

Energía nuclear. Un futuro razonado

Lucila Izquierdo Rocha*

1. Introducción

La creciente demanda de energía, el encarecimiento de los precios del petróleo, la fuerte dependencia de muchos países de las importaciones de petróleo y gas —con la vulnerabilidad que ello representa y las implicaciones geopolíticas que arrastra— y la preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad ambiental, están creando una nueva visión de las políticas energéticas en todo el mundo, que se caracteriza, por un lado, por la necesidad de asegurar la disponibilidad de energía en cualquier circunstancia, y por otro, por su compatibilidad no sólo con un medioambiente sostenible, sino con una sociedad más próspera y sobre todo, más igualitaria.

Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (WEO 2006), el consumo mundial de energía se incrementará en aproximadamente un 50 por 100 en los próximos 20 años. Las emisiones anuales de CO₂ ascenderán alrededor de un 40 por 100 en el mismo período; la fracción de la población mundial dependiente de importaciones energéticas pasará de un 50 a un 80 por 100, el vector energético de mayor crecimiento será la electricidad y estará centrado en los países en desarrollo.

Es bien conocida la incidencia de la energía en la economía. Como apunta el Consejo Mundial de la Energía, si queremos mantener la economía del mundo sana y mejorar los niveles de vida de todos, debemos superar un triple reto: proporcionar a cada vivienda acceso a servicios energéticos modernos y a un precio asequible, atender una demanda en constante crecimiento y reducir las emisio-

nes de gases de efecto invernadero, y todo ello al mismo tiempo.

En el corto y medio plazo, la verdadera preocupación de todos los pueblos, y el objetivo final de la sostenibilidad energética, será poder conseguir una energía que sea técnica y económicamente accesible, que esté disponible cuando se necesite, y que sea aceptada por la sociedad. La accesibilidad va a estar muy ligada a una adecuada política de precios y tecnologías; la disponibilidad, a la seguridad de suministro de los combustibles en el largo plazo, y a la calidad de los servicios energéticos en el corto; la aceptabilidad, a los objetivos medioambientales y a las sensibilidades públicas. Es preciso reconocer que estos tres criterios pueden presentar elementos de contradicción si se pretenden aplicar los tres a un tiempo.

Un punto clave es decidir qué tecnologías deben utilizarse en una política energética razonable. Existe un consenso general de que ninguna de las tecnologías energéticas actuales es suficiente para responder, por sí sola, a todos los retos, por lo que será necesario, al menos en este siglo, disponer de un conjunto de opciones energéticas simultáneas. Todas las políticas energéticas están poniendo especial atención en la diversificación de fuentes y tecnologías para ser capaces de cumplir simultáneamente los dos requerimientos esenciales: *la garantía y seguridad del suministro energético y la reducción del impacto de sus efectos ambientales*. Por el momento, para generación de electricidad, solamente la energía nuclear y las energías renovables son las opciones tecnológicas disponibles que permiten mejorar la dependencia externa sin emitir CO₂ a la atmósfera. En un futuro más lejano, las tecnologías de combustión eficiente con secuestro de CO₂ serán también opciones energéticas sostenibles. Y siendo optimistas, la nueva energía de fusión nuclear estará también disponible.

* Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos. Departamento de Energía (Ciemat).

Un debate profundo sobre el modelo energético del futuro requiere un tratamiento desde ámbitos técnicos y sociales muy diferentes. Además, debe ser abordado con una perspectiva a largo plazo. La generación de energía supone casi siempre inversiones costosas que exigen largos tiempos de amortización y no pueden improvisarse; el modelo energético de las próximas dos décadas habremos de ir configurándolo ahora.

2. Energía nuclear y sociedad

Desde el punto de vista tecnológico, la energía nuclear de fisión ha alcanzado un grado de madurez que le permite ser considerada como una fuente de energía fiable y segura, siempre dentro de los límites de fiabilidad y seguridad que la sociedad requiere para las actividades industriales. Sin embargo, al igual que las demás fuentes, la energía nuclear no está exenta de importantes incertidumbres; la más inmediata es que deberá demostrar su competitividad económica, y deberá, además, asegurar que los esfuerzos para mantener esta competitividad no van a afectar a su elevado nivel de seguridad. Deberá también encontrar soluciones más convincentes para la gestión de sus residuos y asegurar que sus productos y tecnologías no van a ser derivados a aplicaciones no declaradas.

