

La situación energética mundial (con números)

Bruce Hoeneisen

Universidad San Francisco de Quito

22 de Noviembre 2006

Consumo histórico de energía por persona

Período	A	HC	IA	T	Total *	Total **
Primitivo	2				2	0.026
Caza	3	2			5	0.064
Agrícola prim.	4	4	4		12	0.154
Agrícola av.	6	12	7	1	26	0.334
Industrial	7	32	24	14	77	0.99
Tecnológico	10	66	91	63	230	2.95

A Alimento

HC Hogar y Comercio

IA Industria y Agricultura

T Transporte

* $1000 \text{ kcal}/(\text{persona} \times \text{día}) = 48 \text{ W}$

** Q/año para 9×10^9 habitantes

$1 \text{ Q} = 10^{18} \text{ Btu} = 3 \times 10^{14} \text{ kWh térmicos} = 1000$

Quads \approx fotosíntesis terrestre/año.

Consumo mundial en 1998: 0.38 Q/año.

Distribución del consumo en 1998

Fuente	%
Peróleo	40.0
Carbón	23.3
Gas	22.5
Hidroeléctrico	7.0
Biomasa y viento	0.7
Fisión nuclear	6.5

Fuentes de energía

No renovable*		Renovable	
Fosil		Biomasa	0.015 Q/a
petróleo,	4.2 Q	Hidroeléctrico\$	0.06 Q/a
carbón,	14.3 Q	Viento	0.03 Q/a
gas,	2.4 Q	Solar ??	0.075 Q/a
bitumen ?	19.1 Q		
Fisión nuclear		Fusión nuclear	
enriquecido	12 Q	#	
no en. #	840 Q		
Geotérmico	56 Q		

1 Q = 10^{18} Btu = 3×10^{14} kWh térmicos = 1000 Quad.

* Recuperables. Usando todo como fuente de energía.

Tecnología? Desechos? Seguridad?

\$ En 1977 fue de 0.012 Q.

? Puede ser recuperado con energía neta positiva? ??

Inversión enorme. Richard C. Neville, 1978, Elsevier.

Alternativas

Alternativa	A	B	C	D	E
Población (10^9)	4	4	4	8	12
Consumo por persona*	2.9	17.6	97.5	97.5	97.5
C. por persona en KW	0.33	2	11	11	11
Consumo global #	0.04	0.24	1.33	2.66	4.0
Años &	1200	200	36	18	12

* MWh/año térmico.

Q/año.

A: Consumo promedio mundial pre-industrial (1850).
Población de 1977.

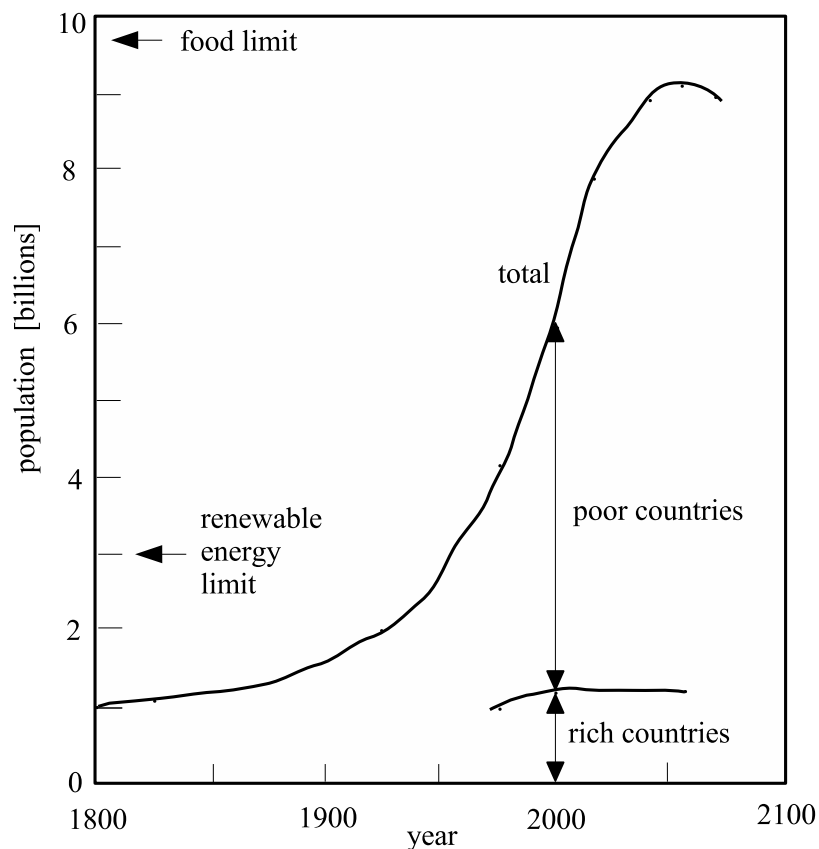
B: Consumo por persona promedio mundial en 1977.

