

Los gases de efecto de invernadero y el ciclo del combustible nuclear: ¿qué emisiones se generan?

Los estudios demuestran que la energía nuclear, comparada con otras fuentes de electricidad, libera poco dióxido de carbono o metano a nuestro medio ambiente

por Martin Taylor

Cuando a finales del decenio de 1980 comenzó a aumentar la preocupación por el efecto de invernadero, el tema pronto se convirtió en un factor cada vez más importante de los debates públicos sobre el valor relativo de diferentes fuentes de electricidad. Los argumentos a favor de la energía nucleoelectrica parecían claros — no emitía gases de efecto de invernadero (GHG) — a diferencia de los combustibles fósiles. Desde luego, se reconocía que parte de la energía utilizada en instalaciones del ciclo del combustible nuclear provenía de combustibles fósiles, pero era de por sí evidente que ello generaba cantidades insignificantes de GHG. Sin embargo, algunos detractores de la industria nuclear comenzaron a plantear la tesis de que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), imputables a las etapas del ciclo del combustible nuclear, eran significativas, y que incluso podían compararse en magnitud con las procedentes del quemado de combustibles fósiles. Aunque parecía ser una hipótesis insostenible, otros grupos antinucleares de varios países la adoptaron y repitieron.

Por consiguiente, aunque el argumento de que la energía nucleoelectrica produce indirectamente cantidades significativas de CO₂ parecía a todas luces falso, el Instituto del Uranio (UI) decidió examinar estas aseveraciones e intentar refutarlas con más elementos. A continuación se resumen las conclusiones a que hemos llegado como resultado de esa investigación.

El ciclo del combustible nuclear y el CO₂

El trabajo más ampliamente citado sobre la tesis de que la energía nucleoelectrica emite de manera indi-

El Sr. Taylor trabaja en el Instituto del Uranio, Piso 12, Bowater House, 114 Knightsbridge, Londres, SW1X 7LJ. El presente artículo se basa en un informe contenido en el Documento Técnico del OIEA publicado en julio de 1996 bajo el título "Comparison of Energy Sources in Terms of their Full Energy Chain Emission Factors of Greenhouse Gases" (IAEA-TECDOC 892). Se dispone de referencias sobre el autor.

recta (a través de su ciclo del combustible) cantidades significativas de CO₂ fue el presentado por la organización Amigos de la Tierra en el contexto de la investigación pública realizada en el Reino Unido sobre la propuesta de construcción del reactor de agua a presión de Hinkley Point, trabajo escrito por el Dr. Nigel Mortimer. Otras fuentes utilizaron este trabajo como referencia para apoyar sus afirmaciones de que la energía nuclear podría producir de manera indirecta una gran cantidad de CO₂. El argumento se basa en la conjetura de que si el empleo de la energía nuclear aumentara de manera significativa, entonces los recursos de uranio conocidos se consumirían rápidamente. Ello daría lugar a que se utilizaran minerales de uranio de más baja ley, lo que traería como resultado el aumento de las emisiones de CO₂, toda vez que la extracción de uranio a partir de un mineral menos rico exigiría más energía fósil. El Dr. Mortimer afirma que las emisiones de CO₂ podrían alcanzar, dentro de unos cuantos decenios, el mismo nivel que el de las provenientes de las centrales eléctricas alimentadas con carbón.

Este argumento tiene diversos aspectos débiles y, por ello, Donaldson y Betteridge, de la AEA Technology, lo impugnaron punto por punto. En particular, el Dr. Mortimer da por sentado que ya no quedan más reservas de uranio a bajo costo por descubrir, mientras que, de hecho, la reactivación de las construcciones nucleares y un alza en la demanda de uranio propiciarían el aumento de las exploraciones y el descubrimiento de otros recursos. Además, cualquier expansión importante de la energía nucleoelectrica (según los postulados del Dr. Mortimer) supondría, en unos cuantos decenios, el empleo cada vez mayor del reciclado y la comercialización de reactores rápidos. En cualquier caso, aun cuando supongamos un crecimiento modesto de la producción nuclear para después del 2000, entonces podemos calcular que los recursos a costo relativamente bajo (los cuales son minerales de ley razonablemente alta) que ya están identificados en la actualidad serían suficientes hasta después del 2020.

