

La crisis de la Energía

Por Renato IRALDI

Modelos de consumo energético

$bpe = bep =$ Barriles de petróleo equivalente = Energía producida por un barril de petróleo

Suposiciones:

Suponemos que los combustibles fósiles no se agotarán nunca pero que la energía para sacarlos aumentará hasta el punto en que, para sacar una determinada cantidad de combustible, se gastará en la empresa tanta energía como la que producirá este combustible. Notemos que a principio de siglo para sacar 100 barriles de petróleo bastaba gastar uno, actualmente con un barril solo sacamos 10. Definiremos un factor g que nos indique la proporción del producto que se gasta al sacarlo.

$$F = F_u(1-g) \quad (1)$$

Donde F_u es el producto total sacado y F es la cantidad útil.

¿Cuanta producción queda antes de llegar al límite donde se gasta tanta energía para extraer los combustibles fósiles como la que produce lo extraído?

Este tiempo se puede elegir como se elige normalmente la cantidad que queda antes de extinguirse los yacimientos y lo fijaremos en 150 años de la producción actual.

El modelo:

Partiremos para nuestro estudio del hecho que para producir un cierto producto interno bruto todos los países gastan una cierta cantidad de energía. En todos ellos la cantidad de producto interno bruto es proporcional al gasto en energía. i.e:

Producto interno = una constante a , multiplicada por el consumo energético. Nosotros escribiremos esta proporcionalidad en la forma más conveniente para nuestro estudio de esta manera:

$$Pi + c F_u = a(F_u(1-g) + e) \quad (2)$$

donde:

F_u representa la energía producida por la totalidad de los combustibles fósiles, medida en bpe sacados de los yacimientos y minas.

$P_i + c F_u$ medida en dólares es el producto bruto, lo hemos dividido en dos partes: La primera parte es la riqueza producida y la segunda parte es el costo de la energía que hemos utilizado para producir la energía extraída de los combustibles fósiles.

c es el costo intrínseco (sin contar lo que se ha gastado para sacarlo de los depósitos) de los combustibles fósiles por bep de energía. Hemos fijado este costo de los combustibles fósiles en 80 dólares por barril equivalente de petróleo, para todos los combustibles fósiles, carbón gas y petróleo.

e es la cantidad total de energía producida por fuentes no convencionales: Fuentes que no son combustibles fósiles.

g = proporción de combustibles fósiles que se usa para sacarlos.

Esta ecuación se puede escribir usando (1)

$$P_i + cF / (1-g) = a(F+e)$$

con lo que podemos interpretar a $c / (1-g)$ como el costo real por bep de la energía utilizable,

a la eficiencia energética, es decir la cantidad de dólares que produce un bep de energía.

En este modelo consideraremos a constante en el tiempo. El inverso de este factor es lo que en la literatura se llama intensidad energética. Con esto presuponemos que la riqueza producida por una cantidad de energía equivalente a un barril de petróleo permanece aproximadamente constante en el tiempo.

Las condiciones iniciales tomaremos las siguientes:

R = Producción total, hasta el día de hoy, de energía producida por combustibles fósiles, igual a 50 años de la producción actual. = 3600000 Mbpe (millones de barriles de petróleo equivalente, contando gas, petróleo y carbón))

G = Cantidad de energía total que habremos sacado antes de que el costo supere el beneficio: Antes de que se necesite mas energía para sacarla de los yacimientos de la que produce, tomaremos $4R$, es decir que aun falta por sacar 3 veces lo que se ha sacado hasta el día de hoy (2011), o, 150 años de producción actual. Mas adelante se hará lo mismo en la suposición de que $G=4R$ y $5R$

No tomaremos en cuenta la inflación.

Para tener un modelo predictivo hay que hacer una suposición sobre la forma de g en función de la cantidad de combustibles ya utilizados. Utilizaremos la forma funcional de abajo, con R = Producción total de combustibles fósiles en Mbep hasta el año en consideración y G el total que estaba en el planeta.

$$g = (R/G)^3$$

La forma funcional se muestra en la Fig. 1. donde se ha supuesto una producción total constante.

