Presentación Nº9

ENERGÍA: PERSPECTIVAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA

Alberto Müller

Conferencia dictada en la Universidad Católica de Santa Fe

Santa Fe, 12 de Setiembre de 2012

Sinopsis

Contenido

El concepto de energía y el "sector energético" 2

El perfil energético mundial 7

Argentina: energía y sector energético 13

Perspectivas y estrategias 17

El concepto de energía y el "sector energético"

La Energía puede ser definida (a nuestros fines) como una condición que debe cumplirse para que un sistema realice una transformación determinada. Nos interesan particularmente las transformaciones que se producen en le ámbito de los sistemas productivos, entendidos en sentido amplio.

Todo proceso entonces – en la medida en que representa algún tipo de transformación – requiere ineludiblemente contar con una capacidad, que denominamos energía.

Este proceso requiere que exista alguna diferencia de potencial (diferencia de altura, de temperatura, etc.).

Como es obvio, hay diversos tipos de transformación, que demandan diferentes tipos de energía: térmica, mecánica, química, eléctrica (hay incluso transformaciones químicas que en particular tienen la propiedad de liberar energía). Esto requiere establecer si es correcto aludir a la "energía" como una entidad única; esto es, si se puede medir de manera unificada las distintas formas de energía. La Física ha brindado en este punto una contribución central, y es la de haber establecido equivalencias entre estas distintas formas. Esto asegura la operacionalidad de un concepto unificado de energía. De todas formas, como veremos más adelante, no todas las formas de energía son equivalentes estrictamente entre sí; esto ocurre básicamente porque no existe almacenabilidad sin costo.

Existen dos propiedades básicas de los procesos, en términos de la energía utilizada, que son esenciales para comprender la naturaleza de la energía:

a) Primer Principio de la Termodinámica: La energía total que ingresa a un proceso es igual a la que sale de éste

b) Segundo Principio de la Termodinámica: La energía que sale siempre tiene menor potencial de la que ingresa

En consecuencia: la energía total disponible de aquí en más es un dato.Pero además, no toda la energía empleada en un período puede ser reutilizada en paridad de condiciones en un período posterior. En términos prácticos, la energía no solo no se crea, sino que además se deteriora.

La única excepción a esto es la que se refiere a la transformación de materia en energía (radioactividad). Pero aún así, la energía potencial que pueda provenir de esta fuente es también un dato.

El "sector energético" es un sector, dentro del conjunto del aparato productivo, que brinda determinadas formas de energía. No toda la energía que utilizamos es provista a través del sector energético.

Lo que denominamos "sector energético" es básicamente el complejo formado por hidrocarburos y energía eléctrica.

Existe un concepto más amplio, que incluye formas de suministro energético concurrentes (carbón, biomasa), relacionadas mayormente con procesos de combustión. Este conjunto se incorpora como el origen o fuente primaria de lo que constituye el "Balance energético"

Lo que queda fuera del Balance energético (y por ende del sector energético) es lo referido al suministro de energía para procesos vitales humanos (alimentación). Como veremos, puede estimarse que, en el caso de la Argentina, este tipo de energía representa el 20% de lo que consigna como gasto energético el Balance Energético.

	Fuente	**Uso**	**Sector energético?**
Ciclo vital humano	Biomasa	Alimentación	No
Energía exosomática	Biomasa	Combustión	*No (BE)*
	Biomasa	Generación eléctrica	**Si**
	Eólica	Generación eléctrica	**Si**
	Eólica	Mecánica	*No (BE)*
	Hidráulica	Generación eléctrica	**Si**
	Hidráulica	Mecánica	*No (BE)*
	Carbón	Generación eléctrica	**Si**

	Carbón	Usos térmicos	*No (BE)*
	Hidrocarburos	Todos	**Si**
	Nuclear	Generación eléctrica	**Si**

Cabe preguntarse porqué existe este tratamiento. Esto no ocurre por casualidad o capricho, sino que responde a la propia naturaleza del tema, y en particular a qué ocurre con el tópico de la energía en sociedades capitalistas, con capacidad de generar excedente y acumular.

Para entender el punto, tomemos, en forma caricaturesca, una sociedad "primitiva", centrada en la agricultura y ganadería tribal o familiar, donde no es relevante el uso de animales de tiro u otras fuentes (por ejemplo, caídas de agua, combustión para cocina o calefacción). Asumamos, aunque no sea exacto, que una sociedad de este tipo demanda aproximadamente lo mismo de energía que lo que hoy día se demanda para alimentos, digamos, unas 2000 Kcal por individuo.

La aplicación de procesos productivos más potentes (más eficientes, en términos de la fuerza de trabajo empleada) demanda fuentes adicionales; la capacidad energética de los trabajadores es evidentemente limitada. Se requiere entonces recurrir a fuentes "exosomáticas" (para usar la terminología de Georgescu-Rögen). Esto incluye tanto lo que ocurre en el ámbito propiamente productivo como en el del consumo (por ejemplo, empleo de vehículos y electrodomésticos para uso familiar)A fin de facilitar el razonamiento, suponemos que entran también bajo este concepto los usos energéticos relacionados con la calefacción y la cocción de alimentos (aunque en rigor éstos deberían formar parte del paquete energético de la sociedad "primitiva").

Estas fuentes que proporcionan estas capacidades incrementales son las que integran lo que denominamos el "Balance Energético"; esto es, todas las fuentes que no concurren directamente al mantenimiento y reproducción de la vida humana, en lo que se refiere a los aspectos biológicos.

Ahora bien, ¿cuánto representa esta energía adicional exosomática? Esto puede calcularse a partir del cómputo del total de energía consumida en el Balance Energético, con la salvedad de que deben tenerse en cuenta las diferentes eficiencias de conversión (esto es, la particular pérdida de energía útil, por obra del Segundo Principio de la Termodinámica). Esto es, debe estimarse el uso efectivo de energía a estos fines, y luego estimar la demanda correspondiente, a partir de la eficiencia de conversión.

El dato para la Argentina actual indica que el "desarrollo" por encima del nivel de subsistencia requiere una cantidad de energía adicional que es 5 veces la requerida para la subsistencia (10.000 Kcal). En el caso de países desarrollados, podría afirmarse que este requerimiento se duplica (20.000 Kcl).

