



EL PETRÓLEO SE AGOTA / 2. Para que en 2050 la energía nuclear pudiera mantener su actual cuota de producción de electricidad, se habrían de construir entre 1.000 y 1.500 nuevos reactores en el mundo. Pero la seguridad y los residuos siguen siendo un obstáculo. Los investigadores trabajan para que los reactores de cuarta generación utilicen los actuales residuos como combustible y puedan además producir hidrógeno.

Bajo la sombra de Chernóbil

Con el aumento de la demanda, habría que construir 1.500 nuevas centrales hasta 2050 para que el sector nuclear pudiera mantener su cuota de generación de electricidad

MILAGROS PÉREZ OLIVA

El Premio Nobel de la Paz de este año, Mohamed el Baradei, director del Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA), pronosticó hace unos años que el declive nuclear provocado por el accidente de Chernóbil sería pasajero. Pocas personas como él han luchado por evitar la proliferación de armas nucleares, pero pocas tienen tanta influencia para legitimar el uso civil de esta energía. Por eso, la concesión del Premio Nobel ha dejado en el movimiento ecologista antinuclear un sabor agri dulce. El Baradei apuesta por el renacimiento de la energía de fisión, convencido de que los nuevos desarrollos tecnológicos van a dar respuesta a las preocupaciones de la población. Pero ¿puede ser la energía nuclear una alternativa a los combustibles fósiles? ¿Está en condiciones de superar los obstáculos por los que fue rechazada en los años ochenta?

Para responder a estas preguntas, el prestigioso Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) encargó un estudio a un panel de eminentes profesores. El resultado fue el informe *The future of nuclear power* (<http://web.mit.edu/nuclear-power/>), publicado en 2003, que se ha convertido en un referente. Su conclusión es que la energía nuclear puede tener un papel importante en las próximas décadas, pero antes debe resolver importantes problemas relativos a la seguridad y a los residuos.

Para que pueda tener un impacto en la reducción del efecto invernadero, la energía nuclear debería poder satisfacer, según este informe, gran parte de la nueva demanda de energía o, como mínimo, mantener su actual cuota de producción de electricidad, que es del 17%. Ello obligaría a construir entre 1.000 y 1.500 nuevos reactores en todo el mundo. Es decir, que de aquí a 2050 habría que triplicar o incluso cuadruplicar el número actual de centrales, que es de 441, para poder satisfacer el 19% del consumo previsto para esa fecha.

“Es cierto que eso evitaría verter a la atmósfera entre 800 y 1.800 millones de toneladas anuales de CO₂, pero eso tendría un impacto global relativamente pequeño sobre el cambio climático, pues si el resto de la energía se obtuviera de combustibles fósiles, apenas reduciría las emisiones en un 10%”, argumenta Marcel Coderch, secretario de la Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos. “Luego no puede afirmarse que la energía nuclear resuelva el problema medioambiental. Podría ayudar, pero no sería la solución”.

Con los actuales parámetros, la energía nuclear tampoco sería competitiva. Para serlo, el informe del MIT recomienda reducir un 25% los costes de construcción y un 8% los de explotación, además



Emplazamiento del desierto de Nevada donde el Gobierno de EE UU proyecta instalar el almacén de residuos de Yuca Mountain. / DAN LAMONT / CORBIS

de rebajar el tiempo de edificación a cuatro años, algo que parece factible, pero no fácil. Las últimas plantas construidas en Estados Unidos necesitaron entre 10 y 12 años para ser operativas, aunque los últimos cálculos de la compañía Dominion estiman que ahora tardarían seis años y medio.

Marcel Coderch está de acuerdo con el diagnóstico del MIT. Cree que es ajustado. Y también con la receta. Pero no comparte la conclusión, ya que no cree que puedan cumplirse las condiciones que el estudio considera necesarias. Particularmente, las relativas a la seguridad y a los residuos. “La mayoría de los problemas que plantea no se van a poder resolver”, afirma. “La mayoría de estos problemas ya están científicamente resueltos. Sólo hay que desarrollar las tecnologías”, replica, con la misma vehemencia, Javier Dies, catedrático y director de la sección de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Envenenar el cielo, envenenar la tierra

Cayetano López, catedrático de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid y responsable del área de energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), considera que la energía nuclear no se va a poder rehabilitar si no se dan dos

factores: “En primer lugar, un cambio de percepción social. Desde Chernóbil se ha extendido la idea de que nuclear es sinónimo de peligro. Se ha hecho una construcción social de lo nuclear que hace que la población esté dispuesta a aceptar incluso ciertas limitaciones en el uso de la energía, antes que apoyar el desarrollo de nucleares. El cambio requeriría tiempo: del orden de una generación, si es que se produce. En segundo lugar, tendrían que introducirse también cambios en el diseño de las nucleares, para garantizar que no se producirá otro Chernóbil, y en el manejo de los residuos, por la vía de producir menos cantidad o por la vía de transmutarlos. Sobre ambos problemas existen ideas de cómo resolverlos, pero para convertir esas ideas en soluciones técnicas se precisan programas experimentales, y el prejuicio negativo que existe hacia lo nuclear está siendo un obstáculo para la investigación”.

