

Antonio Turiel

## El ocaso del petróleo

Queridos lectores,

Empiezo este post como acababa [el anterior](#): con la gráfica de la previsión que hace la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en su último informe anual para la producción de petróleo de acuerdo con su escenario central, el de *Nuevas Políticas*. Ese gráfico, como ya se comentó, muestra que a escala global la producción de petróleo crudo comenzará ya su declive. Las previsiones de la AIE tienen ciertos elementos un tanto optimistas, por no calificarlos de fantasiosos, en lo que se refiere a la producción futura de los yacimientos de petróleo aún por descubrir y aún por poner en explotación, amén de que infla considerablemente las perspectivas de los petróleos no convencionales, con los que consigue que en 2035 se llegue a la marca de 100 millones de barriles diarios (Mb/d) desde los casi 87 Mb/d de 2011. Todo lo cual comentamos en el último post.

Y en ese mismo post [Carlos de Castro hizo un interesante comentario](#) sobre la interpretación correcta de las cifras de ese escenario. Eso me hizo pensar en hacer un sencillo ejercicio, con números simples, para mostrar que incluso con el maravilloso escenario de la AIE para el futuro las cifras en realidad no cuadran. Que incluso con la mejor de las hipótesis para el futuro estamos ya entrando en la fase de declinación del petróleo. Veámoslo.

He tomado el gráfico de arriba, lo he renderizado en alta resolución (600 dpi) y he medido la altura relativa de las barras. Después, mediante una sencilla regla de tres, he convertido las barras en un valor equivalente de producción para cada año representado, expresado en Mb/d. He aquí mis resultados:

<b>2000</b>	65.9	65.9	65.9	73.8	74.9	74.9	76.7
<b>2005</b>	70.0	70.0	70.0	79.7	82.0	82.0	83.9
<b>2011</b>	68.2	68.2	68.2	80.2	83.2	84.4	86.2
<b>2015</b>	64.1	68.2	68.2	82.6	86.8	89.3	91.7
<b>2020</b>	56.3	65.3	66.5	82.1	88.0	91.1	94.0
<b>2025</b>	48.0	61.1	65.9	82.1	89.2	93.3	95.8
<b>2030</b>	36.7	56.4	65.3	82.1	90.9	94.6	97.6
<b>2035</b>	25.9	52.2	65.3	83.2	93.3	97.0	100.0

Lógicamente, y dado el método, estos valores tienen un cierto margen de error, pero seguramente es bastante pequeño (por ejemplo, para 2035 la producción total de petróleo me resulta de 100 Mb/d pero el informe dice que es de 99,7 Mb/d, así que probablemente el error de

las cifras que doy respecto a las reales de la AIE debe ser inferior al 0,5%).

A partir de aquí he elaborado un gráfico continuo (simple extrapolación lineal para los años de los que no tenemos datos); los colores se corresponden aproximadamente a los del gráfico de la AIE:

Recordemos las diferentes categorías. La franja negra de más abajo representa la producción de los campos de petróleo crudo actualmente (2011) en producción. La franja de color azul celeste representa la producción de los campos de petróleo crudo que ya se conocen pero que no se están explotando por falta de demanda o exceso de coste productivo. La franja de color azul oscuro representa la producción de petróleo crudo que tendrá que venir de los campos aún por descubrir. Todas las otras franjas representan petróleos no convencionales, sucedáneos imperfectos del petróleo. La franja de color morado representa la producción de los líquidos del gas natural; la de color amarillo viene de la producción de todos los demás petróleos no convencionales excepto el ligero de roca compacta; la franja roja es la del ligero de roca compacta y la verde (en contraste con el color usado en el informe de la AIE) representa las ganancias de refinado.

Representada en forma continua, aunque sea con una extrapolación lineal entre puntos consecutivos, se hace uno una idea más cabal de cuál es el escenario que la AIE considera como más cercano al curso futuro de los acontecimientos. En particular, el suave declive de la producción de petróleo crudo se hace más palpable.