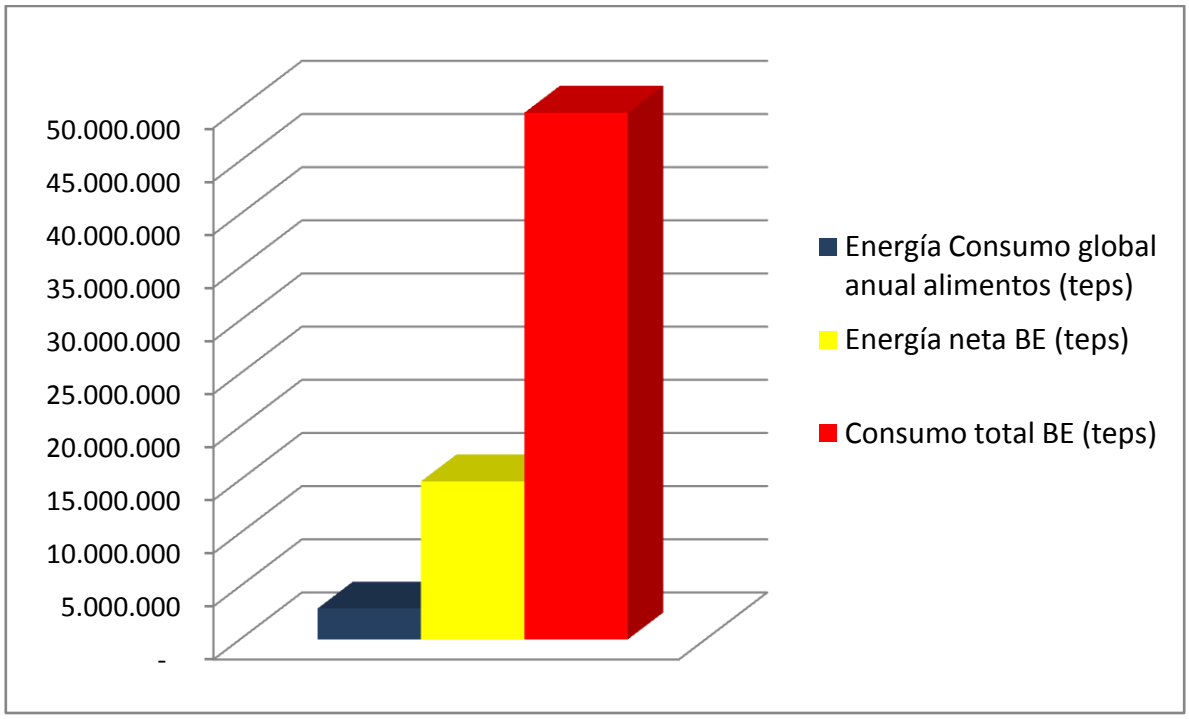
Y hay algo más importante: el recurso a fuentes acumuladas comporta procesos de transformación energética relativamente poco eficientes. La caloría ingerida por la persona puede

considerarse muy eficiente; y por otro lado, las actividades agrícolas y de crianza de ganado no alteran sustancialmente ciclos energéticos naturales, por lo que son básicamente sustentables (más allá de fenómenos de erosión o de mal manejo de suelos); en otros términos, su eficiencia no es demasiado importante, porque forma parte de la energía que el sistema natural "brinda". El uso de técnicas agrícolas o ganaderas altera marginalmente estos ciclos (en lugar de recolectar o cazar "al azar", ahora tenemos donde encontrar el alimento, y esto en realidad reduce en algún grado el requerimiento energético).

Esto cambia sustancialmente cuando recurrimos a biomasa, petróleo o carbón: la combustión es mucho menos eficiente. Los valores máximos se sitúan en 50-55% en centrales térmicas de ciclo combinado, pero caen a valores mucho menores cuando consideramos motores de combustión interna (25-40%), turbinas a vapor (40%), calefacción, etc.

Puede considerarse razonable suponer una eficiencia promedio de 1/3. Esto significa que la energía primaria que se consume es 3 veces mayor. En otros términos, 15 veces mayor para un país de desarrollo intermedio (Argentina), y 30 veces para un país desarrollado.

Consumo individual diario-alim.	2.000	Kcal
Consumo individual anual-alim.	0,07276	teps
Habitantes	40.000.000	
Energía Consumo global anual alimentos (teps)	**2.910.267**	
Consumo total BE (teps)	**49.548.417**	teps
Consumo total BE/Alimentos	17,0	
Eficiencia conversión	30%	
Energía neta BE (teps)	**14.864.525**	teps
Energía neta BE/Alimentos	5,1	



Hay un aspecto muy importante aquí: esa energía adicional no puede provenir básicamente del flujo corriente que brindan los procesos naturales corrientes (luz solar, biomasa, vientos), porque por ahora no hay forma de aprovecharla (a eso volveremos). De manera que se recurre a los yacimientos de energía acumulada, en el carbón y los hidrocarburos. Se trata en definitiva de energía que en lugar de encontrarse dispersa (como es el caso de la luz solar, que requiere de grandes superficies para colectarla), se encuentra concentrada, por lo que resulta relativamente más eficiente de obtener.

Aquí es donde empieza a nacer el "sector energético": cuando aparece el recurso a fuentes fósiles.

Pero éste no es el único paso; de hecho, el carbón por si mismo fue inicialmente considerado parte de la actividad minera, no de un "sector energético" propiamente dicho. La otra pata fundacional del "sector energético" es la aparición de la energía eléctrica, una forma bastante eficiente y versátil de transportar y transformar energía, y que – si bien admite fuentes diferentes de generación –emplea largamente a derivados de petróleo y al gas, y carbón.

La dupla entre fuentes fósiles y generación eléctricada lugar así al "sector energético", tal como lo conocemos hoy día (aunque el tratamiento del carbón no está unificado: a veces es parte del sector energético, a veces no). Un sector que nace hacia el final del Siglo XIX, pero que en un plazo de 50-60 años invade prácticamente cada rincón de la economía y la sociedad. Una verdadera revolución tecnológica.

Los hidrocarburos – y en particular el petróleo – gestan por su parte una revolución en el transporte terrestre, al dar lugar al automotor, tras el invento de los motores a combustión interna. Pero además producen una revolución agrícola, tanto por vía de la mecanización como

por la introducción de fertilizantes y pesticidas a costos bajos (más allá de la Petroquímica, que no forma parte del sector energético, pero que se encuentra vinculada por el suministro de petróleo y gas) . Por otra parte, permiten el desarrollo del transporte aéreo. La modernidad del siglo XX está fuertemente asociada a este cambio energético, impulsado por petróleo y electricidad (aun cuando el petróleo superficial es conocido anteriormente).

Por último, un sector como el energético reviste carácter estratégico; esto es, se trata de un sector sobre el que existe una explícita preocupación acerca de su desempeño, como pocos otros (más allá de que la Economía convencional no le dé entidad a este concepto). A esto contribuyen dos características económicas: su alta difusión como insumo (no hay casi sector productivo que no emplee energía provista por el sector energético) y su reducida sustituibilidad; esto da lugar de hecho a una baja respuesta (elasticidad) de la demanda a cambios de precio.

