponen menos.

Las energías renovables presentan diversas dificultades, pues la energía que proporcionan varía mucho de unas zonas a otras, es muy dependiente de las condiciones externas -atmosféricas, transcurso del día y la noche, etc.-, no se puede almacenar o transportar tan fácilmente como el petróleo o el gas natural - las baterías son caras y voluminosas y se desgastan al cabo de 5 a 10 años-, y su implantación masiva requeriría una gran ocupación de espacios sobre los que se generarían diversos impactos. Además de todo ello, para su implantación estas energías necesitan del petróleo, que ha sido quien ha posibilitado su incipiente desarrollo, al utilizarse tanto como materia prima, como en forma de energía requerida para construir la infraestructura que llevan aparejada, y la fabricación, almacenaje y transporte de los materiales empleados.



*Figura 7: Evolución del consumo energético mundial desde 1800 hasta nuestros días. Se observa el aporte de cada una de las fuentes primarias y el incremento iniciado a mediados del s. XVIII con el uso de los combustibles fósiles, destacando el petróleo, así como la escasa contribución de las energías renovables*

*Fuente: <http://www.hydropole.ch/Hydropole/Intro/WorldE.gif>*

La figura 7 permite hacerse una idea de lo que tendrían que desarrollarse las energías renovables, que no sólo habrían de ir cubriendo la actual aportación de los combustibles fósiles a medida que la disponibilidad de éstos se vaya reduciendo, sino que también deberían abastecer el fuerte incremento de la demanda, salvo que se aplicasen medidas de ahorro que, como hemos visto, resultan muy complicadas. A esto se une que para implantarlas se requiere energía y materiales que cada vez serán más escasos y caros debido a la menguante disponibilidad y el encarecimiento del petróleo.

### **-Biomasa y biocombustibles:**

Los residuos agrícolas y de la explotación maderera han sido y siguen siendo una útil fuente de energía local y renovable para pequeñas comunidades, especialmente en los países pobres, que les permite reducir su dependencia de otras fuentes como el petróleo. También se pueden obtener biocombustibles para los vehículos a partir de aceites vegetales o de desechos forestales que, al igual que en el caso del hidrógeno, se anuncian como “combustibles del futuro”. Pero hay que tener en cuenta que los biocombustibles no tienen las prestaciones de la gasolina y que, una vez más, hace falta mucha energía para todo el proceso de producción (siembra, cuidado, fertilización, regado, cosecha, transporte y procesamiento), energía que en la actualidad se obtiene del petróleo.

Además, hay que considerar que si se extendiesen por todo el mundo los cultivos de tal manera que los biocombustibles pudieran reemplazar significativamente al petróleo en los transportes, la cantidad de tierra fértil necesaria sería inmensa, lo que agravaría los problemas de hambre y desertización ya existentes. El mercado no atiende a necesidades, por lo que se podría dar el caso de que en muchos países se empezara a sustituir cultivos destinados a la alimentación humana por otros destinados a “alimentar” coches, que los ciudadanos del Primer Mundo podrían pagar a mejor precio del que podrían ofrecer los habitantes de los países de origen para comprar alimentos básicos para subsistir.

### **-Fusión nuclear:**

Es otra fuente de energía de la que se dice que resolverá todos los problemas energéticos mundiales en el futuro. Pero lo cierto es 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 aquel momento. Son muchas las dificultades que presenta el desarrollo de esta energía para poder utilizarse, de manera que muchos expertos ponen en entredicho la conveniencia de continuar con las enormes inversiones destinadas a su investigación y desarrollo, que podrían suponer un inútil derroche de medios y energía.

Las complejidades tecnológicas a superar son muy grandes, pues hace falta alcanzar temperaturas superiores a cien millones de grados para que tenga lugar la reacción de fusión, elaborar materiales que puedan resistir las altas temperaturas y la intensa radiación, confinar una cantidad suficiente de núcleos durante un tiempo lo bastante prolongado como para que la energía liberada sea significativamente 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 manera que de todo el proceso se obtenga un balance energético suficientemente positivo.

