

Valentín González García
Universidad Autónoma de Madrid

Energía Nuclear: ¿Un debate cerrado?

1. Introducción

Cuando el físico francés Henry Becquerel descubrió la radiactividad, de forma casual, mientras realizaba medidas de fluorescencia, exponiendo a la luz del sol sales de Uranio, no podía imaginarse la trascendencia que en un futuro próximo tendría su descubrimiento. En 1902, recibió el premio Nobel de física, junto con los esposos Pierre y Marie Curie, que consiguieron aislar los primeros elementos radiactivos.

Lo primero que hubo de aprenderse de esta nueva tecnología, es que emitía radiaciones con tres características diferentes: alfa, particulares, consistente en núcleos de helio con mucha energía, y también gran masa, beta, consistentes en electrones y positrones, y gamma, muy similares a los rayos X, pero con longitudes de onda más cortas. La capacidad de penetración de esas radiaciones va en orden creciente, de manera que la radiación alfa, por su tamaño, pueden pararla la piel humana o una simple hoja de

papel, a pesar de su mayor energía. Sin embargo, la radiación gamma puede atravesar espesores variables de diferentes materiales, incluyendo metales y hormigón, aunque estos últimos, con espesor suficiente, son capaces de detenerlas, según la energía de las radiaciones. La capacidad de blindaje de los materiales va en razón directa a su peso específico.

Tuvieron que transcurrir unos años hasta que, al final de la década de 1930, Otto Hahn, envió los resultados de ensayos de bombardeo de átomos de uranio con neutrones térmicos, lentos, a Lise Meitner, física austriaca exiliada en Estocolmo, huyendo de la Alemania nazi, que interpretó, con ayuda de su sobrino Otto Robert Fritz, como la fisión nuclear. Meitner, además, postuló la existencia de la reacción en cadena, que demostró Enrico Fermi en un reactor de uranio natural, construido en 1942, bajo el campo de fútbol de la Universidad de Chicago; esta reacción consiste en la rotura del átomo de uranio fisionado y la producción de neutrones que continúan la fisión con otros átomos. Dada la gran energía que se liberaba en la fisión, mucho mayor que la que se conseguía por otros procedimientos convencionales, se pensó en la utilización de esa energía como arma de guerra, sobre todo considerando que, tanto la Alemania nazi, como Rusia, tenían proyectos de desarrollo del arma nuclear.

Inmediatamente, Estados Unidos puso en marcha el Proyecto Manhattan, con el objetivo de construir un arma que utilizara la fisión nuclear, que consiguió desarrollar en dos años y tres meses.

En los inicios de la energía nuclear, entre los años 1920 a 1960, se llegaron a proponer usos poco recomendables, como agregar torio-232 a crema de dientes, asegurando que mejoraba la salud dental o radio-226 a forraje de animales, pretendiendo que engordaban más rápidamente. Poco a poco fueron conociéndose mas a fondo sus propiedades, naciendo una nueva disciplina, que es la protección radiológica, que permitió racionalizar la utilización de los radisótopos.

2. La utilización de la energía nuclear para la producción de energía

Una vez finalizada la guerra, comenzó a estudiarse el aprovechamiento de esta energía con fines pacíficos. Esta etapa se inició en 1953, con el discurso de Eisenhower, en la asamblea de la ONU, y el programa Átomos para la Paz, comenzando un periodo de cooperación internacional para utilizar la energía nuclear, controlada, en la producción de energía eléctrica y en la aplicación de los radisótopos a la medicina la industria y la investigación.

El uso de la energía nuclear como materia prima energética tiene sentido si se considera la enorme cantidad de energía que libera la fisión. Así, mientras que la combustión de un átomo de carbono, libera una energía de 4 ev (electrón.voltio), la fisión de un átomo de uranio-235 libera 20 Mev, es decir, 5 millones de veces más o, lo que es lo mismo, 255.000 veces más, por gramo de materia prima. Si además se considera que los combustibles fósiles tienen utilidades potenciales mucho más nobles que su simple combustión, como son ser la cabecera de la industria petro-química o carbo-química, mientras que el uranio no tiene otra utilización que su aprovechamiento energético, se explica la razón de su uso en esa tecnología.

Un tipo de reactor nuclear, que tuvo un desarrollo rápido y dio resultados positivos, en sus primeros ensayos, para la propulsión de submarinos, fue el reactor de agua ligera, refrigerado y moderado por agua y utilizando como combustible el uranio enriquecido en uranio 235 hasta valores comprendidos entre el 2 y el 4 %. Para ello era necesario enriquecer el uranio natural en ese isótopo, ya que en la naturaleza aparece con un 99,3% de U-238 y un 0,7% de U-235. Esto pudo hacerse mediante la difusión gaseosa, con el hexafluoruro de uranio, que sublima por encima de 65° C.