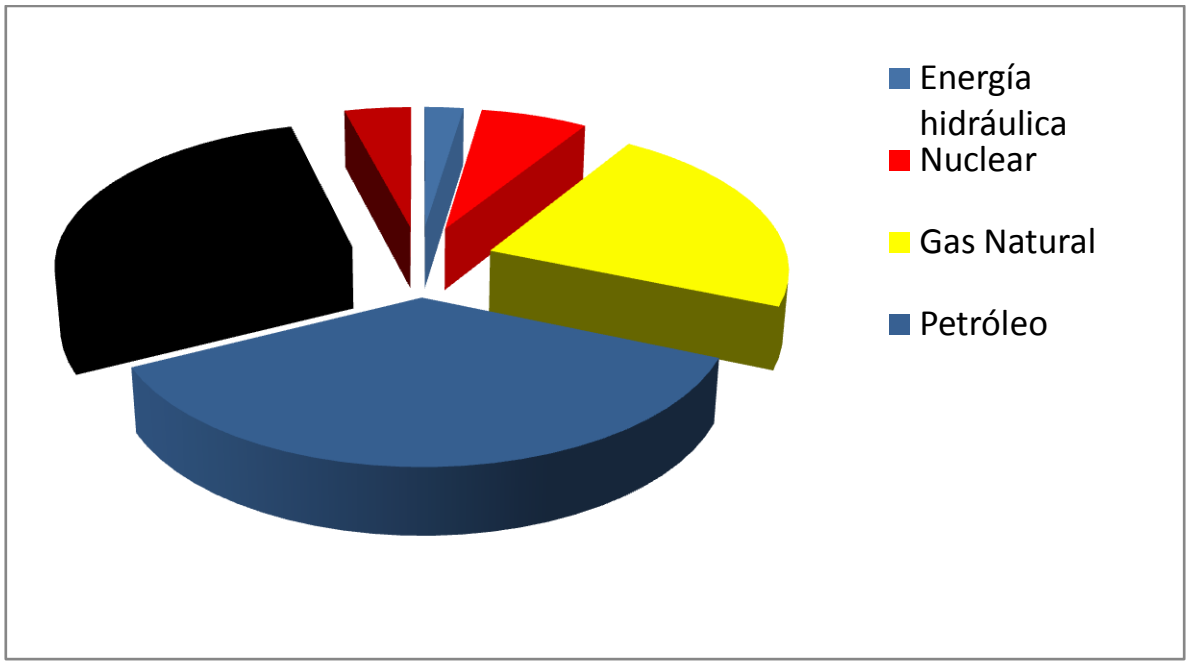
A esto cabe agregar – por si quedaran dudas – que las maquinarias militares se mueven básicamente en base a energía provista por hidrocarburos.

Los hidrocarburos otorgan a las economías desarrolladas mucha potencia económica, pero también ocasionan una gran dependencia. Cuando impera la división del trabajo y la especialización, esta conjunción entre potencia y fragilidad no es infrecuente, sino todo lo contrario.

El perfil energético mundial

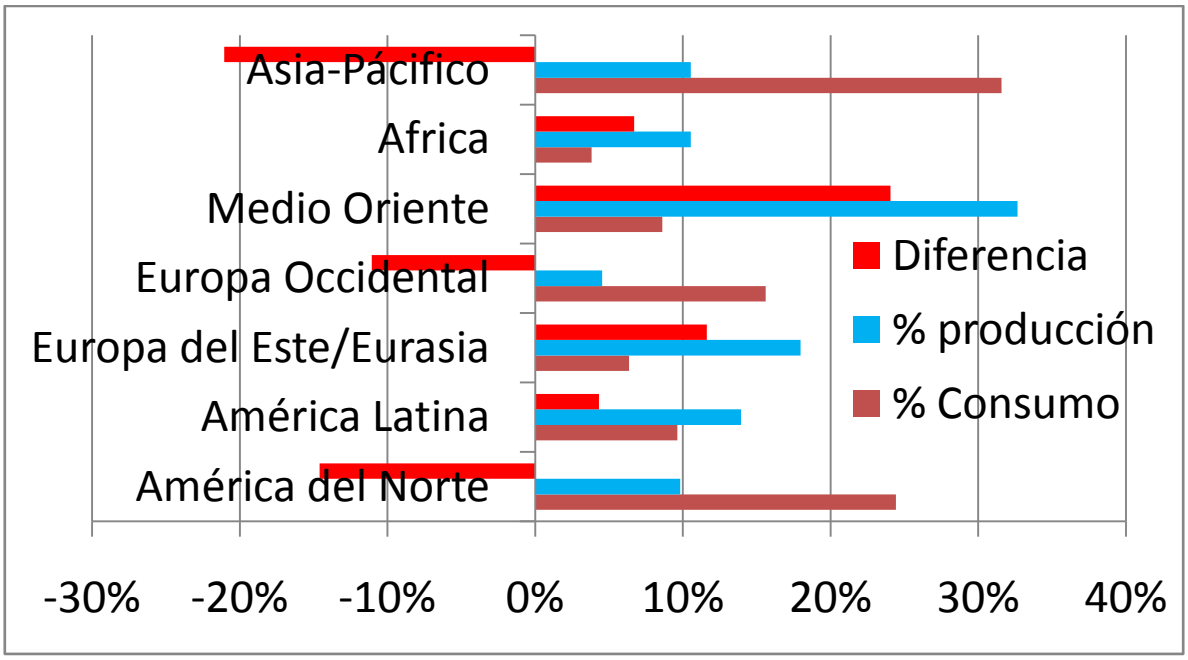
El patrón energético que muestra el mundo hoy refleja la gran importancia de los hidrocarburos, y de la energía fósil en general. La composición de la energía primaria es la siguiente:

Energía hidráulica	2,40%
Nuclear	6,60%
Gas Natural	22,30%
Petróleo	36,40%
Carbón Mineral	28,20%
Leña y Resto	4,10%



El 94% de la energía del mundo procede de fuentes fósiles y uranio; más de un tercio es representado por el petróleo.

La dependencia del petróleo trae como primera consecuencia que la localización de producción y consumo no coinciden. Dick Cheney alguna vez aludió a que “el petróleo no está donde debería estar”. Pero esto no es exactamente así: alguna vez estuvo mayormente en USA (su pico de producción fue e 1970, y luego declinó). Sólo que se acabó… Esto es, es obvio que ante muy diferentes niveles de desarrollo, el petróleo se agotará antes en los lugares de mayor consumo. Y hoy día estamos precisamente en esa situación: Medio Oriente y Europa Oriental-Eurasia concentran el 50% de la producción mundial, pero sólo el 15% del consumo.



Ya en el caso del carbón, la distribución se encuentra más equilibrada. Pero esto no responde sólo a una cuestión geográfica, sino también a la mayor versatilidad del petróleo.Las reservas de carbón se gastan más lentamente, porqueallí donde no existe carbón, la decisión no es importarlo, sino usar el petróleo, por su mayor rendimiento (una tonelada de carbón rinde calóricamente 0,7 teps; y además tiene menor versatilidad en cuanto al uso). Claramente éste no era el caso en la era previa al petróleo, que coincidió con la de la tracción a vapor del ferrocarril, y el auge de este modo de transporte (y también del generalizado uso del vapor como fuente mecánica).