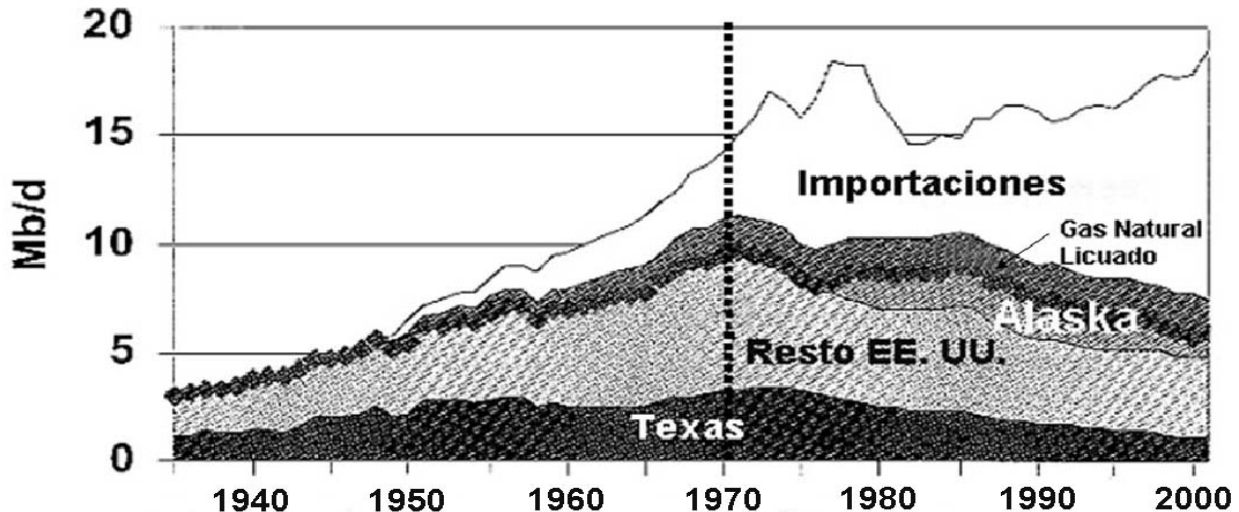
### **Los gobiernos ante la proximidad del cenit**

Los gobiernos de los países más poderosos del mundo no parece que estén tomando las medidas necesarias para ir adaptando sus economías a la realidad energética marcada por la curva de Hubbert. Los diferentes partidos políticos y los gobiernos siguen manteniendo el crecimiento económico como promesa y premisa básica en sus campañas electorales y en el desarrollo de sus políticas económicas y, pese a los avances logrados en la eficiencia energética, hasta ahora los crecimientos económicos siempre han necesitado de incrementos en el consumo de la energía.

Hasta la fecha se ha conseguido mantener el crecimiento económico de muchos países, forzando para ello los mecanismos de explotación de los recursos energéticos del planeta, lo que incluye los yacimientos petrolíferos. Pero estas políticas pueden estar favoreciendo que el pico de producción mundial de petróleo se tienda a convertir en una meseta, es decir, que la producción se mantenga un tiempo pero para luego caer de forma más rápida. Es como si se dispone de un depósito con agua que se está agotando, y la solución ante la disminución del caudal sea añadir

más grifos para entre todos ellos poder seguir contando con el mismo caudal. Durante un tiempo se podrá satisfacer la demanda y dará la sensación de que queda agua suficiente en el depósito, cuando en realidad lo que está sucediendo es que se está agotando a mayor velocidad y, por tanto, que cuando deje de salir agua lo hará de forma más repentina.

Muchas de las guerras de las últimas décadas en las que han participado de forma más o menos directa las grandes potencias han estado relacionadas con el control de las principales reservas de petróleo y gas natural existentes en la Tierra. Esto es especialmente válido para los EE.UU., que ha pasado de importar el 2 % del petróleo que consumía en 1950 a importar el 55 % de su inmenso consumo actual, que supone más del 25 % del suministro energético global, para abastecer las necesidades de su población, la cual constituye tan sólo el 5 % de la población mundial (figura 8).



