

¿Hay suficiente uranio?

F. Tarín

En la actualidad se apunta como talón de Aquiles de la energía nuclear las escasas reservas de uranio existentes, si se quiere aumentar su contribución futura como energía limpia para hacer frente al calentamiento global del planeta. Pero como hemos visto si nos basamos en la información histórica existente esta es una afirmación falaz que no tiene ningún soporte empírico.

Se puede concluir razonablemente que los suministros de uranio serán más que adecuados para alimentar el previsible crecimiento del uso de la energía nuclear.

The uranium resource is sustainable, with adequate known resources being continuously replenished at least as fast as they are being used.

The dynamic is the strength of market forces, the advances in human knowledge and the technologies of exploration, mining, and resource utilisation.

It may be concluded that uranium supplies will be more than adequate to fuel foreseeable expansion of nuclear power.

INTRODUCCIÓN

El uranio es ubicuo en la tierra. Es un metal tan común como el estaño o el zinc, y es un constituyente de la mayoría de las rocas e incluso del mar. Algunas concentraciones típicas son las que se muestran en la tabla 1.

Un depósito de uranio es, por definición, una mineralización del mismo de la cual resulta económicamente rentable extraer dicho uranio. Según los costes de extracción y los precios de mercado vigentes en cada momento podremos decir que tenemos un depósito de uranio o no.

En la actualidad ni las montañas de granito ni el agua de mar son depósitos de uranio, pero podrían convertirse en fuentes rentables del mismo si los precios crecieran lo suficiente.

Las reservas conocidas en la actualidad del uranio, suponen una cantidad que es económicamente recuperable, y dependen pues de los costes de producción y de los precios de venta. También dependen en gran medida de la intensidad del esfuerzo explorador previo,

y son una indicación del uranio que se conoce en lugar de ser del uranio que realmente existe en la corteza terrestre.

Los cambios en los costes o los precios, o posibles esfuerzos de exploración futuros, pueden alterar sustancialmente dichas reservas. Si el precio actual se multiplicara por 5 el agua del mar se convertiría en una fuente rentable de inmensas cantidades de uranio.

Tenemos que pensar que en los últimos 5 años el precio del uranio se ha multiplicado por 6 sin afectar de forma demasiado sensible a los costes de generación nucleo-eléctrica debido al pequeño porcentaje que supone el coste del combustible (menos del 15%) frente al coste total de generación. Menos de la mitad de ese 15% está asociado al coste del uranio, ya que los servicios de enriquecimiento y fabricación del combustible nuclear se llevan más de la mitad del coste total del combustible. Estos servicios están sometidos a cambios mucho menos bruscos que las materias primas.

Todo lo contrario le ocurre a los costes de generación cuando se usan com-



FRANCISCO TARÍN GARCÍA

es licenciado en Ciencias Físicas (Especialidad Física Teórica) por la Universidad de Valencia y diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares.

Comenzó su actividad profesional en el Departamento de Seguridad Nuclear del CIEMAT. En 1984 se incorporó a ENUSA y desde entonces prestó sus servicios en el área de Diseño Nuclear PWR en los Departamentos de Diseño Nuclear, Proyectos Especiales e Ingeniería del Núcleo. En 2003 se incorpora a la Dirección Financiera y de Aprovisionamiento de ENUSA donde presta sus servicios en la actualidad como responsable de la Gestión de Aprovisionamiento de Uranio Enriquecido y Logística. Es representante de España en el Uranium Group de la NEA.

bustibles fósiles como el carbón, petróleo o gas natural, donde los costes del combustible están por encima del 60%.

Las reservas actuales de uranio son un indicador muy conservador de lo que representarán estas reservas en el futuro y son sólo útiles como una guía de las capacidades disponibles para la producción en un futuro inmediato, que sólo abarca unas cuantas décadas.

DISPONIBILIDAD DEL URANIO EN LA ACTUALIDAD

De acuerdo con la última edición (2007) del reconocido "Red Book" [1] publicado conjuntamente por la Nuclear Energy Agency de la OCDE y la Agencia Internacional de Energía Atómica de la ONU, las reservas de uranio conocidas, explotables a un coste inferior a los 130 \$ por Kg (precio ligeramente inferior al actual) son de 5,4 millones de toneladas. La tabla 2 da una idea de cómo están distribuidas por el mundo dichas reservas. Se puede ver que Australia tiene una parte muy sustancial de las reservas de uranio de bajo coste (23%), seguida por Kazastán con un 15% y Rusia con un 10%.