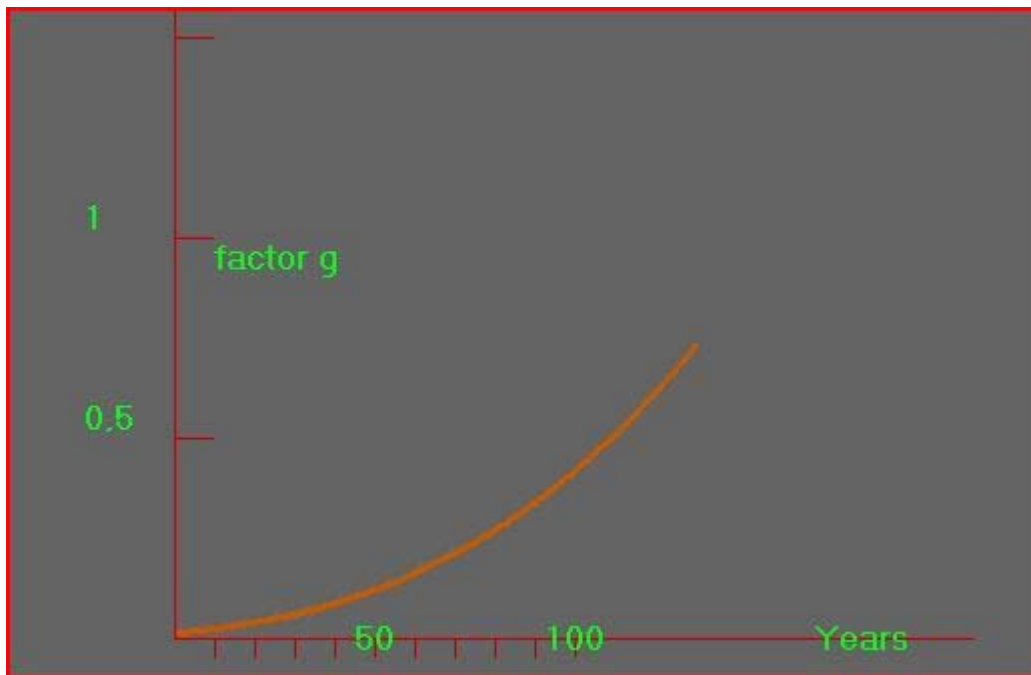


Fig. 1. Suposición básica en el modelo. Variación de la proporción de combustibles fósiles que se usa para extraerlos de los yacimientos, en la suposición de una extracción constante. A los 150 años el gasto de energía es igual a la energía que sacamos de los combustibles.

Podemos ahora hacer suposiciones y preguntar al modelo la evolución de año en año.

Modelo de desarrollo 1.

Supongamos que queremos mantener la riqueza constante ($P_i = Cte$), sin aumento en la producción de energías alternas. ¿Cuanta debe ser la producción y cuanto será el costo por *bep* de la energía, al pasar los años?

En este caso, en la ecuación maestra, de año en año, lo único que cambia es el factor g .

La *Fig. 2* nos ilustra el combustible total sacado, el útil (total menos el usado para sacarlo de los pozos o de las minas), y el costo efectivo.

Este modelo parece irreal porque se están haciendo esfuerzos para aumentar la producción de energías alternativas, pero, por otro lado se está abandonando la producción de energía proveniente del nuclear y la sustitución de ésta por las otras alternativas parece no ser suficiente.

