

El Pico de Petróleo y el Destino de la Humanidad:

no existen soluciones técnicas rápidas y las consecuencias pueden ser graves

Hans Zandvliet¹
New York, enero de 2011

Índice

Índice	1
Introducción	2
Pico de Petróleo:	3
Historia	3
Principio del Pico de Hubbert	3
Pico de Petróleo de los EEUU	5
Pico de Petróleo Mundial	6
Cálculo Propio	7
Descubrimientos de Petróleo	9
Tasa de Retorno Energético	10
Últimas Noticias de la IEA	11
Limitaciones de una Transición Energética Mundial	12
Limitaciones Técnicas	13
Limitaciones de Materias Primas	14
Limitaciones Cronológicas	16
Crecimiento Exponencial	16
Principios	16
Crecimiento Exponencial de la Humanidad	17
Crecimiento Exponencial del Uso de Recursos Naturales y Emisiones de Desechos	18
Consecuencias de la Escasez de Energía	18
Una Crisis Energética Significa una Crisis Económica	18
Transporte	20
Agricultura	20
Guerras sobre Últimos Recursos	21
Reducción de la Población Humana	22
Sociedad Civil Simplificada	23
Bibliografía y para Leer Más	25
Libros	25
Sitios Web con Información y Noticias en Español	25
Sitios Web con Información y Noticias en Inglés	25
Informes de Instituciones Gubernamentales	26
Informes y Artículos Destacados	26

¹ Hans Zandvliet es ingeniero civil de Holanda desde hace 1987. De 2002 a 2008 trabajó en proyectos de saneamiento básico en Bolivia. Actualmente vive en New York, EEUU, estudiando como autodidacto las interacciones entre el cambio climático, el agotamiento de las fuentes de energía fósil y otros recursos naturales, el crecimiento mundial de la humanidad, la crisis económica actual y las soluciones propuestas.

Introducción

El *pico de petróleo* (en inglés: *peak oil*) no significa el fin de la producción de petróleo, sino que refiere al alcance de su capacidad máxima de producción. Una vez sobrepasado este pico máximo la producción bajará progresivamente cada año hasta casi cero al fin de este siglo. Existen fuertes evidencias de que estamos cerca ese *pico de petróleo*, o incluso puede ser que ya lo hemos pasado.

Actualmente el abastecimiento mundial de energía todavía está compuesto por más de un 80% de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) de los cuales el 40% consiste de petróleo. En cambio las fuentes alternativas de energías renovables (hidroelectricidad, paneles solares, molinos de viento, etc.) parecen todavía no estar disponibles para reemplazarlos: pues no constituyen ni el 3% del abastecimiento mundial de energía. Por lo tanto, estos datos parecen señalar una inevitable escasez mundial de energía que podría ocurrir en ésta misma década, con ramificaciones y consecuencias trascendentales.

La economía capitalista (neoliberalmente globalizada) debe seguir creciendo, caso contrario entraríamos en una crisis. Pero cuando la producción de petróleo disminuya progresivamente en el transcurso de este siglo, no habrá suficiente energía para hacer crecer la economía, pues entraremos en una crisis económica permanente, tal vez culminando en un colapso socio-económico en los países más dependientes de los combustibles fósiles.

La agricultura mecanizada y el transporte de productos y personas depende casi en un 100% del petróleo: tractores a diesel para arar, sembrar y cosechar; plaguicidas y fertilizantes químicos hechos de petróleo y gas natural; camiones a diesel para transportar las cosechas a las ciudades; autobuses y coches a diesel y gasolina para el transporte personal urbano, aviones a kerosén y buques a fuel-oíl para el transporte internacional de productos. Pero las alternativas están inmaduras o inexistentes todavía.

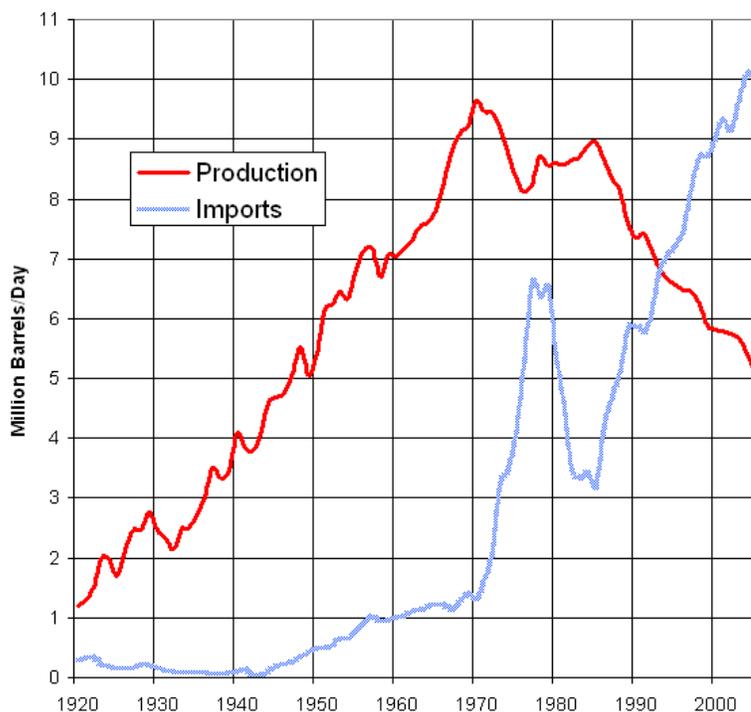
Mientras tanto, los productores y distribuidores de petróleo no quieren informar al público y los gobiernos temen hacerlo, por consecuencia la sociedad todavía se encuentra ignorante ante las consecuencias desastrosas e inminentes de esta disminución en la producción de petróleo. Por eso el objetivo de este artículo es difundir y profundizar el conocimiento y las conciencias de la futura escasez energética.

Pico de Petróleo:

Historia

La historia del petróleo empezó en los años 50 del siglo XIX, cuando se hicieron las primeras perforaciones para sacar el petróleo de la roca (de ahí viene su nombre: petr-óleo significa óleo de la piedra). Ya desde el inicio del siglo XX hubo varias personas avisando que el petróleo es un recurso finito, entonces llegará el día del agotamiento de este recurso. Sin embargo las predicciones siempre fueron mal calculadas y por tantos hallazgos nuevos los petroleros se acostumbraron a rechazar y ridiculizar el concepto del petróleo finito.

Gráfico 1: Producción e importación de petróleo de los EEUU



Marion King Hubbert (1903–1989) fue un geólogo petrolífero, que trabajó en el laboratorio de investigaciones de Shell en Houston, Texas. En 1956 presentó un artículo ante el *American Petroleum Institute* en San Antonio, Texas, prediciendo el pico de producción de petróleo en los EEUU alrededor de 1970 (Hubbert, 1956). Como costumbre fue fuertemente criticado y rechazado por sus colegas petroleros. Sin embargo, cuando llegó el año 1970, resultó que Hubbert tenía razón. Desde entonces, a pesar de los esfuerzos intensos para incrementarla, la producción de petróleo de los EEUU estaba bajando y a partir de 1993 las importaciones de petróleo de los EEUU superaron la extracción doméstica, como muestra el gráfico 1. Ahora las grandes preguntas son:

- ¿Cómo Hubbert pudo predecir el pico de petróleo de los EEUU con 14 años de anticipación?
- ¿Cuáles son las implicaciones con respecto al pico de petróleo mundial?

Principio del Pico de Hubbert

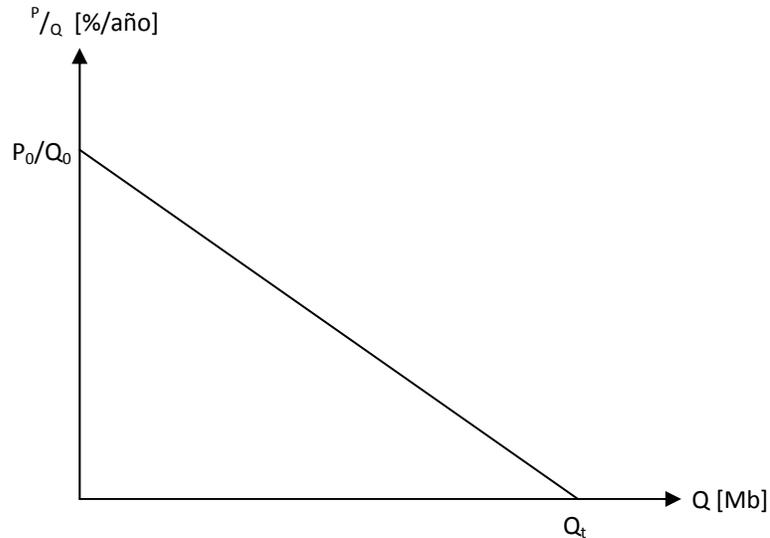
El principio del razonamiento de Hubbert se puede explicar con la analogía de una laguna llena de peces. Al inicio la pesca avanza muy rápidamente y más amigos pescadores vienen para aprovechar de la abundancia de peces también. Sin embargo, cuanto más peces ya se pescaron, más lenta se vuelve la pesca hasta que resulta muy difícil pescar el último pez. Claro que los peces representan los campos de petróleo y los pescadores las empresas petroleras.

La parte matemática de este párrafo está agregada para completar la explicación de la *Curva de Hubbert*, pero no es esencial para entender lo demás de este artículo. Entonces si no se siente capaz de desempolvar su conocimiento matemático del colegio de tantos años pasados, lo puede saltar sin problemas.

El gráfico 2 presenta el curso teórico de producción de petróleo. El eje horizontal (Q) significa la producción acumulada de petróleo desde el inicio de la explotación, es decir la suma de cantidades anuales de petróleo

producido hasta un cierto año. El eje vertical (P/Q) significa el cociente de la producción anual y la producción acumulativa hasta este año. En la práctica, Hubbert descubrió, emerge una relación lineal entre las dos unidades P/Q y Q . Una vez que emerja esta relación lineal, se puede extender esta línea hasta que cruce el eje horizontal para estimar la producción acumulativa total (Q_t) que se puede explotar en último caso.

Gráfico 2: P/Q diagrama de Hubbert



Una relación lineal cualquiera tiene la función matemática siguiente (1):

$$y = b + a \cdot x \quad (1)$$

Donde:

- $a = \Delta y / \Delta x$ = la pendiente de la línea (un valor negativo indica una línea bajando)
- b = el valor donde la línea cruza el eje vertical del sistema de coordenadas

Sustituyendo los parámetros matemáticos por los parámetros petrolíferos resulta en la función siguiente (2):

$$P/Q = P_0/Q_0 - Q \cdot \frac{(P_0/Q_0)}{Q_t} \quad (2)$$

Donde:

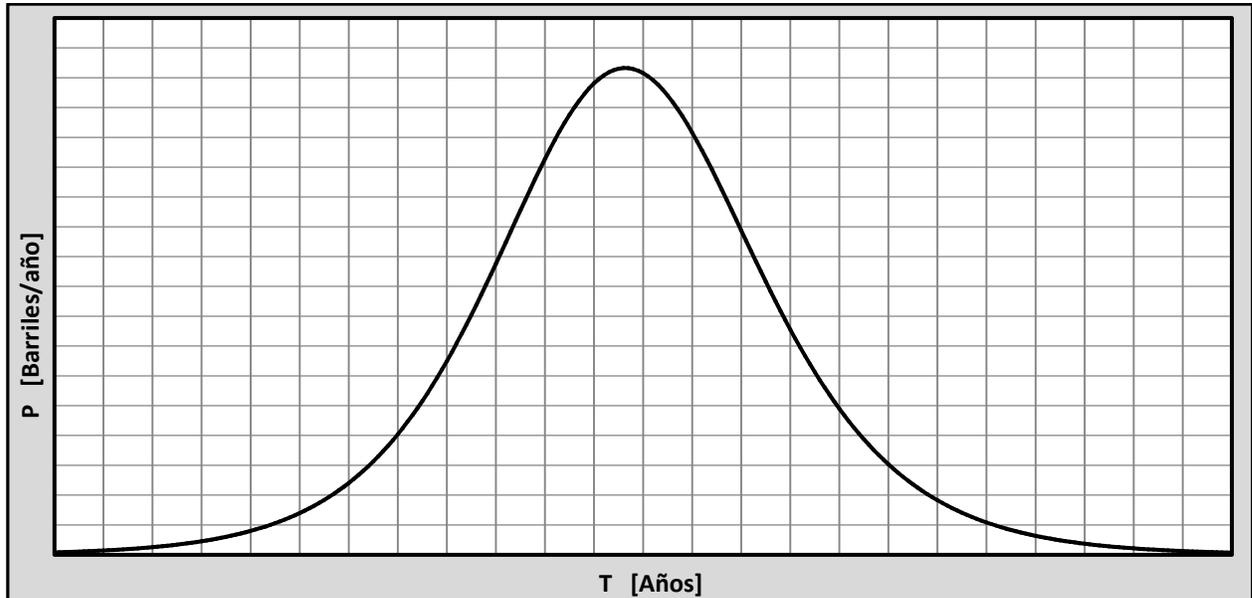
- P = la producción de petróleo de un cierto año [barril/año]
- P_0 = la producción de petróleo del primer año [barril/año]
- $Q = x$ = la producción acumulativa hasta un cierto año [barril]
- Q_0 = la producción acumulativa del primer año [barril]
- Q_t = la producción acumulativa total al final de la época petrolífera [barril]
- P/Q = y = el cociente de la producción anual y la acumulación hasta este año [%/año]
- P_0/Q_0 = b = el valor donde la línea cruza el eje vertical del sistema de coordenadas [%/año]
- $\frac{(P_0/Q_0)}{Q_t}$ = a = la pendiente de la línea [%/año · barril]

Aunque el gráfico 2 demuestra, con una claridad tan fuerte que una línea recta, hasta dónde podría llegar la producción acumulativa total del petróleo, no indica los años y la producción anual. Para mostrar esto, se puede convertir la fórmula (2) en la fórmula siguiente (3), multiplicando ambos lados de la ecuación por 'Q':

$$P = Q \cdot \frac{(P_0/Q_0)}{Q_t} \cdot \left(1 - Q/Q_t\right) \quad (3)$$

Con esta fórmula se puede calcular la producción anual de petróleo, empezando con el año 1 de producción. Aunque, el matemático vivo ya vio que se necesita saber Q para calcular P, mientras que se necesita P para calcular Q, se puede solucionar este problema iterativamente. Con los resultados de la fórmula 3 se puede visualizar el curso teórico de la producción anual de petróleo, la llamada *Curva de Hubbert*, como muestra el gráfico 3:

Gráfico 3: Curva de Hubbert



Falta una última cosa: los años de producción todavía son años relativos (comenzando con el año 1) que deben ser relacionados con los años calendarios. Básicamente significa mover la *Curva de Hubbert* horizontalmente hasta que coincide con los datos históricos de la producción de petróleo. La manera más precisa es para hacer coincidir la producción acumulativa teórica con la producción acumulativa histórica del año más reciente (Deffeyes, 2005).

