

EL RINCÓN DE LAS AFICIONES

¿Se acaba el petróleo?

La noche del 16 de abril de 2005 fue sin lugar a dudas la peor de mi vida. Yo estaba de estancia postdoctoral en la universidad de Waterloo (Canadá). Durante el día estuve en Toronto asistiendo a un congreso de combinatoria. Al volver me pasé por el despacho para leer las noticias y mirar qué iban a poner en la filmoteca de la ciudad la semana siguiente. Como conmemoración del día de la tierra proyectaban un documental titulado "The End of Suburbia". Me encantan los documentales y como éste no lo conocía, inmediatamente me puse a buscar información en el Internet Movie Database (www.imdb.com). Hubo una crítica que me llamó la atención, animaba al lector a que buscara en *google* el término "Peak Oil" después de explicar brevemente en qué consistía. Lo hice y había millones de referencias, la primera "Life After The Oil Crash" (www.lifeaftertheoilcrash.net). Algo que descubrí mucho más tarde es que si buscamos "oil" la misma página aparece en primer o segundo lugar dependiendo del momento. La página empieza así: *Querido lector, la civilización tal como la conocemos acabará muy pronto*. Esta frase estimuló mi curiosidad aún más y acto seguido leí toda la información que da la página. También leí parte de las docenas y docenas de links para apoyar sus terroríficas conclusiones. Y seguí leyendo y leyendo. Después de una noche en vela volví a mi residencia y llamé a mi novia. Le dije atropelladamente que había pasado una de las noches más estremecedoras y surrealistas de mi vida. Ella no entendía nada y temía por mi salud mental. Tardó tiempo en entender pero no tuvo más remedio. Los días siguientes leí vorazmente todo lo que podía sobre el tema. De hecho tuve que usar bastante disciplina para no dedicarme por completo a informarme sobre cuestiones energéticas. Aquella noche del 16 de abril de 2005 mi imagen del futuro empezó a cambiar.

Hace unos meses recibí un librito editado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) llamado "Guía Práctica de la Energía (consumo eficiente y responsable)". En la página 26 hay un apartado que se llama "Agotamiento de las energías no renovables" que contiene un gráfico en el que indica que el carbón se agotará en 200-250 años, el uranio en 70-90 años, el gas natural en 60-80 años, y el petróleo en 40-50 años. Yo solía interpretar estas afirmaciones como que más o menos habrá suficiente petróleo hasta dentro de casi 40 años. Sin embargo, vamos a hacer el cálculo nosotros mismos. Como datos voy a utilizar el "BP Statistical Review of World Energy June 2006". Un barril de petróleo son 159 litros aproximadamente. En el 2005 se consumieron unos 30 mil millones de barriles de petróleo o 30 Gigabarriles (GB). Las reservas son de 1.200 GB. Con el consumo del 2005 el petróleo se habrá agotado en $1.200/30 = 40$ años o en el 2046. Pero sería más realista tener en cuenta un incremento anual en el consumo del 2%, que es el que se ha registrado en las últimas décadas. Entonces el cálculo da 31 años, es decir, el petróleo se acabará en el 2037.

Este cálculo no tiene sentido por tres razones:

1. No se dispone de las reservas de combustibles fósiles como se dispone de la gasolina en el depósito de un coche. La velocidad con la que se dispone del petróleo de un yacimiento tiene unos límites.

Yo solía pensar que un yacimiento básicamente era una única cueva subterránea llena de petróleo, nada más lejos de la realidad.

El petróleo se encuentra entre los huecos de una roca almacén ocupando como mucho un 5% (esto es lo que se denomina la porosidad) y a unas profundidades del orden de 3 km. La cantidad de energía que se necesita para bombear petróleo a 3 km de profundidad (profundidad típica de los yacimientos) y con un rozamiento enorme depende de la velocidad de

extracción. A partir de cierta velocidad de extracción la energía necesaria para bombear es mayor que la del petróleo que se recupera. Y es más fácil bombear el petróleo inicial que está cerca de la base del *tubo* que el posterior que está lejos. Este fenómeno es bien conocido para los aficionados a los granizados de limón.

Además, el yacimiento suele estar compartimentado, es decir, la roca almacén suele tener fracturas que hace las veces de muro por el que difícilmente puede fluir el petróleo. Al perforarse el primer pozo de un yacimiento, el petróleo fluye hacia arriba porque se encuentra atrapado a presión. Cada pozo perforado aumenta la producción aunque cada vez menos, y como los pozos son caros, llega un momento que no compensa perforar más. La producción del yacimiento llega a su máximo tras aproximadamente uno o dos años y ahí se estabiliza durante unos cuantos años. Cuando el petróleo deja de fluir hacia arriba tiene que empezar el bombeo para continuar con la producción. Los pozos que explotan los compartimentos del yacimiento más pobres se agotan e inevitablemente empieza un largo declive. Para ralentizar el declive se inyecta agua por algunos pozos para que el agua haga un barrido y empuje parte del petróleo restante hacia la base de otros pozos.

2. A veces es posible recuperar más petróleo de los antiguos yacimientos mediante nuevos métodos de extracción, no en vano típicamente se recupera entre 35% y el 50% del petróleo de un yacimiento.

Como hemos comentado antes, llega un momento en que recuperar pequeñas zonas aisladas del resto no compensa a ningún precio, porque la energía necesaria para recuperarlo es mayor que la que se obtiene del petróleo recuperado. Por tanto, no debería extrañar que actualmente no se recupere ni la mitad del petróleo original. Reiteradamente Matthew Simmons (autor del libro "Twilight in the Desert") ha dicho que los grandes avances en la extracción de pe-

tróleo, como la visualización 3D de los yacimientos y los pozos horizontales, se desarrollaron en los 80 y desde hace 20 años no hay ninguna tecnología nueva, ni siquiera se experimenta nada nuevo. La inversión que la industria ha dedicado a la investigación en el siglo xx es fabulosa (yo mismo, en dos ocasiones he estado a punto de participar en jornadas organizadas por la industria del petróleo para resolver problemas de extracción) y ya ha dado sus resultados, parece que los grandes progresos son cosa del pasado. Por tanto, es razonable suponer que las estimaciones sobre la cantidad de petróleo que se recuperará en el futuro de los yacimientos conocidos no van a variar demasiado.

3. Cada año se descubren nuevos yacimientos.

Según un informe de IHS (una de las consultoras energéticas más importantes), en todo el año 2005 se descubrieron yacimientos con reservas de 4,5 GB. Recordemos que actualmente se consumen 30 GB al año, hace 20 años fue la última vez que se descubrió más de lo que se consumió y hace 50 años se descubrían 30 GB y se consumían 4GB. La Figura 1 refleja perfectamente esta situación.

La tecnología es la que ha posibilitado el poder acceder a lugares a los que antes eran imposibles. La última gran oleada de descubrimientos fue a finales de los 70 cuando empezaron a explotarse yacimientos en aguas poco profundas. Destaca la zona del mar del Norte en la que Inglaterra y Noruega se repartieron la mayoría de los yacimientos, lo que les trajo súbitamente una gran riqueza. Ahora estamos asistiendo a descubrimientos mucho más pequeños de yacimientos en aguas muy profundas (más de 3 km) y a grandes profundidades por debajo del suelo marino (más de 4 km). Este tipo de descubrimientos se dan principalmente en el golfo de México, el golfo de Guinea y en aguas de Brasil. Las dificultades y el coste de bombear petróleo desde profundidades superiores a los 7km en aguas bravas y atestadas de huracanes como el golfo de México son tremendas. Hay que tener en cuenta que los yaci-

mientos por razones geológicas no se pueden encontrar lejos de la costa, por tanto se están acabando las zonas donde buscar petróleo. Las últimas zonas que faltan por explorar exhaustivamente son los casquetes polares, que se convertirán en nuestro último botín, aunque no se estima que los hallazgos sean espectaculares.