El organismo que en España investiga sobre energías es el Ciemat, y Enrique González, responsable del área de fisión, uno de los expertos que mejor las conoce. “No existen soluciones mágicas. La nuclear no es la única solución, cierto, pero si de lo que se trata es de potenciar una fuente que pueda producir electricidad de la forma más eficiente posible, sin emitir CO₂ a la atmósfera y con capacidad de produc-

ción masiva, sin duda es la mejor candidata”. Para Marcel Coderch, eso es salir del fuego para caer en las brasas, “porque las nucleares no emiten CO₂, que envenena la atmósfera, pero sí producen residuos radiactivos, que envenenan la tierra”.

El factor humano

La seguridad sigue siendo el principal problema. El accidente de Three Mile Island la puso en cuestión y el de Chernóbil clavó la puntilla. La herida todavía sangra. En ambos casos se fundió el núcleo, pero en el primero no hubo emisión de radiación y en el segundo sí. Nadie discute que el accidente de Ucrania tuvo efectos tan devastadores porque a una tecnología deficiente se sumó lo que Cayetano López describe como “una actuación desastrosa de un grupo de personas como elemento desencadenante”. Pero el factor humano existe y hay que contar con él. Enrique González está de acuerdo: “No se trata de minimizar las causas por las que la población cree que la energía nuclear no es segura, sino de introducir las mejoras necesarias para que no haya dudas al respecto”.

“En el mundo de las nucleares, nadie contempla que se pueda repetir un accidente como el de Chernóbil”, sostiene Carlos de Villota, responsable de esta sección en

UNESA, la patronal de las eléctricas. “Pero el miedo es irracional. ¿Por qué Francia ha mantenido sin ningún temor su programa nuclear y, en cambio, otros países han decidido suspenderlo después de Chernóbil? Ha habido en la industria química accidentes muy graves, como los de Bhopal o Seveso, con muchos muertos, y, en cambio, no se ha generado tanta alarma. Chernóbil fue un revulsivo. Pero nadie está más interesado que la industria en extremar la seguridad, porque sabemos que un incidente en una planta afecta a todas las demás”. “Ya querría yo que todas las plantas químicas de nuestro país tuvieran los mismos parámetros de seguridad que las nucleares”, insiste Javier Dies. Pero Marcel Coderch replica: “¿Y cómo explican que las aseguradoras privadas sí estén dispuestas a cubrir los riesgos de una industria química y, en cambio, ninguna está dispuesta a facilitar una póliza de responsabilidad civil a una nuclear? El Gobierno de Bush ha tenido que prorrogar 20 años la ley Price-Anderson, que limita la responsabilidad civil frente a accidentes precisamente por esta razón”.

El informe del MIT sostiene que si se aceptara ampliar sustancialmente el parque mundial de centrales nucleares habría que mantener al menos la tasa de riesgo actual, que se estima en menos de un accidente grave (con emisiones radioactivas) cada 50 años.

Pasa a la página 16

● Todos los residuos de alta actividad de las nucleares españolas ocupan el espacio de un campo de fútbol

● El reactor Superphenix se clausuró en 1997 con tan sólo 10 meses de actividad; desmantelarlo costará 9.000 millones de euros

● Las nucleares de cuarta generación adaptan su diseño para poder producir hidrógeno

Viene de la página 15

Eso obligaría a dividir por 10 la tasa actual de fallos puesto que al aumentar el número de reactores, también aumentaría la probabilidad de que uno de ellos llegara a fallar.