Pico de Petróleo de los EEUU

Así Hubbert fue capaz de predecir el pico de petróleo de los EEUU con una anticipación de 14 años y resultó exactamente correcto (Hubbert, 1956). Antes de examinar los datos de producción de petróleo mundial, comparamos la *Curva de Hubbert* con los datos de producción de petróleo de los EEUU. Los EEUU son el productor de petróleo más antiguo y el nivel de explotación de sus campos de petróleo es lo más maduro del mundo²:

- La producción ya comenzó en los años 1850
- La producción ya llegó a su pico máximo en 1970 (120 años después del comienzo)
- La producción de 2009 ya bajo hasta 55% de la producción máxima (40 años después del pico)
- Los EEUU ya explotaron el 85% del total de petróleo recuperable, entonces se queda poco petróleo para equivocarse de los pronósticos.

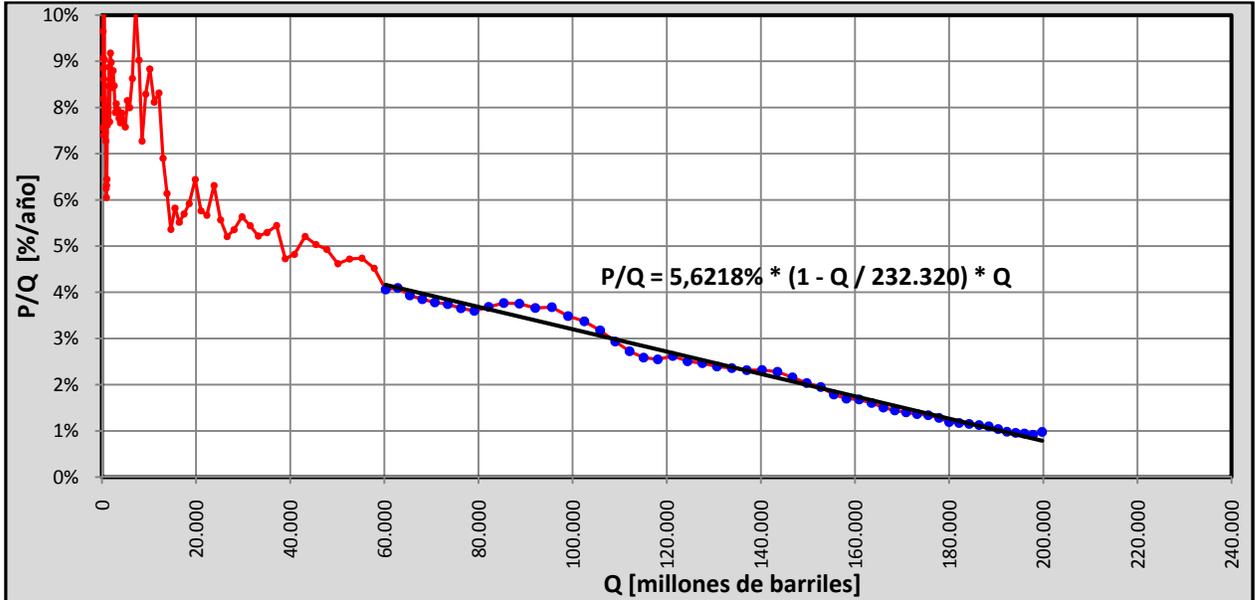
El gráfico 4 muestra la relación entre P/Q y Q de la producción de petróleo de los EEUU desde 1860 hasta 2009. A partir de 1958 los datos de producción muestran una relación prácticamente lineal. Extendiendo esta tendencia lineal, resulta en que cruza el eje horizontal a 232.320 millones de barriles³ de petróleo recuperable, como indica la fórmula en el gráfico. Todavía aparece una pregunta interesante: ¿cómo Hubbert pudo prever el pico de petróleo en 1956, todavía dos años antes de que emergió la relación lineal a partir de 1958? El secreto es que los datos de exploración y descubrimiento preceden los datos de producción y consumo con un promedio de 11 años.

² Se puede descargar los datos de producción de petróleo de los EEUU gratuitamente del sitio web de la EIA (U.S. Energy Information Administration): www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MCRFPUS1&f=A

³ Kenneth Deffeyes llegó a 228.000 millones de barriles. Su tendencia lineal fue basado en el rango de datos de 1958–2003, la actualización del rango de datos hasta 2009 explica la diferencia (Deffeyes, 2005: 36).

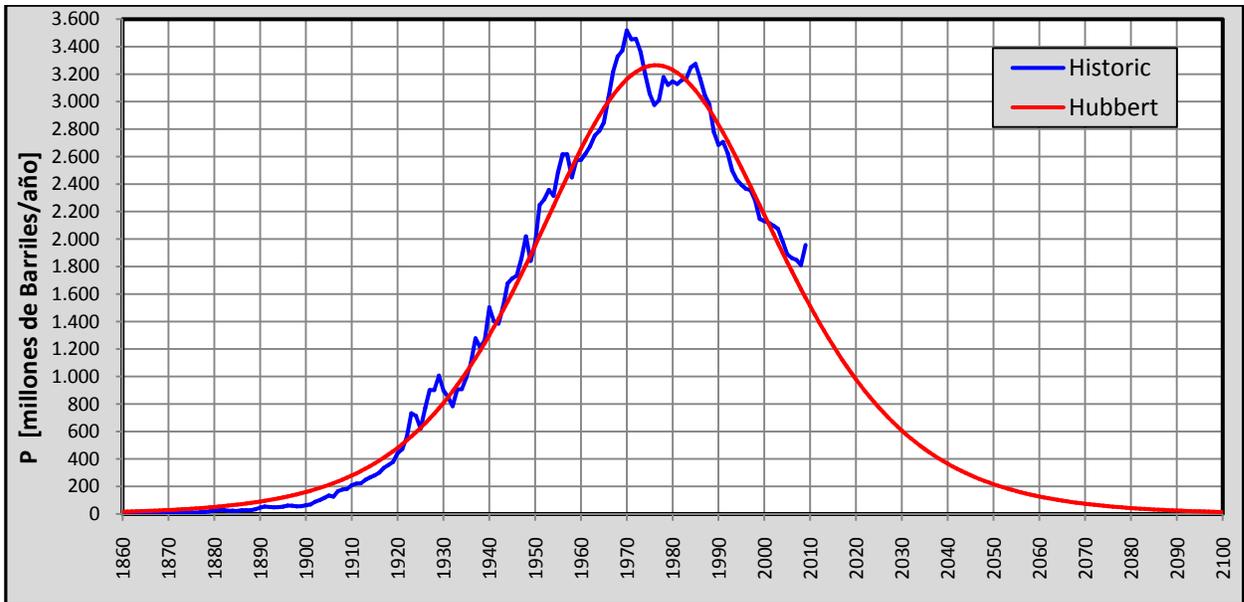
En realidad Hubbert analizó los datos de exploración y descubrimiento y así pudo ‘mirar’ 11 años en el futuro de la producción (Hubbert, 1956).

Gráfico 4: Diagrama P/Q de la Producción de Petróleo de los EEUU



El gráfico 5 muestra la producción anual histórica de los EEUU de 1860 hasta 2009 y la Curva de Hubbert hasta 2100. La correlación entre los datos históricos y teóricos es muy fuerte, entonces demuestra que el método de la Curva de Hubbert es sólido y fidedigno.

Gráfico 5: Curva de Hubbert de la Producción de Petróleo de los EEUU



Pico de Petróleo Mundial

Hubbert hizo los cálculos del pico de petróleo mundial también y seguía mejorando sus cálculos en los años siguientes, tal como otros geólogos y expertos, mencionados en la tabla 1. Sin embargo no es fácil calcular el pico de petróleo. El problema es que ya en los años 80 del siglo pasado los datos de producción de petróleo empezaron a ser secretos en muchos países y empresas petroleras, por el temor político y económico a que el fenómeno de *peak oil sea revelado*. Además a partir de esta misma década las reservas oficiales de los países de la OPEC (Organización de Países y Exportadores de Petróleo) subieron de manera artificial sin que hicieran nuevos hallazgos

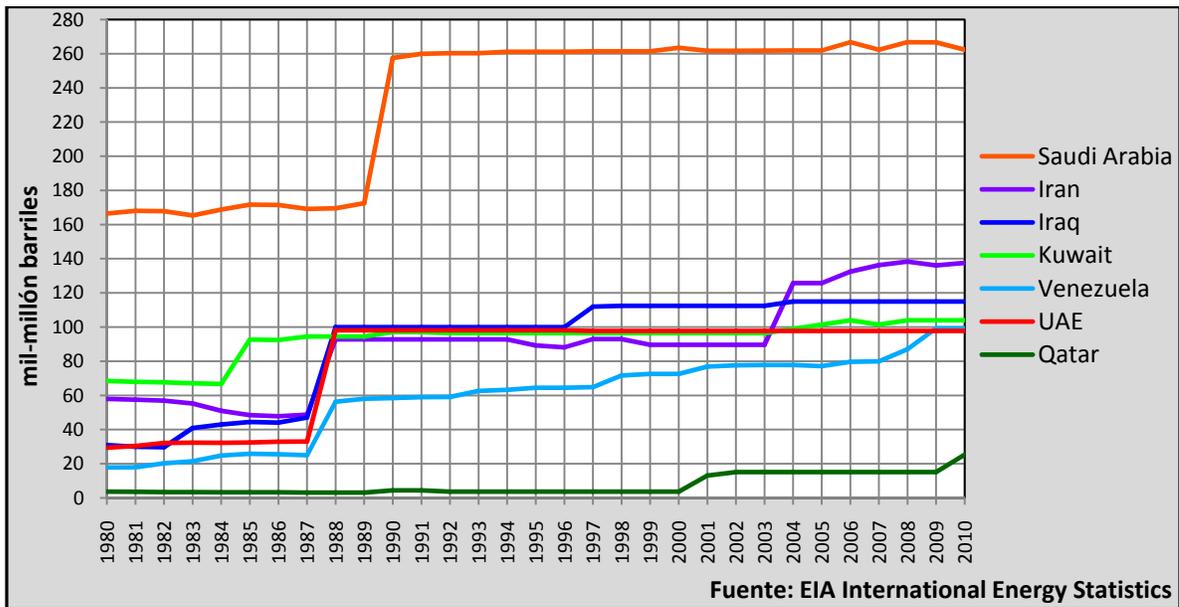
de petróleo. Fue el resultado de un pacto de producción de la OPEC el que definió las cuotas de producción de sus miembros por sus reservas de petróleo. Pues, los países individuales aumentaron artificialmente sus supuestas reservas para tener derecho a producir y exportar más petróleo.

Tabla 1: Pico de petróleo según algunos geólogos y expertos destacados (Hirsch, 2005: 19)

Nombre	Nacionalidad	Profesión	Estimación
Marion King Hubbert	EEUU	geólogo petrolífero	2001–2004
A.M.S. Bakhtari	Irán	ejecutivo petrolífero iraní	2006–2007
C. Skrebowski	Reino Unido	analista y periodista petrolífero	después de 2007
Matthew R. Simmons	EEUU	banquero de inversiones	2007–2009
Kenneth S. Deffeyes	EEUU	geólogo petrolífero	antes de 2009
David Goodstein	EEUU	vice preboste Cal. Tech.	antes de 2010
Colin J. Campbell	Reino Unido	geólogo petrolífero	2010

El gráfico 6 muestra los saltos hacia arriba de las reservas de petróleo. Desde entonces las cifras oficiales ya no son fidedignas mientras que las cifras reales son secretas. Para superar estos sospechosos datos, los geólogos petrolíferos estimaron los aumentos artificiales y los restaron de las cifras oficiales para deducir los datos reales de producción. Otras fuentes de datos incluyeron los datos de transporte, refinerías e importaciones de petróleo (Campbell y Laherrère, 1998; Deffeyes, 2001; Deffeyes, 2005; Hubbert, 1956; Simmons, 2005).