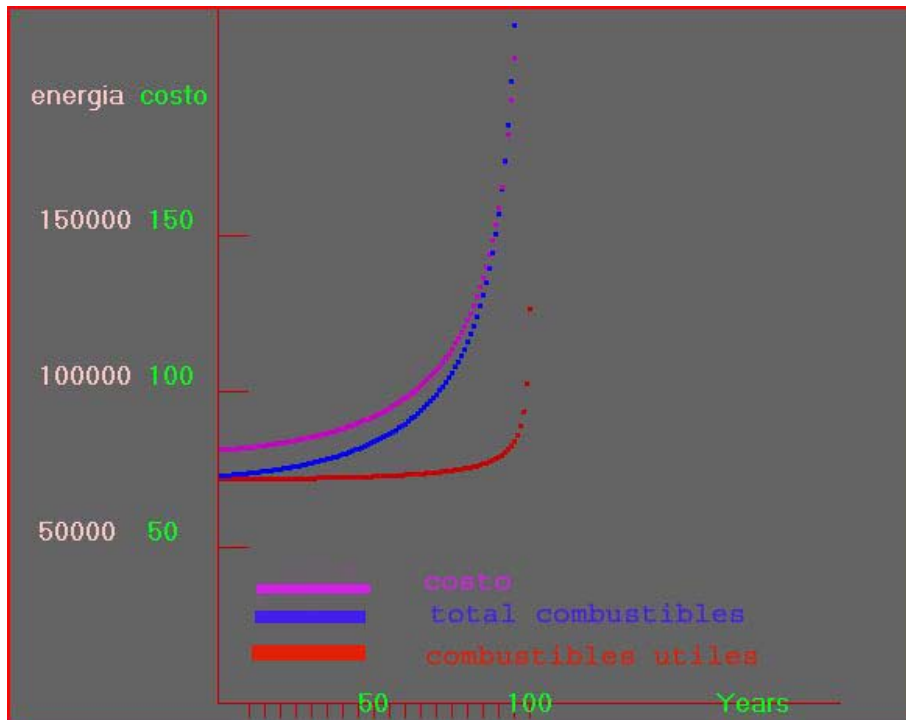


Fig. 2. Para mantener la producción de riqueza constante se calcula: Costo de los combustibles fósiles, producción total de combustibles fósiles, y cantidad de combustibles fósiles útiles (total menos la parte que se usa en la extracción). En la suposición que no hay aumento ni disminución en la producción de energías alternas (Las que no derivan de los combustibles fósiles). En este caso vemos que en los próximos 100 años el costo de los combustibles llegara a ser infinito puesto que los yacimientos explotables se han extinguido.

Modelo de desarrollo 2.

Supongamos que queremos mantener la riqueza constante ($P_i = Cte$), y la producción de fósiles total (el que produce riqueza y el utilizado para la extracción) constante, i.e ($F_u = constante$); en este caso tenemos que aumentar la producción de energía no convencional puesto que la energía útil disminuirá debido al mayor uso de energía para sacar los combustibles de los yacimientos. En la Fig.3 vemos como aumenta el costo efectivo del *bep* producido por los combustibles fósiles, y la cantidad de energía no convencional que hay que producir. También hemos graficado la energía de los fósiles útil para producir bienestar (total sacada menos la utilizada para extraerla) y la energía que se usa para extraerla.

La ecuación maestra nos permite este cálculo:

$$E = P_i / a + cF / a (1-g) - F$$

única variable $g = (R/G)^3$.

En la Fig. 3 mostramos el costo de la energía producida, la cantidad útil, la producción de energías alternas necesarias y la cantidad de energía que se pierde para extraer la producción de combustibles fósiles.