Depósitos con alta ley (2% U)	20.000 ppm U
Depósitos con baja ley (0.1 % U)	1.000 ppm U
Granito	4 ppm U
Rocas sedimentarias	2 ppm U
Contenido medio en la corteza terrestre	2.8 ppm U
Agua del mar	0.003 ppm U

Tabla 1.

	Toneladas de U	Porcentaje
Australia	1.243.000	23%
Kazastán	817.300	15%
Rusia	545.600	10%
Canadá	423.200	8%
Sudáfrica	435.100	8%
EEUU	339.000	6%
Brasil	278.400	5%
Namibia	275.000	5%
Níger	274.000	5%
Ucrania	199.500	4%
Jordania	111.800	2%
Uzbequistán	111.000	2%
India	72.900	1%
China	67.900	1%
Otros	275.100	5%
TOTAL	5.468.800	100%

Tabla 2.

Las necesidades anuales de combustible de los reactores convencionales instalados actualmente en el mundo alcanzan una cifra aproximada de 67.000 tU. Por tanto las reservas actuales conocidas recuperables a un precio muy similar al de este año 2008 son suficientes para alimentar el parque nuclear actual durante 82 años. Esta cifra de reservas es bastante superior a la que es normal conocer con antelación en la mayoría de los minerales.

Según el mencionado "Red Book" las actuales estimaciones de todas las reservas esperadas, incluyendo aquellas no suficientemente cuantificadas o no económicas en este momento, representan una cantidad del orden de 10 millones de toneladas adicionales, lo que representa más de 200 años de suministro al ritmo actual de consumo.

Estas reservas no incluyen los 22 millones de toneladas de uranio que podrían obtenerse como subproducto de la explotación de los depósitos de fosfatos, ni tampoco los 4.000 millones de toneladas de uranio contenidas en el mar.

MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL URANIO Y FUENTES ALTERNATIVAS

El parque actual de reactores nucleares en el mundo supone una capacidad combinada de 370 GWe. Estos reactores se operan de una forma cada vez más productiva, con mayores factores de capacidad y niveles de potencia superiores, y por tanto el consumo de uranio requerido también aumenta pero no al mismo ritmo que el aumento en la producción. Los factores que aumentan la

demanda de combustible se compensan por la tendencia a mayores quemados de descarga del combustible y otras eficiencias, y por ello la demanda se mantiene bastante estable. En los 18 años siguientes a 1993 la generación eléctrica con reactores nucleares se multiplicó por 5,5 mientras que el uranio consumido sólo lo hizo por 3.

Reduciendo las colas en el proceso de enriquecimiento también se reduce la cantidad de uranio natural necesario para una misma cantidad de combustible.

El reprocesado del combustible nuclear de los reactores de agua ligera convencional aumenta un 30% la eficiencia del uso de las reservas actuales.

Otras fuentes importantes de combustible nuclear son los stocks de cabezas nucleares almacenados en el mundo. Desde 1987 los Estados Unidos y los países que formaban la antigua Unión Soviética han firmado una serie de acuerdos de desarme que reducen un 80% los arsenales nucleares de dichos países.

Dichas armas tienen un uranio enriquecido superior al 90% en U-235 (25 veces la proporción usada en los reactores convencionales), y por tanto son una fuente extraordinaria de combustible. Desde el año 2000 se han diluido unas 325 toneladas de uranio militar altamente enriquecido (13.000 cabezas nucleares) y se ha fabricado combustible con ellas, evitando el uso de unas 9.000 toneladas de uranio por año, lo que representa un 13% de las necesidades de los reactores a escala mundial.

En la actualidad el uranio es el único combustible extraído de la tierra que se usa en los reactores nucleares. Sin

embargo el torio puede ser también utilizado en los reactores CANDU (de agua pesada) o en reactores diseñados para este fin. Los reactores de agua pesada tienen una eficiencia neutrónica mucho mayor que los de agua ligera y pueden operar un ciclo de combustible con torio. Empiezan con un material fisil como el U-235 o Pu-239. Entonces el torio (Th-232) captura un neutrón en el reactor y se convierte en fisil (U-233), que continúa la reacción. El torio es tres veces más abundante que el uranio en la corteza terrestre.