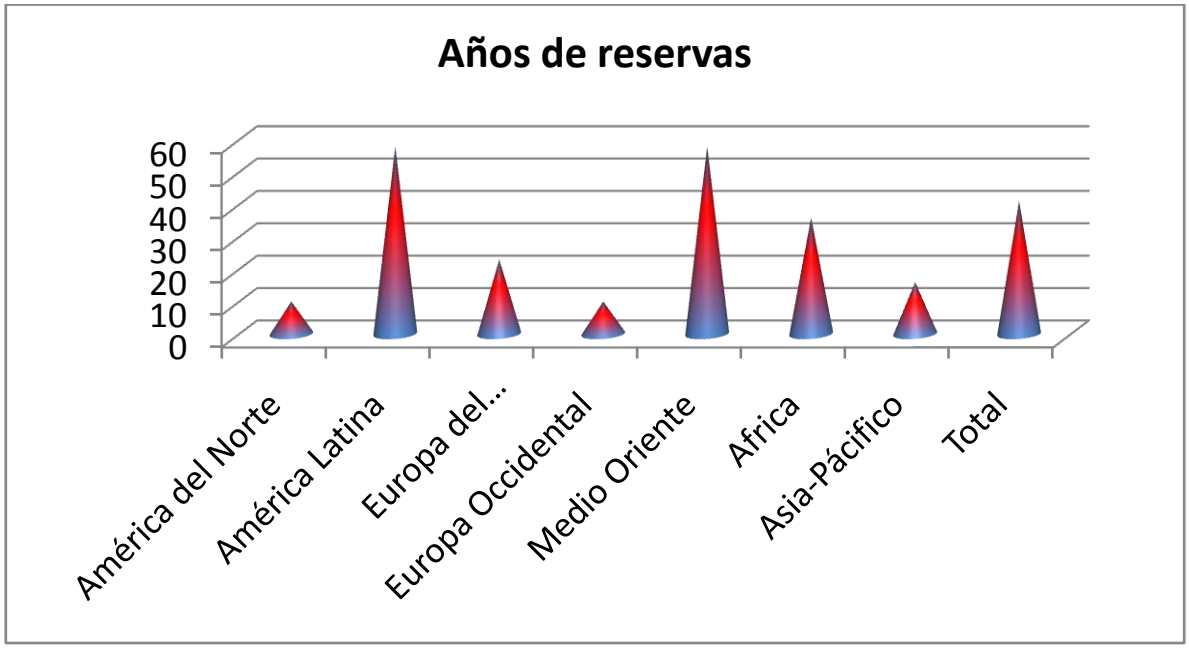
La mayor novedad es el gas, en cuanto logró convertirse en un commodity. Hasta hace algunos años, su transporte se limitaba al uso de gasoductos; pero hoy día, mediante buques que transportan GNL, es relativamente accesible en cualquier lado (aunque requiere instalaciones muy especializadas). De todas formas, gracias sobre todo al suministro del gas ruso a Europa Occidental, el grueso de lo que se comercializa entre países corresponde todavía a ductos.

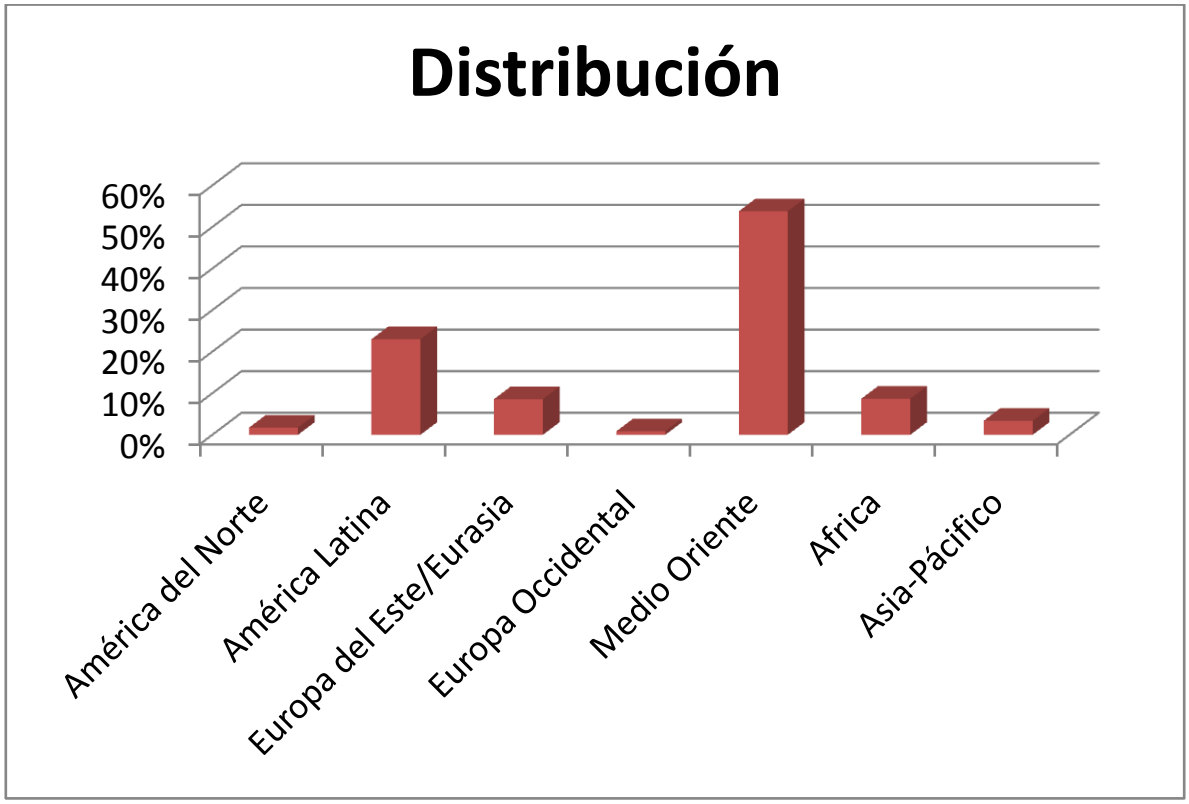
Hay que aceptar que el stock de energías fósiles (y del uranio) es fijo, si se compara el tiempo de formación con el de uso. La pregunta es entonces la siguiente: ¿qué disponibilidad tenemos a futuro de estas fuentes energéticas?

Nos concentramos ahora en el caso del petróleo. Como es obvio, esta pregunta no se responde fácilmente; básicamente, porque la información publicada sobre reservas no es creíble. Por un lado, es un dato estratégico que tiende a esconderse; por el otro, es un dato que se emplea entre los países de la OPEP para administrar las cuotas.

¿Porqué cuotas? La OPEP es una suerte de oligopolio, donde cada país miembro produce una cierta cantidad, aprobada entre ellos. Esto responde a que al ser la demanda del petróleo poco

elástica, cualquier incremento “excesivo” de producción lleva a que el precio se derrumbe. De hecho, hasta hace una década aproximadamente, el petróleo estaba mayormente sobreofertado. Como las cuotas se asignan en función de las reservas, hay interés en declarar un volumen elevado. Pero está claro que ese dato es “intramuros”. Lo que se publica es simplemente un número que se considera adecuado.