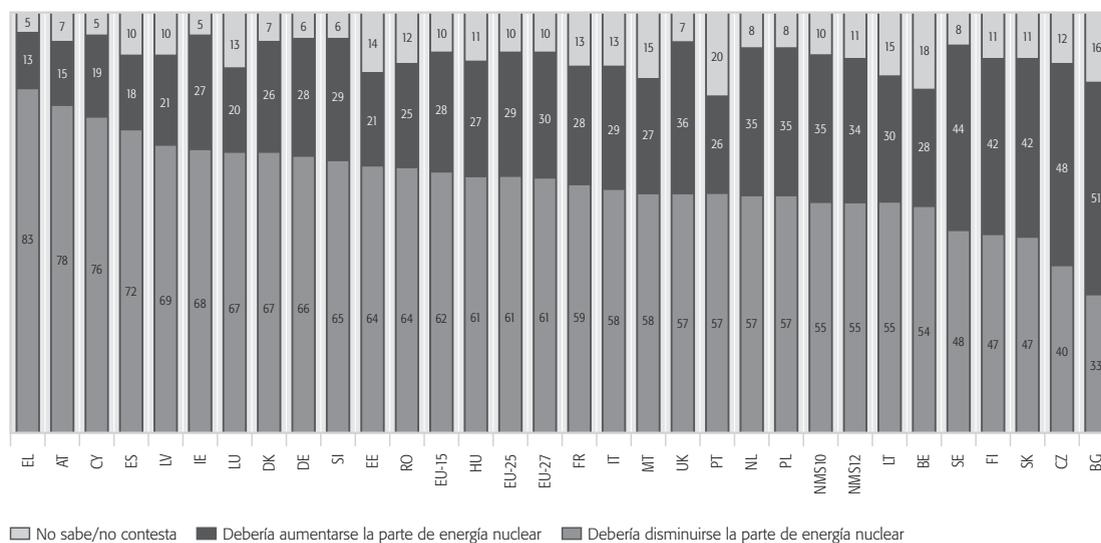
La energía nuclear ha estado siempre a la cabeza de la preocupación pública sobre temas energéticos, probablemente de una manera que ninguna otra fuente de energía ha experimentado hasta ahora. Desde un exagerado optimismo en los primeros años setenta, hasta un fuerte pesimismo desde las postrimerías de los ochenta. Este comportamiento ha sido muy diferente en las distintas zonas geográficas. En la mayoría de los países occidentales, salvo Francia, ha existido, de hecho, una moratoria nuclear desde los años ochenta; en cambio, los países asiáticos han venido manteniendo permanentemente programas de construcción de centrales nucleares.

Recientes encuestas en países como Francia, donde la energía nuclear parece tener los menores problemas de aceptación, reflejan que solo el 25 por 100 de la población apoya firmemente esta energía, la mayoría está indecisa o manifiesta rechazo. En España, los últimos sondeos realizados muestran que la mayoría de la opinión pública española ve a la energía nuclear como de alto riesgo. Según el Eurobarómetro, solamente Austria, Grecia y Chipre están delante de España en su rechazo a la energía nuclear.

Toda esta situación ha afectado fuertemente a la industria nuclear en el mundo desarrollado durante las últimas décadas. Algunos de los problemas creados han llevado a una disminución progresiva de la capacidad tec-

Gráfico 1

ENERGÍA NUCLEAR



Pregunta 9. Un tercio de la energía eléctrica de la UE procede de la nuclear. Con relación a ella, hay dos enfoques fundamentales. ¿Con cuál de los dos está Ud. más de acuerdo? Los números corresponden a porcentajes por país.

Fuente: Flash Eurobarometer 206a - The Gallup Organization, Hungary.

nológica nuclear en muchos países, por la falta de proyectos e incentivos para la innovación y el abandono de los técnicos hacia otras profesiones. Hoy, la aceptación pública de la energía nuclear se considera como un factor de incertidumbre cuando se analiza su futuro como una alternativa energética competitiva y con capacidad para reducir el potencial cambio climático global.

Lo que parece claro, es que la energía nuclear no tendrá un papel relevante que cumplir en la cesta energética del mundo occidental en el próximo futuro si no supera el problema del rechazo social. Pero, ¿es posible cambiar la negativa percepción actual de la energía nuclear? Existe toda una disciplina de estudio sobre este tema. De lo que no hay duda es de que solamente haciendo que la sociedad participe, a través de los cauces que se establezcan para ello, en todo el proceso de la toma de decisiones, será posible recuperar la confianza social.