“La investigación se dirige ahora no a que las nucleares sean más seguras, que ya lo son, sino a que los mecanismos que las hacen seguras estén incrustados en la ingeniería de la propia planta, de manera que su aplicación no dependa del factor humano o de mecanismos electrónicos. Es lo que llamamos la seguridad pasiva, que funciona de forma automática, siguiendo las leyes de la física”, explica Enrique González. ¿Por ejemplo? “Supongamos que se produce un recalentamiento de una zona. Ahora tenemos sistemas de alarma y mecanismos electrónicos que bombean el agua en un proceso que a veces requiere la intervención de operarios. En la seguridad pasiva, el diseño de la planta incluye mecanismos para que se active un dispositivo físico de modo que el agua cae por el mero efecto de la gravedad. Se trata de eliminar dependencias e incertidumbres. El reactor europeo de agua a presión (EPR) que se construye en Finlandia ya incorpora elementos de este tipo”.

Los residuos como reserva

Mucho más peliagudo va a ser resolver el problema de los residuos. “Ningún país lo ha hecho satisfactoriamente”, dice el informe del MIT. De momento, la solución más plausible es construir almacenes geológicos profundos, como el que Estados Unidos proyecta en Yucca Mountain, en el desierto de Nevada. El rechazo a estas instalaciones obedece a que su potencial contaminante se prolongará durante decenas de miles de años. A ese temor, Carlos de Villota responde con una pregunta: “¿Preocupa que unos residuos sean activos durante mil años y no que se funda el artículo dentro de 30? Ni el oro del Banco de España está mejor protegido que los residuos”, asegura. En España, los de media y baja actividad están almacenados en El Cabril. Los de alta actividad permanecen en piscinas en las propias nucleares, con excepción de la de Trillo, que los guarda en contenedores en el exterior. Enresa proyecta para 2011 un gran almacén, una especie de nave industrial con contenedores cilíndricos verticales. Todos los elementos combustibles de alta actividad acumulados en las nucleares españolas ocupan el equivalente de un campo de fútbol. No son muchos, pero éste sigue siendo el escollo más difícil de la energía nuclear, sobre todo si aumentara el número de centrales.

Entre las soluciones que se apuntan hay una en la que los ingenieros nucleares tienen puestas sus

esperanzas: la transmutación. Antes de hacerse cargo de la sección de fisión del Ciemat, Enrique González dirigió la de transmutación, una palabra llamada a tener un gran protagonismo. ¿Por qué? “Porque puede cambiar radicalmente la consideración de los residuos nucleares”, explica. Si la técnica llegara a buen puerto, los residuos ya no serían esa pesada carga que una generación egoísta y derrochadora transmite por miles de años a sus descendientes, sino una preciada reserva de combustible que legar a las generaciones futuras. Un giro copernicano.

¿Es posible? “Lo es”, afirma González. “Los actuales reactores térmicos utilizan uranio enriquecido como combustible. En la naturaleza, el uranio aparece con dos isótopos, el 235 y el 238. El primero sólo representa el 0,7% de la pieza de uranio; el resto es 238. En el proceso de enriquecimiento se desechan grandes cantidades del isótopo 238 para que aumente la concentración del 235 hasta un 3% o un 4,5%. Es esta pequeña fracción de uranio 235 la que se utiliza en los reactores actuales. En la naturaleza no hay más isótopos directamente utilizables en estos reactores, pero en los residuos nucleares hay grandes cantidades de isótopos de plutonio, que sí pueden ser utilizados directamente en los reactores actuales. Sin embargo, existe otra posibilidad bien conocida y demostrada experimentalmente en los reactores de cuarta generación, los llamados reactores rápidos, en los que abundan neutrones muy energéticos. Estos neutrones rápidos permiten que el reactor pueda utilizar todos los isótopos del uranio natural, incluido el 238 desechado hasta ahora, y los que se encuentran en los residuos”.

Esta solución no sólo reduciría a niveles mínimos los residuos del proceso nuclear, sino que solventaría el problema de las reservas de uranio, pues se pasaría de utilizar apenas el 1% de los recursos naturales a utilizar prácticamente el 100%. Enrique González estima que, en el peor de los casos, con los actuales niveles de consumo “las reservas podrían proporcionar energía durante 10.000 años”.

“No se trata de futuribles a largo plazo”, precisa. “Estas tecnologías están muy avanzadas. Con este planteamiento se han hecho los prototipos Phenix y Superphenix. La industria no contempla la posibilidad de aplicarlas antes de 2040, pero eso es por un cálculo estratégico: cuando se planteó la cuarta generación, se pensó en rentabilizar antes las de tercera generación, que tienen una vida útil de 60 años. Pero en caso de crisis energética, el proceso podría acelerarse”.