**Figura 8: Producción y consumo de petróleo de los Estados Unidos.** Se observa el pico de producción en 1970 y cómo desde los años cincuenta han ido aumentando las importaciones que en la actualidad ya constituyen cerca del 60 % del petróleo que consume.

**Fuente:** Campbell, C.J., *The Essence of Oil and Gas Depletion*, Multi- Science Publishing Co., 2002.

China se está convirtiendo en la pieza clave en el complicado equilibrio entre las distintas superpotencias ante las menguantes reservas de petróleo. Con una población de 1300 millones de habitantes, su entrada en el mercado mundial y el fuerte crecimiento económico, basado en el incremento del consumo de petróleo, está presionando fuertemente sobre los mercados internacionales de crudo, contribuyendo al alza de los precios. Posee una posición económica muy fuerte ante los EE.UU., pues está permitiendo la pervivencia del “sueño americano”, tanto a través del inmenso aporte de bienes a bajo coste producidos por una mano de obra muy barata, como mediante la compra de bonos del Tesoro americano, lo que está sosteniendo el sistema financiero de los EE.UU. en un equilibrio que podría romperse en cualquier momento. China puede además hundir la economía norteamericana si pone a la venta su gran reserva de dólares, lo que causaría una extraordinaria devaluación de la moneda norteamericana. Esto ha hecho perder fuerza a los EE.UU. ante el “gigante asiático” y ante los países que cuentan con su apoyo, que empiezan a sentirse cada vez más fuertes, como es el caso de Venezuela, Cuba o Irán, el segundo productor mundial de crudo tras Arabia Saudita, y que ya ha firmado un contrato con China para suministrarle grandes cantidades de petróleo durante los próximos años.

### El lado amargo de la “Era del Petróleo”

El cenit del petróleo puede marcar el comienzo del fin del período en el que un tercio de la humanidad ha podido disfrutar de unos niveles de consumo material y energético muy superiores a los de cualquier época anterior. Pero esta extraordinaria etapa de la Historia también se habrá caracterizado por una tremenda y creciente desigualdad en los niveles de consumo y de oportunidades entre unas y otras regiones. Si bien las facilidades en los transportes y la liberalización del mercado mundial posibilitaron la especialización de las áreas productivas de todo

el planeta y un fuerte incremento de la producción y del comercio a nivel mundial, dicha situación favoreció en especial a las grandes empresas multinacionales de los países occidentales, cuyo poder en todo el mundo fue en aumento. Las multinacionales fueron haciéndose con la explotación de los mejores recursos de cada parte del planeta, ocupando las mejores tierras para cada tipo de cultivo e imponiendo a los gobiernos locales las políticas más favorables a sus intereses, sin tener en cuenta sus efectos sobre las poblaciones y el medio ambiente.

La situación mundial de principios del siglo XXI, en pleno auge de la “Era del Petróleo”, dista de ser ideal, con multitud de problemas globales, tales como la superpoblación y la excesiva ocupación de espacios -lo que conlleva un incremento de las catástrofes humanitarias debidas a fenómenos naturales-; el deterioro medioambiental generalizado -efecto invernadero, deforestación, desertización, contaminación de ríos y mares, disminución y agotamiento de recursos básicos como los pesqueros, las tierras fértiles y el agua potable, extinción de especies, pérdida de biodiversidad, desaparición de bosques y de ecosistemas, disminución de la capa de ozono, incremento de los residuos tóxicos y radiactivos, etc.-; las migraciones a gran escala, la tendencia al modo de vida urbano -lo que conlleva la pérdida del contacto con la Naturaleza, de los conocimientos tradicionales y de las culturas integradas con el medio ambiente-; el crecimiento desmesurado de las grandes ciudades, el terrorismo internacional, etc.