C, D, E: Consumo por persona promedio de USA en 1977.

& Tiempo hasta terminar con todos los combustibles fósiles recuperables como única fuente de energía, incluyendo arenas bituminosas. Supone, en forma optimista, 48 Q, o sea 20% reservas nuevas.

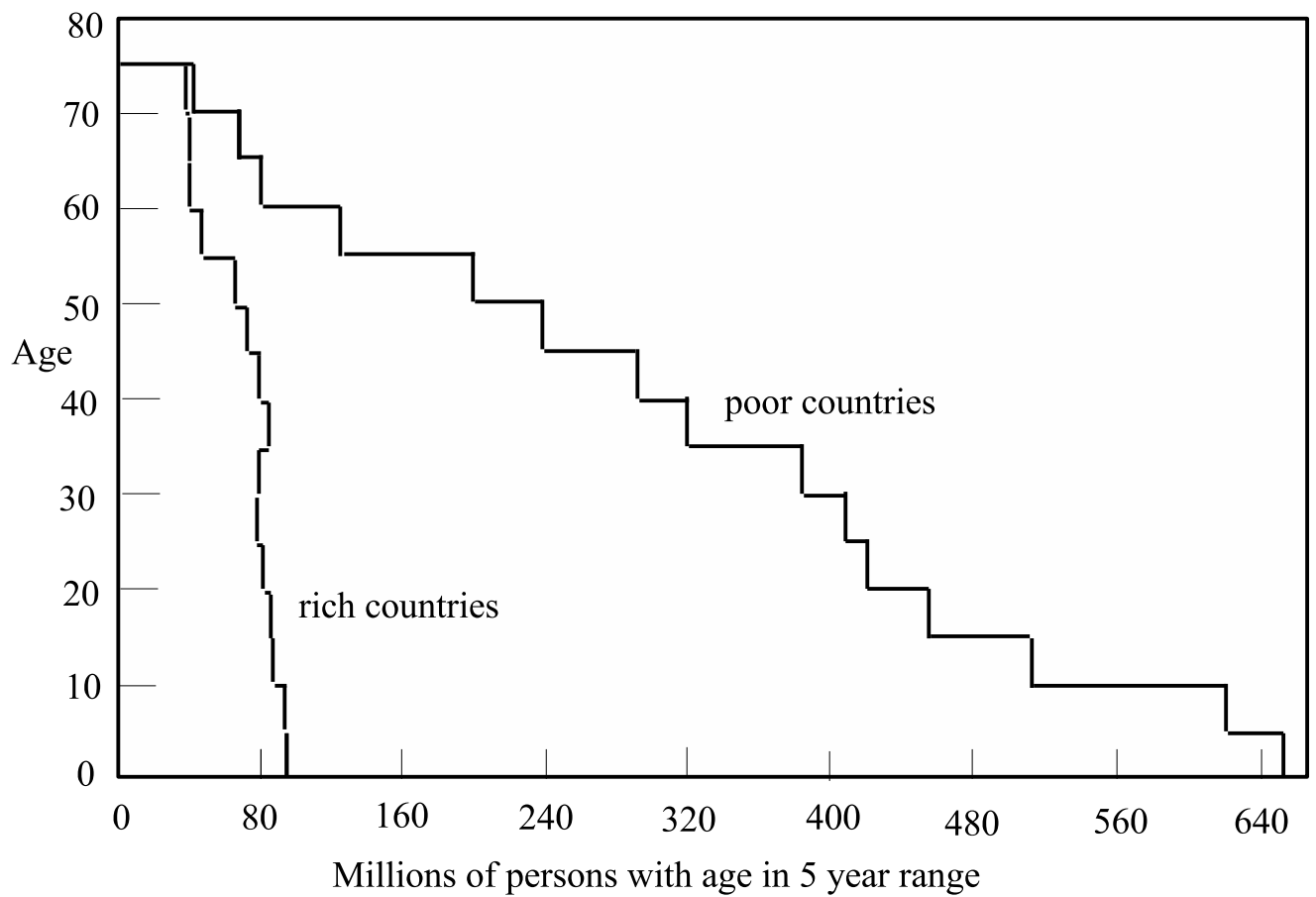
Richard C. Neville, 1978, Elsevier.

Consumo mundial en 1998: 0.38 Q/año.