El fiasco del Superphenix

El informe del MIT considera, sin embargo, que estos prototipos no están suficientemente probados y aconseja dejar un tiempo para que puedan demostrar su seguridad. Marcel Coderch recuerda que “en el caso del Superphenix, construido en Creys-Malville (Francia), después de nueve años de preparación, sólo pudo estar acoplado a la red unos 10 meses. No funcionó bien, tuvo problemas de seguridad y fue clausurado en 1997. Su desmantelamiento costará 9.000 millones de euros sin haber llegado a producir apenas electricidad”.

Los problemas de seguridad no se circunscriben únicamente al interior del perímetro de hormigón. Las nucleares han sido siempre vulnerables como posible objetivo militar, pero ahora hay terroristas suicidas y organizaciones como Al

Las centrales nucleares en España



José Cabrera

Propietarios	Unión Fenosa
Potencia	150,1 MWe
Producción	1.246,21 GWh
Fecha de apertura	1968
Última autorización*	15/10/2002
Residuos generados	64,02 m ³



Santa María de Garoña

Propietarios	Nuclenor
Potencia	466 MWe
Producción	4.049,59 GWh
Fecha de apertura	1971
Última autorización	5/7/1999
Residuos generados	106,7 m ³



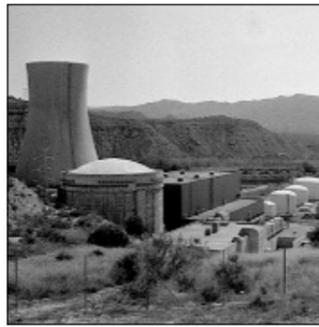
Almaraz I

Propietarios	Iberdrola, Endesa, U. Fenosa
Potencia	977 MWe
Producción	8.521,61 GWh
Fecha de apertura	1981
Última autorización	8/60/2000
Residuos generados	69,5 m ³



Almaraz II

Propietarios	Iberdrola, Endesa, U. Fenosa
Potencia	980 MWe
Producción	7.829,51 GWh
Fecha de apertura	1983
Última autorización	8/60/2000
Residuos generados	-



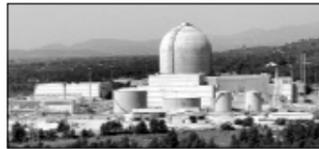
Ascó I

Propietarios	Endesa
Potencia	1.032,5 MWe
Producción	8.074,68 GWh
Fecha de apertura	1983
Última autorización	1/10/2001
Residuos generados	52,5 m ³



Ascó II

Propietarios	Endesa, Iberdrola
Potencia	1.027,2 MWe
Producción	7.238,10 GWh
Fecha de apertura	1985
Última autorización	1/10/2001
Residuos generados	62,2 m ³



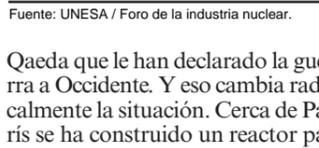
Cofrentes

Propietarios	Iberdrola
Potencia	1.092 MWe
Producción	9.149,11 GWh
Fecha de apertura	1984
Última autorización	19/3/2001
Residuos generados	159,2 m ³



Vandellòs II

Propietarios	Endesa, Iberdrola
Potencia	1.087,1 MWe
Producción	9.032,03 GWh
Fecha de apertura	1987
Última autorización	14/7/2000
Residuos generados	60,5 m ³



Trillo

Propietarios	Iberdrola, Unión Fenosa, Hidrocarbónico, Nuclenor
Potencia	1.066 MWe
Producción	8.534,97 GWh
Fecha de apertura	1988
Última autorización	16/11/2004
Residuos generados	25,5 m ³

* Las autorizaciones son por un periodo de 10 años.

Fuente: UNESA / Foro de la industria nuclear.

EL PAÍS

Queda que le han declarado la guerra a Occidente. Y eso cambia radicalmente la situación. Cerca de París se ha construido un reactor para fines de investigación cuyos muros de hormigón ya no tienen un metro de grosor sino dos. ¿Podría una central nuclear con una protección de dos metros resistir el impacto de los aviones que derribaron las torres gemelas de Nueva York? Francia ha vivido recientemente un escándalo por la filtración de un documento secreto en el que se indicaba que el European Presured Reactor (EPR) sería vulnerable frente a un ataque suicida con un avión comercial como los que impactaron en Manhattan.