Pero no sólo eso: en muchas regiones del planeta el agotamiento de los recursos locales, la construcción de grandes presas e infraestructuras a beneficio de las multinacionales extranjeras, las extracciones mineras, el recrudecimiento de las guerras, las represiones por parte de regímenes dictatoriales, las sequías y los desastres naturales, la ocupación de las mejores tierras por las grandes empresas, la contaminación generada por industrias que en los países desarrollados incumplirían las leyes medioambientales, la mecanización de la agricultura, el desplome de los precios agrícolas por la globalización del mercado mundial, la carga de la deuda externa, etc. han ido deteriorando las condiciones de vida de sus poblaciones, que se han visto privadas de sus medios de vida.

Estos problemas continúan agravándose hoy en día y pueden empeorar a medida que se sigan incrementando los costes energéticos y el cambio climático se vaya manifestando con mayor claridad. Son también la causa de que millones de personas queden sin más opción que hacinarse en los suburbios de las grandes ciudades de muchos países o tratar de emigrar a Occidente de cualquier manera.

### **El cenit del petróleo y los límites del crecimiento**

Ante el cenit del petróleo y el agotamiento de los actuales recursos energéticos existe la convicción entre muchos ciudadanos de que *ha de haber una solución*. Pero, ¿para qué y para quiénes?, ¿para mantener el actual crecimiento económico y del nivel de consumo de los países desarrollados?, ¿hasta cuándo? Vivimos en un espacio limitado como el planeta Tierra, por lo que toda sociedad cuyo modo de vida esté basado en el crecimiento llegará a un punto en el que sólo se podrá mantener a costa del decrecimiento de otras, hasta que finalmente se enfrente al límite marcado por el agotamiento de los recursos disponibles para todas ellas.

¿O es que al plantear que *ha de haber una solución* se trata de que los dos tercios de la población mundial más desfavorecida tenga acceso al nivel de consumo del que disfrutaban la mayor parte de los ciudadanos de los países más desarrollados?, ¿cómo va a ser posible si las economías de los países desarrollados siguen creciendo y para ello se aprovechan de los recursos de los países “pobres”? Más aún, ¿cómo va a ser eso posible si hay otros recursos básicos que también empiezan a escasear?

Los problemas y los retos a los que se enfrenta la especie humana en los comienzos del siglo XXI se venían advirtiendo desde hace décadas y van más allá del propio cenit del petróleo, que es el más inmediato y el que parece va a ser el primero en poner a prueba el sistema basado en el crecimiento económico. El cenit del petróleo se enmarca en el contexto del inicio de los tiempos en los que la humanidad se va a enfrentar al progresivo agotamiento de muchos recursos básicos,



en definitiva, a los límites al crecimiento marcado por el espacio limitado que es nuestro planeta Tierra.

La Historia de la humanidad contiene abundantes ejemplos de cientos de civilizaciones muy avanzadas para las que no hubo *solución*, y que sucumbieron cuando excedieron los límites en el consumo de los recursos que en los que basaban su desarrollo. En nuestra tecnológica sociedad actual existe el convencimiento de no puede suceder algo así, pues *la tecnología lo podrá resolver todo*. Pero es ésta la que necesita de la energía para desarrollarse, pues por sí misma no puede “crear” energía. Las comodidades que disfrutamos y los medios que nos han proporcionado la tecnología y la abundante disponibilidad de energía fácil y barata, nos impiden ver la poca distancia que separa el nivel de vida actual de los países más adelantados del que existía en la “Edad de Piedra”: basta con un corte permanente en los suministros de electricidad y de carburantes.

También en la Naturaleza se dan múltiples ejemplos similares a lo que estamos viviendo hoy en día, pues la evolución de la humanidad en nuestros días tiene numerosas similitudes con la de una plaga que se desarrolla en un ser vivo, se multiplica hasta exceder la capacidad del mismo para servirle como sustento, y experimenta una brusca caída en su población. Es lo que sucede, por ejemplo, con las bacterias en un cultivo, cuya población crece exponencialmente hasta que se agota su alimento, y a partir de entonces se produce un brusco descenso poblacional. Para la generación que experimenta la quiebra no existe ningún problema hasta que no se llega al momento en que se han consumido la mitad de los recursos iniciales y empieza a faltar el alimento. Desde que la humanidad comenzó a disponer de petróleo su población se ha multiplicado de forma explosiva. Ahora estamos en el momento en que nos acercamos al agotamiento de la mitad del petróleo extraíble del mundo, y queda por extraer la mitad restante, de peor calidad y de más costosa extracción. Estamos en la generación de la quiebra, y aún así la inmensa mayoría de la población mundial no es consciente de ello.