El patrón es claro y lógico, primero se explotó el petróleo más accesible en tierra y en países industrializados, ahora se busca y explota en el mar por todo el mundo y en los polos. También es importante destacar que primero se recuperó el petróleo de más calidad. La calidad media del petróleo que se recupera ha descendido significativamente en las últimas décadas.

¿QUÉ SON RESERVAS PROBADAS?

Hablemos ahora de lo que se supone que se ha descubierto hasta la fecha. Como mencionábamos al principio, las reservas *probadas* son de 1200 GB. Lo de probadas es terminología de la industria y tiene un significado muy diferente dependiendo de quién tenga las reservas. Si se trata de las reservas de empresas que cotizan en la bolsa de un país de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, compuesta por los 30 países más desarrollados), entonces la contabilización de las reservas tiene una metodología muy concreta y, por lo

general, conservadora, que es regulada por la SEC (Securities and Exchange Commission) en EE.UU. o la CNMV (Comisión Nacional del Mercado de Valores) en el caso de España. Además, están sujetas a auditorías. Las reservas de una petrolera que cotiza en bolsa suponen su activo más importante y por tanto existe la tentación a exagerarlas dentro de lo legal y, a veces, fuera de lo legal. Dos casos recientes parecen confirmarlo. En 2002 la Shell tuvo que reducir sus reservas un 23% tras ocultar durante 5 años que uno de sus pozos más importantes, Yibal en Oman, estaba agotándose prematuramente. Y a principios de 2006 Repsol se vio obligado a reducir sus reservas en un 25% tras ser auditado.

Pero en realidad la mayoría de las reservas están en países que no pertenecen a la OCDE y que no son auditadas, en especial los miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Estos 11 países tienen un sistema de cuotas (para determinar lo que exporta cada uno) que en parte depende de sus reservas, por tanto también tienen una tentación para exagerarlas. Sólo 6 países de la OPEP: Arabia Saudí, Iran, Iraq, Kuwait, EAU (Emiratos Árabes Unidos) y Venezuela tienen unas reservas de 796 GB, lo que es equivalente a las dos terceras partes de las reservas mundiales. Todas estas reservas, excepto las casi 80 de Venezuela, están en una zona diminuta del planeta alrededor del golfo Pérsico en la que se está extrayendo petróleo de forma masiva desde hace 60 años.

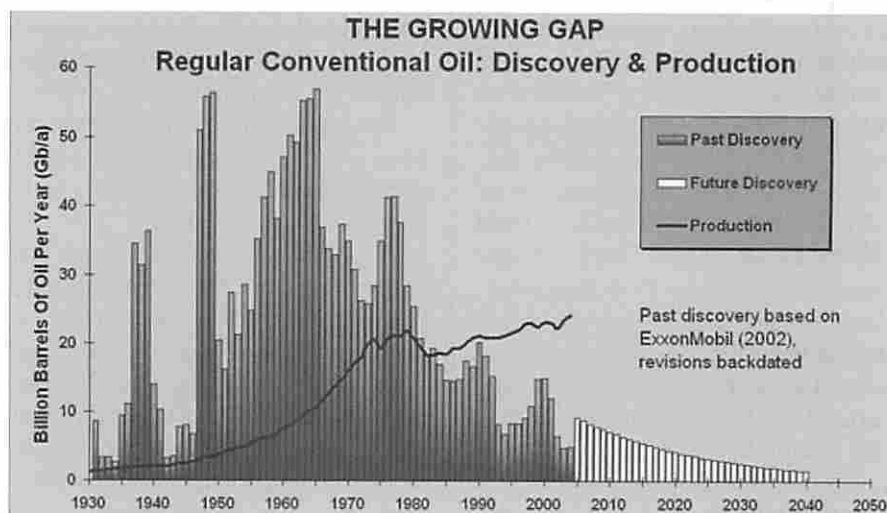


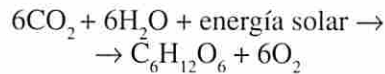
Figura 1. Descubrimientos y Producción.

Estudiamos el caso de Arabia Saudita que tiene el 22% de reservas mundiales. Este país no es desconocido para las petroleras americanas, de hecho la empresa de Rockefeller, Standard Oil, fue la que descubrió sus 6 yacimientos importantes (el primero en 1940). La empresa negoció una concesión para la explotación de sus pozos hasta el año 1979. En los últimos 10 años sobre-explotó sus yacimientos, y en concreto en el último año llegó a superar los 10 millones de barriles diarios, cota que Arabia Saudita no ha vuelto a alcanzar. En 1978 los americanos estimaron las reservas restantes en 100 GB. Al año siguiente los árabes tomaron el control de sus pozos y elevaron inmediatamente las reservas hasta los 166 GB. Ahí se quedaron, hasta que en 1988 volvieron a elevar las reservas hasta los 260 GB. Las reservas de Arabia Saudita en los últimos 17 años se han estabilizado y actualmente son de 264,2 GB a pesar de haber producido 58 GB en ese periodo. Además, en estos últimos 30 años Arabia Saudita no ha registrado ningún descubrimiento de importancia. Por tanto, la única explicación de los incrementos tiene que ser el aumento de la recuperación de petróleo en sus yacimientos. Pero los 80 fueron especialmente optimistas: Iraq entre 1981 y 1987 triplicó sus reservas, Kuwait en 1984 aumentó sus reservas un 38%, Venezuela casi las duplicó en 1985 y en 1986 EAU prácticamente las triplicó, mientras que Irán las aumentó un 57%, y como ya hemos dicho Arabia Saudita las aumentó un 50% en 1988. En conjunto estos 6 países aumentaron sus reservas un 85% en 7 años (y las mundiales aumentaron un 50%).

¿DE DÓNDE VIENE EL PETRÓLEO?

En nuestro planeta la energía solar es la que aporta la energía necesaria para la vida. Algunos organismos vivos, como las plantas verdes, pueden tomar la energía directamente del Sol a través de la fotosíntesis. Estos organismos son los llamados autótrofos. Las plantas verdes trans-

forman energía solar en energía química:



donde $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ es la glucosa. Las plantas sólo pueden convertir alrededor de un 5% de la energía solar en energía química. La glucosa producida la combinan con minerales (nitrato, fosfato, potasio) que obtienen del suelo para producir los tejidos vegetales. Además, la glucosa es una molécula estable y más compleja que las moléculas que se utilizaron en su fabricación y hace las funciones de pequeña batería donde almacenar energía. En el momento en que la planta necesita energía somete a la glucosa al proceso contrario, la respiración aeróbica, en la cual se libera energía.