El ingeniero Ignacio Nieto, experto en políticas energéticas que acaba de incorporarse a la Comisión Nacional de la Energía, afronta esta cuestión casi desde una perspectiva filosófica: “La nuclear es una tecnología demasiado perfecta para el hombre. Lo que la hace imperfecta es el factor humano. Casi todos sus inconvenientes tienen que ver con el hecho de que está gestionada por personas y de que genera unos residuos que se han de almacenar durante miles de años y pueden ser usados con fines perversos. Si no existiera la maldad, no habría problema por-

que el volumen no es muy grande. Pero la maldad existe”.

Ésta es la principal preocupación de Mohamed el Baradei al frente del Organismo Internacional para la Energía Atómica. Producir una bomba atómica convencional requiere un nivel científico y tecnológico al que pocos países tienen acceso, pero no ocurre lo mismo con las llamadas bombas sucias. En este caso, basta con obtener una pequeña cantidad de plutonio o de residuos, y puesto que mantienen el 85% de la radiactividad original, hacerlos estallar junto a una bomba convencional. No sería una bomba nuclear, pero haría muchísimo daño. Por esta razón, el informe del MIT recomienda restringir “las instalaciones de enriquecimiento y procesamiento” a unos pocos países. Se trabaja la idea de que los países en desarrollo puedan albergar nucleares pero no tengan el control ni del combustible ni de los residuos.

Javier Dies ha visto cómo en los últimos años las moratorias nucleares reducían las perspectivas de trabajo de sus alumnos, pero ahora vislumbra una nueva oportunidad. La energía de fisión se conjuga con otro elemento preñado de promesas de futuro: el hidrógeno. “Los nuevos diseños nucleares se propo-

nen optimizar el proceso de manera que, además de electricidad, puedan producir hidrógeno”, explica Dies. “La mayor parte de los reactores que se construyen ahora, entre ellos el European Presured Reactor, son de tercera generación. Pertenecen todavía al modelo de los que se refrigeran con agua, pero en este caso con agua a presión. El agua se utiliza tanto para refrigerar como para modular la velocidad de los neutrones y discurre por un circuito de conducciones en el que se alcanzan temperaturas de 300 grados centígrados. Para poder producir hidrógeno es preciso llegar a 1.000 grados, lo que, en caso de utilizar agua, aumentaría muchísimo la presión. Los reactores de cuarta generación, los Very High Temperatura Reactor, utilizan el grafito como moderador y se refrigeran con helio, lo que les permite alcanzar la temperatura necesaria para producir hidrógeno”.

La economía del hidrógeno

El hidrógeno es ahora mismo la única alternativa al petróleo en el transporte. Pero el “combustible eterno”, como se le ha llamado por su abundancia, tiene un problema: no está libre en la naturaleza y las leyes de la termodinámica son inexorables. “No es una fuente de energía. Está en el agua, pero atrapado en el oxígeno con enlaces muy fuertes de modo que para liberarlo se necesita mucha energía, más de la que luego proporcionará como combustible de vehículos”, explica Pedro Gómez-Romero, investigador del Instituto de Ciencias de los Materiales del CSIC. Luego, a efectos de ahorro energético, no ganamos nada. Tampoco ganamos nada a efectos de cambio climático si para producir hidrógeno tenemos que utilizar energías que contaminan. Pero si se puede obtener con energías limpias, la cosa cambia. Entonces, el único problema que queda es el precio, pero ya sabemos que el precio deja de ser un problema en cuanto no hay otra alternativa.

Ésa es ahora la nueva apuesta de la energía nuclear. Producir hidrógeno le permitiría además sacar provecho de su dificultad para adaptarse a las variaciones de la demanda. Las nucleares producen una cantidad fija de energía de modo que se han de utilizar otras fuentes, como la hidráulica, para adaptar el suministro a las oscilaciones del consumo. De madrugada, las nucleares podrían utilizar la electricidad excedente para producir hidrógeno o vapor de agua. Ya se han construido dos reactores experimentales, en Japón y en China, que producen vapor de agua.

El movimiento ecologista rechaza que para producir hidrógeno se utilicen combustibles fósiles o energía nuclear y proponen usar energías renovables. Estados Unidos ha apostado con fuerza por la economía del hidrógeno. La UE también, pero a diferencia de Estados Unidos, que pretende obtenerlo con energía nuclear o combustibles fósiles, intentará producirlo sólo con energías renovables.

En todo caso, Dies no imagina las nucleares del futuro como esos inquietantes edificios de hormigón, solitarios y proscritos, sino como el centro de extensos conglomerados industriales, con fábricas de hidrógeno y otras factorías adosadas a sus muros para poder mamar de sus ubres energéticas.

MAÑANA, CAPÍTULO 3
La transición energética