Además si se llegara al uso generalizado de los reactores rápidos reproductores se multiplicaría por sesenta la utilización del uranio respecto a la tecnología actual. Un reactor de este tipo comienza su operación con plutonio obtenido del reprocesado del combustible convencional y se opera junto con una planta de reprocesado. Ese reactor, suministrado con uranio natural en su "parte fértil", puede ser operado de tal forma que de cada tonelada de uranio se obtenga 60 veces más energía que en un reactor convencional.

SOSTENIBILIDAD DEL URANIO COMO COMBUSTIBLE

Se dice a menudo que debido a que las "reservas de la tierra son finitas" se acabarán algún día y por tanto debemos estar preparados para un "crecimiento negativo". Todo ello es debido a que esas reservas se consumen a un ritmo desaforado producido por la demanda del estilo de vida de las naciones desarrolladas y la creciente demanda de los países en vías de desarrollo.

Esta afirmación es una reedición del argumento de "Límites del Crecimiento" (Club de Roma) que estuvo de moda en los años 70 y que se demostró que falló estrepitosamente con el paso de los años. Diez años después de su publicación las reservas de bauxita se incrementaron un 30%, las de cobre un 25%, las de níquel un 25%, las del uranio y el carbón se duplicaron, las de gas se incrementaron un 70% e incluso las de petróleo subieron un 6%.

Estas a su vez ya eran una reedición de las preocupaciones de los economistas de los años 30, e incluso las de Malthus de fin del siglo 18.

En los años pasados ha habido una opinión generalizada de que el mundo en la actualidad está en peligro de agotar muchas de sus reservas minerales. Esta afirmación es fácilmente aceptada si no se tiene en cuenta el tamaño de la corteza terrestre, la capacidad increíble de la mente humana para mejorar los procesos tecnológicos y además no tiene ningún soporte empírico si observamos

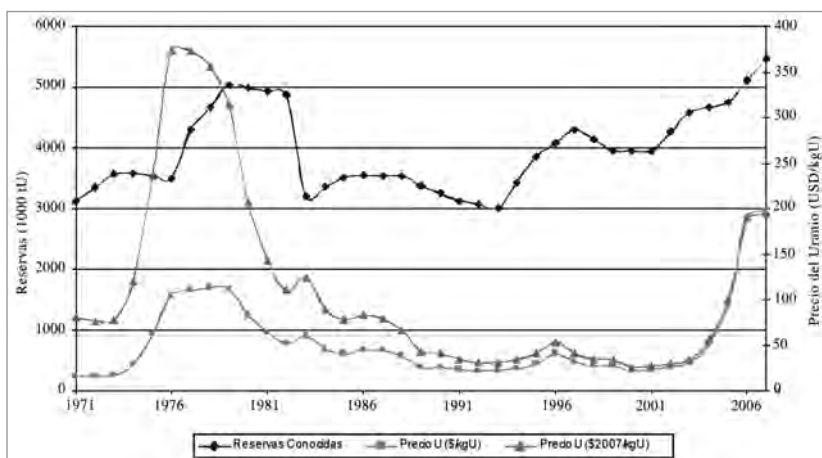


Figura 1: Evolución histórica de los precios y las reservas de uranio recuperables a un coste inferior a 130 \$ por kgU.

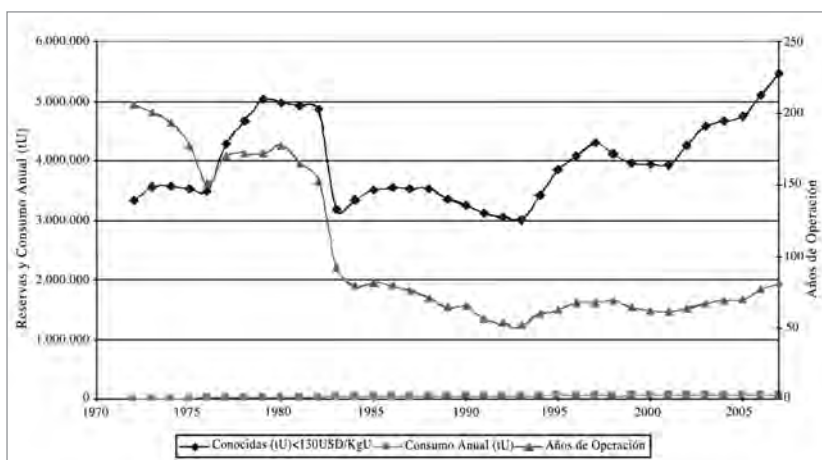


Figura 2: Evolución histórica de las reservas de uranio recuperables a un coste inferior a 130 \$ por kgU, del consumo anual mundial y de los años de operación del parque nuclear existente en cada momento.

la evolución de los precios y las reservas en años pasados.