En el reciente documento del World Energy Council "The Role of Nuclear Power in Europe" (2006), se menciona: "Los países europeos, y los estados miembros de la Unión Europea en particular, deben considerar seriamente incluir la opción nuclear en su *mix* energético. Esto implica mejorar la comprensión pública sobre los temas energéticos proporcionando información real y emprendiendo campañas de comunicación comprensivas y eficientes".

En general, al igual que pasa con muchas otras aplicaciones de la ciencia y la tecnología, el conocimiento de las cuestiones energéticas en la sociedad es muy reducido, los principios básicos en los que se basa la generación de energía son complejos y poco intuitivos, y las informaciones son muy divergentes en muchos casos, incluidas las opiniones de los científicos; todo ello conduce a una cierta confusión. La fuerte concentración de poder que se dibuja en el mercado energético actual acrecienta la desconfianza. Como dice el Libro Verde "Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura" (2006), "La UE puede desempeñar un papel sumamente útil si asegura que se determinan todos los costes, ventajas y desventajas de la energía nuclear con el fin de abrir un debate bien informado, objetivo y transparente al respecto".

La sociedad civil se está movilizando, prueba de ello es que en el último año se han celebrado un significativo número de jornadas de discusión y conferencias públicas en relación con el futuro de la energía nuclear. La preocupación por las previsibles consecuencias del cambio climático está calando en el tejido social. Hoy parecen darse unas condiciones más propicias que en épocas anteriores para un debate más sereno en torno a los temas nucleares. Tal vez, la pregunta debería ser la siguiente: "La energía nuclear, ¿es una opción energética de la que podamos prescindir?".

3. Los planos del debate nuclear

El debate sobre la energía nuclear debería mantenerse en dos planos bien diferenciados, uno, su papel a nivel global, como fuente de energía masiva para satisfacer las ingentes necesidades energéticas de la población mundial, y otro, como alternativa para un país concreto que decide el tipo de energía que quiere y está dispuesto a utilizar. Ambos planos tienen planteamientos de partida muy diferentes.

Existe una seria preocupación porque el desarrollo de los países emergentes no siga nuestro modelo de crecimiento y logren un desarrollo sostenible. Sin embargo, este concepto emanado del mundo desarrollado, se enfrenta a una situación real de "pobreza insostenible", y para salir de ella a un precio asequible, para más de un tercio de la población mundial, se van a necesitar cantidades masivas de energía en un plazo corto de tiempo. Es poco probable que alguno de esos países vaya a renunciar a las dos fuentes de energía masiva disponibles en este momento, el carbón y la energía nuclear. Los programas energéticos de muchos países en desarrollo lo están demostrando. De los 31 reactores nucleares actualmente en construcción, 17 se encuentran en Asia.

El debate a nivel nacional, especialmente en los países más desarrollados, tiene otros puntos de partida. En el mundo desarrollado estamos acostumbrados a disponer de una energía barata y de calidad, y mantenemos hábitos de conducta basados en su derroche. A pesar de él, un ciudadano de un país occidental invierte en su consumo energético entre un 2 y un 5 por 100 de sus ingresos, mientras que en los países más pobres la población está invirtiendo en energía hasta el 15 por 100 de sus limitados ingresos. Los planteamientos, en los dos niveles, no pueden ser iguales.

En los países occidentales, donde la posibilidad de ahorro energético es considerable y en los que se disfruta de regímenes políticos democráticos y con amplia participación social, los ciudadanos disponen de cauces adecuados para ejercer su derecho a decidir el tipo de energía que quieren utilizar, pero para tal decisión, tienen que ser muy conscientes de los efectos de todo tipo que su elección les va a suponer.

4. Los puntos de conflicto

A pesar de los accidentes de la Isla de las Tres Millas y de Chernobil —que tuvieron consecuencias ambientales muy diferentes, debido a la diferencia de diseño de las

centrales americanas y rusas—, y del miedo generalizado de la opinión pública, la seguridad operativa de las plantas nucleares no está entre los temas de mayor preocupación; esta se centra, en el momento actual, en los problemas relacionados con la gestión de los residuos radiactivos y con los temores derivados de la proliferación nuclear en el ámbito militar. En determinados medios, a estos problemas se suma la cuestionable competitividad económica de la energía nuclear en comparación con el carbón o las centrales de ciclo combinado de gas.

La seguridad. Las actuales centrales nucleares son instalaciones seguras, entendiendo por seguridad el nivel aceptado por la sociedad para las actividades industriales. Todas las actividades industriales y tecnológicas tienen algún tipo de riesgo; la cuestión es decidir qué nivel de riesgo estamos dispuestos a aceptar. La aceptación depende de muchos factores, entre los que están incluidos los valores sociales y culturales de las comunidades y, sobre todo, la confianza en aquellos que toman las decisiones, y en los que tienen la responsabilidad de autorizar y vigilar las instalaciones.