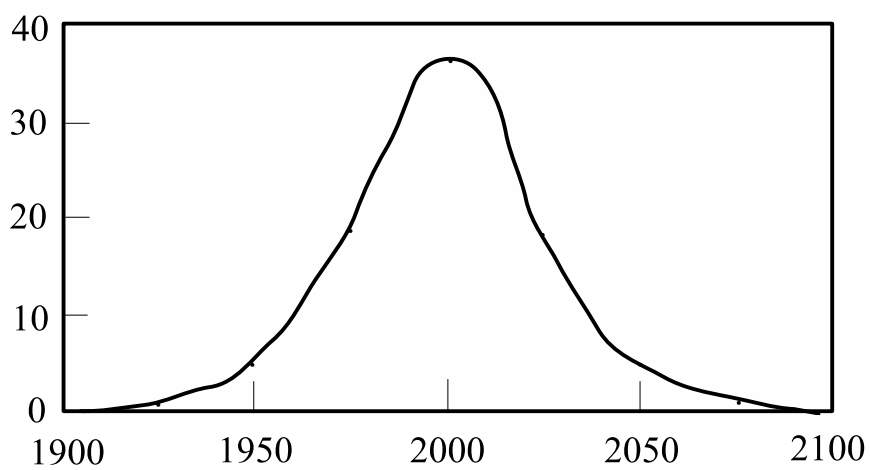
Población, y límites alimenticio y de energía renovable del planeta Tierra. Este límite energético supone un consumo de 2 KW térmicos por persona.

Bruce Hoeneisen, 2005, <http://www.lulu.com>.



Distribución de población por edades en países ricos y pobres (extrapolado al año 2000).

Bruce Hoeneisen, 2005, <http://www.lulu.com>.



Producción de petróleo, proyectada por M. King Hubbert en los años 1970.

El número de barriles de petróleo obtenidos por pie de pozo perforado ha caído de 200 en 1920, a 20 en 1950, a 5 en 1977, y prácticamente a cero desde entonces.

“So long as oil is used as a source of energy, when the energy cost of recovering a barrel of oil becomes greater than the energy content of the oil, production will cease no matter what the monetary price may be.”

M. King Hubbert

Tiempo hasta agotar uranio como única fuente de energía (años).

Alternativa	A	B	C	D	E
Uranio 235 #	300	50	9	4.5	3
Uranio 238 *	21000	3500	630	315	210

Desechos? Seguridad?

* El 99.3% del uranio natural es ^{238}U . Tecnología?

DESECHOS? Seguridad?

Richard C. Neville, 1978, Elsevier.

Tiempo hasta agotar fuentes geotérmicas como única fuente de energía (años).

Alternativa	A	B	C	D	E
Años	1400	233	42	21	14

Richard C. Neville, 1978, Elsevier.

Población sostenible con energía renovable ($\times 10^9$).

Alternativa	A	B	C, D, E
Hidráulica	6.0	1.0	0.18
Biomasa	1.5	0.25	0.045
Viento	3.0	0.5	0.09
Solar ?	7.5	1.25	0.23
Total	18	3	0.54

Richard C. Neville, 1978, Elsevier.

Conclusion:

La población sustentable del planeta Tierra con una calidad de vida “razonable” (modesta) es aproximadamente 3×10^9 . La población actual (2006) es 6.5×10^9 .

Superficie de celdas solares requerida por persona.

Alternativa	A	B	C, D, E
Consumo por persona*	2.9	17.6	97.5
Consumo por persona#	0.33	2.0	11
Celdas solares (m ²)	17	100	550

* MWh/año.

KW.

Supone rendimiento **TOTAL** de 10%. La insolación por metro cuadrado horizontal, promediado sobre 24 horas del día, latitud y clima es 200 W.

Costo al por mayor: \$500/año.

Alternativas después del petróleo, gas y carbón

Alternativa	Población $\times 10^9$	Consumo /habitante	Renovables *	Nuclear
<i>a</i>	6	2 KW	0.18 Q/a	0.18 Q/a
<i>b</i>	3	2 KW	0.18 Q/a	0
<i>c</i>	9	1 KW	0.18 Q/a	0.09 Q/a
<i>d</i> #	4	11 KW	0.18 Q/a	1.15 Q/a
<i>e</i>	3	1 KW	0.09 Q/a	0
<i>f</i>	9	0.5 KW	0.09 Q/a	0.045 Q/a

*

Biomasa	0.015 Q/a	
Hidroeléctrico	0.060 Q/a	
Viento	0.030 Q/a	
Solar	0.075 Q/a	????
En total 20% fotosíntesis terrestre/año.		

Muy lejos de ser sostenible.