Gráfico 6: Cronología de reservas oficiales de algunos países del OPEC⁴



Cálculo Propio

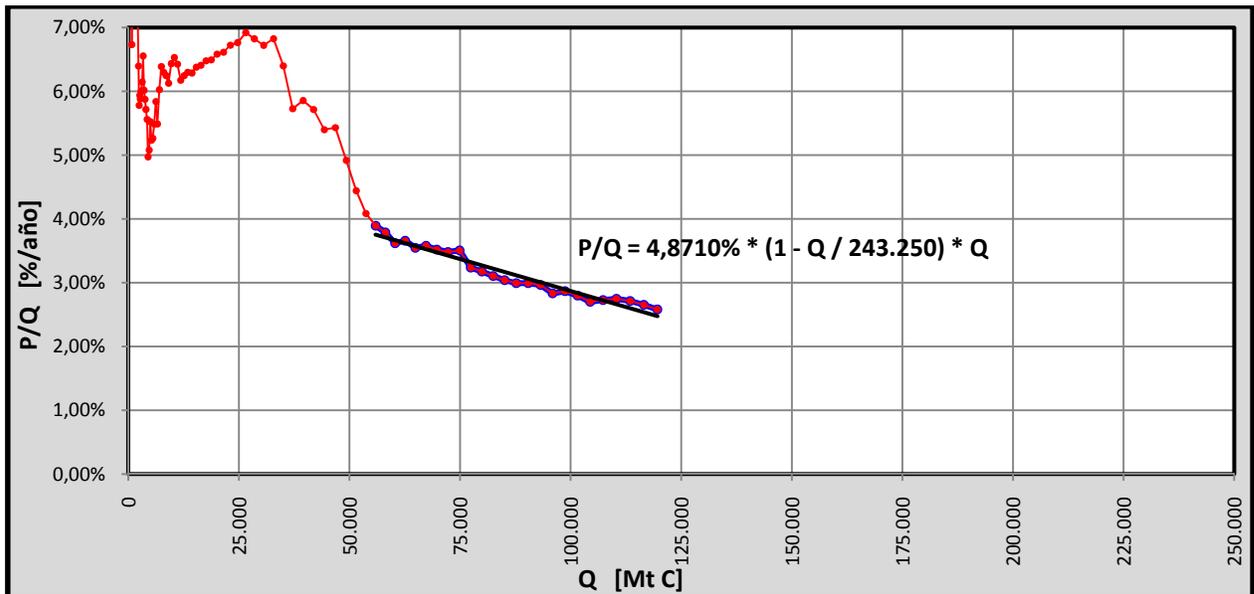
Kenneth Deffeyes fue un colega directo de King Hubbert. Explica detalladamente cómo se calcula el Pico de Hubbert (Deffeyes, 2005). Siendo un ingeniero con afinidad con los desafíos de las cifras, sentí la fuerte tentación de hacer estos cálculos por mi propia cuenta, ¿pero cómo conseguir los datos de petróleo? Por mis cálculos anteriores de las emisiones de carbono fósil en el mundo, conocía bien a los datos del CDIAC⁵, que hacen distinción entre los combustibles fósiles sólidos, líquidos y gasíferos. Entonces me di cuenta que las emisiones de carbono de líquidos fósiles son una buena representación de la producción de petróleo. Así comencé mis propios cálculos basados en

⁴ Las reservas de los países de la OPEC están libremente disponibles en el sitio web de la EIA: <http://tonto.eia.doe.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=5&pid=57&aid=6&cid=CG9,&syid=1980&eyid=2010&unit=BB>

⁵ CDIAC = Centro de Información y Análisis de Dióxido de Carbono del DoE (Departamento de Energía) de los EEUU. Sus datos del están libremente disponibles en su sitio web: http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.html

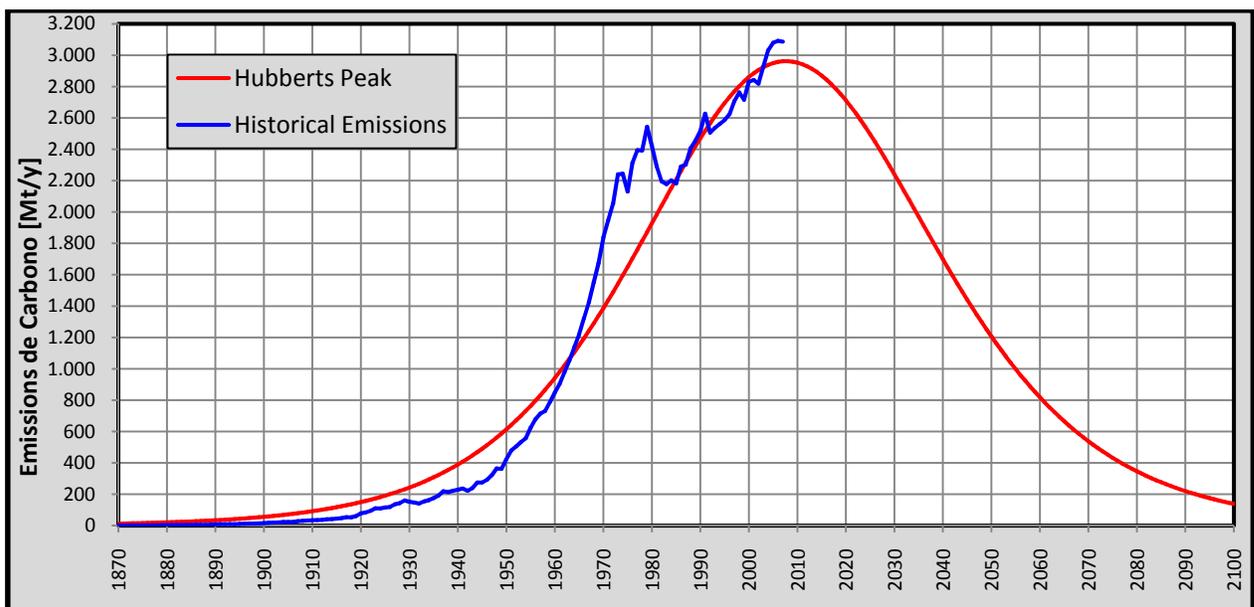
los datos del CDIAC. El gráfico 7 muestra la relación entre P/Q y Q de las emisiones de carbono de combustibles líquidos fósiles: a partir de 1983 surge la relación lineal anticipada:

Gráfico 7: Diagrama de P/Q de las emisiones mundiales de carbono por los combustibles líquidos fósiles



A partir de la ecuación del gráfico 7 se puede calcular la Curva de Hubbert como muestra el gráfico 8. La línea azul muestra las emisiones mundiales de carbono por los combustibles fósiles líquidos y la línea roja muestra la Curva de Hubbert. En esencia mis cálculos llegan al mismo resultado que los de Hubbert, Deffeyes y Campbell: según mis cálculos el pico de emisiones ocurrió en 2008. Según mis cálculos de la Curva de Hubbert, se puede anticipar disminuciones de petróleo de 0,8%/año en 2015, 1,3%/año en 2020, 2,3%/año en 2030, 3,1%/año en 2040, hasta 4,5%/año hacia el final del siglo.

Gráfico 8: Curva de Hubbert de las emisiones mundiales de carbono por los combustibles líquidos fósiles

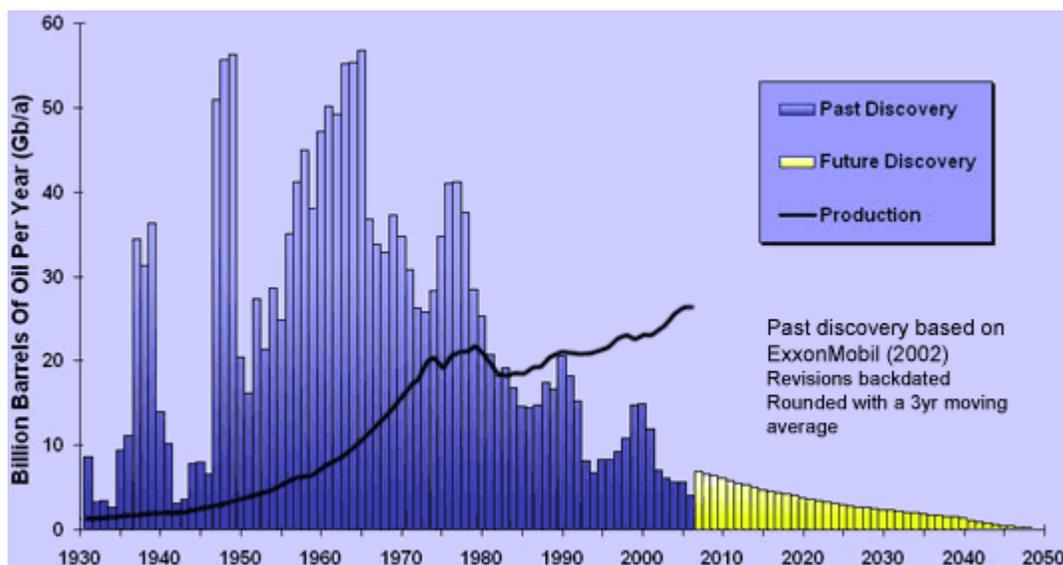


Para tener una perspectiva de referencia: durante la recesión económica de 1980–1983 (después la segunda crisis petrolífera de 1979) el consumo de petróleo bajó unos 3,8%/año. Sin embargo existen diferencias esenciales que empeorarán la escasez futura: no será una disminución temporal, sino permanente; la bajada del consumo de petróleo no será el resultado de una recesión económica, sino la fuerza propulsora de una depresión económica permanente.

Descubrimientos de Petróleo

Otro indicador persuasivo de que estamos acercándonos al pico de petróleo es la historia de los descubrimientos de los campos de petróleo. Las barras azules del gráfico 9 muestran los descubrimientos históricos de petróleo en el mundo en giga-barriles por año⁶. A pesar de las irregularidades de la suerte de los descubrimientos, se puede divisar la forma de una campana de Hubbert. Las barras amarillas indican la continuación anticipada de los descubrimientos futuros. La línea negra subiendo representa la producción histórica del petróleo en el mundo y es la misma⁷ que la línea azul del gráfico 8.

Gráfico 9: Descubrimiento y producción de petróleo convencional en el mundo



Tal como el gráfico señala, el pico de descubrimientos de petróleo ocurrió en los años 60 del siglo pasado, eso significa que ya lo hemos pasado hace unos 40–50 años. Los descubrimientos actuales son mucho más modestos y ya no podemos esperar que revivan las décadas maravillosas del siglo pasado. Hoy día estamos consumiendo 4–6 barriles de petróleo en el mismo tiempo que los petroleros están descubriendo un solo nuevo barril, entonces estamos agotando rápidamente las reservas conocidas (Deffeyes, 2001; Deffeyes, 2005, Simmons, 2005).

En 2007 Brasil anunció que encontraron 10 mil-millones de barriles de reservas de petróleo en el Océano Atlántico. En 2008 las estimaciones subieron hasta 33 mil-millones de barriles y en 2009 había rumores hasta 150 mil-millones de barriles. Sin embargo, aparentemente fueron estimaciones demasiado eufóricas, porque según la información de su propio sitio web, las estimaciones de abril de 2010 de Petrobras mismo suman a 10,6–16,0 mil-millones de barriles de reservas recuperables en las Cuencas de Santos y de Campos⁸. Parece una cantidad enorme, sin embargo debido al actual consumo de petróleo de alrededor de 27 mil-millones de barriles/año, no significa más que 5–7 meses para todo el mundo.

Además no se trata de hallazgos fáciles y baratos para explotar: las Cuencas están a unos 200 km fuera de la costa de Rio de Janeiro, donde el mar tiene una profundidad de 2 km y donde se debe perforar por 3 km de roca sedimentaria y otro 2 km por una capa de sal. Esas condiciones son técnicamente aún más desafiantes que las que resultaron en el desastre de la plataforma *Deepwater Horizon* de BP en el Golfo de México el abril de 2010. El

⁶ “Billion barrels of oil per year” en inglés no se traduce como “Billón de barriles de petróleo por año”, sino equivale Gb/a, o giga-barriles por año, o mil mega-barriles por año, o mil-millón barriles por año.

⁷ Solamente parecen distintas porque las escalas de los ejes de los gráficos son distintas. También demuestra que los datos de las emisiones de carbono fósil por los combustibles líquidos fósiles sí son una buena representación del consumo de petróleo.

⁸Para poder acceder a los datos de PetroBras, hay que registrarse como periodista de una agencia de prensa: <http://www.agenciapetrobrasdenoticias.br/>

desarrollo de estos campos de petróleo tardará entre 5 y 10 años, mientras que la explotación será laboriosa y lenta, entonces no detendrá el declive de la producción mundial de petróleo.

Al mismo tiempo florecen otras noticias decepcionantes: CNN⁹ notificó el octubre de 2010, que el USGS (U.S. Geological Survey) bajó sus estimaciones de 2002 de las reservas no-descubiertas de petróleo convencional en la Reserva de Petróleo Nacional de Alaska con el 92% (de 10.600 millones a 896 millones de barriles).

Tasa de Retorno Energético

Todavía existen enormes cantidades de petróleo que se puede extraer, pero no siempre vale la pena hacerlo. Si cuesta más energía extraer el petróleo que se gana con el petróleo extraído, netamente se está perdiendo energía, entonces no vale la pena hacerlo. Por eso el concepto de la “Tasa de Retorno Energético (TRE)” es un concepto clave para entender los límites de los hallazgos de petróleo (Heinberg, 2007; Martenso, s.a.; Ruppert, 2009).



Ilustración 1: Una torre de perforación antigua y una torre marino moderno

Al inicio de los hallazgos de petróleo, las pequeñas torres de perforación fueron hechas de simplemente madera (foto izquierda de la ilustración 1), las profundidades fueron no más que unos centenares de metros y el petróleo salió muy fácilmente. La TRE logró hasta más que 100:1¹⁰, entonces energéticamente (tal como económicamente) fue muy lucrativo a pesar de que el precio del petróleo fue no más que \$2–\$3/barril.

Campos de petróleo tan lucrativos ya se han agotado, entonces hoy día se están tocando los campos más lejanos, más profundos y más inaccesibles, como las perforaciones en los océanos de kilómetros de profundidad como en el Golfo de México y el Atlántico de Brasil, las arenas bituminosas de Canadá y Venezuela que deben ser cocinadas (lo que cuesta enormes cantidades de energía y agua) para separar el bitumen de la arena, hasta ponderando perforaciones en los océanos de Ártica, Antártida y Groenlandia con todos los problemas y riesgos medioambientales del hielo marino e los icebergs. Por tantos desafíos el equipo debe ser más grande, más poderoso, más costoso y cuesta más energía fabricarlo. La foto derecha de la ilustración 1 muestra un buque de perforación: tiene hasta incluso un puente de aterrizaje para helicópteros. Además, esos campos de petróleo lejanos son más pequeños, entonces cuesta cada vez más esfuerzos para cada vez menos resultados. Económicamente el precio de petróleo ya ni puede ser menos que \$75/barril, o no sería rentable extraerlo. Energéticamente la TRE ha bajado ya hasta 10:1 o 5:1, entonces falta poco para llegar a 1:1 en que se acabará la época de petróleo.