La figura 1 [1, 2] muestra la evolución histórica de los precios del uranio y de las reservas recuperables a precios inferiores a los 130 \$ por kg. Como se observa las reservas no sólo no han disminuido debido al consumo de los reactores nucleares desde final de los 60 sino que además aunque fluctuando, en clara correlación con los precios, han tenido una tendencia al alza. Los precios han fluctuado continuamente e incluso han disminuido respecto a los años 70 especialmente en términos de moneda constante.

La dinámica de la oferta y la demanda produce señales en los precios que, cuando suben, ponen inevitablemente en marcha los tres factores de la expansión de las reservas futuras que son [3, 4]:

- Mejoras en el conocimiento de la tierra y en la capacidad para descubrir nuevos yacimientos.
- Mejoras en la tecnología minera.
- Mejoras en la economía y uso de los minerales.

Para alcanzar la sostenibilidad, el efecto combinado de la exploración minera y el desarrollo tecnológico deben crear recursos, por lo menos al mismo ritmo al que van siendo consumidos.

Los datos históricos muestran que esto ha ocurrido regularmente así en el pasado, y continúa ocurriendo con la mayoría de los minerales.

No es razonable que sean conocidas las reservas económicamente explotables con más de dos décadas de antelación ya que las compañías mineras sólo explorarán cuando tengan confianza en obtener una mínima rentabilidad. Las expectativas de la rentabilidad están normalmente dictadas por precios altos provenientes de una percepción inminente de escasez de suministro; cuando esto ocurre, surge la fuerte necesidad de realizar exploraciones que dan lugar a importantes descubrimientos.

Esto es precisamente lo que está ocurriendo en estos momentos en el mercado del uranio.

El uranio como materia prima tiene una historia corta, ya que no tiene otro uso directo que el suministro a la relativamente joven industria de la producción energética nuclear.

El mercado del uranio no se diferencia del de otros metales en el hecho de estar sujeto a ciclos de exploración, descubrimiento y producción; el uranio ha experimentado hasta el momento un solo ciclo. A partir del precio máximo alcanzado a final de los años 70 se produjo una explosión significativa de la exploración y este único ciclo ofreció considerable garantía para cubrir las necesidades de los reactores durante estos 30 últimos años y además nos ha legado unas reservas de 5,4 millones de toneladas explotables a los precios actuales y que son suficientes para alimentar el parque actual durante otros 82 años.

Como se ve en la figura 2 esta razón entre Reservas y Consumo, que definimos como años de operación del parque nuclear existente en cada momento haciendo uso de dichas reservas, se ha mantenido entre 40 y 100 años desde 1982 y no hay motivo para dudar que se siga comportando de un modo similar en el futuro.

CONCLUSIONES

En la actualidad se apunta como talón de Aquiles de la energía nuclear las escasas reservas de uranio existentes, si se quiere aumentar su contribución futura como energía limpia para hacer frente al calentamiento global del planeta. Pero como hemos visto si nos basamos en la información histórica existente esta es una afirmación falaz que no tiene ningún soporte empírico.

Con el uranio, como con otros minerales, las cifras de reservas publicadas seguirán aumentando como resultado de nuevos esfuerzos de exploración, la dinámica del mercado creará las señales de precio que animarán a la exploración.

Se puede concluir razonablemente que los suministros de uranio serán más que adecuados para alimentar el previsible crecimiento del uso de la energía nuclear.

REFERENCIAS

- [1] Uranium 2007: resources, production and demand. NEA Uranium Group. 2008.
- [2] Forty years of uranium resources, production and demand in perspective. NEA Uranium Group. 2006.
- [3] Can Uranium Supplies Sustain the Global Nuclear Renaissance?. WNA Position Statement Paper. September 2005.
- [4] "La sostenibilidad del uranio como combustible". J.L. González y F. Tarín. "Informe del Club ITM de 2006"■