Es cierto que la energía nuclear es una fuente de energía muy concentrada y, por ello, su control tiene que ser muy riguroso, pero los actuales sistemas de control y seguridad de las plantas nucleares son capaces de asegurar que su riesgo técnico —entendido como el producto de la probabilidad de que ocurra un accidente grave por el daño que este accidente pueda causar— se encuentra entre los valores más bajos utilizados como criterio de aceptación de riesgos para otras actividades industriales.

Los criterios en los que se basa la seguridad nuclear siguen el principio de “defensa en profundidad”, basado en la incorporación de barreras sucesivas para el confinamiento de los productos de la fisión nuclear en cualquier situación normal o accidental. Requieren, además, la supervisión y control de un organismo regulador independiente.

En las nuevas centrales que se están planificando en la actualidad, las llamadas centrales avanzadas de las generaciones III y III+, se incrementa la seguridad incorporando sistemas de refrigeración pasivos, mejorando las condiciones de la sala de control para facilitar la actuación humana, ampliando la hermeticidad del edificio de contención en cualquier circunstancia y, en general, mejorando la operabilidad y mantenimiento de las plantas. A partir de 2030, se espera la introducción de las centrales de generación IV en las que se incorporan nuevos conceptos en el ciclo de combustible nuclear y en la seguridad.

En el documento “Una política energética para Europa”, presentado en enero de 2007, se propone la creación

de un grupo de alto nivel de órganos nacionales de reglamentación nuclear de la UE, al objeto de continuar desarrollando un planteamiento común y una normativa europea en materia de protección y seguridad en el ámbito de la energía nuclear.

Los residuos. Como casi todas las actividades humanas, la producción de energía eléctrica a partir de energía nuclear genera residuos que es necesario acondicionar, tratar y almacenar sin crear problemas adicionales para las generaciones presentes y futuras ni para el medio ambiente. La preocupación por los residuos que genera la energía nuclear se basa en los posibles efectos nocivos que puede tener la radiactividad que mantienen durante largos períodos de tiempo; ello ha conducido a aplicar para la gestión de los residuos radiactivos el criterio de “concentración y confinamiento” en lugar del de “dilución y dispersión”, propio de otras actividades industriales, pues es la mejor opción desde el punto de vista técnico, económico y de seguridad. La idea de larga vida asociada a los residuos nucleares hace surgir temores de todo tipo y plantea cuestiones de carácter ético y social que no han aparecido en otras industrias, con problemas, tal vez, más relevantes. La aceptabilidad de la energía nuclear va a requerir soluciones ingeniosas, integradas y fiables de todo el ciclo de combustible, pero en especial de la gestión de sus residuos. Al encuentro de estas soluciones se está dedicando el principal esfuerzo de investigación y desarrollo.

La mayor preocupación está en el tratamiento del combustible nuclear irradiado, pues son estos elementos los que incorporan el mayor nivel de radiactividad y los que tienen períodos de vida más largos. Se están aplicando dos estrategias de gestión distintas para los combustibles irradiados. La primera consiste en su reprocesamiento —o su almacenamiento para reprocesarlo posteriormente— a fin de extraer el material utilizable —uranio y plutonio— para fabricar nuevo combustible (ciclo de combustible cerrado). Aproximadamente una tercera parte del combustible utilizado en todo el mundo se ha reprocesado. La segunda consiste en considerar el combustible gastado como un desecho, acondicionarlo y almacenarlo temporalmente en espera de su confinamiento final en repositorios geológicos permanentes (ciclo de combustible abierto). China, Rusia, Francia, Japón y el Reino Unido reprocesan la mayor parte de su combustible gastado. Canadá, Finlandia y Suecia han optado por el acondicionamiento y almacenamiento directo. EE.UU. está reconsiderando su anterior decisión de ir a ciclos abiertos y trabaja en el desarrollo de ciclos cerrados más seguros y sostenibles. Otros países no han decidido aún qué estrategia adoptar, y siguen la evolución de ambas alternativas.

Hasta el momento, el único repositorio geológico en funcionamiento en todo el mundo es la planta piloto de

aislamiento de desechos (WIPP) en los Estados Unidos. Según el informe del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) "Examen de la tecnología nuclear 2007", aunque EE.UU., Finlandia y Suecia llevan programas avanzados para la construcción de estos repositorios, no es muy probable que alguno de ellos entre en funcionamiento antes de 2020. Esta larga demora está creando cierta inquietud en algunos medios.