⁹ CNN: “Alaska’s untapped oil reserves estimate lowered by about 90 percent”:
<http://edition.cnn.com/2010/US/10/27/alaska.oil.reserves/index.html>

¹⁰ 100:1 significa: 100 barriles de petróleo producidos por (energéticamente) cada barril invertido.

Últimas Noticias de la IEA

La IEA (International Energy Agency) de la OECD¹¹ publica anualmente su WEO (*World Energy Outlook* = Pronóstico de Energía Mundial). Esta agencia siempre estuvo entre los más notables optimistas y por supuesto ni siquiera quisieron reconocer la urgencia del pico de petróleo en sus WEOs. Esta posición empezó a cambiar a partir de su WEO-2008 (¿tal vez por la explosión del precio de petróleo de 2007–2008?) y el Resumen Ejecutivo del WEO-2010¹², presentado el 9 noviembre, dice lo siguiente:

“La producción de crudo convencional alcanza un nivel casi estable de 68–69 mb/d [millones de barriles por día] hacia 2020, *pero sin llegar a su pico histórico de 70 mb/d alcanzado en 2006*, mientras que la producción de condensados y petróleo no-convencional crece sólidamente.”

Es bastante optimista todavía (“un nivel casi estable [...] hacia 2020” y “mientras que [...] crece sólidamente”), pero ya reconocen el concepto del pico de petróleo, más bien reconocen que ya lo pasamos el 2006.

Gráfico 10: Producción Mundial de Petróleo según el Escenario de Políticas Nuevas¹³

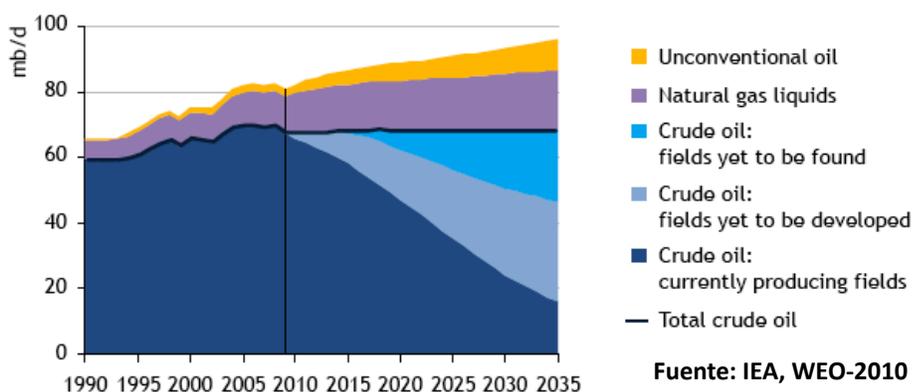


Tabla 2: Producción Mundial de Petróleo Convencional de 2009

Países (Top-10)	Producción	
	Mt/año (Mb/día) ¹⁴	%
Rusia	494 (9,47)	12,9%
Arabia Saudí	452 (8,67)	11,8%
EEUU	320 (6,14)	8,3%
Irán	206 (3,95)	5,4%
China	194 (3,72)	5,0%
Canadá	152 (2,91)	4,0%
México	146 (2,80)	3,8%
Venezuela	126 (2,42)	3,3%
Kuwait	124 (2,38)	3,2%
Emiratos Árabes Unidos	120 (2,30)	3,1%
Resto del Mundo	1.509 (28,94)	39,2%
Total	3.843 (73,70)	100,0%

Fuente: IEA, Key World Energy Statistics 2010

¹¹ OECD = *Organisation for Economic Co-operation and Development*. Consiste de 34 países de Europa Occidental, algunos de Europa Central, Norteamérica, Australia, Nueva Zelandia, el Japón, Corea del Sur, México y Chile.

¹² IEA, WEO-2010, Resumen Ejecutivo:

http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_spanish.pdf

¹³ IEA, WEO-2010, Key Graphs: http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/key_graphs.pdf

¹⁴ Conversión: 1 tonelada ≈ 7 barriles y 1 año ≈ 365 días.

El gráfico 10 muestra que los campos de petróleo actualmente en producción (azul) ya están en declive, los ya descubiertos pero todavía no explotados (grises) pueden compensar este declive solamente hasta 2015. Luego el celeste muestra los campos de petróleo que todavía deberían ser descubiertos para evitar el declive del total de los campos de petróleo convencional. Esta cantidad se aumenta hasta alrededor de 22 Mb/d el 2035. Como muestra la tabla 2, 22 Mb/d (o 1.147 Mt/año) equivale la producción de 2009 de los 1º, 2º y 4º productores de petróleo más grandes del mundo (Rusia, Arabia Saudí e Irán respectivamente) y representa el 30% de la actual producción de petróleo del mundo¹⁵.

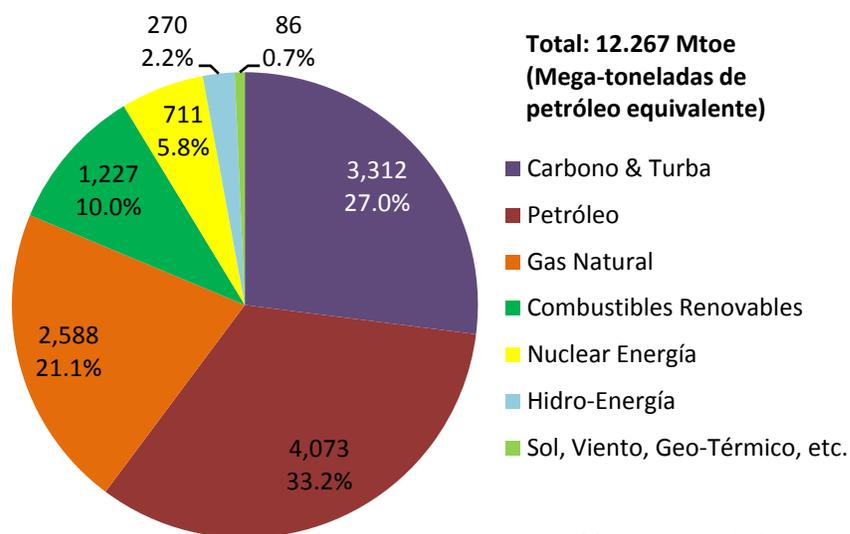
En vista de los cálculos anteriores del pico de petróleo de Hubbert, no parece muy probable encontrar semejantes campos de petróleo todavía en un mundo intensivamente explorado y explotado hace tantas décadas. Es comprensible que la IEA tiene temor a publicar la mala noticia del pico de petróleo, porque tendría ramificaciones económicas y políticas tremendas para todo el mundo. De otro modo, no nos presta un buen servicio, dejándonos ignorantes y desprevenidos ante una futura crisis energética que será devastadora.

Limitaciones de una Transición Energética Mundial

Nuestra dependencia de energía fósil es abrumadora. Como se ve en el gráfico 11, las fuentes de energía fósil aportan el (27,0% + 33,2% + 21,1% =) 81,3% de todo nuestro consumo de energía en el mundo.

Los combustibles renovables aportan el 10,0% al total de la energía primaria. Consisten en su mayor parte de leña y carbón de leña usados en los países pobres para cocinar (que causan deforestación y desertificación), y en una menor parte de los notorios agro-combustibles¹⁶ (que provocan escaseces de alimentos). Las 436 centrales nucleares del mundo solo contribuyen el 5,8% de la energía. Con un aporte de solo 2,2% la hidroelectricidad es la fuente de energía renovable no-carbónica más grande (provocando inundaciones y desplazamientos de comunidades). Todas las demás fuentes de energía renovable (solar, eólica, geotérmica, etc.) todavía no aportan más que el 0,7%.

Gráfico 11: Fuentes de Energía Primaria del Mundo el 2008



Si alguien ya se da cuenta de la futura escasez de petróleo, suele responder que la solucionaremos por la nueva tecnología de las fuentes de energía renovables. Sin embargo, no se da cuenta que todavía tenemos mucho camino por delante, con muchos obstáculos y limitaciones para vencer.

¹⁵ IEA, Key World Energy Statistics 2010: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf

¹⁶ No uso el término bio-combustible, porque "bio" tiene una connotación demasiado positiva, como biológico, biodegradable, etc. Agro-combustibles tiene una connotación más adecuada, como los agro-químicos y la agro-industria de la soja.

Limitaciones Técnicas

Muchas fuentes de energía renovable producen electricidad (directa o indirectamente), como los paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, hidroelectricidad y energía geotérmica. Al mismo tiempo existen muchos sectores económicos donde todavía no se puede reemplazar los combustibles fósiles por la electricidad renovable. Estas incompatibilidades constituyen obstáculos serios para la transición energética necesaria para dejar de utilizar los combustibles fósiles.

El sector del transporte (terrestre, marino y aeronáutico) depende por el 95% del petróleo, mientras que las alternativas todavía están en un estado de infancia. Todavía no existen alternativas para los buques a fuel-oil, camiones a diesel y aviones a kerosén. Los coches eléctricos exigen baterías pequeñas, ligeras, muy poderosas y rápidamente recargables. Sin embargo, a pesar de los avances de las baterías de litio, la combinación de exigencias técnicas parece hasta una contradicción de términos: los baterías todavía son grandes, pesadas, de capacidad modesta, y lentas para recargar. Por eso cuesta tanto tiempo hasta que lleguen los primeros coches eléctricos (de los cuales ya se habla hace décadas, sin encontrarlos en las calles), mientras que los camiones, buques y aviones eléctricos todavía están más allá del horizonte técnico (si sería posible de todos modos). Otros sectores poco compatibles con la electricidad renovable son las industrias pesadas (la producción de hierro, acero, vidrio, cemento y ladrillos) y la agro-industria (tractores y maquinas agrícolas). Redundante para decir que la industria petroquímica no puede existir sin petróleo y gas natural, para producir plásticos, fibras sintéticas, pinturas, pegamentos, farmacéuticos, cosméticos, plaguicidas, fertilizantes químicos, etc.

Los paneles fotovoltaicos y las turbinas eólicas son muy dependientes del tiempo: sin sol ni viento no hay electricidad. Al mismo tiempo todavía es casi imposible almacenar la energía eléctrica a gran escala (como el consumo diario de una ciudad), entonces las centrales eléctricas de base (es decir, las centrales que se pueden encender y apagar a discreción) todavía son imprescindibles para garantizar la corriente eléctrica. Actualmente las únicas centrales eléctricas de base teóricamente posibles son por combustibles fósiles, agro-combustibles, nucleares, hidroeléctricos y geotérmicos:

- Los combustibles fósiles se deben dejar por dos razones de peso: por el agotamiento de estos combustibles y por la emisión de dióxido de carbono que calienta al clima de nuestro planeta.
- Los agro-combustibles suplantando la producción de alimentos, que ya están bajo mucha presión del crecimiento de la población mundial. Tampoco se puede cortar más bosques para crear más tierras cultivables, por la alarmante pérdida de biodiversidad que ya se está registrando¹⁷. Por estas dos razones los agro-combustibles son un callejón sin salida.
- Las centrales hidroeléctricas ya existen hace muchas décadas, entonces es una tecnología de energía renovable bien madura. Sin embargo las represas constituyen obstáculos insuperables para los peces migratorios que deterioran el ambiente acuático de toda la cuenca. Los lagos artificiales en esencia son grandes inundaciones que pueden desalojar poblaciones indígenas de sus tierras ancestrales. De la perspectiva energética es una tecnología muy atractiva, pero se debe prestar mucha más atención a los efectos adversos.
- Las centrales geotérmicas circulan aguas termales de profundidades de 2–3 km y de temperaturas de 150–200°C. Luego de propulsar las turbinas eléctricas, las aguas frías vuelven a las profundidades terrestres. Aunque es una tecnología excelente alrededor de los bordes tectónicos y de los volcanes, fuera de esas zonas geotermales del mundo no es energéticamente rentable. Entonces, desde una perspectiva global, la utilidad de esta tecnología es muy limitada.
- La ventaja de las centrales nucleares es que no emiten dióxido de carbono. Sin embargo funcionan a base de un mineral con reservas limitadas. Podría ocurrir una escasez de uranio entre 2020 y 2050¹⁸, mientras que los desechos radioactivos siguen siendo peligrosos durante varios milenios. Es justificado preguntarse si todavía vale la pena construir tantas nuevas plantas nucleares para solo unos 20–30 años, para luego dejar los escombros radioactivos a nuestros descendientes. La alta tecnología no parece accesible para los países pobres y por los riesgos de proliferación de

¹⁷ UNO-CBD, 2010, “Perspectiva Mundial sobre la Biodiversidad 3”:

<http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-es.pdf>

¹⁸ Energy Watch Group: “Uranium Resources and Nuclear Energy” (EWG-Series No 1/2006)

<http://www.energywatchgroup.org/Homepage.14+M5d637b1e38d.0.html> → “Uranium Report (2006)”

tecnología nuclear bélica, los países ricos se resisten fuertemente, como actualmente se ve con el proyecto de energía nuclear de Irán. De otro modo la cuarta generación de centrales nucleares se está diseñando de manera inherentemente segura, más eficiente, más barata y apta para funcionar en base a los desechos radioactivos de las centrales antiguas y las armas nucleares, es decir que podrían reducir los desechos radioactivos actuales, mientras generan electricidad. Debido a que, las plantas nucleares tienen muchos aspectos negativos pero también positivos, su suerte sigue indecisa.