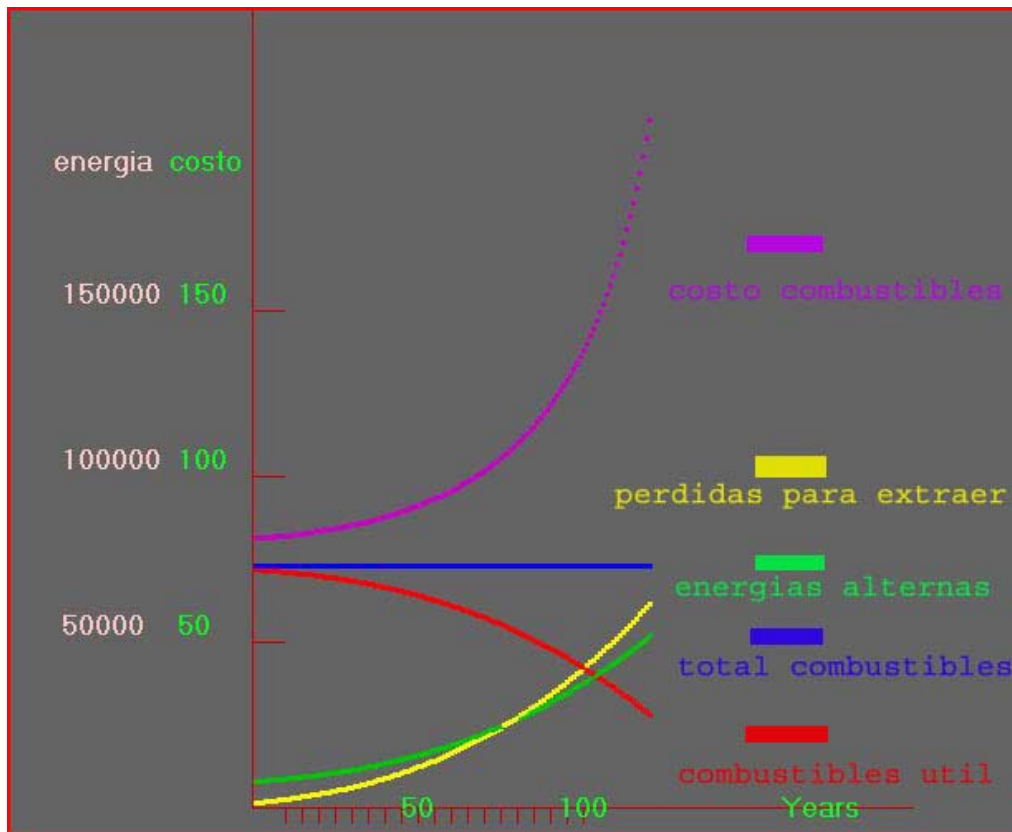


Fig. 3. Se ha supuesto la producción de riqueza del mundo constante y la producción de combustibles total también constante. Se calcula: Costo de los combustibles fósiles, cantidad de combustibles fósiles útiles (total menos la parte que se usa en la extracción, Cantidad de energía alterna producida, Y la cantidad de combustibles fósiles que se usan para sacar la totalidad. Vemos que la energía no convencional en menos de 100 años tiene mas que triplicar, esta incluye hidroeléctrica, nuclear, solar, cólica, biomasa, geotérmica y otras no convencionales. No parece que la humanidad este preparada para esto.

Modelo de desarrollo 3.

En este caso mantenemos la riqueza constante, la producción combustibles fósiles total constante, aumentaremos, cada año, la energía no convencional (Energía producida por otras fuentes que no sean combustibles fósiles) por un porcentaje del 2% de la que hay actualmente. Y calcularemos las otras variables. Los resultados los presentamos en la Fig. 4. En la Fig. 5 representamos este mismo calculo pero el aumento es del 1% es sobre la cantidad de energía no convencional del año anterior al año en consideración (Un crecimiento exponencial) En la Fig. 6 también crecimiento exponencial pero del 2% del año anterior, cada año.