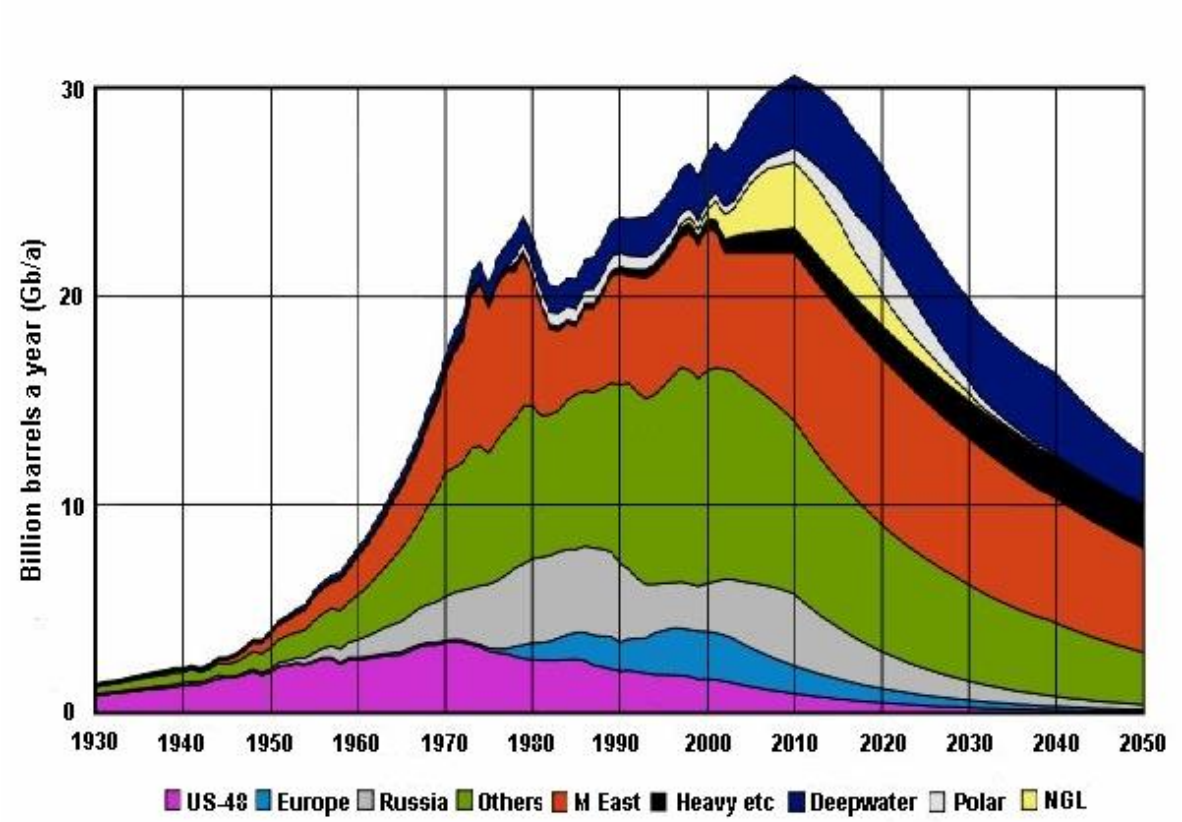




Hay además algunas cuestiones técnicas. Una de ellas es que los datos históricos de reservas no se actualizan, en función del rendimiento efectivo de los yacimientos. Cuando esto se realiza, el cuadro es totalmente distintos: las reservas de petróleo vienen cayendo.

Veamos el tema, más técnicamente. En su momento, Hubbert desarrolló una técnica que, partiendo de la curva típica de desempeño de un yacimiento individual, estimó el pico de producción del petróleo en EEUU, en el año 1956. El año previsto fue 1970, y esta previsión fue acertada. Se han ensayado a partir de allí previsiones análogas, pero para todo el mundo. Estos ejercicios son difíciles, sobre todo porque no queda claro si logran considerar la explotación de los yacimientos no convencionales (ni siquiera está clara la definición de este tipo de yacimientos).

Hay varias estimativas. Laherre y Colin Campbell estarían situando el año en torno de 2015.

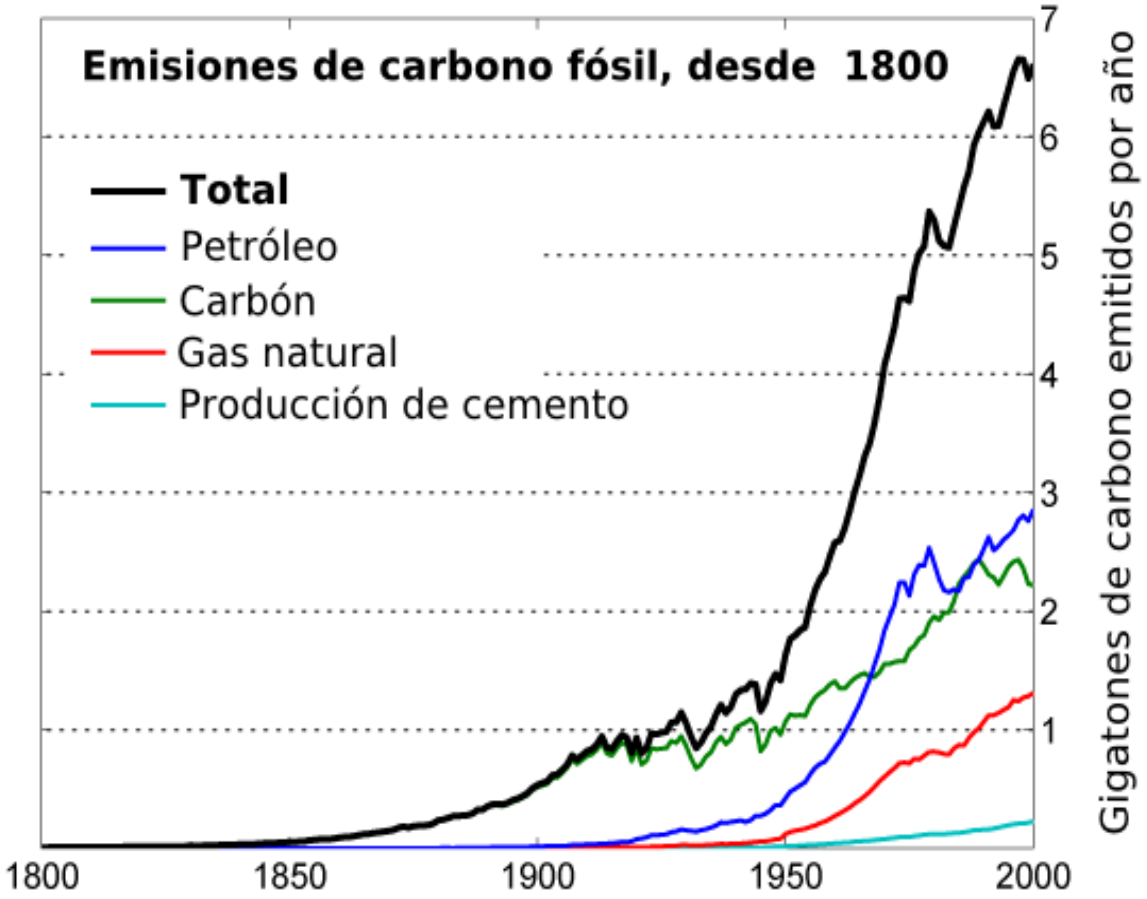


La perspectiva es que la producción no podrá sostenerse e irá declinando gradualmente, llevando a un incremento continuo de precios (habida cuenta de la baja elasticidad de sustitución). El shock petrolero verificado a partir de 2004 – menos ruidoso pero mucho más duradero de los anteriores – sugiere que esta perspectiva estaría en vías de verificarse. El tener reservas “para 40 años”, más allá de algunas falacias en su cálculo, no es razón para suponer que el problema aparecerá en 40 años. Los 40 años no son de producción constante, sino decreciente (curva de Hubbert).