El hidrógeno se menciona frecuentemente como la alternativa para los combustibles fósiles. Sin embargo, el hidrógeno no se encuentra de forma pura en la naturaleza. Hay que producirlo, principalmente por el electrolisis de agua (que cuesta energía eléctrica), entonces esencialmente no es una fuente de energía, sino un medio para almacenar energía. La ventaja es que así se puede producir hidrógeno con la electricidad excedente de los paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas, para solucionar el problema de almacenar la energía eléctrica: ¡Eureka, una batería para almacenar electricidad! Sin embargo, existen grandes problemas también:

- Contemplamos por ejemplo las consecuencias de que el hidrógeno es el elemento más ligero: aunque un kilogramo de hidrógeno contiene $2\frac{3}{4}$ veces más energía que un kilogramo de gasolina, bajo una presión de 700 atmósferas (7 km submarino) el volumen todavía es 12 veces más grande. Entonces se necesita un cilindro de hidrógeno de $(12 / 2\frac{3}{4} =)$ $4\frac{2}{3}$ veces más grande que un tanque de gasolina para poder viajar la misma distancia. Para un coche, un cilindro de hidrógeno de 200 litros (1,30 m de largo y 0,50 m de diámetro) en vez de un tanque de gasolina de 45 litros (como una maleta de 60 x 50 x 15 cm), constituye un problema espacial serio: ¿dónde ponerlo?
- El hidrógeno solamente consiste de un protón y un electrón. El electrón puede viajar por los metales como una corriente eléctrica y el ión de hidrógeno (el solo protón H^+) es soluble en los metales. Entonces el hidrógeno se escapa de los cilindros y gasoductos metálicos de almacenamiento y transporte. ¡Ay, este problema duele! Pues, el hidrógeno tiene grandes posibilidades, pero también todavía grandes problemas para vencer. Entonces tardarán varias décadas todavía para introducirlo y popularizarlo (Ewing, 2004).

De largo plazo la energía solar (siendo la madre de las fuentes de energía del mundo) es la fuente de energía renovable más grande y prometedora. Aunque el fenómeno fotovoltaico ya fue descubierto el 1839, las primeras células fotovoltaicas (células de silicio que generan electricidad de los rayos solares) fueron construidas el 1954. Sin embargo el desarrollo de la tecnología fotovoltaica no tenía mucha prioridad, porque parecía de poca eficiencia y demasiado cara relativa al petróleo en esas décadas (tan barato que \$2/barril), entonces siguió llevando una vida semi-durmiente y solamente fue usada en ocasiones excepcionales como la astronáutica y lugares muy remotos (faros) sin tripulación. Esta inmadurez tecnológica se nota todavía por las grandes diferencias entre la práctica del mercado comercial y los logros del IDI (Investigación, Desarrollo e Innovación): la eficiencia mediana de los paneles fotovoltaicos instalados está por los 12%–18%, el campeón del mercado tiene una eficiencia de 24%, mientras que los records de los laboratorios de IDI ahora llegan hasta 35%–40%. Estos porcentajes dicen que todavía no es claro hasta dónde se puede mejorar las eficiencias y que las eficiencias descubiertas en los laboratorios de IDI todavía no están introducidas en la práctica de la vida cotidiana. Ésto demuestra, otra vez, que todavía faltan décadas para desarrollar, introducir y popularizar estas tecnologías.

Limitaciones de Materias Primas

La energía fósil no es el único recurso natural que estamos agotando. Por ejemplo, miremos brevemente a la situación del cobre¹⁹. La ilustración 2 muestra una pepita de cobre de casi 3 toneladas, encontrado en el Río de Cobre de Alaska el 1903. Pero pepitas tan grandes ya no se encuentra. Más bien, ahora se debe cavar minas



Ilustración 2: Copper River, Alaska, 1903

¹⁹ El ejemplo proviene del *Crash Course* (Curso Rápido) de Chris Martenson, y más abajo será tratado en más detalle.

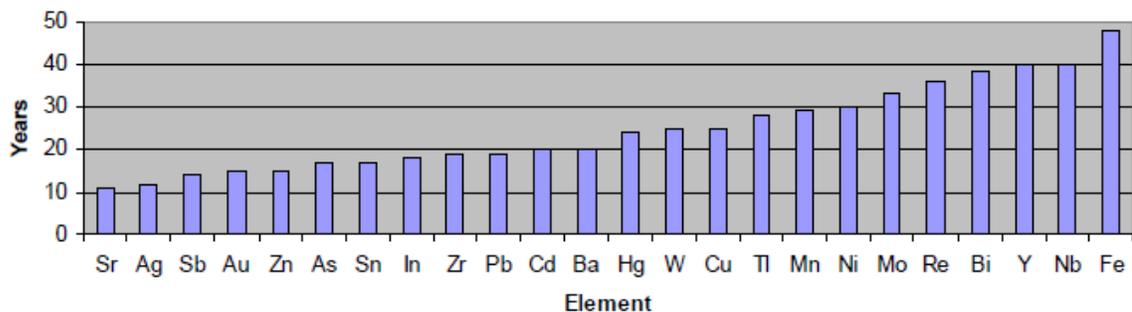
abiertas gigantescas para extraer unos pocos kilogramos de cobre por cada tonelada de mena. No se lo hace por el gusto del desafío, sino porque ya no hay vetas más ricas. La ilustración 3 muestra la Mina Chuquicamata de Chile, 210 km al noreste de Antofagasta. Es la mina de cobre más grande del mundo. El hueco principal mide 4,4 km por 2,8 km y tiene una profundidad 900 m. Las volquetas gigantescas se ensamblan en la mina misma, porque son demasiado grandes (anchura 8½ m, altura 7½ m) para llegar por las carreteras públicas. Tienen una capacidad de carga de 360 toneladas y un motor de 3.500 HP (equivalen unos 8 camiones pesados comunes). Menciono todas esas dimensiones para subrayar la enorme cantidad de energía que exige cavar semejante hueco con semejante maquinaria: en burro sería totalmente imposible. Entonces, si se acaba el petróleo para esta maquinaria, se acabará el cobre al mismo tiempo (Martenson, s.a.).



Ilustración 3: Mina Chuquicamata, Chile

La situación del cobre solo es un ejemplo entre muchos. El gráfico 12 muestra que también puede ocurrir una escasez de los minerales siguientes en los próximos 10–20 años: estroncio (Sr), **plata** (Ag), antimonio (Sb), **oro** (Au), **zinc** (Zn), arsénico (As), **estaño** (Sn), indio (In), zirconio (Zr), **plomo** (Pb), cadmio (Cd) y bario (Ba). Los minerales siguientes se pueden agotar en los próximos 20–50 años: **mercurio** (Hg), wolframio (W), **cobre** (Cu), talio (Tl), manganeso (Mn), níquel (Ni), molibdeno (Mo), renio (Re), bismuto (Bi), itrio (Y), niobio (Nb) hasta incluso el **hierro** (Fe).

Gráfico 12: Años hasta suceda la escasez de minerales metálicos
Years left at sustained 2% annual primary production growth,
based on reserves



Fuente: TNO/HCSS, 2009²⁰

Son 24 minerales que juegan un papel clave en la producción de hardware en la informática, la telecomunicación y las energías renovables: desde los celulares y computadores hasta los satélites de comunicación, paneles fotovoltaicos y baterías. Esto hace preguntarnos: ¿Cómo se hace la transición energética y electromotriz sin estos minerales?

²⁰ TNO Defence, Security and Safety: “Metal Minerals Scarcity: A Call for Managed Austerity and the Elements of Hope” (Dr. A.M. Diederer, 2009) <http://www.hcss.nl/en/publication/1051/> → “Download as PDF 171 kB”

Limitaciones Cronológicas

Como atestigua la historia moderna, una transición energética requiere unos 30–40 años para realizarse: inventar y perfeccionar, introducir y popularizar en la sociedad. Por ejemplo, los primeros precursores de la máquina a vapor ya fueron descritos por Taqi al-Din del Imperio Otomano el 1551 y por Giovanni Branca de Italia el 1629, sin embargo la comercialización de la máquina a vapor todavía tardó hasta las mejorías tecnológicas de James Watt en 1775: una evolución lenta de 225 años. El primer motor de combustión interna (de cuatro tiempos como lo conocemos hasta la fecha) fue inventado por Alphonse Eugène Beau de Rochas de Francia en 1861, pero tardó hasta 1908 hasta Henry Ford de los EEUU popularizó el Ford-T por producirlo en serie: un período de 47 años. Los Hermanos Wright de los EEUU hicieron su primer vuelo motorizado el 1903. Durante la Primera Guerra Mundial los aviones militares todavía fueron curiosidades, tal como sus pilotos legendarios como el Barón Rojo y su avioncito biplano. El 1935, al 32º aniversario del primer vuelo motorizado de los Hermanos Wright, el Douglas DC-3 hizo su vuelo inaugural. El DC-3, tal como el Ford-T, transformó la aviación.

Ya desde los años 70 del siglo pasado la humanidad debería estar consciente de la futura escasez de energía fósil, por el pronóstico cumplido de Hubbert, las crisis de petróleo de 1973 y 1979 y el informe sobre “Los Límites al Crecimiento” del Club de Roma de 1972. En los años 70 y 80 había suficiente tiempo todavía para poner en marcha una transición energética mundial y liberarnos de la energía fósil. Sin embargo los países ricos prefirieron disfrutar de la abundancia de esas décadas en vez de preocuparse por los problemas energéticos futuros. Se dejó semi-durmiendo las tecnologías de energía renovable por no ser tan competitivas con el petróleo barato de las últimas décadas del siglo pasado, de tal manera que hoy día no están todavía realmente maduras.

Entonces, aunque sí existen el panel fotovoltaico y la turbina eólica, se debe tomar en cuenta unos 30 años todavía para perfeccionar y popularizarlos en la sociedad. Mientras, con \$90/barril del petróleo, ya estamos sufriendo una escasez de energía fósil y ésta empeorará rápidamente en el transcurso de esta década. Muy probablemente aparecerá un déficit de energía fósil antes de que la humanidad esté equipada con las nuevas fuentes de energía renovable.

Crecimiento Exponencial

Parece que todas las crisis mundiales nos tocan al mismo tiempo como una tormenta perfecta: el agotamiento de los combustibles fósiles y otros recursos minerales, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la erosión de tierras cultivables, la pérdida de recursos hídricos, la pobreza y (como la fresa en la torta) la actual crisis económica. ¡Qué casualidad! ¿O sería, tal vez, que no es una casualidad? En los párrafos siguientes se explicará por qué no es una casualidad (Heinberg, 2007; Martenson, s.a.).

Principios

Para entender la actual confluencia de agotamiento de recursos naturales, hay que entender las implicaciones de un crecimiento exponencial. Cada tasa de crecimiento por un cierto porcentaje, es un crecimiento exponencial: al inicio sube lentamente, pero cuanto más sube, más rápido sigue creciendo hasta que crece explosivamente.

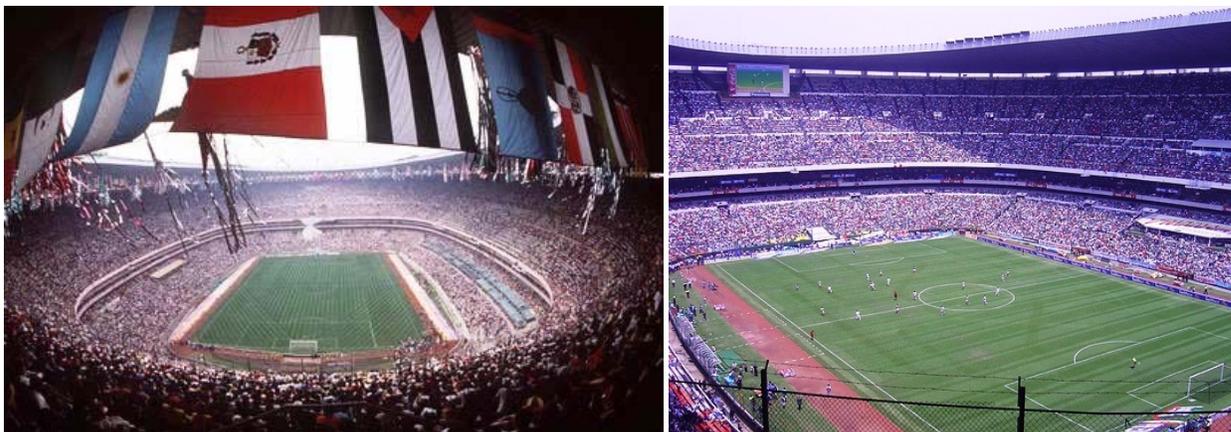
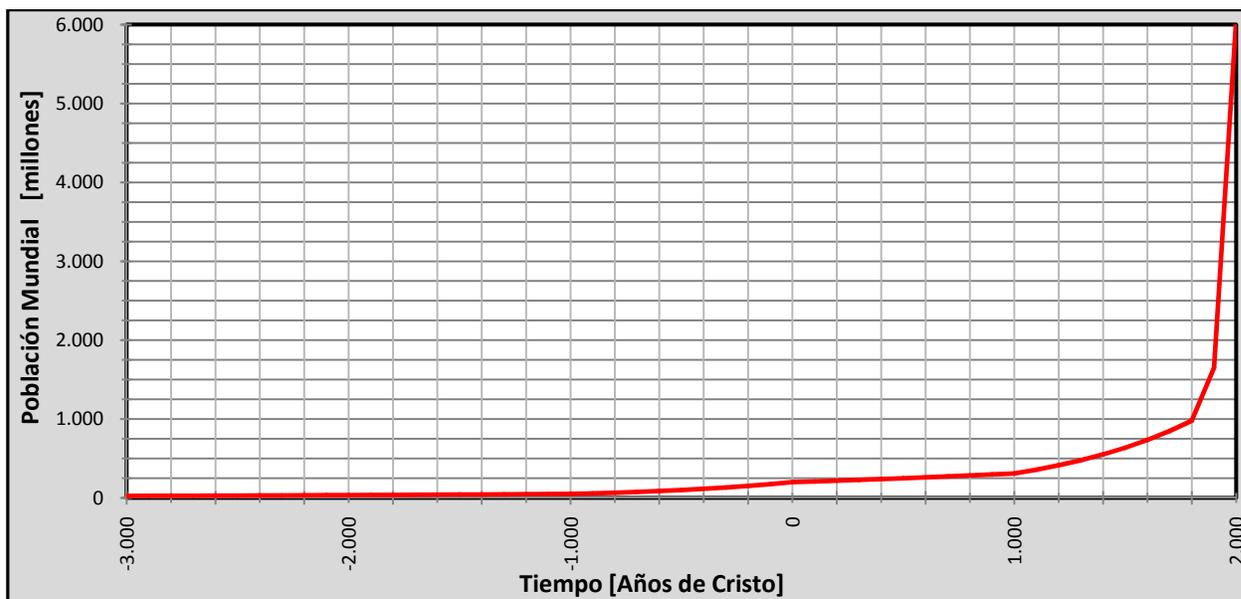