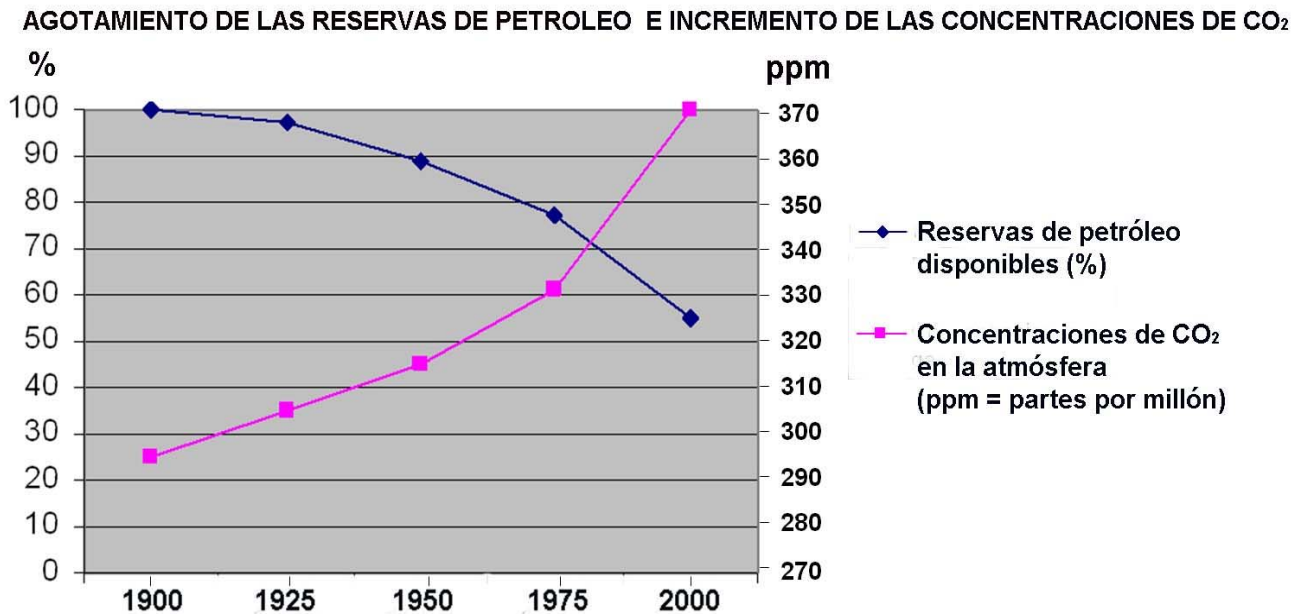
La situación de la humanidad se puede asimilar a la de una empresa maderera que explota un bosque muy por encima de su capacidad de regeneración. Al principio, empieza talando los árboles más accesibles y de mayor tamaño, tratando de lograr la máxima cantidad de madera con el mínimo esfuerzo posible. Cuando haya cortado los mejores árboles empezará también a cortar los de menor tamaño, por lo que cada vez le irá costando más esfuerzo mantener la misma producción de madera. Finalmente, cuando los árboles escaseen, la producción caerá en picado hasta que se agoten todos los árboles.

Esto es lo que sucede con cualquier recurso finito: al principio aumenta rápidamente la producción porque hay abundancia, es accesible y de calidad, pero según se va consumiendo, la producción se estanca y luego comienza a bajar. El petróleo es un recurso finito, pues requiere de millones de años para producirse en la Naturaleza, y la humanidad ha necesitado sólo cien años para consumir la mitad del que disponía. La dependencia del petróleo de nuestras sociedades es tal, que aún con el incremento de los precios no se está sustituyendo por otros recursos, sino que la demanda energética mundial continúa en aumento (figura 7, página 13). Si existiese otro elemento más barato y eficiente ya se estaría utilizando masivamente.