En 1992 la generación nuclear a escala mundial fue de 323 gigavatios eléctricos (GWe) aproximadamente, lo que requirió cerca de 55 000 toneladas

de uranio (tU). El UI prevé que para el año 2000 la generación nuclear anual ascienda a un total de 360 GWe, lo que exige alrededor de 64 000 tU anuales. Si suponemos, por ejemplo, que la capacidad nuclear aumentará en 20 GWe anuales entre el 2001 y el 2010, y en 30 GWe anuales entre el 2011 y el 2020, entonces la generación nuclear total será de 560 GWe en el año 2010 y de 860 GWe en el 2020. Si se necesitaran 160 tU por GWe anualmente, en ese caso el total acumulativo de la demanda de uranio sería de unas 670 000 tU en el año 2010 y de casi 2,5 millones de tU en el 2020.

En cambio, según una evaluación del UI de los recursos mundiales de uranio, el total de los recursos ya conocidos de uranio a bajo costo supera los tres millones de tU. De esta cifra, más de dos millones de tU son recursos del "mundo occidental", y más de un millón de tU se encuentran en la antigua Unión Soviética, Europa central y oriental, y China.

En consecuencia, puede verse que la hipótesis de que la energía nuclear contribuiría de manera significativa a las emisiones de CO₂ se apoya en un escenario muy improbable. Tendría que existir un programa a gran escala de nuevas construcciones nucleares, que agotara con rapidez los recursos de uranio conocidos, y que continuara ejecutándose aunque no se produjeran descubrimientos importantes de otros recursos de uranio económicos. Incluso, después de varios decenios, no se recurriría mucho al reciclado ni al empleo de reactores rápidos.

Comparaciones con otras fuentes de energía

Después, el UI examinó lo que algunos estudios venían haciendo para determinar el nivel real de emisiones de CO₂ del ciclo del combustible nuclear y compararlo con la generación de combustibles fósiles. Dos estudios, uno de Alemania y otro de los Estados Unidos, parecían indicar acertadamente la magnitud de estas emisiones.

En un minucioso estudio de Weis, Kienle y Hortmann, de la asociación alemana de compañías eléctricas VDEW, se calcularon las emisiones de CO₂ generadas por el ciclo del combustible nuclear en la antigua Alemania occidental. Se estimó cuánta energía se utiliza en cada una de las etapas del ciclo del combustible, se examinaron las fuentes reales de la energía empleada (es decir, el carbón y la energía nuclear e hidroeléctrica, entre otras), y luego se calcularon las emisiones de CO₂ resultantes. Por otra parte, destacaron el hecho de que el consumo de energía en el ciclo del combustible ha disminuido drásticamente en los últimos años, a medida que ha aumentado la eficiencia. En el estudio se llegó a la conclusión de que la energía utilizada en la preparación del combustible para reactores alemanes es el 0,7% de la energía eléctrica que el combustible producirá en el reactor. La mayor parte de este uso de energía proviene, en gran medida, de la electricidad que se emplea en las plantas de enriquecimiento, y sólo una pequeña proporción se deriva de la extracción del uranio. Habida cuenta de las fuentes reales

Emisiones de dióxido de carbono imputables a diversas etapas del ciclo del combustible nuclear, a partir del programa de Alemania

Proceso del ciclo del combustible nuclear	Consumo de energía específica (kWh/kg Unat)	Consumo de energía expresado en % del contenido de energía eléctrica	Emisiones de CO ₂ específicas procedentes de energía consumida (kg CO ₂ /kg Unat)	Emisiones de CO ₂ anuales para alimentar un LWR típico de 1300 MWe (toneladas)
Extracción y tratamiento	59	0,1	47	9 100
Conversión	7	0,01	<7	<1 400
Enriquecimiento	310	0,6	140	27 200
Fabr. de combustible	7	0,01	3	600
Total	383	0,7	197	38 300

Fuentes: "Kernenergie und CO₂: Energie-Aufwand und CO₂-Emissionen bei der Brennstoff-gewinnung", *Elektrizitätswirtschaft Jg 89 (1990)*.

que usan las compañías eléctricas alemanas, las emisiones de CO₂ resultantes de este uso de la energía fueron un 0,5% aproximadamente de las que genera una central alimentada con carbón de la misma capacidad. (Véase el cuadro).