El resto de los organismos se denominan heterótrofos y obtienen su ración de energía al ingerir la energía química de otros organismos. Los heterótrofos se pueden dividir en herbívoros, carnívoros primarios (los que comen herbívoros), carnívoros secundarios, omnívoros (los que son carnívoros y herbívoros a la vez, como los humanos),... y por último los saprófitos (los que obtiene su energía de la materia orgánica muerta o de los detritos desechados por otros seres vivos, por ejemplo lombrices) y los descomponedores (hongos y bacterias que se encargan de reciclar el material orgánico restante). Los seres vivos tienden a aprovechar toda la energía química disponible. Y aunque algunos desaprovechen mucha energía química existen otros que la aprovechan.

Un herbívoro sólo ingiere entre un 5% y un 20% de la energía química que capturó la planta originalmente, el resto fue utilizada por la planta para crecer, y de esa fracción el herbívoro sólo aprovecha una parte, el resto es desechado en forma de heces. A su vez un carnívoro sólo aprovecha entre un 5% y un 20% de la energía química que capturó el herbívoro y así sucesivamente. Por tanto, la mayor parte de la energía química que se encuentra en los seres vivos está en los autótrofos, mucho menos en los herbívoros y muchísimo menos en los carnívoros.

En circunstancias muy concretas queda atrapada energía química fuera del alcance de los seres vivos. Éste es el origen del carbón por un lado, y del petróleo y gas natural por otro. Cuando las plantas mueren en zonas pantanosas, su masa se deposita en un medio acuático y anaeróbico donde el bajo nivel de oxígeno impide su descomposición, esta acumulación recibe el nombre de turbera. Para que la turbera pueda formar más adelante acumulaciones de carbón económicamente valiosas deben ocurrir varias cosas: que durante un largo tiempo, a medida que se acumula la materia orgánica, apenas se formen sedimentos; que no haya erosión; y que bruscamente la turbera se sumerja en el mar y se produzca una precipitación rápida de sedimentos. El peso de los sedimentos compacta la turba, que primero pierde el agua entre los fragmentos de las plantas, después con más compactación pierde el agua a nivel intracelular y, por último, gracias al calor se pierden átomos de oxígeno a nivel molecular por diferentes reacciones. Generalmente se necesita una capa de 10 a 30 metros de turba para producir una capa de un metro de carbón.

El origen del petróleo y del gas natural empieza en el mar. En algunas cuencas marinas con poca circulación submarina se acumulan algas y peces muertos. Si una gran acumulación de este tipo es enterrada bajo una capa de sedimentos y rocas entre 2.300 y 4.600 metros, la presión y el calor son los propicios para que las largas cadenas de carbono de las que están compuestas las algas y los peces se rompan y se despojen de los átomos de oxígeno para formar petróleo. El petróleo está compuesto principalmente por cadenas de carbono (que pueden tener entre 5 y 20 átomos) saturados por átomos de hidrógeno. Si es enterrado a más de 4.600 metros, las cadenas de carbono siguen rompiéndose hasta formar moléculas con menos de 5 átomos de carbono que son gases: metano (CH_4) o gas natural, etano, butano y propano. Pero el petróleo una vez formado (por ser líquido, más ligero que el agua y por hallarse en lugares de altas presiones) tiende a filtrarse hacia la superficie. De hecho el 90% acaba filtrándose y

evaporándose. En su migración hacia la superficie sólo un 10% se topa con una cúpula de roca absolutamente impermeable, y se queda instalado en los poros de la roca (generalmente arenisca, caliza o dolomita) que está por debajo de esta roca impermeable. Con suerte la porosidad de estas rocas en las que se instala el petróleo es de más del 5%, lo que facilitará la extracción. Los yacimientos de gas se forman igual. Aunque siempre hay algo de petróleo disuelto en los yacimientos de gas y viceversa.

Por tanto, es importante pensar en el petróleo como una gran herencia, un tesoro único que viene sobre todo de algas y peces que crecieron hace 15 millones de años y también hace 90 millones de años. En todos los sentidos estamos viviendo a sus expensas. Las plantas que crecen ahora nos dan muy poca energía. Sí, paradójicamente las plantas actualmente nos dan una pequeña fracción de las calorías que ingerimos. Por cada caloría que comemos, la industria alimenticia ha utilizado 10 calorías de petróleo y gas para procesarla. O visto desde otro punto de vista, el 20% del petróleo y gas que utilizamos es para alimentarnos. La maquinaria agrícola, los fertilizantes y pesticidas, el procesamiento, conservación y transporte de alimentos, todo consume petróleo y gas. No es una exageración decir que comemos petróleo. Pero además, la mayoría de los alimentos llegan a nosotros en un empaque de plástico. La razón de ello es su ligereza, alto grado de higiene, resistencia y bajo coste. Estas propiedades, y algunas más, han hecho del plástico el material preferido de la industria. El asfalto por el que nuestros coches circulan tiene gran cantidad de petróleo. Nuestra ropa, lubricantes, disolventes, pinturas, muchos medicamentos, etc., son o tienen petróleo. No en vano un directivo de una gran petrolera comentó en cierta ocasión que *con la cantidad de usos que tiene el petróleo, quemarlo es como quemar Picassos para calentarse*.

LA LOTERÍA

Para describir nuestra situación actual, pensemos en un chico de 18

años, Juan, al que le toca la lotería e inmediatamente abre una cuenta e ingresa todo el dinero. También fija un límite de dinero que puede sacar al mes, lo pone por seguridad (por ejemplo, un robo) pero eso sí es una cantidad enorme. Al principio Juan ni siquiera sabe cómo gastar el dinero pues nunca ha gastado mucho, ni conoce a nadie que lo haga. No va a la Universidad, pero encuentra un trabajo sencillo. Se casa, tiene varios hijos y desea que ellos hereden su bien administrada riqueza. Compra una casa normal, y un coche. Después conoce a gente que tiene una casa en el campo y un coche deportivo e intenta elevar su nivel de vida. Para tener más tiempo libre y disfrutar de sus aficiones, reduce el horario de trabajo al mínimo. Llega un momento en que no quiere aumentar su nivel de vida pero los gastos siguen incrementándose, le gustaría gastar menos pero no sabe cómo. Los hijos se hacen mayores, las facturas se acumulan. Llega un momento en el que gasta 6 veces más de lo que gana, pero Juan no se preocupa demasiado porque sólo ha gastado la mitad del premio de la lotería. Pero de repente le entra el pánico porque está a punto de alcanzar el límite de la cantidad mensual de la que puede disponer. Por mucho que insiste en el banco no le dejan cambiarlo, ya que era una cláusula al abrir la cuenta. Le entra el pánico porque los gastos siguen aumentando y no puede pagarlos, quizá matándose a trabajar podrá cubrir los gastos durante una temporada, pero a la larga no va a poder encontrar un trabajo mejor porque ya es mayor y tiene poca formación. Además hay una inflación rampante y el tope que se puso cada vez le permite pagar menos facturas.

Así es como me imagino nuestra sociedad, lo malo es que todavía muy, muy poca gente se ha percatado de los problemas que tenemos por delante.

LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO

Estamos llegando rápidamente a ese punto de pánico en el que nos damos cuenta de que no podemos in-

crementar la producción de petróleo. Y a partir de ahí empezará el largo declive. De los 65 países mayores productores de petróleo, han entrado en declive 54. Básicamente los incrementos en la producción en los últimos años se deben a Arabia Saudita y a Rusia.