Ilustración 4: Estadio Azteca de México

Visualizaremos el crecimiento exponencial con el experimento (sádico) siguiente²¹. El Estadio Azteca de México (ilustración 4) es uno de los estadios de futbol más grandes de Latinoamérica: ahí entran 105.000 espectadores. Para el experimento hice impermeable el estadio, traía unas cuerdas fuertes y un cuentagotas con gotas mágicas. Cuando sale una gota mágica del cuentagotas, la gota mágica se dobla cada minuto: 1, 2, 4, 8, etc. Para el experimento le sujeto con las cuerdas en un asiento de la fila más arriba de la tribuna. Luego bajo a la cancha, echo una gota mágica en el centro de la cancha y (sádicamente) le dejo sujetado en el estadio, preguntándose: ¿Cuánto tiempo tengo para liberarme, antes de ahogarme? En interés de este experimento (imaginario), haga su propia estimación antes de leer la solución²². ¿Está sorprendido o desconcertado? Segunda pregunta: ¿Cuánto tiempo cree que dure hasta que usted se dará cuenta de la urgencia de su situación? Otra vez, haga su propia estimación antes de leer la solución²³. Parece que casi no pasa nada durante los primeros treinta y ocho minutos, pero de golpe se llena todo el estadio (desde la fila más baja hasta la fila más alta) en no más que siete minutos. Así es el crecimiento exponencial.

Crecimiento Exponencial de la Humanidad

Gráfico 13: Crecimiento de la Población Humano Mundial



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/World_population_estimates

El gráfico 13 muestra el crecimiento exponencial de la humanidad desde la historia escrita (unos 3.000 años a.C.) hasta el fin del siglo XX. Vale contemplar nuestra situación excepcional. Jesu Cristo tenía solamente unos 200 millones de contemporáneos y al fin del Medioevo (1500) todavía no vivieron más que unos 500 millones de personas. Luego, como muestra la tabla 3, la población humana creció explosivamente. Tal como el Estadio Azteca de México, el mundo parece gigantesco y nosotros humanos parecemos insignificantes que un goteo en el océano. Sin embargo ésta percepción es igual traicionera.

Tabla 3: Crecimiento de la Población Humana Mundial

Año	1804	1927	1960	1974	1987	1999	2011	2025	2050
Población [millones]	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/World_population

²¹ El experimento proviene del *Crash Course* (Curso Rápido) de Chris Martenson también que sea tratado más abajo.

²² Solo 45 minutos.

²³ Si le gustaría verificar el cálculo: una gota es $\frac{1}{20}$ ml y el Estadio Azteca tiene un volumen de aproximadamente 1,6 millón metros cúbicos ($1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ li}$). La primera fila de asientos se inundará luego de 38 minutos.

Nadie sabe exactamente hasta dónde la población humana del mundo puede seguir creciendo, pero la mayoría de las estimaciones indican una capacidad poblacional máxima del mundo de alrededor de 10.000 millones, cifra a la que estamos acercando rápidamente, tal como el agua en el Estadio Azteca.

Crecimiento Exponencial del Uso de Recursos Naturales y Emisiones de Desechos

El crecimiento de la población humana impulsa todos los crecimientos de consumo (de energía, minerales, bosques, tierra, agua, alimentos, pesca, etc.) y de excrementos (desechos sólidos, aguas residuales, gases de efecto invernadero, cambio climático). Cuanta más gente viva en nuestro planeta, más recursos necesitará y más desechos producirá. En un mundo sin límites no habría problemas, pero nuestro planeta sí tiene límites, tiene un tamaño limitado y ahora es claro que estamos alcanzando todos los límites. Pero embargo, no podemos agrandar nuestro planeta ni un milímetro.

Por eso no es una coincidencia que todas las crisis estén produciéndose al mismo tiempo, como una tormenta perfecta. Nosotros, los propios seres humanos somos los impulsores de todas estas crisis. Los países ricos (y los ricos de los países pobres) han disfrutado por siglos de la abundancia producida en el sistema económico capitalista, que está basado en el crecimiento perpetuo y han impuesto este sistema a todos los países pobres. Ahora, este sistema está saliendo de control, porque la humanidad y la economía neoliberal no pueden continuar creciendo infinitamente²⁴.

Consecuencias de la Escasez de Energía

La futura escasez de petróleo y otros recursos naturales tendrá múltiples y profundos impactos. Aunque es imposible prever todos, el intento es inventariar las consecuencias y riesgos principales. Interpretar esas consecuencias y riesgos puede ser más especulativo que los cálculos del pico de petróleo, los cuales ya deberían ser reconocidos como hechos, pero no sería prudente no considerarlos. Más bien sería irresponsable creer que no hay ninguna razón para preocuparse.

Una Crisis Energética Significa una Crisis Económica

El gráfico 14 muestra la producción, el consumo y el precio de petróleo de 2000 hasta 2010. El eje vertical a la izquierda indica los Mbpd (millones de barriles por día) de producción y consumo y el de la derecha el precio de petróleo en dólares por barril.

Se ve que la producción de petróleo llegó a su máximo de 85 Mbpd el 2005 y se mantuvo ondulando en este nivel hasta la crisis de 2008. En el mismo período los precios se dispararon de \$50 hasta \$135/barril (con el record diario de \$147/barril el 12 de julio de 2008). Pero ésta subida no se debe a que hubo especulaciones, como comúnmente se explicó a través de los medios de comunicación. La explicación es otra. Usualmente precios tan elevados del petróleo como los que se tuvo el 2008, deberían motivar un aumento de la producción de petróleo ya que eso generaría más ganancia, pero esto no ocurrió. Entonces el disparo de los precios del petróleo se puede explicar simplemente por la ley económica de la oferta y demanda: los productores no produjeron más petróleo porque no pudieron producir más. La demanda superó la oferta, porque la producción estuvo en su capacidad máxima y los precios aumentaron por la escasez.

Por la crisis económica bajó la demanda y se desplomó el precio hasta \$40/barril en febrero de 2009, pero cuando la economía mundial volvió a recuperarse, la demanda y el precio volvieron a subir también y al final de diciembre de 2010 el precio superó los \$90/barril otra vez.

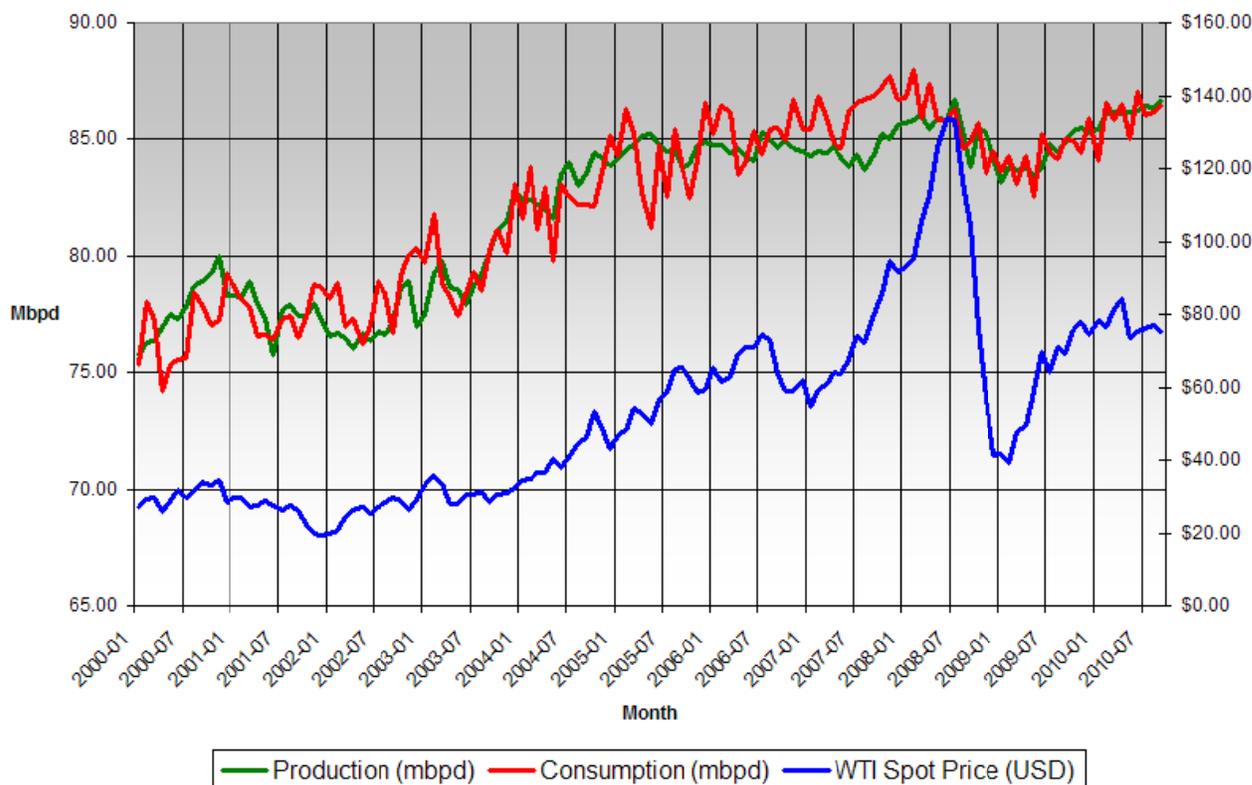


²⁴ Este video del Hámster imposible (<http://www.impossiblehamster.org/>), de solo 70 segundos, visualiza la imposibilidad del crecimiento económico perpetuo en una manera satírica. Traducción del texto inglés: "Desde su nacimiento hasta su pubertad, un hámster dobla su peso cada semana. Si no deja de crecer cuando se pone adulto, como todos los animales naturales, y siga doblando su peso, en su primero cumpleaños usted estaría mirando a un hámster de 9.000 millones de toneladas. Este hámster podría comer la producción anual de maíz de todo el mundo en un solo día, y todavía tendría hambre. Hay una razón porqué las cosas en la naturaleza solamente crecen hasta un cierto punto. ¿Entonces, porqué los economistas y políticos creen que la economía pueda crecer para siempre y siempre y siempre?"

La producción industrial, el transporte y la agro-industria están estrechamente vinculados al precio de petróleo. Cuando éste sube, suben los precios de los productos, los alimentos y el transporte, y por tantas subidas de precios claves, aumenta la inflación.

La crisis económica, que comenzó en los EEUU el septiembre de 2008 como la llamada *crisis hipotecaria*, pero en realidad tuvo su origen en la subida del precio de petróleo. Desde el inicio de 2007 los norteamericanos tuvieron que invertir cada vez más dinero por su alimentación y su consumo de energía, lo que redujo sustancialmente su capacidad de amortizar sus hipotecas. Por consecuencia muchas familias cayeron en la quiebra y los bancos se quedaron con las propiedades inmobiliarias cuyo valor se desplomó al mismo tiempo por el estallido de la burbuja inmobiliaria. Así la crisis económica de 2008 fue instigada por el disparo de los precios del petróleo de \$50 hasta \$135/barril, tal como en las anteriores crisis petrolíferas de 1973 (un disparo de \$3 a \$12/barril) y 1979 (de \$18 a \$40/barril), entonces en realidad la crisis del 2008 debería ser llamada la tercera crisis petrolífera.

Gráfico 14: Producción y consumo global y precio mensual de petróleo



Actualmente, la situación económica de los países ricos es grave. Debido a los intentos de rescatar los bancos y mitigar los efectos de la recesión en los años 2008–2009, las deudas y déficits nacionales son casi insostenibles. El noviembre pasado la FED (la Reserva Federal de los bancos de los EEUU) anunció la compra de obligaciones federales por un monto de \$600 mil-millones. Este programa de *Quantitative Easing II* (Alivio Cuantitativo II) significa no menos que arrancar la prensa de moneda para amortizar las deudas. Todo el mundo sabe que eso apesta a inflación y por eso la Cumbre del G20 en Seúl la semana siguiente se desarrolló en una atmósfera crítica con rumores de una *guerra monetaria* y una *recesión secundaria*. La Unión Europea tiene sus propios problemas: las deudas y déficits de varios países son tantos que los países más ricos de la UE tuvieron que formar un fondo europeo de garantía de €750 mil-millones. Con eso tuvieron que rescatar a Grecia el abril pasado y a Irlanda el noviembre pasado, mientras que Portugal y España son los próximos dos en la cola y de mediano plazo se menciona a Italia y Bélgica también, entonces ya se acerca el fondo del fondo. Sin embargo, a pesar de todos los incentivos monetarios, el crecimiento económico sigue siendo anémico.