El problema ya está apareciendo ahora, y posiblemente sea una explicación para algunos cambios radicales en la geopolítica mundial, en particular las masivas intervenciones militares de EEUU y también la OTAN (si yo lo sé, se supone que cierta gente ubicada en ciertos lugares también lo

sabe). La intervención de las potencias centrales ha quedado nuevamente naturalizada, como lo fue durante la expansión colonial o la apertura forzada a China. Obama viendo en TV como lo matan a Osama es una de las mejores imágenes de esto.

A esto se adiciona el efecto invernadero, producto de la acumulación de CO2 y gas metano en la atmósfera. Esta acumulación genera una "capa" que retiene una porción mayor de la radiación de cuerpo negro que produce la tierra. El aumento de emisiones estaría produciendo un calentamiento global, con importantes consecuencia. Un factor central aquí, pero no le único, es la emisión de CO2 por obra de la combustión de combustibles fósiles.



Sobre esto, hay polémica, y no vamos a entrar en el tema aquí. Sólo podemos decir lo siguiente: si realmente esta acumulación ha ocurrido (algo que sugiere el análisis de los estratos de hielo en los casquetes polares), y tiene efectos climáticos, estamos frente a un fenómeno inédito. Sería la primera vez que la humanidad es capaz de producir un cambio climático a nivel global. Y si realmente esto ocurrió tal como se sostiene, estamos frente a una perspectiva muy difícil. Aun si parara la emisión de CO2, lo que se acumuló tardaría un tiempo importante en absorberse; y reducir la emisión a niveles "normales" no es una tarea sencilla. Lo que más puede contribuir – paradójicamente – es el agotamiento de los combustibles fósiles…

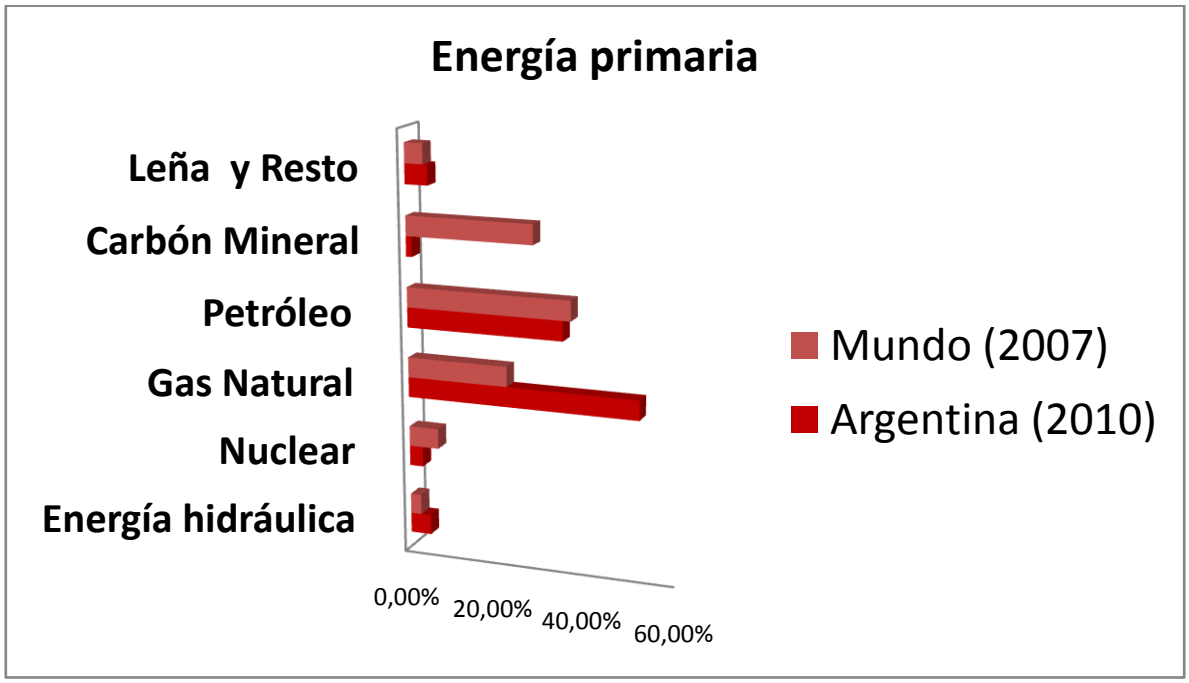
Si es así realmente – o si en cambio se trata de un ciclo secular, ajeno a la acción antrópica – no lo sabemos. Es razonable de todas formas tomar medidas, por razones precautorias. Esto tiene una indudable incidencia en las opciones energéticas a tomar a futuro.

<u>Argentina: energía y sector energético</u>

Trazamos brevemente la historia del sector energético en la Argentina

a. *Primer desarrollo de hidrocarburos y difusión del sector eléctrico (1900-1960)*
    - Electricidad: inicios del Siglo XX – centrales térmicas locales – primeros desarrollos hidroeléctricos de baja potencia (San Roque, Molinos, Nihuil, La Viña)
    - Petróleo y Gas: descubrimiento inicial en 1907 – lento crecimiento posterior, básicamente de la mano de YPF
    - Primeros ductos de gran alcance (Gasoducto C. Rivadavia-Buenos Aires).
    - Déficit externo en hidrocarburos
    - Estrangulamiento energético en la década del ’50.-
b. *El virtual autoabastecimiento petrolero – el desarrollo de la hidroelectricidad – Plan Nuclear (1960-1980)*
    - Entrada masiva del capital extranjero en la actividad petrolera (con idas y vueltas varias), bajo la égida de YPF, que hace la mayor prospección de reservas
    - Único gran yacimiento de hidrocarburos: Loma La Lata - Neuquen
    - Desarrollo de grandes centrales hidroeléctricas (Comahue, Salto Grande, Yacyretá)
    - Inicio del programa nuclear
    - Restricción energética en los ‘80
c. *Privatización y excedente energético (1980-2005)*
    - Explotación de hidrocarburos sin desarrollo de reservas
    - Régimen de libre disponibilidad
    - Excedente externo creciente hasta 1998 (40% de petróleo exportado), luego declinación – superávit energético en todo el período
    - Desmembramiento y privatización de YPF
    - Conclusión de grandes obras hidráulicas ya iniciadas (Yacyretá – Piedra del Águila) y luego parálisis en este rubro
    - Entrada masiva de la tecnología del Ciclo Combinado alimentada a gas en generación eléctrica
    - Desactivación del programa nuclear
    - Profunda reforma regulatoria en el sector eléctrico – liberación del precio de generación
    - Sobreoferta en parque de generación eléctrica y subinversión en transporte troncal
d. *Redefinición gradual (2004-2011)*
    - Mantenimiento de la primacía de hidrocarburos (gas)