### **La relación entre la Crisis Energética y el Cambio Climático**

La energía que vemos manifestarse en nuestro planeta, salvo la que generan los terremotos y volcanes, procede de forma directa o indirecta del Sol. Las plantas toman la energía del Sol a través de la fotosíntesis, absorbiendo carbono de la atmósfera, produciendo los hidratos de carbono que constituyen sus organismos y emitiendo oxígeno a la atmósfera. Los animales consiguen su energía al nutrirse de los hidratos de carbono y respirar el oxígeno atmosférico. A lo largo de millones de años la materia orgánica de plantas y animales, rica en carbono, ha ido quedando enterrada en el subsuelo del planeta y, mediante procesos físico-químicos, se ha ido transformando lentamente en diversos compuestos orgánicos sólidos (carbón), líquidos (petróleo) y gaseosos (gas natural). Éste es el motivo por el que estos compuestos son únicos en la Naturaleza, y constituyen una acumulación de energía tan fácil de explotar.

Hace unos 250 años el ser humano comienza a quemar dichos compuestos para aprovecharse de la energía almacenada en ellos, en un proceso que en definitiva consiste en extraerlos del subsuelo, quemarlos y devolverlos al exterior, y básicamente a la atmósfera en forma de gases. A medida que se van quemando las reservas de combustibles fósiles disponibles se ha ido produciendo un incremento de las concentraciones en la atmósfera de los gases producto de su combustión (figura 9). No existen precedentes de que un proceso así haya sucedido antes en la evolución de nuestro planeta, y menos al ritmo de los últimos 150 años.



*Figura 9: Evolución aproximada del porcentaje de reservas de petróleo y de las concentraciones de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera a lo largo del siglo XX.*

La energía obtenida de estas fuentes fósiles contribuyó al aumento explosivo de la población mundial y permitió un modo de vida basado en un elevado consumo energético. Al ritmo que la población y nivel de consumo fueron aumentando, también lo hicieron los requerimientos de energía, por lo que se fue acelerando el proceso de extracción y emisión de combustibles fósiles a la atmósfera.

Si la Tierra fuese ilimitada, la población y el consumo energético podrían haber continuado creciendo indefinidamente, y el reparto de los recursos podría haber beneficiado por igual a todos los seres humanos. Pero no es el caso: nuestro planeta es limitado, y por tanto también lo son sus recursos y sumideros, lo que supone que alguna vez el proceso de extracción de materiales del subsuelo y emisión de los mismos a la atmósfera había de llevar a un punto en que los recursos comenzasen a agotarse y los sumideros a saturarse.

Y en ese punto estamos: mientras la humanidad continúa creciendo en población y en necesidades energéticas, los geólogos advierten que cada vez va a ser más difícil mantener el suministro de combustibles fósiles -empezando por el petróleo y el gas natural-, y los climatólogos están avisando de que el notable incremento detectado en las concentraciones atmosféricas de los gases producto de su combustión no tiene precedentes en los anteriores cientos de miles y probablemente millones de años. Entre los gases emitidos destaca el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) que tiene la propiedad de actuar como un “invernadero” para la radiación infrarroja que emite la Tierra, por lo que los expertos consideran que puede estar generando un calentamiento atmosférico global que puede intensificarse los próximos años, y más si continúan las emisiones.

A partir de este punto es imposible saber qué puede pasar en los próximos años, tanto respecto a cómo será el proceso a través del cual nuestra especie se tendrá de ir adaptando a vivir con cada vez menor disponibilidad de energía procedente de los combustibles fósiles, como respecto a la

respuesta que pueda tener el clima mundial ante la acumulación de determinados gases de invernadero en la atmósfera.