Arabia Saudita, con el 13,6% de producción mundial, es el país donde se centran todas las miradas. Aún así mantiene en secreto los datos sobre sus yacimientos. Es el único país que dice tener pozos sin producir, sin embargo su producción se ha estancado y desde principios de 2006 ha descendido más de un 8%. Después de leer el libro de Matthew Simmons "Twilight in the Desert" publicado en el 2005, queda patente lo precario de la situación de Arabia Saudita. Matthew Simmons es el presidente de uno de los bancos de inversión especializado en fusiones y re-estructuraciones de empresas petrolíferas. Además, fue consejero energético de George W. Bush en su campaña presidencial del 2000. Simmons tuvo la brillante idea de leer las más de 200 publicaciones que los empleados de Saudi Aramco (la empresa estatal de petróleo y gas de Arabia Saudita) presentaron en congresos para ingenieros de la industria petrolífera. En estas publicaciones detallan los problemas que encontraban en los yacimientos de Arabia Saudita. Cada artículo es una pequeña pieza de un gran puzzle con el que Matt Simmons ha reconstruido una imagen de la situación de los yacimientos de Arabia Saudita. Su libro, a pesar de tener cantidad de detalles de la industria, es muy accesible y se ha convertido en un best-seller en el mundo de los negocios. Incluso se le ha visto a Bill Gates con el libro bajo el brazo. También Bill Clinton lo ha recomendado en alguna de sus apariciones públicas. En el libro, Matthew Simmons muestra cómo Arabia Saudita está teniendo problemas técnicos cada vez mayores para poder incrementar su producción y, al hacerlo, está corriendo el riesgo de que sus yacimientos tengan un brusco declive. También da una serie de argumentos de los que deduce que las probabilidades de que Arabia Saudita incremente su producción significativamente son casi nulas.

UN MODELO MATEMÁTICO

Otra razón de naturaleza completamente distinta hace suponer un cenit inminente en la producción petrolífera. Es la utilización de un modelo matemático llamado la *curva logística*, ampliamente utilizado en el crecimiento de poblaciones y en la extracción de recursos. El primero en aplicarlo a la producción petrolífera fue M. King Hubbert, un eminente geólogo de la Shell. En 1956 presentó un trabajo en el que predecía que en 1970 EE.UU. iba a llegar a su cenit de producción coincidiendo con el momento de haber consumido la mitad de todo el petróleo que finalmente se recuperaría. Hubbert acertó, y EE.UU. llegó a su cenit exactamente en 1970 y desde entonces inexorablemente ha ido descendiendo siguiendo una tendencia prácticamente especular a la tendencia ascendente. Para EE.UU. este descenso en su producción ha tenido repercusiones muy importantes. Han pasado de ser exportadores a ser los mayores importadores del mundo, principalmente porque han seguido consumiendo más y más. En la actualidad sólo producen una tercera parte de lo que consumen, que a su vez es una cuarta parte de lo que se produce mundialmente. Eso ha originado una dependencia de Oriente Medio y es una de las razones del tremendo desajuste en su balanza de pagos. Una muestra de que se trata de un camino insostenible es la histórica frase que Bush pronunció en el estado de la unión de

2006: *EE.UU. está adicto al petróleo.*

Hubbert también predijo el cenit de la producción mundial en el 2000, aquí se equivocó. Pero un discípulo suyo, Kenneth Deffeyes, ha revisado sus cálculos con la información actual y da como fecha del cenit del petróleo convencional 2005-2006. Puede haber acertado, sólo lo sabremos pasados unos años. La metodología y su predicción está expuesta en el excelente libro "Beyond Oil" de Kenneth Deffeyes. En EE.UU. se ha extraído una sexta parte de todo el petróleo del mundo, por tanto es un ejemplo con mucho peso. Si EE.UU. ha tenido una producción simétrica y predecible, ¿por qué no el resto del mundo?

La Figura 2 nos permite ilustrar la situación. La suma de la producción de muchos yacimientos, que tienen una distribución normal en el tiempo, debe dar algo parecido a una campana de Gauss.

El conocimiento de las reservas y de los yacimientos que entrarán en producción los próximos años, permite a la ASPO¹ (Asociación para el estudio del cenit del petróleo y del gas) pronosticar el declive de la producción de petróleo y de gas. Para ello utiliza el modelo de la curva logística. Los resultados se muestran en la Figura 3.

La ASPO organiza cada año un conferencia en Europa y otra en EE.UU. En julio de 2006 asistí a la 5.ª edición en Pisa (Italia). Una de las conferencias más esperadas en

Pisa era la de Chris Skrewoski, editor del Petroleum Review. Publica anualmente una lista de todos los yacimientos que entrarán en producción en los próximos cinco años, que es más o menos el intervalo mínimo que se necesita desde que se descubre un yacimiento hasta que entra en producción. Esta información es fácil de obtener ya que las petroleras de todo el mundo publican el descubrimiento de los nuevos yacimientos y sus planes de desarrollo, que en muchas ocasiones son optimistas, por la misma razón por la que las demás empresas publican sus mejores estadísticas: beneficios record, crecimiento record, etc. Por tanto, es sólo cuestión de paciencia ir recopilando esta información para obtener una imagen bastante fiel sobre qué cantidad de petróleo nuevo aparecerá en el mercado. También se puede estimar el declive de los yacimientos que están en producción. En la conferencia Chris Skrewoski estimó que el cenit del petróleo sucederá entre 2006 y 2011 dependiendo del declive de los yacimientos en producción. A los escépticos les reta a que hagan los cálculos. De hecho confiesa que era un escéptico que al intentar demostrar que el cenit estaba todavía lejos es cuando llegó a estas conclusiones.

Yo personalmente he dedicado bastante tiempo a comprobarlo por distintos métodos. Mi conclusión es que estamos al borde del cenit y que será en 2006 ó 2007.

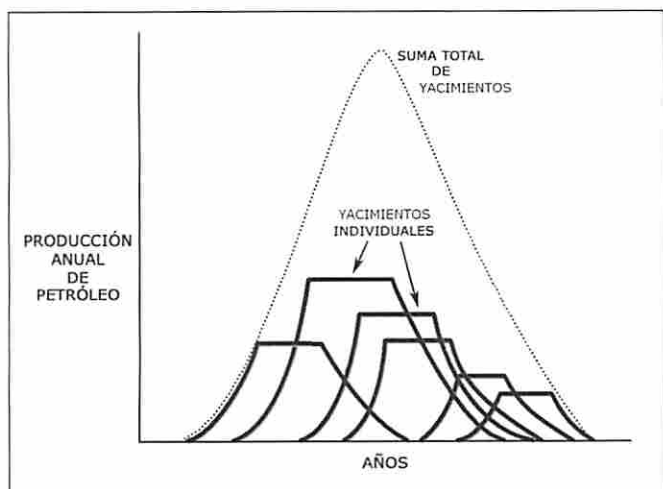


Figura 2.