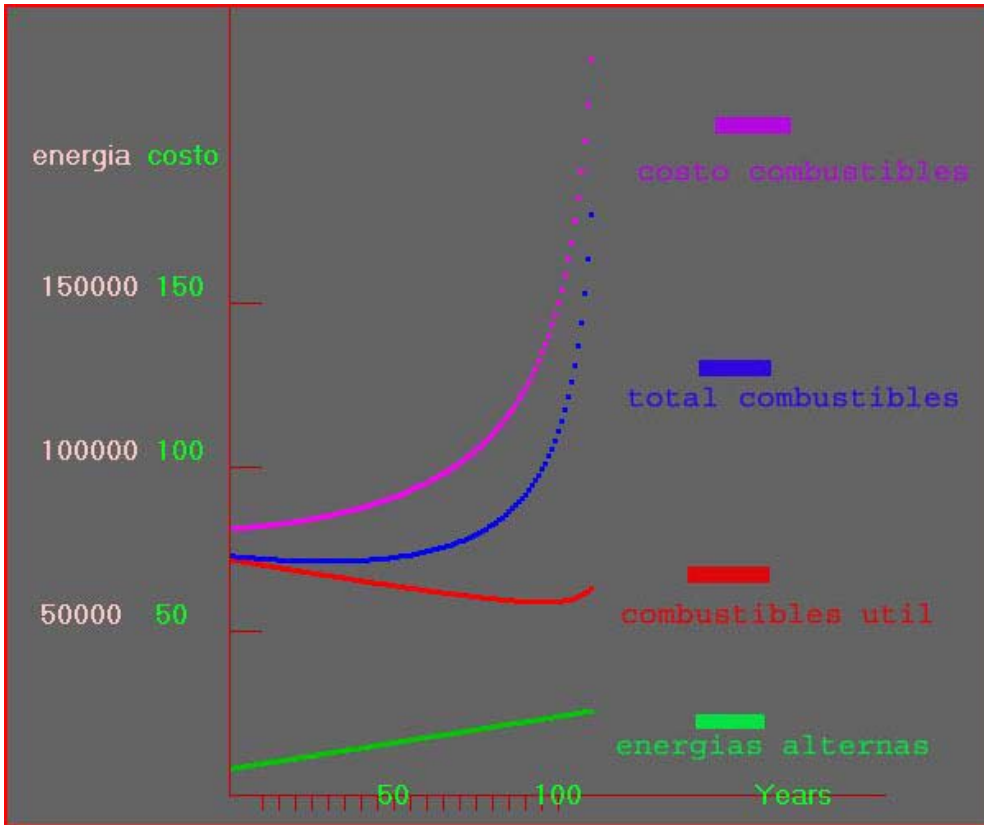


Fig. 4. Se ha supuesto la producción de riqueza constante, y se supone que se produce cada año el 2% de la cantidad instalada en sep 2011 de energía no convencional. Se calcula: Costo de los combustibles fósiles, producción total de combustibles fósiles, cantidad de combustibles fósiles útiles (total menos la parte que se usa en la extracción, Cantidad de energía alterna producida.. Como se nota en la figura no es suficiente esta producción; , aunque una producción así es claramente imposible teniendo en cuenta que la energías alternas son: Energía nuclear a punto de desmantelarse y que hoy en día representa casi el 60% de las energías alternas, la energía hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 30% de este tipo de energía y ya casi todos las aguas posibles de ser represadas y usadas para generar energía están siendo usadas para producir energía.