El problema fundamental del sistema capitalista es que no puede funcionar sin crecer. Hasta incluso es claro por el vocabulario económico: un decrecimiento económico se llama una crisis, una recesión, una depresión. Siempre es necesario producir y ganar más en el futuro, para poder devolver los préstamos de las inversiones del pasado. En el sistema capitalista de *reserva fraccional* de los bancos centrales, se crea la plata por la emisión de préstamos. La suma de todas las deudas siempre es más grande que la suma del dinero circulando. Cuando, por

escasez de energía fósil y otras materias primas y recursos naturales, la economía no puede seguir creciendo físicamente, todo el sistema monetario colapsará como un castillo de naipes.

El *Crash Course* (Curso Rápido) de Chris Martenson explica esos mecanismos mucho más detalladamente que es posible en el espacio limitado de este artículo. Este explica, a través de gráficos, cómo funciona el sistema monetario y bancario, la deuda y el déficit, los ahorros y la inflación, los inmobiliarios y las hipotecas. Sobre todo, explica como esta ilusión económica chocará con el mundo real cuando experimentaremos las escaseces de energía fósil y recursos naturales que estamos agotando a una velocidad espantosa. Aunque el *Crash Course*²⁵ se trata de la economía de los EEUU, en esencia es igual que todas las economías capitalistas en el mundo.

Transporte

La economía neoliberal y el mercado global dependen totalmente del transporte internacional de mercancía y personas. Para su transporte existen unos 800 millones de coches, 300 millones de camiones, 3½ millones de barcos pesqueros, 50.000 buques de transporte, 45.000 aviones y un número desconocido de autobuses y trenes²⁶. Casi todos esos vehículos tienen motores de combustión interna y necesitan gasolina, diesel, kerosén o fuel-oil.

Es muy cuestionable si se puede sustituir todos estos vehículos antes del fin de ésta década, tanto por la falta de tecnologías maduras y adecuadas como de materias primas. Además faltan recursos financieros, puesto que los países ricos ya están sumidos en deudas por la actual crisis económica.

Sin petróleo la economía global no puede mantenerse. Sin fuel-oil no se puede transportar las mercancías en buque de China a los EEUU. Sin kerosén acaba el turismo en avión a los países exóticos del sur global. Sin diesel ni siquiera se puede viajar en bus de Buenos Aires a Santiago de Chile. Sin petróleo, la economía global debe contraerse y volver hacia las economías regionales y locales con medios de transporte en caballo y carruaje, buey y carreta.

De otro modo, si quiere verlo de color de rosa: el fin del petróleo, y por consiguiente el fin del transporte y del mercado mundial, también significa el fin de la economía neoliberal y de las emisiones de dióxido de carbono fósil. Como dijo el legendario futbolista y entrenador holandés, Johan Crujff: “Cada desventaja tiene su ventaja.”

Agricultura

Desde la Revolución Verde (la mecanización de la agricultura de los años 50, 60 y 70 del siglo pasado) la agricultura se hizo más y más dependiente del petróleo. Los tractores necesitan diesel para arar y sembrar, para fertilizar y fumigar y finalmente para cosechar. Las plaguicidas se producen en base al petróleo y los fertilizantes químicos en base al gas natural. Para regar los cultivos se usa bombas de agua a diesel. Para producir cada caloría de alimentos que comemos se ha gastado 10 calorías de combustibles fósiles, lo que es sumamente ineficiente e insostenible. Los actuales niveles de producción de alimentos son imposibles sin petróleo (Heinberg, 2004; Heinberg, 2007; Pfeiffer, 2006; Ruppert, 2009).

Actualmente los mayores exportadores de alimentos son los EEUU, Canadá, Francia, Alemania, Rusia, Ucrania, Australia y Argentina²⁷. Luego de que perdieron el derecho a poner aranceles sobre las importaciones de alimentos por las reglas de la OMC (Organización Mundial de Comercio) los EEUU y los países de la UE destruyeron la producción domestica de muchos países pobres, por el dumping de alimentos, hasta que volvieron a ser dependientes de las exportaciones de alimentos de los países ricos. Haití, entre muchos más, es un ejemplo escalofriante de dependencia total de alimentos, luego de que su producción domestica de arroz fue completamente destruida por el dumping de arroz norteamericano (que además está fuertemente subvencionado).

La subida del precio de petróleo incentiva la producción de agro-combustibles en esos países exportadores de alimentos, lo cual hace subir los precios de alimentos en todo el mundo. México, la cuna indígena de la planta de maíz, tenía su propia producción de maíz autosuficiente hasta firmar el Tratado de Libre Comercio Norteamericano (TLCN). Ahora tiene que importar la mayor parte de su maíz, porque los campesinos mexicanos no pudieron

²⁵Chris Martenson's *Crash Course* (Curso Rápido): <http://www.chrismartenson.com/crashcourse/espanol> Es un tipo de presentación de PowerPoint con voz de comentario. También está disponible en español y dura tres horas.

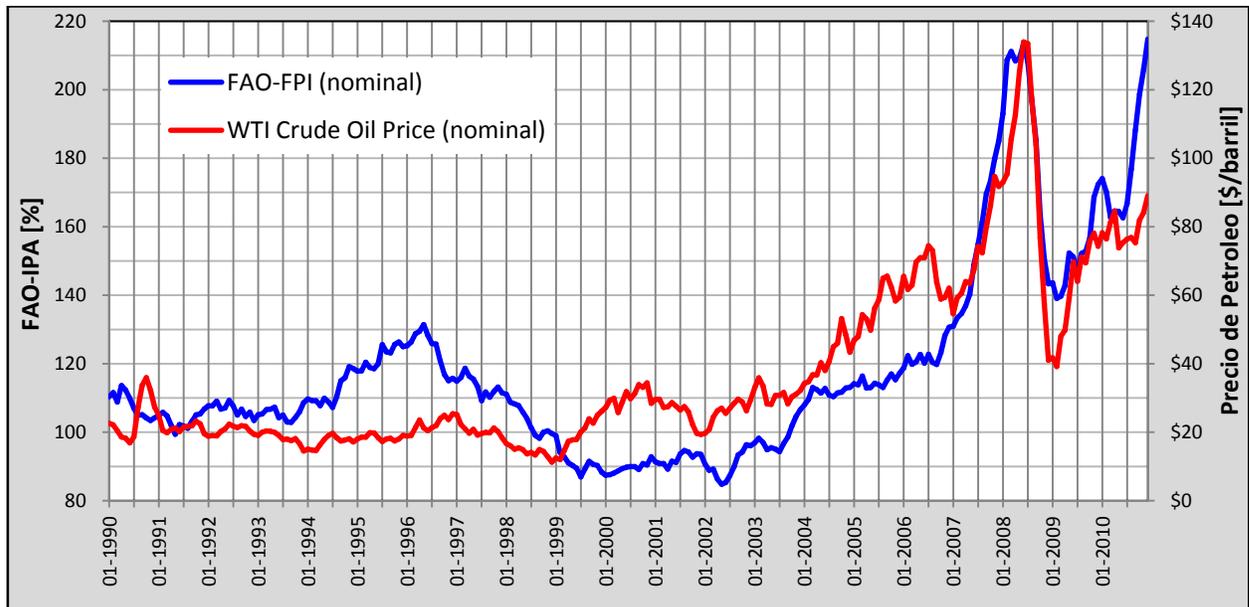
²⁶ Estimaciones provienen de varias páginas del WikiPedia inglés.

²⁷ Según los datos de de alimentos del FAO: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

competir con el maíz subvencionado de los EEUU. Ahora los EEUU convierten cada vez más de su maíz en agro-etanol, dejando a morir de hambre a los mexicanos pobres.

Como muestra el gráfico 15, el índice de precios de alimentos de la FAO de diciembre de 2010 (215) ya batió el record de junio de 2008 (214)²⁸. En 2008 ocurrieron muchas protestas violentas en el mundo por los altos precios de los alimentos. Estas protestas ya están empezando de nuevo, como recientemente en Argelia y Túnez donde ya fallecieron decenas de manifestantes en las luchas contra la policía y el ejército. Frente a la escasez inminente del petróleo, la consecuente crisis agrícola y la creciente presión de los agro-combustibles sobre los alimentos, los países que dependen de las importaciones de alimentos se encuentran en una posición más y más vulnerable. Aunque la protección de la seguridad alimentaria nacional no se permite por los acuerdos de la OMC, es de suma importancia y de suma urgencia restablecerla lo más pronto posible, porque se trata de una lucha a vida o muerte.

Gráfico 15: Correlación entre el precio de petróleo y el Índice de Precios de Alimentos (IPA) de la FAO



Sin petróleo los países ricos encontrarán sus propios problemas: menos que el 5% de sus poblaciones urbanizadas saben todavía cultivar sus propios alimentos. Quedan muy pocos campesinos viejos para enseñar a los millones de ciudadanos urbanos jóvenes cómo cultivar sus propios alimentos sin la ayuda de petróleo, plaguicidas y fertilizantes químicos. En el norte global gran parte de la experiencia agrícola de centenares de generaciones de campesinos ya desapareció.

Guerras sobre Últimos Recursos

Las guerras por las últimas gotas de petróleo ya están en marcha. Los países del Golfo de Persia poseen el 55% de las reservas de petróleo del mundo²⁹. Irán es el único país petrolífero del Golfo de Persia que está fuera del control de los EEUU. Por todas las guerras en el Medio Oriente los EEUU ya tienen decenas de bases militares en la región que efectivamente encierran a Irán: Afganistán, Arabia Saudí, Bahrein, los Emiratos Árabes Unidos, Iraq, Israel, Kuwait, Omán, Qatar y Turquía. En 2009 los EEUU concluyeron su nueva embajada en Bagdad: un bunker que costó 736 millones de dólares, la embajada más grande del mundo, incluso más que el Vaticano en Roma. Los E.E.U.U. también siguen invirtiendo centenares de millones de dólares en grandes bases militares en Iraq, como el "Joint Base Balad" (un aeropuerto militar que mide 26 km², que acomoda a 28.000 militares y 8.000 contratados civiles, y tiene hasta sus propios supermercados, restaurantes, cines y diario) a pesar de haberse retirado de Iraq.

²⁸ FAO, World Food Situation, Índice de los Precios de los Alimentos (IPA): <http://www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/es/>

²⁹ U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook (IEO) 2010, Table 5: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>

Nadie invierte tanto dinero, para luego retirarse: las bases se mantienen, al parecer para acomodar los 50.000 instructores para entrenar el ejército de Iraq, y así poder volver en cualquier momento.

Por supuesto que Irán se siente amenazado y tienen toda la razón en vista de los antecedentes de los EEUU en las últimas décadas. ¿Entonces cuál sería la mejor manera para mantener a los EEUU fuera de las fronteras? Pues, una bomba nuclear no es una garantía todavía (véase Pakistán), pero es la mejor opción. Irán sería el segundo país con armas nucleares en el Medio Oriente, después de Israel. Contrariamente a la opinión occidental dominante, hoy día una mayoría [de 57%] del público árabe cree que un Irán con armas nucleares sería mejor para el Medio Oriente³⁰.

Por otra parte la China necesita mucho petróleo también: es el quinto productor de petróleo y al mismo tiempo es el tercer importador de petróleo en el mundo, y su consumo está creciendo rápidamente. El marzo de 2004 la China firmó un mega-contrato con Irán por el monto de \$100 mil-millones para la exportación de GNL -gas natural licuado-, con la participación de la Compañía Nacional de Petróleo de China (CNPC) en varios proyectos de exploración y explotación de petróleo en Irán, con la posibilidad de doblar este negocio. La India se sumó al negocio con Irán con un contrato de \$40 mil-millones en 2005³¹. Sin duda la China negoció muy hábilmente en el Consejo de Seguridad de la ONU, donde tiene un asiento permanente y derecho al veto, la exclusión de los hidrocarburos de las sanciones comerciales recientes contra Irán (sobre su proyecto de energía nuclear). Están apareciendo nuevos actores en el escenario geopolítico y al parecer China e India han fijado sus propios límites en el Golfo Pérsico, diciendo al mundo: “¡No nos corten nuestras fuentes de energía de Irán!”

Así las tensiones en el mundo están creciendo muy rápidamente. En casi todos los mayores productores de petróleo del mundo ya existen tensiones o guerras: Rusia (el 1º productor: entre otros por sus repúblicas del Cáucaso: Georgia, Osetia, Ingusetia, Daguestán, Chechenia y Azerbaiyán), Arabia Saudí (2º), Irán (4º), Nigeria (5º), Angola (6º), Venezuela (8º), Iraq, el sur del Sudan (Darfur), etc. Esta zaga de conflictos no son incidentes sueltos, sino que están correlacionados: marcan los campos de batalla en la víspera de las guerras por las últimas reservas de petróleo y no parece que exista mucha voluntad por parte de los EEUU para resolver los conflictos de manera pacífica. Al contrario: gastan tanto en sus ejércitos como el conjunto del resto del mundo, así parece que estuvieran preparándose bien para la guerra final del petróleo. La llamada guerra contra el terrorismo es una disimulación³², en realidad se trata de la guerra por los últimos recursos petrolíferos. (Ruppert, 2004).

Mi asomo de esperanza es que la economía norteamericana no aguantará más los gastos bélicos y que su colapso económico impedirá la continuación de sus aspiraciones imperiales.

Reducción de la Población Humana

Cuando se pone el consumo mundial de energía fósil (carbón, petróleo y gas natural) en la perspectiva histórica del desarrollo de la humanidad, como muestra el gráfico 16, se nota cuán excepcional es nuestro actual estilo de vida. Durante todos los miles de años desde las culturas de Egipto y Mesopotamia nunca tuvimos tanta energía a nuestra disposición. En contraste, nuestro desgaste de energía fósil de hoy día, como si fuera agua, será juzgado por nuestro bisnietos como una locura colectiva.