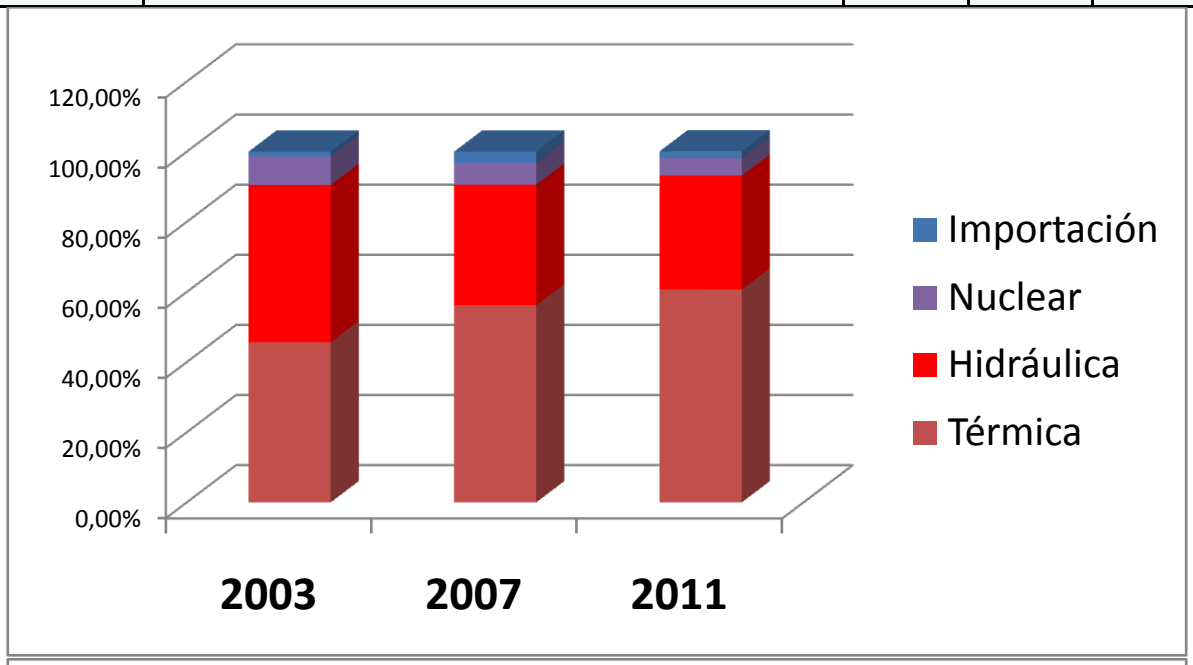
- Persistente declinación de la producción petrolera – inicio de declinación en producción de gas
- Mantenimiento del marco regulatorio hidrocarburífero con negociación (Gas Plus, Petróleo Plus)
- Iniciativa estatal en construcción de centrales CC
- Reiniciación de Atucha II
- Iniciativa estatal en construcción de líneas troncales de transporte eléctrico
- Subsidio creciente al consumo residencial y no residencial
- Recomposición tarifaria en favor de hogares
- "Crisis energética" en 2004
- Inicios de fuentes alternativas: eólica, biocombustibles.

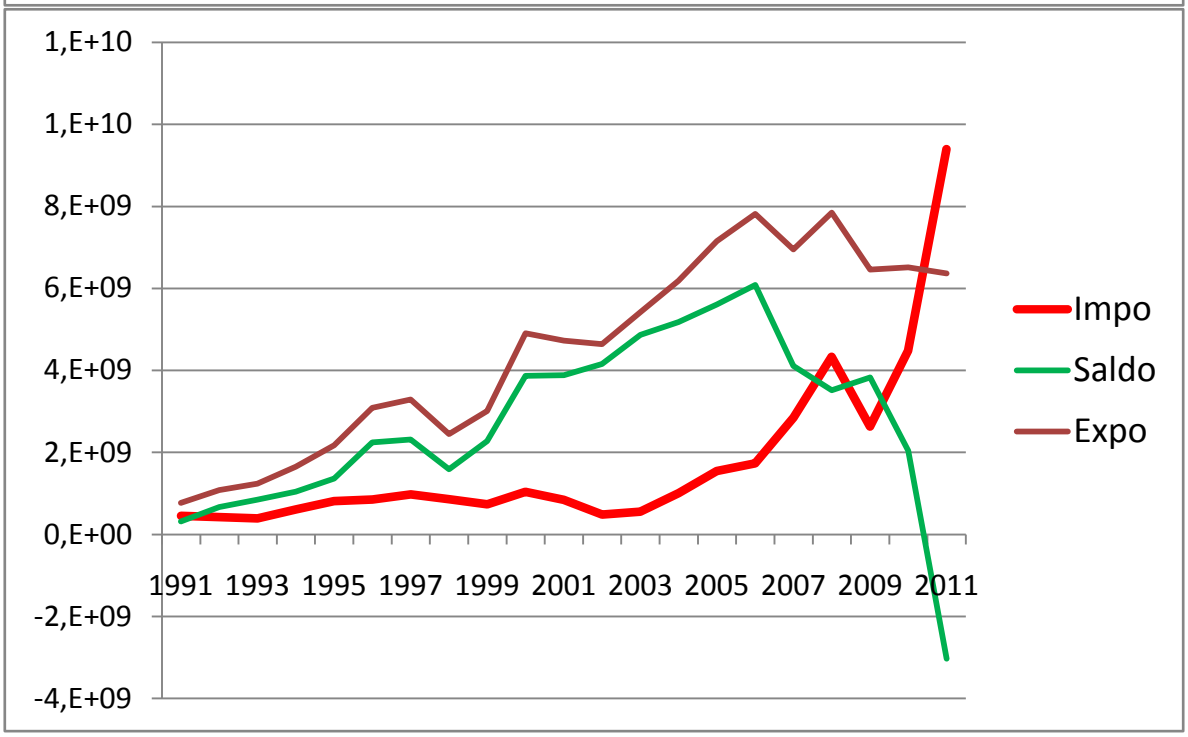


	Miles de toneladas equiv. de petróleo				*Tasas anuales acumulativas*		
	1990	**2000**	**2003**	**2010**	***1990-2000***	***2000-2003***	***2003-2010***
Energía Hidráulica	1.950	3.100	3.638	3.540	*4,70%*	*5,50%*	*0,40%*
Nuclear	2.252	1.775	2.213	2.28	*-2*	*7,*	*0,5*