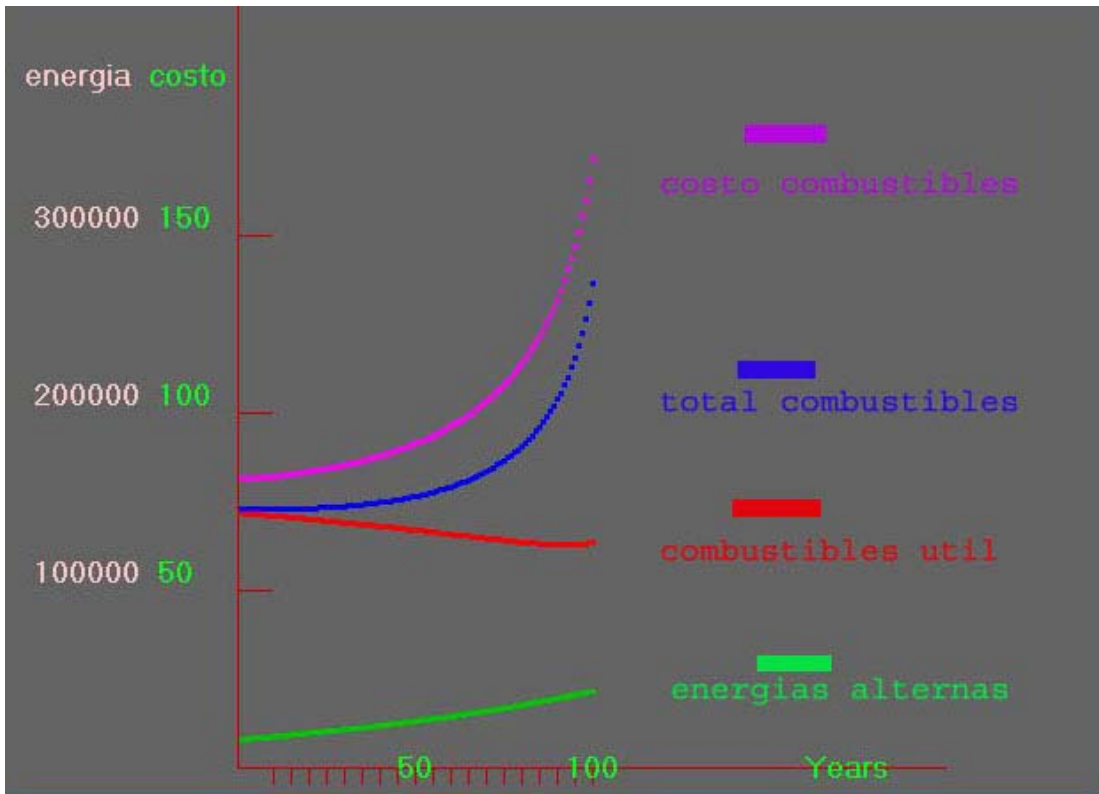


Fig. 5. Se ha supuesto la producción de riqueza constante, y se supone que se produce cada año el 1% de la cantidad de energía no convencional instalada el año anterior. Se calcula: Costo de los combustibles fósiles, producción total de combustibles fósiles, cantidad de combustibles fósiles útiles (total menos la parte que se usa en la extracción, Cantidad de energía alterna producida. Como se nota en la figura no es suficiente esta producción; aunque una producción así es claramente imposible teniendo en cuenta que la energías alternas son: Energía nuclear a punto de desmantelarse y que hoy en día representa casi el 60% de las energías alternas, la energía hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 30% de este tipo de energía y ya casi todas las aguas posibles de ser represasadas y usadas para generar energía están siendo usadas para producir energía.