En el estudio también se señaló que en el futuro se reducirán las emisiones de CO₂ provenientes de la energía nuclear (en el caso de Alemania), debido a que aumentará el empleo del enriquecimiento por centrifugación gaseosa en lugar de la difusión, y a que se abrirán minas con mayores concentraciones de uranio (por ejemplo, en el Canadá). Sin embargo, como los procesos de extracción y tratamiento del uranio aportan sólo cerca de un 15% al uso total de la energía proveniente del ciclo del combustible nuclear, se señala que aun cuando este componente cambiara de manera significativa, su efecto en el total sería reducido.

Science Concepts realizó otro análisis para US Council for Energy Awareness (hoy día Instituto de Energía Nuclear). En dicho estudio se calcularon las emisiones de CO₂ imputables a las centrales nucleares de los Estados Unidos, partiendo de la hipótesis de que el único aporte significativo provenía de la energía utilizada en el enriquecimiento (no se tomaron en cuenta otras etapas del ciclo del combustible). Se supuso que la capacidad nuclear total de los Estados Unidos, de unos 100 GWe, requiere alrededor de 12 millones de UTS anuales, y que cada UTS necesita 2500 kWh de electricidad (utilizando el proceso de difusión gaseosa). Por consiguiente, el total de electricidad requerido anualmente para el enriquecimiento ascendió a 30 millardos de kWh aproximadamente. En la región donde se enriquece el uranio, el 65% de la electricidad se genera con carbón, el 6% con gas natural y el 29% con energía nuclear e hidroeléctrica. Por tanto, en el estudio se llegó a la conclusión de que la generación nuclear produce emisiones a un ritmo de un 4% de la generación de carbón equivalente.

La diferencia entre las estadísticas de Alemania y de los Estados Unidos obedece fundamentalmente a que, mientras que el proceso de enriquecimiento en los Estados Unidos es prácticamente todo difusión gaseosa, en Alemania sólo el 17% del enriquecimiento se realiza en plantas de difusión. Como el consumo de energía de las centrífugas es menor, menores son las

emisiones de CO₂. La introducción de la tecnología de enriquecimiento mediante láser, en la actualidad en fase de desarrollo, propiciará que el uso de la energía se reduzca aún más que con las centrífugas.

Emisiones de metano y extracción de uranio

El UI también examinó las posibles emisiones de metano que genera la extracción de uranio. Una vez más, aunque parecía harto evidente que esas emisiones no eran significativas en comparación con las procedentes de los combustibles fósiles, se decidió analizar las pruebas existentes.

Como norma, el metano se forma a partir de la descomposición de la materia orgánica. Cuando esa materia queda atrapada debajo de la superficie terrestre, a menudo el propio metano queda atrapado en el subsuelo entre las pequeñas grietas de las rocas. La extracción de mineral en esas regiones permite que el metano se desprenda, y si no se recoge, penetra en la atmósfera. Las vetas subterráneas de carbón siempre contienen cantidades importantes de metano. En algunos casos es posible recogerlo en las minas y quemarlo como combustible; sin embargo, en otras minas el sistema de ventilación lo libera a la atmósfera. El metano también puede desprenderse por otros tipos de explotación minera en rocas que contienen materia orgánica. Por consiguiente, es posible que algo de metano se desprenda como resultado de la extracción de uranio en determinadas regiones. Sin embargo, esas emisiones son muy inusuales y, por tanto, han sido objeto de pocos estudios. Los datos en que se apoya el presente informe se relacionan con Australia, el Canadá y los Estados Unidos, países que aportan un 40% de la producción mundial de uranio.