				9	*,40%*	*60%*	*0%*
Gas Natural	18.530	30.744	33.588	39.064	*5,20%*	*3,00%*	*2,20%*
Petróleo	23.429	26.731	26.098	26.411	*1,30%*	*-0,80%*	*0,20%*
Carbón Mineral	956	779	652	976	*-2,00%*	*-5,70%*	*5,90%*
Aceite	0		0	1.909			
Otros Primarios	1.722	2.238	2.121	1.978	*2,70%*	*-1,80%*	*1,00%*
Total oferta primaria	**48.839**	**65.367**	**68.311**	**76.167**	*3,00%*	*1,50%*	*1,60%*
Total oferta interna	**39.809**	**55.043**	**54.106**	**76.139**	*3,30%*	*-0,60%*	*5,00%*
Variación PIB					*3,90%*	*-1,80%*	*7,00%*

Elasticidad oferta interna -PIB		*0,85*	*0,31*	*0,71*



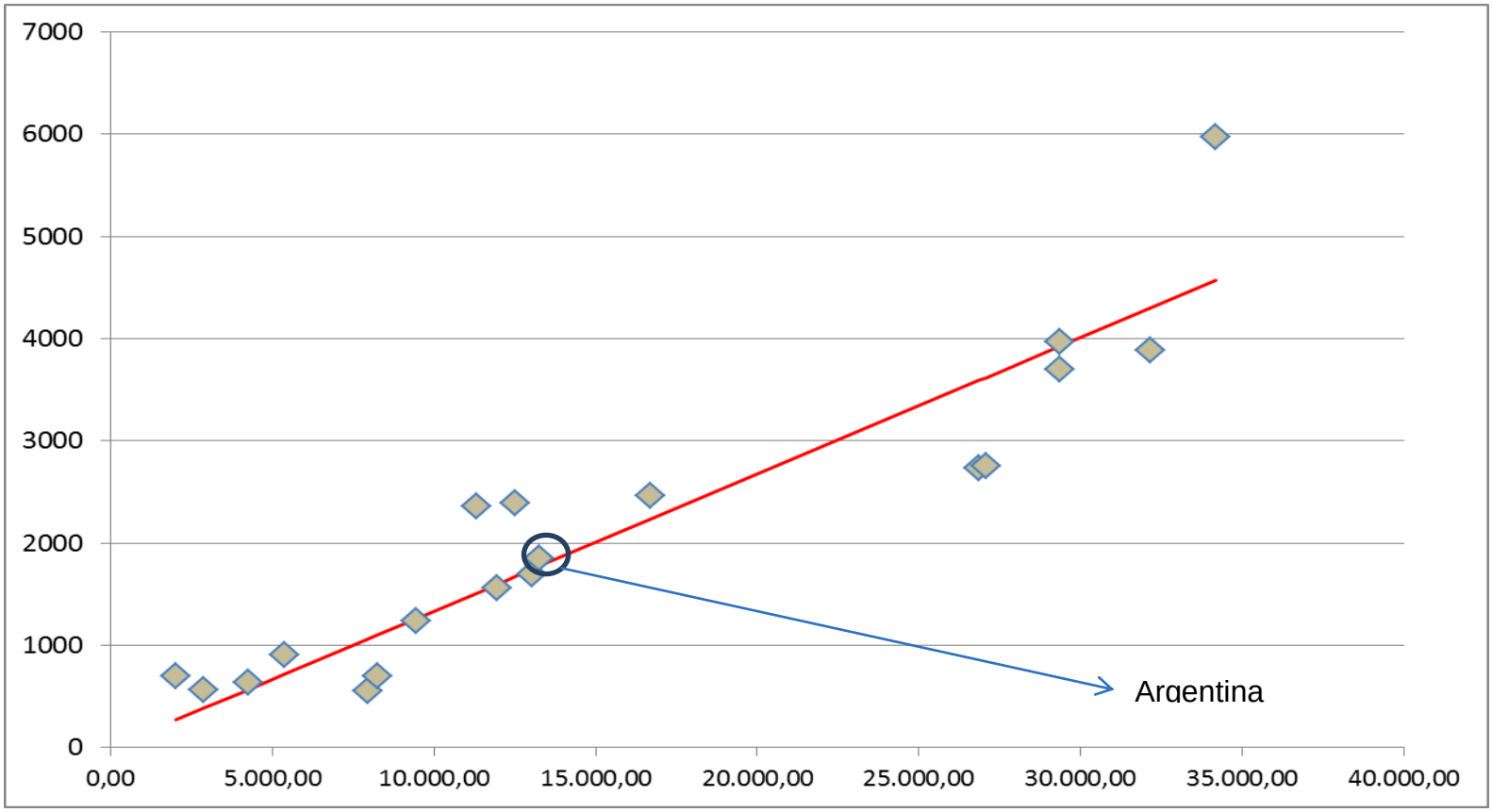


e. Nuevo activismo estatal (2011 en adelante)

- Nuevas iniciativas hidroeléctricas (La Leona – Cóndor Cliff)
- Déficit energético externo a partir de 2011
- Estatización del YPF
- Nuevo modelo: expansión hidrocarburífera – yacimientos no convencionales

Crisis energética:

- Hay “crisis energética” cuando hay estrangulamiento en el suministro eléctrico, no por déficit en hidrocarburos; gran parte de los países, ya vimos, tienen déficit en hidrocarburos.
- Las tarifas tienen poco que ver con el déficit. No hay un consumo energético excesivo en Argentina



<u>Perspectivas y estrategias</u>

La perspectiva mundial: está claro que el ciclo de los hidrocarburos está en vías de conclusión. Visto globalmente, se habrá tratado de un ciclo de unos 300 años. Un auténtico “ciclo del petróleo”.

La última “esperanza” de los hidrocarburos son los de extracción difícil (llamados no convencionales). Esto forma un amplio conjunto, que incluye esquistos bituminosos, petróleo y gas contenido en roca y yacimientos a gran profundidad (el pre-sal de Brasil es un ejemplo).

Las opciones más inmediatas son el gas y el carbón; pero también enfrentan sus propios picos (más próximo el del gas, más lejano el del carbón). Por otro lado, su sostenibilidad es relativa, en términos ambientales (en particular en el caso del carbón).

Las opciones principales al alcance hoy día son las siguientes:

[ALTERNATIVAS AL PETRÓLEO]

- Generación eléctrica exclusivamente:
    - Energía hidráulica
    - Energía eólica
    - Energía nuclear
    - Solar fotovoltaica
    - Energía mareomotriz
- Fuentes térmicas exclusivamente
    - Solar por colectores de calor
    - Geotérmica de baja temperatura
- Fuentes “universales”
    - Carbón
    - Biomasa – biogás de desechos
    - Biocombustibles
    - Hidrógeno
    - Geotérmica de alta temperatura