La gran mayoría de los 440 reactores que operan en el mundo, son de este tipo, en sus variantes de agua a presión y agua a ebullición. Hay algunos de uranio natural y algunos también que utilizan el ciclo del torio-232 en lugar de él del uranio-235. Estos reactores generan el 20% de la energía consumida en el mundo. Su distribución geográfica y energética es variable. Así, Estados Unidos tiene 110 reactores en operación que suministran el 20% de su energía eléctrica, en Francia 60 reactores producen el 78% de su electricidad, en Suecia 10 reactores aportan el 50%, en Bélgica 7 reactores y el 60%, en España, 8 reactores producen el 20%, etc.

El procedimiento de la obtención de energía eléctrica por fisión es térmico, es decir, se inicia la fisión en el núcleo del reactor, el calor generado se usa en producir vapor, que se descarga en una turbina para producir energía eléctrica.

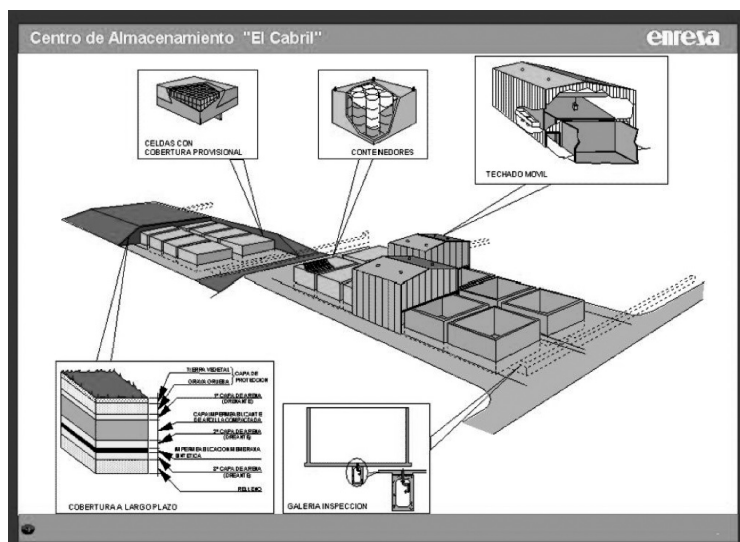
Como es natural, al consumirse por Kwh menos de 200.000 veces de materia prima, respecto de los procedimientos convencionales de combustión, para la producción eléctrica, la cantidad de residuos generados es menor en esa proporción. El problema estriba en que la gestión de residuos radiactivos tiene una percepción pública negativa, por lo que existe una fuerte oposición a la aplicación de los procedimientos de gestión desarrollados industrialmente. En general se arguye que los residuos radiactivos tienen una larga duración, hasta que desaparecen por desintegración radiactiva y si bien eso es

cierto, hay que recordar que los elementos no radiactivos no desaparecen nunca, luego lo que se razona para su rechazo es claramente contradictorio con la realidad física, es decir, es una respuesta no racional, si no emocional, a la utilización de la energía nuclear.

3. La gestión de los residuos radiactivos

Los residuos se clasifican en dos tipos fundamentales: residuos de baja y media radiactividad, RBMA, y residuos de alta radiactividad, RAA. Los primeros se generan en la operación y mantenimiento de las centrales nucleares, en el desmantelamiento de estas centrales, al final de su vida útil, y en las aplicaciones de los radisótopos a la medicina, la industria y la investigación; suponen el 95% del total de los residuos generados pero contienen solo el 1% de la radiactividad total, es decir, cuentan con una radiactividad específica muy reducida. El procedimiento de gestión desarrollado es el de llevar a cabo su inmovilización, con morteros de cemento u hormigones y almacenarlos en instalaciones naturales o artificiales, por ejemplo antiguas minas, en superficie o a poca profundidad, construyendo barreras de ingeniería que impidan la llegada de agua, que pudiera disolverlos e irrumpieran en la biosfera. En la figura 1 se presentan el diseño conceptual del almacenamiento de residuos de baja y media radiactividad que opera en España la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, ENRESA.