Ecuador

Población máxima: 22 M en 2060. *

Límite alimenticio: 30 M

Hidroelectricidad

En 1999: \approx 1500 MW

Potencial: \approx 25500 MW pico, \approx 8400 MW medio

o sea 380 W para cada una de 22 M personas

Inversión: \$38000 M. Utópico?

Bio-energía

140 W para cada una de las 22 M personas

Inversión: \$1050 M **

* Fertilidad (hijos/mujer) de 6.8 hasta 1965, 2.8 en 1995, 2.0 en 2005, 1.8 a partir de 2015.

** Supone que la mitad de la producción de 3 M hectáreas de bosques, caña y palma, se destinan a la producción de energía. Costo de plantación de bosque a \$700/hectárea \times 1.5 M hectáreas.

Conclusiones

???

“Our ignorance is not so vast as our failure to use what we know.”

M. King Hubbert

Conclusiones

El primer límite natural del planeta Tierra es la energía solar capturada por plantas, agua y viento.

Conclusiones

El primer límite natural del planeta Tierra es la energía solar capturada por plantas, agua y viento.

Ya hemos sobrepasado el límite natural sustentable de consumo de energía en un factor 2.

Conclusiones

El primer límite natural del planeta Tierra es la energía solar capturada por plantas, agua y viento.

Ya hemos sobrepasado el límite natural sustentable de consumo de energía en un factor 2.

La oferta de petróleo nunca más podrá satisfacer la demanda.

Conclusiones

El primer límite natural del planeta Tierra es la energía solar capturada por plantas, agua y viento.

Ya hemos sobrepasado el límite natural sustentable de consumo de energía en un factor 2.

La oferta de petróleo nunca más podrá satisfacer la demanda.

A corto plazo veremos un profundo cambio de estilo de vida.

Conclusiones

El primer límite natural del planeta Tierra es la energía solar capturada por plantas, agua y viento.

Ya hemos sobrepasado el límite natural sustentable de consumo de energía en un factor 2.

La oferta de petróleo nunca más podrá satisfacer la demanda.

A corto plazo veremos un profundo cambio de estilo de vida.

Las sociedades de consumo C, D y E están en vías de extinción, salvo se utilice la fisión nuclear tipo “breeder” o la fusión nuclear.

Conclusiones...

En ese caso, es toda la humanidad que está en vías de extinción.

Conclusiones...

En ese caso es toda la humanidad que está en vías de extinción.

Es un error (en mi opinión) “resolver” el “problema” energético.

Debemos desarrollarnos en educación, no en población y consumo. Debemos aprender a vivir en armonía con nuestro planeta. Las tres Rs son: Reusar, Reducir, Reciclar. Un mundo sabio tendría 3×10^9 habitantes, ciudades pequeñas, una vida mas austera, sin vehículos privados o aire acondicionado, con calefacción solo en habitaciones pequeñas, y mas próximos a la madre tierra.

Este es el ciclo vital: ...la tierra alimenta a las plantas, las plantas alimentan a los animales, los animales y las bacterias convierten este alimento en abono, el abono alimenta la tierra... La energía del sol mueve este ciclo vital. La especie humana, que forma parte del ciclo vital, puede fácilmente desequilibrarlo. La regla para que una sociedad sea sostenible es esta: devolver a la tierra todo lo que de ella tomamos. Los recursos fósiles de petróleo, gas y carbón nos han permitido romper el equilibrio del ciclo vital, y crecer en población y consumo mas allá de los límites de sustentabilidad del planeta Tierra. Afortunadamente estos recursos se agotarán pronto. Si aprendemos esta lección tomaremos la decisión de no “resolver” el “problema” energético y volveremos a vivir en armonía con la madre tierra.

Conclusiones...

Los indígenas ecuatorianos nos dan una lección de sabiduría: viven en forma sustentable, en armonía con la tierra.

Conclusiones...

Los indígenas ecuatorianos nos dan una lección de sabiduría: viven en forma sustentable, en armonía con la tierra.

Es hora de abrir los ojos. Como especie, tenemos una gran oportunidad.

Bibliografía

B. Hoeneisen, “Propuesta de una Constitución de la Humanidad”, <http://www.usfq.edu.ec> → profesores → profesores a tiempo completo → Hoeneisen

B. Hoeneisen, “Trying to understand the Universe: From the Big Bang to the Brain”, <http://www.lulu.com>, 2005.

Gabriela Aguilar et al, “El Ecuador que yo quisiera en el año 2050”, editor B. Hoeneisen, Gutenberg & Aldus impresores, 1999.

Esta charla. <http://www.usfq.edu.ec> → profesores → profesores a tiempo completo → Hoeneisen