Pero, volviendo al comentario de Carlos de Castro, esta gráfica oculta un hecho fundamental. Estamos sumando volúmenes diversas categorías de hidrocarburos asumiendo que son equivalentes... pero no lo son. Los petróleos no convencionales, todos ellos, tienen densidades energéticas por volumen de alrededor del 70% de la del petróleo crudo. Por otro lado, las ganancias de refinado se refieren al aumento de volumen de los productos procedentes del refinado de petróleo, aumento de volumen que obviamente no supone un aumento de la energía que se extrae del petróleo. Eso no quiere decir que los productos refinados a partir de un barril de petróleo tengan exactamente la misma energía que un barril de petróleo, o incluso menos debido a las pérdidas en el proceso de transformación (el [Segundo Principio de la Termodinámica siempre está al acecho](#)). En realidad estos productos tienen más energía que la del barril originario, porque en su elaboración se utiliza gas natural, para la hidrogenación de los hidrocarburos más insaturados. Lo que obviamente sí pasa es que la energía de los refinados de un barril de petróleo tienen menos energía que el barril original más la del gas natural empleado. En todo caso, toda ganancia de energía no viene del petróleo sino del gas, así que si lo que nos interesa saber es cuánta energía proviene de la producción de petróleo en sí misma hemos de suprimir simplemente la franja correspondiente a las ganancias de refinado. Haciendo esos ajustes (los petróleos no convencionales tienen un 70% de la energía en volumen del petróleo crudo, las ganancias de refinado no aumentan la energía del petróleo) obtenemos la siguiente gráfica, que vendría expresada ya como unidades de energía aunque éstas sean poco convencionales: millones de barriles equivalentes a petróleo crudo por día:

Ésta es la gráfica que la AIE debería presentar si hiciese la contabilidad como es debido, es decir,

dando flujos de energía y no de volumen. Como se ve, las perspectivas de crecimiento de producción, cuando se expresan en términos de la energía asociada, son mucho más magras y menos alentadoras: pasaríamos de 79,5 Mb/d (entendidos ahora como equivalentes energéticos) en 2011 a 87,5 Mb/d en 2035.

Con todo, esa gráfica aún no cuenta toda la historia, puesto que es una gráfica de energía bruta o total, pero no nos dice cuánta energía le queda disponible a la sociedad, una vez se ha descontado la energía requerida para la mera producción energética, para el mismo mantenimiento de estos flujos. Para hacer una estimación de la energía neta necesitamos conocer la Tasa de Retorno Energético ([TRE](#)) de las diferentes fuentes de hidrocarburos asimilados a petróleo. Recordemos que la TRE viene dada por la siguiente fórmula:

$$TRE = E_t/E_p$$

donde  $E_t$  es la energía total producida por una fuente y  $E_p$  es la energía necesaria para su producción, ambas tomadas durante toda la vida útil de la fuente en cuestión. Asumiré que dado el gran número de yacimientos y sistemas de producción el sistema está en equilibrio dinámico, es decir, que tanto  $E_t$  como  $E_p$  se pueden tomar como valores instantáneos (simplificación que en realidad suaviza el declive). Con esta formulación, la energía neta  $E_n$  que nos devuelve una fuente durante su vida útil (y, si tenemos muchas fuentes en momentos diversos de su vida útil, también vale de manera instantánea para todo el conjunto) es:

$$E_n = E_t - E_p = E_t \cdot (1 - 1/TRE)$$

Sólo nos falta conocer los valores de TRE para todas las diversas categorías del gráfico de la AIE. Conocer esos valores es harto difícil y no exento de controversia, según la metodología empleada. Yo no voy a hacer una discusión pormenorizada de todos estos valores; simplemente, voy a proponer unos que me parecen razonables. Como los números están sobre la mesa, cualquiera puede jugar con ellos y proponer los cambios que le parezcan más oportunos y obtener así su propia versión. También cabe decir que este ejercicio debería hacerlo la propia AIE, de cara a dar una idea más clara de cuál es el futuro de disponibilidad de energía para la sociedad (porque dar el dato bruto, que incluye el gasto para el despliegue y mantenimiento de los sistemas de producción de petróleo, es bastante engañoso). He aquí mis valores; todos son constantes en el tiempo, lo cual en realidad suaviza el declive:

- Para el petróleo crudo actualmente en producción asumo un valor de TRE de 20, en sintonía con las estimaciones más habituales. Un valor tan alto tiene poco impacto, ya que sólo resta un 5% a la energía neta.
- Para el petróleo crudo sin explotar, más caro, asumo una TRE de 5. Algunos autores lo cifran en 3 o incluso en 2; otros, en 10. El valor 5 me parece un compromiso razonable: suficientemente pequeño como para explicar que algunos de estos yacimientos no se hayan podido explotar económicamente hasta ahora, pero suficientemente grande como para permitir que ahora, con precios altos, se puedan explotar. Eso implica un retorno de energía neta del 80% de la energía bruta.
- Para el petróleo aún por descubrir, asumo una TRE de 3. Los yacimientos por descubrir son mayoritariamente de aguas profundas, donde típicamente se tienen que perforar 4 o más pozos secos antes de dar con uno que produce petróleo; además, tiene ritmos de declive más rápidos que el petróleo en la plataforma o en tierra firme, lo que implica tener que

perforar más o hacer perforación horizontal; tienen más problemas de mantenimiento y muchos están en zonas tropicales, donde el paso de huracanes obliga a cerrarlos periódicamente y causan daños, incrementando el coste productivo en términos de Ep. También forman parte de esta categoría los petróleos árticos, con similares dificultades. El retorno de energía neta aquí sería del 66% de la energía bruta.

- Para los líquidos del gas natural, asumo una TRE de 5. Si el gas natural del que provienen fuera sólo convencional, una TRE de 20 sería lo más razonable, pero una parte muy grande de estos líquidos tendrá que venir del gas no convencional, que tiene una TRE muy baja. De nuevo, un 80% de energía neta sobre la bruta.
- Para los petróleos no convencionales, incluyendo el petróleo ligero de roca compacta, asumo una TRE de 2. Esta categoría incluye mayoritariamente los biocombustibles, con TRE de 1 o inferior, y los petróleos de esquisto, que tienen TRE de 3 o inferior. Eso implica que sólo el 50% de la energía bruta llega a aprovecharse en energía neta.

Tomando todos esos valores en cuenta se obtiene el siguiente gráfico:

Este gráfico también lo tendría que haber producido la AIE si se tomase en serio su trabajo, y, como ven, explica una historia bien diferente a la oficial. De acuerdo con él, la energía neta de todos los líquidos del petróleo, incluso con la infladísima previsión de futuro de la AIE, llegaría a su cenit hacia 2015, con un valor máximo de 79,7 Mb/d de energía equivalente al petróleo, y decayendo suavemente hasta los 77,1 Mb/d en 2035. En suma, que estaríamos muy próximos al cenit de la energía neta del petróleo, mensaje en extremo alarmante.

¿Y qué pasaría si en vez de proponer unas estimaciones tan infladas como las de la AIE les damos un pequeño baño de realismo? Es difícil hacer una estimación precisa de cómo irá en realidad la producción de las diversas categorías de líquidos asimilados a petróleo (por lo menos a mi que no soy geólogo; los miembros de [ASPO](#), sin embargo, sí que tienen buenas estimaciones de todas ellas). Sin embargo, resulta fácil hacer una aproximación un poco más realista acerca del futuro real de la producción de petróleo. Aproximación discutible, si quieren; aquí dejo las hipótesis y los números, para que quien quiera repita los cálculos a su gusto:

- De acuerdo con [la edición de 2010 el informe anual de la propia AIE](#), y con el [consejero delegado de Shell Peter Voser](#), la declinación de los pozos de petróleo crudo actualmente en explotación es del 5% anual, y no del 3,3% anual que se deduce del presente informe. Corrijo esta tendencia.
- De los pozos que actualmente no se explotan, seguramente no todos podrán ponerse en explotación, en parte porque [el precio del barril para que salieran a cuenta es excesivo como para que la sociedad lo pueda pagar](#) (ya hemos discutido que, contrariamente a lo que dice la ortodoxia económica, [la energía no es una mercancía más y no todo precio es pagable en nuestro actual sistema](#)), y en parte porque no hay métodos eficaces para procesar esa producción potencial (el caso más obvio es el que ya tantas veces hemos comentado del [campo de Manifa](#), en Arabia Saudita, cuyo petróleo tiene un contenido tan alto en vanadio que no hay refinería en el mundo que lo pueda tratar). También creo que la AIE peca de optimismo en cuanto al potencial de estas fuentes. Teniendo todo eso en cuenta, reduzco esta cantidad a la mitad.