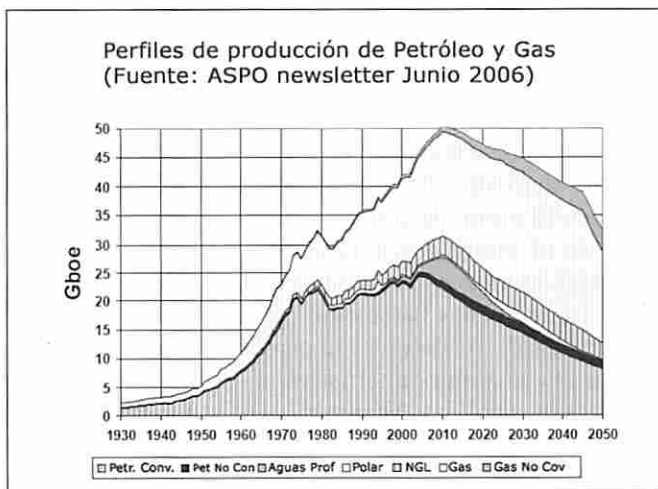


Figura 3.

¹ <http://www.peakoil.net/>

LAS ALTERNATIVAS

Antes de hablar de alternativas hay que tener bien presente que en España (ver el libro "La Energía en España 2005" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) el petróleo supone el 49,2% del consumo primario de energía (es decir, la energía bruta, la que consumimos más las pérdidas en transformación) y el gas natural el 20%. En ambos casos menos del 0,5% lo producimos en España. Llegará un momento en que los países tradicionalmente exportadores ya no puedan exportar por el declive de su producción y el aumento de su consumo interno. A Indonesia (actual miembro de la OPEP aunque probablemente por poco tiempo) y al Reino Unido ya les ha ocurrido esto.

Entonces, ¿con qué podemos sustituir el 70% de la energía primaria? Lo importante es preguntarse ¿en qué utilizamos este 70% de energía primaria? Simplificando, el petróleo sirve para el transporte de personas y mercancías (en el mundo, el 95% del transporte se realiza con derivados del petróleo), y el gas natural para calentar y para la generación de electricidad (con gas natural se genera en España el 27% de la electricidad). Cada combustible se ha especializado para lo que es más eficiente. El petróleo contiene mucha energía por kilogramo y además es líquido, eso lo hace especialmente eficaz para el transporte. El gas natural se puede quemar prácticamente tal como sale del yacimiento para producir calor, mientras que el petróleo hay que refinarlo. ¿Qué alternativas tenemos para sustituir ambos combustibles?

Cuando hablamos de sustituir el petróleo estamos hablando de encontrar una alternativa de transporte sin petróleo. El motor de combustión interna es el método prácticamente universal de mover los automóviles, y su diseño apenas ha sufrido cambios en más de 100 años. Esto parece indicar que cualquier alternativa tiene serias desventajas. Veamos:

– La mayor pega que tiene el coche que se mueve con agua, por el cual de vez en cuando me preguntan, es que no existe.

– Los coches eléctricos tienen la desventaja de una autonomía pequeña. Las baterías no son capaces de almacenar la energía necesaria para mover un coche más de unas decenas de kilómetros. En este sentido es esperanzador lo conseguido con los coches híbridos que combinan un motor de gasolina y otro eléctrico. La energía que se desperdicia normalmente en la frenada la utilizan para cargar una batería. El motor eléctrico se emplea en situaciones en las que el motor de gasolina es poco eficiente, como por ejemplo con tráfico lento. Con esta nueva tecnología se puede ahorrar del orden de 1/3 de gasolina.

– Hay coches que se mueven con gas, pero la situación del gas natural no es mucho mejor que la del petróleo.

– También hay coches que utilizan hidrógeno. Pero es importante aclarar cómo funcionan. Estos coches necesitan hidrógeno sin combinar con otro tipo de átomo, pero esto no se da de forma natural porque es altamente inestable. Por tanto, lo primero que hay que hacer es producirlo y almacenarlo. Para obtener hidrógeno hay que romper una molécula como la del agua y para ello hace falta energía. Típicamente se hace con electricidad, y el proceso se llama hidrólisis. Almacenar el hidrógeno es un problema porque es el átomo más pequeño y es difícil hacer un contenedor impermeable. Además es un gas, por tanto son necesarias altas presiones y/o bajas temperaturas para almacenar una cantidad sustancial de hidrógeno en poco espacio. Todo esto supone unas dificultades técnicas enormes. Se puede hacer, pero todavía a un coste gigantesco. Cuando se combina el hidrógeno con oxígeno entonces se produce agua y se libera energía que mueve el coche. Pero la energía producida es menor que la energía necesaria para romper la molécula de agua. En conclusión, además de las dificultades técnicas del proceso obtenemos un déficit de energía.

– Una alternativa que se está poniendo de moda poco a poco son los biocombustibles, el etanol en especial. Para producir un ktep (unidad de energía equivalente a mil tonela-

das de petróleo) de etanol hace falta alrededor de un ktep de petróleo, la cifra depende de la planta cultivada y de la forma de cultivar, pero nunca hay ganancias importantes. Este tipo de cálculos está refrendado por el trabajo de investigadores de prestigio como David Pimentel. Nótese que en una agricultura sin aporte de hidrocarburos el rendimiento de las cosechas sería mucho menor. Pero aún olvidándonos del problema de las aportaciones de hidrocarburos en la agricultura, si plantásemos toda España para producir biocombustibles solamente podríamos producir una parte de todo el combustible que necesitamos.

– Por último, existe otra opción, que es convertir gas natural o carbón en petróleo a través del proceso Fischer-Tropsch. Sobre la opción de convertir gas natural en petróleo, digo lo mismo que dije antes, no nos sobra el gas natural. Pero sí que hay mucho carbón, especialmente en algunos países como China y EE.UU. Este proceso no es nada nuevo y hay dos antecedentes históricos: Alemania durante la segunda guerra mundial y Sudáfrica durante el Apartheid. Actualmente China está fabricando centrales de este tipo.

¿Pero no es posible desplazarse menos sin cambiar nuestro estilo de vida?

Primero, es importante darse cuenta de que vivimos en un mundo muy globalizado. En España, gran parte de los bienes de consumo vienen de fuera y para su transporte ha sido necesario algún derivado del petróleo. Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) el transporte de mercancías por carretera supone el 47% del gasto de combustible. Cambiar este modelo desarrollando economías más locales es un proceso que nos vamos a ver obligados a hacer con mucho esfuerzo.

Si queremos que un número importante de conductores deje de utilizar su coche es necesario ampliar y mejorar la oferta de transporte público. El índice medio de ocupación por vehículo es de 1,2 personas y el 50% de los viajes en coche son de menos de 3 km. Esto permite mejo-

rar pero el cambio requiere planificación. Actualmente hay una tendencia de comprarse coches más potentes y pesados. Conseguir que aumente significativamente la proporción de coches eficientes, como los híbridos, llevará tiempo ya que la vida media de un coche es superior a 15 años.

Los cambios se producirán lentamente, por tanto necesitaremos alternativas al transporte sin petróleo. De las alternativas citadas las más viables son convertir carbón en gasolina, los coches eléctricos con baterías que puedan almacenar más electricidad que los actuales, y coches de hidrógeno si es que se resuelven sus problemas técnicos. Estas dos últimas posibilidades requieren electricidad, y por ser procesos con pérdidas, electricidad en grandes cantidades. La única posibilidad de incrementar en poco tiempo la oferta de electricidad son las centrales nucleares.