Antes del uso de los combustibles fósiles (alrededor de 1800), la población mundial fue menos que un millón de seres humanos. Gracias a los combustibles fósiles, la mecanización del trabajo y de la agricultura, la población pudo crecer tan rápido como hemos visto en el gráfico 13 y la tabla 3. No solo por el crecimiento exponencial, sino también por la subida de la tasa anual de crecimiento de menos que 0,5% antes de 1800 hasta más que 2,0% en los años 60 del siglo pasado. Gracias a los combustibles fósiles pudimos aumentar la capacidad

³⁰ El *Brookings Institution* es una organización de política pública sin fines de lucro con sede en Washington DC, que hace investigaciones independientes de alta calidad:

http://www.brookings.edu/reports/2010/0805_arab_opinion_poll_telhami.aspx

³¹ El *Asia Times Online* de Hong Kong, China: http://www.atimes.com/atimes/Middle_East/FK06Ak01.html y

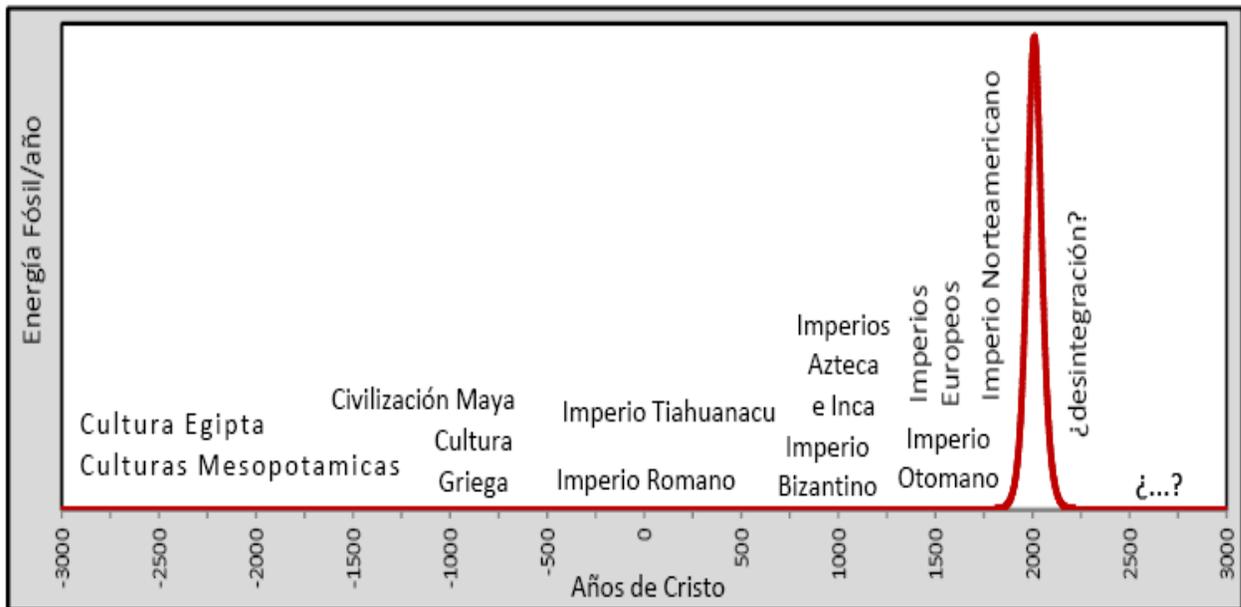
http://www.atimes.com/atimes/South_Asia/GA11Df07.html

³² Claro que existen mucha gente de países saqueados que buscan vengarse y recurren a las armas. Si los EEUU y otros países de la OTAN se comportaban legítimamente, civilizados y pacíficamente durante las últimas décadas, no hubieron atraídos tantos ‘terroristas’ hoy en día.

poblacional del mundo hasta los casi siete mil millones de hoy día. Pero sin suficiente petróleo para la agricultura mecanizada, será imposible mantener la producción alimentaria actual. Eso significaría, por las buenas o por las malas, una reducción de la población humana.

Las estimaciones de la capacidad poblacional del mundo, sin la ayuda de la energía fósil, varían mayormente entre uno y dos mil millones de humanos: la población de antes de la Revolución Industrial y tal vez el doble. Significa que ya viven unos cinco mil millones de humanos más que sería posible sin petróleo. Si, en el transcurso de este siglo, la humanidad no será capaz de realizar un decrecimiento poblacional organizado y coordinado (por las buenas), el decrecimiento se realizará inevitablemente por las malas: hambrunas, enfermedades, migraciones y guerras (Heinberg, 2004; Heinberg, 2007; Pfeiffer, 2006; Ruppert, 2009).

Gráfico 16: Historia del consumo mundial de energía fósil



Sociedad Civil Simplificada

Existe una correlación entre la cantidad de energía disponible (sea comida, animales de carga, esclavos o cualquier tipo de combustibles y máquinas) y la complejidad que una sociedad puede establecer: cuanto más energía tiene una sociedad, más complejamente puede desarrollarse. Las actuales sociedades ricas pudieron desarrollarse hasta un nivel extremadamente complejo: coches, trenes, electricidad, teléfono, radio, televisión, aviones, energía nuclear, computadores, internet, telecomunicación inalámbrica, satélites, viajes con tripulación a la luna y sin tripulación a muchos planetas de nuestro sistema solar, universidades de alta calidad, cirugía de corazón y cerebro, manipulación genética, etc. Los logros son totalmente impresionantes, pero nada de eso hubiera sido posible sin carbón, petróleo y gas natural.

Cuando resulte imposible hacer la transición energética necesaria (de manera adecuada y oportuna) la sociedad humana no tendrá otra opción que retroceder hacia una forma simplificada, ojalá algo semejante a las sociedades pre-industriales. Esto significa que un cirujano tendría que aprender a ser un herborista. Un mecánico de coches puede volver a ser un herrador. Pilotos, anestesiólogos, radiólogos, especialistas de sistemas de computación y telecomunicación probablemente tendrán que buscar otro trabajo, pero un campesino seguirá siendo un campesino, tal como muchas profesiones artesanales. (Heinberg, 2004; Heinberg, 2007; Kunstler, 2005)

A nadie le gusta retroceder hacia una vida más simple, aunque no significa el fin del mundo. Realizar una transformación de la sociedad hacia un nivel más simple, también abre las posibilidades para reorganizar esta nueva sociedad en base a valores sociales de reciprocidad y solidaridad. Todo depende de la manera de transformarse. De largo plazo la sostenibilidad de los grandes gobiernos nacionales centralizados no es cierta. A nivel político se puede prever un proceso de transformación de niveles nacionales hacia niveles regionales y locales. Pero es posible establecer comunidades locales autosuficientes (en cuanto a su alimentación y profesiones básicas: herrero, albañil, carpintero, sastre, zapatero, herborista, maestra) para superar la transición futura y establecer sociedades locales

modestas pero dignas y humanas. Semejantes comunidades pueden funcionar como faros para sus comunidades vecinas para que puedan seguir el buen ejemplo. (Hartmann, 1998; Heinberg, 2004; Kunstler, 2005)

Sin embargo, si todo el mundo comienza a luchar por los últimos recursos naturales para ser el último sobreviviente (a nivel local tal como internacional), la transición se convertirá en un colapso espantoso. Actualmente los grandes poderes del mundo no están dando el buen ejemplo al respecto. Las guerras sobre los últimos recursos naturales básicamente significan un saqueo al estilo de los barbaros. Es esencial evitar esas guerras brutales, reconocer las transiciones inevitables y responder en una manera proactiva y constructiva. (Orlov, 2008; Ruppert, 2004)

Bibliografía y para Leer Más

Libros

- Abramsky, Kolya 2010 *Sparking a Worldwide Energy Revolution: social struggles in the transition to a post-petrol world* (Oakland, CA, EEUU: AK Press)
- Deffeyes, Kenneth S. 2001 *Hubbert's Peak: the impending world oil shortage* (Woodstock, Oxfordshire, Reino Unido: Princeton University Press)
- Deffeyes, Kenneth S. 2005 *Beyond Oil: the view from Hubbert's peak* (New York, NY, EEUU: Hill and Wang)
- Ewing, Rex A. 2004 *Hydrogen: hot stuff, cool science* (Masonville, CO, EEUU: PixyJack Press)
- Hartmann, Thom 1998 *The Last Hours of Ancient Sunlight: the fate of the world and what we can do before it's too late* (New York, NY, EEUU: Three Rivers Press)
- Heinberg, Richard 2003 *The Party's Over: oil, war and the fate of industrial societies* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Heinberg, Richard 2004 *Power Down: options and actions for a post-carbon world* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Heinberg, Richard 2007 *Peak Everything: waking up to the century of declines* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Heinberg, Richard 2009 *Blackout: coal, climate and the last energy crisis* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Kunstler, James Howard 2005 *The Long Emergency: surviving the converging catastrophes of the twenty-first century* (New York, NY, EEUU: Atlantic Monthly Press)
- Orlov, Dmitry, 2008, *Reinventing Collapse: the Soviet example and American prospects* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Pfeiffer, Dale Allan 2006 *Eating Fossil Fuels: oil, food and the coming crisis in agriculture* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Ruppert, Michael C. 2004 *Crossing the Rubicon: the decline of the American empire at the end of the age of oil* (Gabriola, BC, Canada: New Society Publishers)
- Ruppert, Michael C. 2009 *Confronting Collapse: the crisis of energy and money in a post peak oil world; a 25-point program of action* (White River Junction, VT, EEUU: Chelsea Green Publishing Company)
- Simmons, Matthew R. 2005 *Twilight in the Dessert: the coming Saudi oil shock and the world economy* (Hoboken, NJ, EEUU: John Wiley & Sons Inc.)

Sitios Web con Información y Noticias en Español

- ASPO/AEREN España: "Crisis Energética: Respuestas a los Retos Energéticos del Siglo XXI", en <http://www.crisisenergetica.org/>
- ASPO México: "Asociación para el Estudio del Pico y Declinación de la Producción del Petróleo y Gas", en <http://www.aspo-mexico.com.mx/>
- Martenson, Chris: "Economy, Energy, Environment", en <http://www.chrismartenson.com/>
- Observatorio Petrolero Sur, Argentina: (busque por las palabras claves "pico de petróleo"), en <http://opsur.wordpress.com/>

Sitios Web con Información y Noticias en Inglés

- ASPO International: "Association for the Study of Peak Oil & Gas", en <http://www.peakoil.net>
- ASPO Ireland: "Association for the Study of Peak Oil & Gas – Irish Chapter", en <http://aspoireland.org/>
- ASPO USA: "Association for the Study of Peak Oil & Gas – USA", en <http://www.aspousa.org/>

Deffeyes, Kenneth S.: "When Oil Peaked", en <http://www.princeton.edu/hubbert/index.html>
ITPOES: "Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security", en <http://peakoiltaskforce.net/>
Martenson, Chris: "Economy, Energy, Environment", en <http://www.chrismartenson.com/>
ODAC: "Oil Depletion Analysis Centre", en <http://www.odac-info.org>
Peak Oil: "Exploring Hydrocarbon Depletion", en <http://peakoil.com/>
Post Carbon Institute: "Energy Bulletin", en <http://www.postcarbon.org/> y <http://www.energybulletin.net/>
Renewable Energy World, en <http://www.renewableenergyworld.com/rea/home>
The Oil Drum: "Discussions about Energy and Our Future", en <http://www.theoil Drum.com/>

Informes de Instituciones Gubernamentales

Alemania: Zentrum für Transformation der Bundeswehr 2010 *Peak Oil: Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen*, en http://data6.blog.de/media/069/4935069_f5a3ae07a3_d.pdf
Australia: The Australia Institute 2010 *Running on empty? The peak oil debate*, en <https://www.tai.org.au/index.php?q=node%2F19&pubid=788&act=display>
EEUU: U.S. Joint Forces Command 2010 *The JOE 2010: Joint Operating Environment*, en http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf
EEUU: U.S. National Intelligence Council 2008 *Global Trends 2025: a transformed world*, en www.dni.gov/nic/NIC_2025_project.html
Holanda: Netherlands Institute of International Relations 'Clingendael' 2008 *Oil Turbulence in the Next Decade: an essay on high oil prices in a supply-constrained world*, en http://www.clingendael.nl/publications/2008/20080700_ciep_energy_jesse.pdf
Nueva Zelanda: Parliamentary Library 2010 *The Next Oil Shock?*, Artículo de Investigación en <http://www.parliament.nz/NR/rdonlyres/7BEC9297-DEBE-47B5-9A04-77617E2653B2/163251/Thenextoilshock3.pdf>

Informes y Artículos Destacados

Aleklett, Kjell et Al. 2010 *The Peak of the Oil Age: analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008*, en "Energy Policy" (Volume 38, Issue 3, marzo 2010, Páginas 1398-1414), en <http://www.tsl.uu.se/uhdsg/Publications/PeakOilAge.pdf>
Campbell, Collin J. y Laherrère, Jean H. 1998 *The End of Cheap Oil*, en "Scientific American" (marzo de 1998, 78-83), en <http://www.hubbertpeak.com/campbell/EndOfCheapOil.pdf>
Heinberg, Richard 2009 *Searching for a Miracle: "Net Energy" Limits & the Fate of Industrial Society*, en http://www.postcarbon.org/new-site-files/Reports/Searching_for_a_Miracle_web10nov09.pdf
Hirsch, Robert L. 2005 *Peaking of World Oil Production: impacts, mitigation, & risk management*, en http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/oil_peaking_netl.pdf (el notable "Hirsch Report")
Hubbert, Marion King 1956 *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*, en "American Petroleum Institute", en <http://www.hubbertpeak.com/hubbert/1956/1956.pdf>
ITPOES (Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security) 2010 *The Oil Crunch: A wake-up call for the UK economy*, en http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes_report_the-oil-crunch_feb20101.pdf
LLOYD'S & Chatham House 2010 *Lloyd's 360° Risk Insight: Sustainable Energy Security; strategic risks and opportunities for business*, en http://www.lloyds.com/~media/Lloyds/Reports/360%20Energy%20Security/7238_Lloyds_360_Energy_Pages.pdf