De momento, lo que resulta paradójico es que, mientras en los foros internacionales sobre cambio climático se habla de la necesidad de reducir urgentemente las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera para frenar el calentamiento global, en los foros sobre los retos energéticos de nuestro tiempo se habla de la necesidad de que aparezcan nuevos yacimientos de petróleo para poder cubrir la demanda hasta la aparición de otras fuentes de energía que puedan sustituir al “oro negro”. Ambas necesidades son incompatibles entre sí.

### **¿Qué hacer ante el cenit del petróleo?**

No está en nuestras manos decidir las políticas de los gobiernos ni los comportamientos de consumo de los habitantes de todo el mundo, ni orientarlos de manera que pudieran contribuir a lograr una transición lo más suave posible hacia los tiempos con una menor disponibilidad de petróleo. Los cambios además, habrían de ser demasiado complejos, pues probablemente tendrían que incluir medidas muy impopulares y duras de asumir, basadas en la reducción del consumo por persona, disminución y racionalización del transporte privado, tendencia al crecimiento negativo de las economías y de la población, etc. Posiblemente sería necesario cambiar por completo todo el modelo de vida basado en el consumo y en el crecimiento, y unas sociedades que se han creado sobre la base de una ilimitada disponibilidad de petróleo.

Pero independientemente de que estos cambios se produzcan o no, cada uno de nosotros puede ir adoptando una serie de medidas que en general se pueden orientar hacia 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 está teniendo y 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 mismo artículo u otros, 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 millones de personas en el mundo, 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 la situación global a la que nos enfrentamos como especie es la 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.

---

**Fernando Bullón Miró**

**octubre 2005**

*Mi agradecimiento para Pedro A. Prieto y Gloria Jiménez por la revisión del documento, para Edgar Ocampo por el aporte del material gráfico y para los compañeros de [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org) por las sugerencias y comentarios recibidos.*

---

## REFERENCIAS Y ARTICULOS RECOMENDADOS EN INTERNET:

- AEREN: [Los retos energéticos del s. XXI](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2005
- Ballenilla, F.: ["El final del petróleo barato"](#). (2004) Publicado en *El Ecologista*, número 40, pp 21-22. 2004. (Disponible en línea)
- Ballenilla, F. et al (Miembros del Grupo La Illeta de Alicante): ["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*. 2005. (Disponible en línea)
- Bullón, F.: ["El cambio climático"](#). Publicado en *RAM, Revista del Aficionado a la Meteorología*, disponible en [www.meteored.com](http://www.meteored.com). 2005
- Duncan, R.: ["La cima de la producción mundial de petróleo y el camino a la garganta de Olduvai"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2000
- Heinberg, R.: ["Carta desde el futuro"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2001
- Janson, J.: ["Termodinámica y la producción de alimentos"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 1997
- Klare, M. T.: ["El colapso energético que se avecina"](#). Publicado en [www.jornada.unam.mx](http://www.jornada.unam.mx). 2005
- Marzo, M.: [El fin de la era del petróleo barato. Las dudas sobre las reservas globales de crudo](#)". Publicado originalmente en *La Vanguardia*. 2005
- Páez, A.: ["La dimensión sociopolítica del fin del petróleo: Desafíos a la sostenibilidad"](#). Publicado en [www.monografias.com](http://www.monografias.com). 2002
- Pfeiffer, D. A.: ["Comiendo combustibles fósiles"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2003
- Prieto, P. A.: ["La curva de Hubbert como la vida misma"](#). Publicado en [www.elinconformistadigital.com](http://www.elinconformistadigital.com). 2004
- Prieto, P. A.: ["Un cuento de terrorismo energético"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2002
- Prieto, P. A.: ["¿Kioto o Uppsala?"](#). Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2005
- Ruppert, M. C.: ["Mientras el mundo arde"](#) Publicado en [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org). 2004
- Savinar, M. D.: ["La vida después de la debacle del petróleo"](#). Publicado en [www.animalweb.cl](http://www.animalweb.cl). 2004
- TVE: [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"](#) Publicado en <http://www.comunidadesinpetroleo.com/>. 2005.