Como dijimos al principio, las reservas de uranio durarán unos 70-90 años, pero esa estimación tiene los mismos problemas que la estimación que dábamos del petróleo. Estamos agotando las minas de uranio más ricas, y muy pronto nos vamos a ver obligados a explotar minas con mucha menor concentración de uranio. Además, el cálculo está hecho teniendo en cuenta el consumo actual y no incrementos futuros. Y las centrales nucleares tienen otros problemas bien conocidos por todos.

Apostar o no apostar por la energía nuclear es una decisión importante. Y creo que los ciudadanos deberíamos participar en esa decisión, para lo cuál es imprescindible tener bien presente qué consecuencias tienen ambos caminos.

Una opción real en la actualidad es la del carbón. Aunque no queda mucho carbón en España y es de mala calidad. La combustión del carbón emite más gases de efecto invernadero que el petróleo y el gas natural, y además otras muchas sustancias contaminantes. Sus defensores aluden al proceso de secuestrar CO_2 , es decir inyectar el CO_2 en cavernas subterráneas. Tal proceso está en fase experimental, pero las cantidades de CO_2 que habría que inyectar son enormes. Mi opinión es

que apostar por el carbón es un suicidio. Si uno toma en serio las consecuencias del cambio climático es inevitable llegar a la misma conclusión.

¿Y cuáles son las alternativas al gas natural? o mejor, ¿de qué otra forma podemos producir calor? El carbón es una opción clara, pero de nuevo el CO_2 lo convierten en una alternativa altamente peligrosa. Biomasa (madera, y demás restos de la agricultura), RSU (residuos sólidos urbanos o incineración de basura) o placas solares térmicas son alternativas aunque su aportación actual es pequeña. Es conveniente saber que usar electricidad para generar calor es muy ineficiente.

Siempre existe la posibilidad de que algunas de las opciones que se están investigando nos salve. Puede ser que la fusión finalmente funcione, pero llevan 30 años prometiéndonos que en 30 años ya la tendremos, y lo más probable es que esa tendencia continúe.

Se suele decir que la necesidad agudiza el ingenio. En el pasado hemos tenido graves problemas que amenazaban el progreso y la civilización, pero siempre hemos encontrado una solución que mejoraba la situación anterior dando un nuevo impulso al progreso. Por ejemplo, en la Europa del siglo XVI nos estábamos quedando sin leña y tuvimos que recurrir al carbón. Y aunque inicialmente se le consideraba una alternativa nada atractiva, poco a poco se fue descubriendo que era un combustible superior a la leña.

Lo que diferencia nuestra época industrial de las anteriores es que hemos tenido a nuestra disposición el método científico. Los grandes avances han llegado por un estudio sistemático de la naturaleza y no tanto por una necesidad. La energía nuclear surgió a mitad de siglo XX como consecuencia del gran avance que tuvo la física en la primera mitad del siglo. En esa época no había ninguna urgencia por encontrar una nueva fuente de energía, todo lo contrario, EE.UU. estaba repleto de petróleo.

Cuando tengamos la necesidad de una nueva fuente de energía nos va a ser difícil encontrar algo innovador.

CONCLUSIONES

Como dice Kenneth Deffeyes en su libro "Beyond Oil", *cuando uno se ha despeñado es demasiado tarde para frenar*. Estoy totalmente de acuerdo con él en que el cenit del petróleo es inminente y que nos va a traer miserias. Ya es tarde para esquivar el problema. El influyente informe Hirsch (que cito al final) estima que son necesarios 20 años con inversión y esfuerzo sin precedentes antes del cenit, para tener un aterrizaje suave. Y con toda seguridad no vamos a tener 20 años. Si llegamos al cenit y apenas hemos empezado los preparativos hacia un modelo energético alejado del petróleo y gas natural (que es la situación actual), entonces nos será difícil hacer los cambios. Las centrales nucleares, las placas solares, los aerogeneradores... son infraestructuras que necesitan una inversión de energía enorme y en términos energéticos el retorno de la inversión se produce después de muchos años. Cuando nos empiece a faltar energía, la utilizaremos para cubrir las necesidades más inmediatas.

Cuando empiezan los problemas económicos ligados a la subida de los precios de la energía, los gobiernos están tentados en subvencionar las medidas populares y con beneficios a corto plazo. Nuestro gobierno actualmente está subvencionando de una forma escandalosa el precio de la electricidad. En España la mayor parte del mercado eléctrico está regulado, es decir, el precio del kWh/h se fija por ley, y no por la ley de la oferta y de la demanda. La razón de hacer esto es dar un marco estable de precios a la industria. Si suponemos que el precio de la electricidad en el mercado libre sube y baja salvajemente (es muy volátil), pero a la larga las subidas y bajadas se compensan, entonces tiene sentido defender al consumidor y a la industria de la volatilidad eligiendo un precio regulado que a veces estará por encima del precio de mercado y a veces por debajo. Una especie de dique o espigón que proteja al consumidor del oleaje. Si hay una época larga en la que el precio de mercado está por encima entonces empiezan los problemas.

La generación de electricidad supuso para las eléctricas un coste un 13% mayor en 2005 que en 2004, mientras que el precio subió menos de un 2%. Total, en el 2005 los gastos de las eléctricas han sido 3.500 millones de euros superiores a sus ingresos. La solución que el gobierno ha dado es permitir a las eléctricas subir los precios paulatinamente por encima de los precios de mercado, calculado de tal forma que recuperen sus pérdidas durante los próximos 14 años. A 1 de enero de 2006 el precio subió un 4,5% y en julio un 1,4% más, pero el coste de la generación de electricidad sube más rápido y en el primer cuatrimestre ya acumulan otros 1.200 millones de déficit. Los precios regulados están subiendo mucho más despacio que los de mercado y eso está haciendo daño a las eléctricas. No sólo eso sino que los consumidores no reciben la señal de que hay que empezar a ahorrar, y siguen consumiendo más y más empeorando la situación. Si la tendencia continúa tendrá que haber en cierto momento un reajuste brusco, de los que afecta a todo el mundo. Si quieres proteger una zona con un dique, es muy importante asegurarse de que el dique aguantará y que no se desbordará, porque si ocurre las consecuencias son desastrosas.

Pongo esto como ejemplo de que regular o subvencionar puede ser peligroso. Y en general cuando las cosas cambian tiene mucho más sentido subvencionar infraestructuras con futuro como las energías alternativas o el transporte por ferrocarril, que intentar mantener el *status-quo*.

La electricidad es sólo un ejemplo de cómo van a subir los precios por acción directa de la escalada de precios del petróleo y del gas natural.

Desde enero de 2002 (20\$) hasta agosto de 2006 (75\$), el precio del crudo se ha incrementado a un ritmo del 33% anual con una extraordinaria precisión. Eso quiere decir que el precio se ha doblado cada 2 años y medio. Así que no es exagerado decir que la crisis energética ya ha empezado. Pero los economistas están contentos y hasta sorprendidos de cómo se están adaptando los países a estos precios.

Pero me gustaría poner un ejemplo para ilustrar que si los precios siguen subiendo las cosas serán cada vez más difíciles. He intentado que los porcentajes que voy a dar en la Figura 4 se aproximen a la realidad. Supongamos que en enero de 2002 las compañías aéreas gastaban un 10% en combustible. Supongamos que el resto de los gastos permanecen constantes. Un año más tarde el incremento del 33% del combustible significa un 3,3% de incremento de gastos para la compañía y el combustible representa el 13%. Ambas cifras van incrementándose, y en la actualidad el crecimiento de los gastos de las compañías debe ser del 10% anual y el combustible representa un 30% del gasto total. En la Figura 4 podemos ver qué pasará si la tendencia del precio del combustible de los últimos 5 años continúa otros tantos.