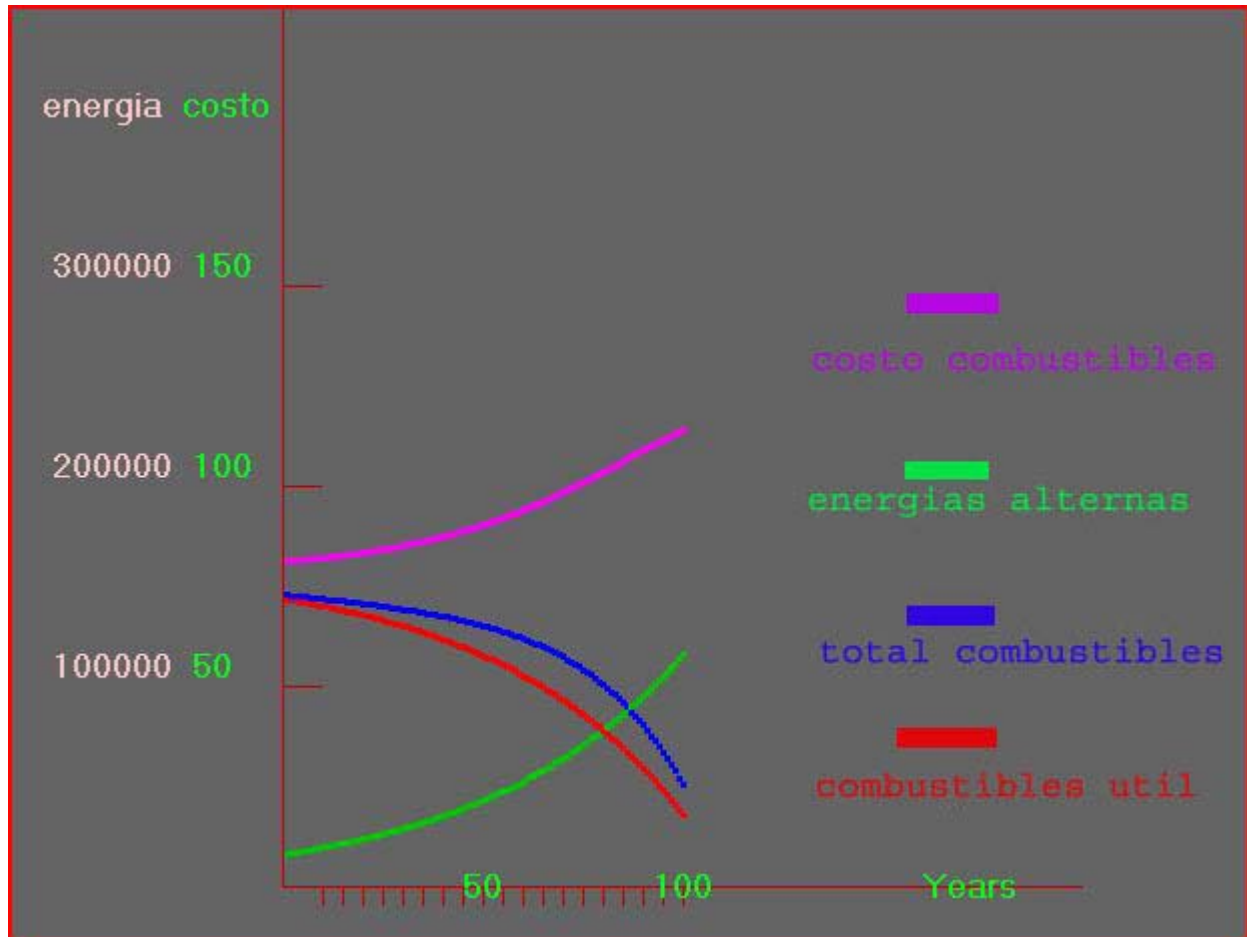


Fig. 6. Se ha supuesto la producción de riqueza constante, y se supone que se produce cada año el 2% de la cantidad instalada el año anterior. Se calcula, el costo de los combustibles fósiles, producción total de combustibles fósiles, cantidad de combustibles fósiles útiles (total menos la parte que se usa en la extracción, Cantidad de energía alterna producida. Como se nota en la Fig. esta sería una solución al problema energético, sin embargo pensar en un desarrollo de este tipo es impensable por Ej. Entre el año 2011 y 1l 2050 habría que instalar mas de 10000 MbeP de energías no convencionales. En celdas fotovoltaicas sería instalar aprox. 40000 millones de m² A un costo que el mundo no puede emprender.

Vemos que para que podamos mantener una riqueza equivalente a la de hoy en día deberíamos aumentar a partir de hoy la producción de energía no convencional en un 2% anual, esto implica aumentar la energía por fuente no convencionales (nuclear + solar + cólica + geotérmica + biomasa + hidroeléctrica etc.) a un ritmo imposible de sostener.

Modelo de desarrollo 4.

En este caso mantenemos la producción de combustibles total constante, aumentaremos cada año la producción de energía, solar, cólica, mareas, y geotérmica en un 10% de la que se produce anualmente hoy en día, solo la hidroeléctrica no podremos aumentarla a este ritmo porque ya estamos aprovechando una cantidad muy cercana a la saturación. Esta energía la aumentaremos a 1% de lo que se produce hoy en día. La biomasa tampoco puede crecer mucho porque arriesgamos quedarnos sin alimentos, por lo tanto estimaremos un crecimiento también de 1% anual. En cuanto a la energía nuclear la dejaremos constante en el tiempo debido a las dificultades que ha tenido esta industria para su expansión.