- En cuanto a los pozos aún por descubrir, es sabido que las estimaciones de la AIE presuponen un ritmo de hallazgos que es 4 veces superior al de los últimos 20 años. Añádase a eso que en un contexto de inestabilidad económica la tendencia de las grandes compañías no es a invertir más en exploración y desarrollo, sino menos (de 2008 a 2009 la inversión cayó en un 19%, recuperándose sólo mediocrementemente en los años posteriores cuando tendría que haber crecido enormemente para compensar las dificultades crecientes de la explotación). De hecho, [muchas compañías petrolíferas han arrojado la toalla y han renunciado a continuar buscando más petróleo](#). Por tanto, reduzco esta cantidad a la cuarta parte de lo estimado por la AIE.
- Respecto a los líquidos del gas natural, sólo un tercio de su contenido en masa contiene cadenas de hidrocarburos suficientemente largas para poder ser aprovechables como combustible para las máquinas actuales, refinado a gasolina (pero no a diésel, [combustible que plantea muchos retos específicos](#)). Se tendría que hacer una gran reforma de los actuales motores de gasolina para que pudieran aprovechar directamente los gases más ligeros (el nombre de «líquidos del gas natural» es bastante engañoso), esto es, el propano y el metano (también se puede sintetizar etanol a partir del etano y aprovecharlo directamente). Los costes de adaptación no son muy elevados, pero requieren igualmente de cierta inversión a la cual la sociedad es poco proclive en tiempos de crisis, y además sólo vale para motores de gasolina (cuando en Europa la mayoría de la automoción privada es de diésel, y toda la maquinaria pesada va con diésel en todo el mundo). Siendo muy generosos acepto que un tercio de esos líquidos del gas natural fueran aprovechables como sustitutos del petróleo.
- Respecto al petróleo ligero de roca compacta, ya comentamos que [las estimaciones están muy hinchadas](#). Lo reduzco a la mitad.
- El resto de petróleos convencionales los dejo tal cual.

Con estas premisas, la gráfica para la energía neta que obtenemos es la siguiente:

El resultado está a la vista: el año de inicio de la declinación terminal de la energía neta es ya. En realidad, podría ser en cualquier momento de aquí a 2015 ya que los datos de los que he partido están discretizados cada 5 años y por tanto la datación no puede ser más precisa que esa rúbrica. Por otro lado, cabe decir que el cenit de la energía neta del petróleo no significa el cenit de toda la energía, puesto que las demás fuentes tienen todavía un poco de margen hasta su declinación y en parte compensarán esta caída; sin embargo, a medida que la declinación del petróleo sea más fuerte la caída será más difícil de compensar, y en algún momento no lejano, combinada con el agotamiento del crecimiento de las demás fuentes, la caída será ya inexorable. Por último, destacar que la caída de la energía neta del petróleo no será reconocida hasta que no sea evidente la del volumen (como se mostraba en la primera gráfica), puesto que el concepto de energía neta es más elusivo. Ya sabemos que [la educación económica clásica no puede reconocer ni entiende el concepto de TRE](#), con lo que todas las explicaciones que se darán cuando la producción de petróleo decline es que no se está invirtiendo lo suficiente en exploración y desarrollo (como pasa ahora mismo en Argentina) sin entender que [las cuentas económicas no pueden salir si no salen las energéticas](#). Esto dará lugar a enconados debates que llevarán a políticas erráticas que harán más mal que bien, a posiciones más radicalizadas y a la adopción final, en muchos casos, de medidas draconianas de corte populista que nada

solucionarán y todo agravarán.

El hecho final es que la era del petróleo toca a su fin. Continuará habiendo petróleo disponible durante muchas décadas, pero cada vez en menor cantidad y finalmente como un artículo de lujo. Nuestra era de acelerado desarrollo económico, basado en el petróleo barato, [se ha acabado ya](#). Es el ocaso del petróleo. Y si no sabemos reconocerlo, [también puede ser el nuestro](#).

[Fuente: [The Oil Crash](#)]