Las compañías aéreas no son las únicas que utilizan combustible. Según datos del Instituto Nacional de Estadística de 1998, el 12,4% del presupuesto familiar se destina al transporte. En un primer momento las industrias que utilizan mucha energía son las que más sufren, pero a la larga ellas pasan sus gastos a los consumidores aumentando los precios. Esto es lo que los economistas llaman efectos de "segunda vuelta", que se materializan después de unos meses de la escalada de precios. Este proceso es altamente inflacionista (actualmente alrededor del 4% en España).

Me gustaría insistir brevemente en el tema del calentamiento global. Mi sensación es que la mayoría de la gente tendemos a despreciar las preocupaciones de los ecologistas por puro prejuicio. Hemos construido este prejuicio a lo largo de nuestra vida por diferentes razones y ya no escuchamos lo que nos están diciendo. Pero los ecologistas ya no sólo están preocupados por los *bichos* sino también por nuestra supervivencia. Hay gran cantidad de peligros que nos amenazan, muchos de ellos son de tipo ecológico. Sobre este tema recomiendo el libro "Colapso" de Jared Diamond publicado en 2005. El peligro ecológico que a mí más me preocupa es el cambio climático. Recuerdo perfectamente la frase que catalizó mi interés por el cambio climático. Fue la frase del director del Tydall Center, un centro de investigación sobre cambio climático inglés: "si pasamos de los dos grados descubriremos el infierno". Se refiere al consenso de que si pasamos de un incremento de 2°C sobre la temperatura media pre-industrial los daños van a ser muy, muy severos. En el 2004 ya habíamos incrementado la temperatura 0,8°C. La temperatura depende de la concentración de CO₂. La concentración atmosférica preindustrial era de 280 ppm (partes por millón) mientras que la actual es de 380 ppm. Hay un grupo grande de climatólogos que pronostican que si superamos los 400 ppm (al ritmo actual en 10 años se superará), será inevitable

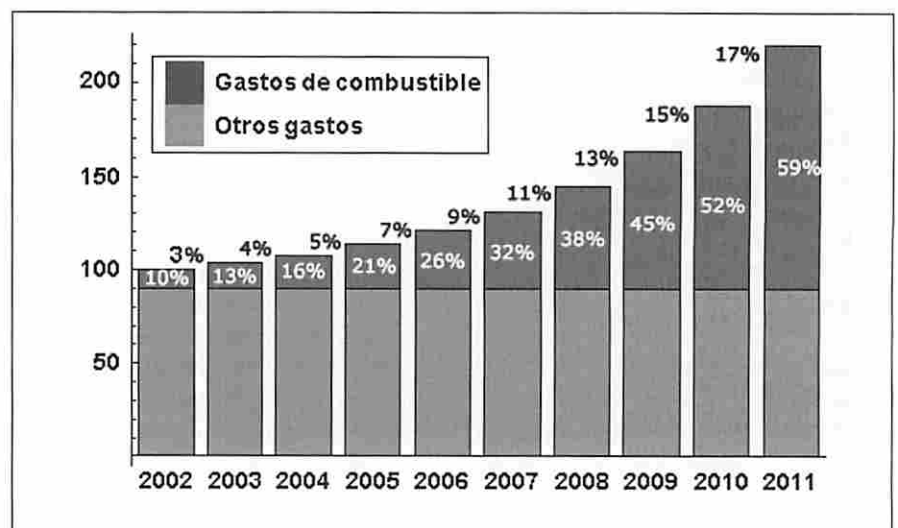


Figura 4. Incremento de 33% anual de los gastos de combustible de una aerolínea.

alcanzar los 2°C antes de 2050. Y en el camino despertaremos a lo que los científicos llaman los “gigantes dormidos” que darán más impulso al cambio. Esto hace referencia a un montón de procesos que calientan el clima que se retroalimentan del cambio. Veamos algunos ejemplos:

– El calentamiento global está derritiendo los casquetes polares. Eso sustituye el blanco del hielo por el azul oscuro del mar. El blanco refleja el 90% de la luz y por tanto del calor al espacio, mientras que el azul del mar absorbe el 90%. Por tanto, el calentamiento provoca deshielo y el deshielo provoca más calentamiento y empieza el círculo vicioso.

– Los incendios forestales: el calentamiento hace que ciertas zonas sean más secas y propicias a los incendios forestales. Los incendios destruyen los árboles que absorben CO₂ de la atmósfera y eso propicia más calentamiento.

– Los metano-hidratos: ancladas en el fondo del océano hay enormes cantidades de metano (gas natural) atrapado en forma de hielo. Estos depósitos altamente inestables pueden liberarse a la superficie y, por tanto, a la atmósfera si son perturbados bien al intentar recuperarlos (cosa que empresas y gobiernos están considerando) o bien por que el océano se está calentando. El metano es un gas de efecto invernadero más potente que el CO₂, pero actualmente se libera poco metano en comparación a CO₂.

– También hay mucho metano atrapado en el hielo de la Antártida y Groenlandia que se está liberando poco a poco por el deshielo.

En fin, es como si el mundo fuese una bola de nieve en una pendiente y que la estuviésemos empujando y con ello incrementando su masa. A medida que damos una vuelta más empiezan a crecer las probabilidades de que la bola empiece a rodar por sí misma y sea imparable hasta que llegue a otro punto de equilibrio al final de la pendiente. Y el final de la pendiente no es algo que queramos experimentar.

Un reciente artículo de Nature² estima que un incremento de más de 2°C sobre los niveles pre-industriales llevaría a la extinción al 35% de las especies vivas de la tierra. Sé que hay gente que le da igual que el 35% de las especies se extingan si la humana no es una de ellas, en este sentido las Naciones Unidas ha sacado el “Millennium Ecosystem Assessment Report” publicado en 2005 (hay resumen en español). Y en una de sus principales secciones, “Ecosistemas y Bien Estar Humano”, nos recuerda que los ecosistemas son muy frágiles y una pequeña extinción de especies (unos gusanos y arañas por aquí, y unos corales y murciélagos por allá) puede provocar, por ejemplo, plagas de insectos, medusas, y malas hierbas que pueden ser catastróficas para nuestra cadena alimentaria.

Por último, sobre el consenso que existe sobre el cambio climático me gustaría referirme al famoso estudio de 2004 en Science de Naomi Oreskes. Después de leer los 928 abstracts de trabajos en revistas científicas con referee con palabra clave “global climate crisis” entre 1993 y 2003, sus conclusiones fueron que el 75% de los artículos defendían el punto de vista de que el cambio climático se está produciendo por acción humana y no por un ciclo natural, y el 25% trataban temas de metodología sin presentar una opinión. Por tanto, no encontró ni un solo artículo en desacuerdo con la opinión de consenso. Por otro lado, cuando se hizo un estudio similar en artículos de prensa el desacuerdo pasó de 0% al 53%. Por supuesto que hay desacuerdo en cómo de rápido se producirán los cambios. Pero sobre su existencia, y el papel que juegan los humanos en el cambio climático no hay ningún desacuerdo entre los expertos.