FIGURA 1.- DISEÑO CONCEPTUAL DEL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE ENRESA



Por su parte, los RAA, son solo el 5% del total pero contienen el 99% de la radiactividad generada en el reactor. Su gestión precisa una primera etapa, de unos tres a cinco años, en la que se propicia su enfriamiento, pues su muy alta actividad específica hace que tengan un gran desprendimiento de calor, por efecto de la desintegración radiactiva; para dar una idea, un elemento combustible de un reactor, que tiene una masa total de 500 Kg, desprende el calor equivalente a un elemento eléctrico que tuviera una potencia de 10 Kw, que decae a 1 Kw en 3 años. Al cabo de ese tiempo, se almacenarían temporalmente unos 50 años, para que el desprendimiento de calor sea mínimo, su decaimiento es potencial, para almacenarse definitivamente en una formación geológica estable. Como geologías apropiadas se han definido el granito, la sal y la arcilla, aunque dependiendo de la geología del país, se han barajado y utilizado otras posibles, como las tobas volcánicas, en Estados Unidos. Un aspecto importante es la posición de los niveles freáticos y como estos podrían modificarse, por sucesos geológicos previsible, pues finalmente el principal enemigo de los residuos sería el agua que, aunque con dificultad, podría llegar a disolverlos y migrando a través de la barrera geológica irrumpir en la biosfera. En la figura 2 se presenta el diseño conceptual de un almacenamiento de residuos de alta radiactividad.

FIGURA 2.- DISEÑO CONCEPTUAL DE UN ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE ALTA RADIATIVIDAD.



En líneas generales, considerando la actividad específica de los residuos, la duración de los RBMA sería inferior a 300 años y al cabo de ese tiempo el almacenamiento podría banalizarse, es decir, utilizarlo para cualquier uso, pues su fondo radiactivo sería el mismo del fondo natural.

Por su parte, la duración de los RAA es muy superior, pudiendo llegar a cien mil o más años. Pero, los radisótopos responsables de esa larga duración, son los emisores alfa, fundamentalmente transuránicos. Los emisores beta-gamma, responsables de la mayor radiactividad de esos residuos, decaen en un periodo de unos mil años; a partir de ese momento solo quedarían los emisores alfa que, dadas las características de esta forma de radiación, solo causarían daño a los seres vivos por ingestión, es decir, como cualquier otro elemento pesado; esto es como decir que un almacenamiento de RAA, al cabo de mil años, se habría convertido en algo análogo a un depósito de seguridad de elementos tóxicos.

4. La radiactividad natural

Los elementos radiactivos tienen la particularidad de estar muy distribuidos en la naturaleza, por lo que prácticamente en toda la superficie de la tierra existen en mayor o menor proporción, haciendo que según en el lugar del planeta que nos encontremos exista una radiactividad natural que se denomina fondo radiactivo.

Ese fondo radiactivo varía mucho en función de las características geológicas de la zona considerada. Así, en lugares en los que predominan las formaciones graníticas, suelen tener un fondo natural más alto que sobre formaciones sedimentarias pues, el granito tiene uranio en su malla, con lo que se recibe la radiactividad del uranio y de los hijos de su cadena de desintegración.

En zonas en las que hay una alta concentración de minerales radiactivos, como ocurre en zonas monacíticas, que contienen tierras raras, en la India o en formaciones uraníferas de Brasil, el fondo natural puede ser hasta casi 1000 veces más alto que en zonas con menores proporciones de rocas radiactivas. Sin embargo, hay zonas en las que en anteriores eras geológicas se formaron reactores nucleares naturales. Así, en Oklo, en Gabón, funcionaron unas decenas de reactores nucleares naturales durante medio millón de años, hace 1.800 millones de años. Esto fue posible porque el periodo de semi-desintegración del U-238, tiempo en el que el elemento radiactivo se transforma en la mitad, por decaimiento radiactivo, es de unos cinco mil millones de años, mientras que el de el U-235 es de 500 millones de años, es decir, 10 veces más rápido. Esto da

lugar a que hace los 1.800 millones de años citados, la proporción de U-235 en el mineral natural fuera de un 5%, es decir, el que se utiliza hoy día para los reactores de agua ligera. La explicación está en eso, además de que pasaría una corriente de agua por la formación uranífera, moderando los neutrones y produciendo la fisión nuclear.

Debido por tanto a la radiactividad natural, recibimos radiaciones continuamente que, en su mayor proporción se debe al radón-222, que es un gas radiactivo, hijo de la cadena de desintegración del Uranio. Considerando otras fuentes distintas de las geológicas, la mayor proporción se debe a los usos de la radiación en el diagnóstico médico.

5. Procedimientos avanzados de gestión de residuos radiactivos

La oposición del público a la energía nuclear en general y a la gestión de sus residuos ha hecho que se estén explorando otros procedimientos de gestión de residuos cuyo objetivo es la transformación de los radisótopos en otros elementos con periodos de desintegración más cortos o incluso a elementos no radiactivos.

Se trata de la transmutación en la que utilizando aceleradores de partículas sub-atómicas se trataría de minimizar los periodos de desintegración, fundamentalmente de los transuránicos, por fisión con neutrones con la energía y frecuencia adecuadas. La Unión Europea ha apostado por este proceso de I+D, incluyéndolo en sus V, VI y VII Programas Marco de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Las investigaciones en marcha dirán en su momento si este proceso es asumible y económicamente aplicable a la gestión de los residuos generados en la fisión nuclear del Uranio-235.