Aunque en las minas subterráneas de Australia y el Canadá se vigila de manera rutinaria la existencia de gases explosivos (incluido el metano), parece que no se ha detectado ninguno en las minas de uranio. Las minas subterráneas de uranio de estos países se encuentran en formaciones rocosas muy antiguas que casi no contienen materia orgánica. En los Estados Unidos, se tiene conocimiento de una mina subterránea de uranio en la que se detectó metano. Esta mina, que se clausuró en septiembre de 1988, parece ser el único ejemplo reciente de una mina de uranio que produce metano en los Estados Unidos. La mina en la que se detectó metano fue Lisbon Mine, de La Sal, Utah, explotada por la Rio Algom Corporation. En 1973, luego de un incidente de combustión y de la posterior detección del metano, el Departamento de Trabajo, Seguridad Minera y Administración Sanitaria (MSHA) de los Estados Unidos clasificó la mina como "gaseosa". En 1979, ocurrieron otros incidentes de escape de metano. En una investigación del estado de la mina, realizada en diciembre de 1978, el MSHA notificó que el volumen total de metano que se liberaba era de 91 920 pies cúbicos diarios (2600 m³ diarios). En un trabajo elaborado por el personal del MSHA sobre la existencia de metano figuran cálculos del índice de emisión de

metano por tonelada de mineral extraído. La Lisbon Mine calcula que el índice es de unos 100 pies cúbicos por tonelada (3 m³/tonelada).

El UI no pudo encontrar informes adicionales sobre otras minas de uranio en ningún otro país que haya afrontado problemas similares con el metano. Tampoco pudimos encontrar en fuentes públicas otras referencias a las emisiones de metano procedentes de la extracción del uranio. Desde luego, ello no descarta la posibilidad de que se hayan dado otros casos de producción de metano; empero, lo que parece probable es que esos casos han sido escasos.

En este contexto, debe señalarse que se dispone de poca información histórica sobre la extracción del uranio en la antigua Unión Soviética y en algunos otros países. Por consiguiente, es poco probable que el UI conociera de algunas emisiones de metano provenientes de la extracción de uranio en esos países.

Posibles emisiones de metano. La información anterior se refiere sólo a las minas de uranio existentes (tanto clausuradas como en explotación), y no a las posibles emisiones de metano de los yacimientos de uranio que aún no se han explotado. Los yacimientos de uranio sí existen en una amplia gama de formaciones geológicas diferentes, incluidas las rocas que contienen carbono, pero no suelen aparecer en concentraciones recuperables desde el punto de vista económico. En años anteriores, se han realizado estudios sobre la viabilidad de extraer uranio a partir de carbón de baja ley. De hecho, entre los años 1963 y 1967, varias minas pequeñas estadounidenses de la región de la Cuenca de Williston, de Dakota del Norte y Dakota del Sur y Montana, produjeron uranio a partir de mineral asociado con lignito, el cual puede haber contenido metano. Sin embargo, esos yacimientos no representan una parte importante de las reservas totales de uranio, y, en cualquier caso, es poco probable que resulten económicos en el futuro previsible.

En perspectiva

Según demuestran estudios sobre las emisiones de CO₂ provenientes del ciclo del combustible nuclear en circunstancias distintas en dos países diferentes, esas emisiones son un 0,5% al 4% de las procedentes de capacidades de generación con carbón equivalentes. Las aseveraciones de que la energía nucleoelectrónica podría producir indirectamente cantidades significativas de CO₂ se basan en un escenario muy improbable. Con relación al metano, la información indica que la mayor parte del uranio se produce con poco o ningún metano asociado. En casos aislados, el metano puede estar vinculado a la extracción del uranio y a minerales que contienen uranio. Empero, teniendo en cuenta que la producción mundial de uranio supone la extracción anual de menos de diez millones de toneladas de mineral, comparado con una producción anual de carbón de unos 4500 millones de toneladas, parecería que la producción de metano proveniente de la extracción del uranio puede catalogarse con exactitud de despreciable.