También me gustaría hacer un comentario sobre los medios de comunicación. Mi impresión es que cada vez se fijan más en el ruido y menos en las tendencias o en la señal subyacente. Es una verdadera pena que los que invertimos semanalmente un precioso tiempo en enterarnos de qué pasa en el mundo, lo único que lo-

gramos es enterarnos de noticias que caducan dos días más tarde. Y cuando hay noticias que duran más de dos días la mayoría de los periodistas no las sitúan en un contexto, no nos explican cómo se ha llegado hasta esa situación, cuáles son las repercusiones para el futuro, etc. Las noticias son esencialmente superficiales y no tiene por qué ser así. El periodismo de investigación es casi inexistente, es decir, periodistas que se preocupan por entender de lo que escriben. Supongo que todos hemos tenido la desagradable sensación de leer un artículo o escuchar una noticia que nos pilla más de cerca y darnos cuenta de que el periodista no refleja la realidad en absoluto. Aún así todavía existen buenos trabajos periodísticos, pero hay que esforzarse por encontrarlos. Es esperanzador que desde hace unos años hay expertos que hacen la labor de los periodistas. Mantienen blogs en los que explican a un público general las noticias de su especialidad y destacan los buenos artículos periodísticos.

Después de leer, pensar y hablar mucho sobre el tema, mi opinión es que la medida más efectiva para tener un aterrizaje lo más suave posible es la conservación y la eficiencia. Es decir, gastar menos y lo que gastemos hacerlo con más eficiencia. Para lograr esto no sólo es cuestión de cambiar de hábitos sino también hay que cambiar de infraestructuras. Y no sólo me refiero a nivel gubernamental, los cambios personales nos ayudarán a capear el temporal mejor. Los cambios personales son claros: usar bombillas y en general electrodomésticos de bajo consumo, no dejar aparatos en stand-by, colocar paneles solares, usar aislamiento térmico en las casas, utilizar menos el coche, utilizar coches híbridos, comprar productos que no hayan cruzado medio mundo, etcétera. Esperar a que los precios de la energía suban más para hacer los cambios puede ser desastroso, porque los precios están distorsionados y no hay buena información, por tanto los cambios pueden ser muy bruscos. Intentar comprar placas solares cuando TODO el mundo quiera comprarlas (y el momento llegará) no es bue-

² “Extinction risk from climate change”, Thomas et al., 8 de enero de 2004.

na idea, lo mejor es un proceso escalonado. La época del “gran despilfarrero” se está acabando, tenemos dos opciones a nivel personal y a nivel global: podemos cerrar los ojos y continuar la gran FIESTA hasta la última gota, o bien trabajar para que la sociedad tenga algún tipo de futuro. Yo me inclino por la segunda opción.

RECOMENDACIONES

De la gran cantidad de libros que han salido en los 3 últimos años abordando el tema del cenit del petróleo yo recomendaría, en primer lugar, “Half Gone” de Jeremy Leggett. Este libro también aborda el tema del cambio climático. Otros libros excelentes son “Beyond Oil”, de Kenneth Deffeyes, y “Power Down”, de Richard Heinberg. Como libro traducido al español recomendaría “El fin del petróleo”, de Paul Roberts.

Hay dos artículos de prensa que me gustaría destacar y quiero ponerlos como ejemplos del periodismo de calidad. En julio de 2006 se publicó en el Chicago Tribune “A tank of gas, a world of trouble” de Paul Salopek³, que es una auténtica delicia de leer. Y en 2005, la periodista Elisabeth Kolbert publicó un serie de tres artículos estupendos en el New Yorker sobre el cambio climático, que se han reunido en un pequeño libro llamado “Field Notes From a Catastrophe”. También recomiendo la película “An Inconvenient Truth”, que consiste en una presentación muy clara e interesante de Al Gore sobre el cambio climático.

En España la página web: www.crisisenergetica.org lleva ya tres años abierta y es toda una institución. El blog en el que yo participo es www.theoil drum.com, muy académico y serio. Por último, el blog www.realclimate.com es ejemplar a la hora divulgar temas de cambio climático.

El “Hirsch Report”⁴ es un informe encargado por el Departamento

de Energía de EE.UU. a un grupo de consultores y que ha sido muy influyente dada la categoría de sus autores. A principios de 2007 apareció el 4.º informe sobre cambio climático del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). Esta organización depende de las Naciones Unidas y el informe, traducido al español, es la publicación de más prestigio sobre el tema. La anterior edición data de 2001.

La petrolera BP publica cada año el “Statistical Review of World Energy”⁵. Tiene un archivo de Excel con un montón de datos de todos los países. En España, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio publica cada año el “Libro de la Energía en España”⁶.

Agradecimientos: Agradezco a Alberto Borobia la revisión del texto.

Roberto Canogar

Dpto. de Matemáticas Fundamentales

La Radioafición

La exposición de equipos electrónicos antiguos celebrada en Toledo a comienzos del mes de mayo de 2006, en el incomparable marco del edificio de San Pedro Mártir, sede de la Facultad de Ciencias Jurídicas de la Universidad de Castilla-La Mancha, fue uno de los últimos actos con los que finalizó la conmemoración de los 150 años de las Telecomunicaciones en España, coordinada por el Foro Histórico de las Telecomunicaciones. El colofón de tan memorable año fue la publicación del magnífico libro *De las señales de humo a la sociedad de la información*, en el que monográficamente se recoge con gran profusión de imágenes la historia de los diferentes servicios, incluido el de radioaficionados. La edición elec-

trónica de tan importante obra se encuentra disponible para descargarla en su totalidad desde la “Biblioteca” de la propia página Web del referido Foro, encuadrada en la del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, www.coit.es.

SUS DESCONOCIDOS COMIENZOS

Tomando como referencia el citado capítulo destinado al servicio de aficionados, o la propia Tesis Doctoral del autor, los orígenes de afición a la radio se remontan a finales del siglo XIX cuando aquellas personas que sintieron afán experimentador se dedicaron a efectuar continuas pruebas mediante la electricidad y el magnetismo, especialmente en los países más desarrollados tecnológicamente.

En Francia, por ejemplo, tuvo gran difusión la *Guide pratique de l'amateur électricien pour la construction de tous les appareils électriques*, de la que se realizaron numerosas ediciones. En aquella curiosa guía describiendo el modo de efectuar los más diversos y curiosos experimentos, se dedicó todo un capítulo a la “bobina de inducción”, también conocida por “carrete de Ruhmkorff”, la cual fue empleada por los primeros aficionados a la emisión para construir sus primeros “transmisores de chispa”, o “chisperos”, cuyas señales emitidas al “éter” fueron detectadas por los rudimentarios sistemas existentes en la época.

Alentados por los éxitos de Guillermo Marconi, los aficionados a la electricidad fueron siendo cautivados poco a poco por los hilos necesarios para la comunicación sin hilos y con las bobinas de inducción, tímbrs en desuso, baterías, alambres y otras piezas procedentes de desguaces, trataron de emular experimentalmente los alcances cada vez

³ <http://www.chicagotribune.com/media/acrobat/2006-08/24312763.pdf>

⁴ http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf

⁵ <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=91&contentId=7017990>

⁶ <http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/9F6691BB-CE80-48DF-AD91-A90FACEA8E71/0/Energia2005.pdf>