Datos consumo total anual	73000	Mbpe
Cantidad de Solar Eólico etc. 1.04% del total	759,2	Mbpe
Hidroeléctrico 3%	2190	Mbpe

La Fig.5 muestra los resultados.

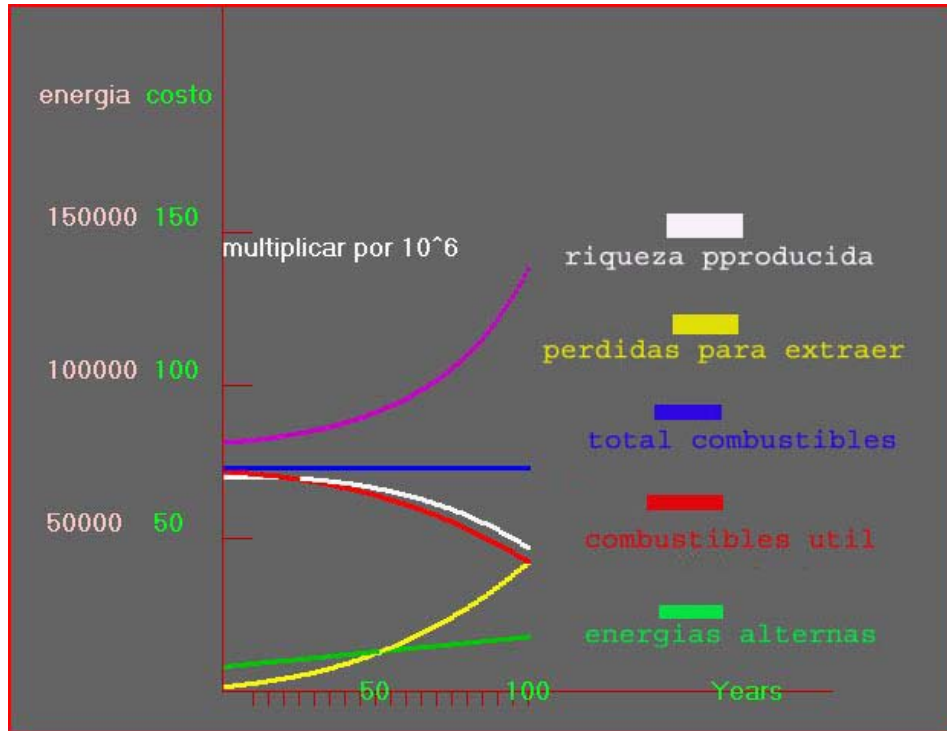


Fig. 7. Se supone que se aumenta la producción de energía hidroeléctrica y biomasa en 1% anual, la solar, la eólica, la geotérmica etc. por 10% anual. Se calcula la producción de riqueza (En blanco), costo de los hidrocarburos (violeta), producción total de energía debido a los combustibles fósiles (azul), energía de los combustibles fósiles usada para producir riqueza (rojo), energía de los fósiles usada para producir fósiles (amarillo). También en este caso vemos como la riqueza disminuirá dramáticamente después de transcurrir unos 50 años.

Conclusiones:

Con este trabajo pretendemos mostrar que el mundo está avanzando hacia una crisis de energía que puede causar una catástrofe humanitaria, porque sin energía no hay producción ni de alimentos ni de productos industriales. Debemos además tener en cuenta que pretendemos aumentar aun el consumo de energía para promover socialmente a casi una mitad de la población del mundo que aun está fuera de las sociedades de bienestar modernas, además para el 2030 se espera que la población aumente en un millar y medio más de personas. Imposible que el planeta pueda soportar esto.

Renato IRALDI
Licenciado en Física
D.E.A. en Physique du solide