Se avanza en la investigación de soluciones más aceptables, como puede ser la transmutación de los residuos de más alta radiactividad y vida más larga en elementos inertes o de vida más corta, y la combustión de los elementos transuránicos en el propio reactor, utilizando para ello los innovadores sistemas asistidos por acelerador. Habrá que esperar todavía varias décadas para que estas soluciones estén disponibles; en el intermedio, los más de 50 años de experiencia acumulados hasta ahora en el almacenamiento seguro y eficaz del combustible gastado permiten tener un alto grado de confianza en las tecnologías actuales de almacenamiento temporal hasta que entren en operación las soluciones más definitivas. Las nuevas tecnologías de reprocesamiento y reutilización del uranio que no se quema en el reactor, incorporadas en los nuevos ciclos de combustible, son soluciones sostenibles a más corto plazo.

La proliferación. Últimamente, el punto de mira de muchos países está, además, en la seguridad física y en el riesgo de proliferación, es decir en la probabilidad de un atentado, y en el temor a que, dado el estado actual de conocimiento y difusión de la tecnología nuclear, un país soberano, operando un ciclo de combustible cerrado, es decir, con enriquecimiento de uranio y reprocesado de combustible gastado, pueda desviar plutonio o uranio enriquecido para fines militares. Asuntos como los sucesos del 11 de septiembre y el terrorismo internacional han incrementado la preocupación por el problema de la proliferación. Prueba de ello son los conflictos diplomáticos en torno al tema nuclear con Irán y Corea del Norte.

En la conferencia internacional: "Nuevo marco para la utilización de la energía nuclear en el siglo XXI: garantías de suministro y no proliferación", celebrada en Viena el año pasado, se reconoció que el desarrollo de un marco multilateral, equitativo y accesible para todos los países, que actúe con las normas de no proliferación nuclear acordadas, es una empresa compleja, que requerirá un enfoque gradual.

Las dos tecnologías citadas del ciclo del combustible nuclear, el enriquecimiento del uranio y el reprocesado del combustible gastado, son las tecnologías consideradas de carácter estratégico en este sentido, pues presentan alguna posibilidad para el desvío de uranio enriquecido o de plutonio a otros fines no declarados. Estados

Unidos y Rusia han presentado recientemente propuestas de actuaciones internacionales encaminadas a prestar estos servicios del ciclo de combustible nuclear a cualquier país, de forma no discriminatoria y bajo el control del OIEA. También la innovación tecnológica se ha puesto a trabajar, se están investigando tecnologías de reprocesamiento de combustible gastado que no separen el plutonio y nuevos diseños de reactores que consuman en la misma, o muy próxima, instalación el combustible reprocesado. Se esperan cambios muy relevantes en los ciclos de combustible de los reactores nucleares futuros.

La economía. A diferencia de las tecnologías de ciclo combinado de gas, principal competidor actual de la energía nuclear desde el punto de vista económico, las plantas nucleares tienen una estructura de costes centrada en la inversión inicial —son muy intensivas en costes de instalación y tienen largos tiempos de construcción—, pero su funcionamiento es relativamente económico, tienen reducidos costes de operación y mantenimiento y, en especial, son muy poco sensibles al precio del combustible. El coste del mineral de uranio, después de enriquecido y tratado, supone el 15 por 100 del coste de producción del kWh nuclear, mientras que el del gas representa el 75 por 100 en una central de ciclo combinado.

Las centrales actuales en operación, bien gestionadas, son una fuente de electricidad barata. Sin embargo, existe una incertidumbre considerable en relación con el coste de los nuevos reactores; su competitividad va a depender mucho de las alternativas tecnológicas disponibles, de la demanda total de electricidad en un país, de la estructura del mercado y del entorno de inversiones, de las limitaciones ambientales y de los riesgos de inversión derivados de posibles retrasos en la construcción o de cambios en el nivel político o de reglamentación.

Existen fuertes discrepancias en la valoración de los precios del kWh nuclear. La mayoría de los estudios indican que la energía nuclear sería competitiva con la tecnología de gas de ciclo combinado para unos precios del gas moderadamente altos. Si el precio del gas subiera más, o el precio de la tonelada de CO₂ lo hiciera de la forma previsible —20 €/Tm—, la competitividad de la energía nuclear sería bastante probable.

Un dato más reciente para el nuevo grupo de 1.600 MW francés modelo EPR (European Pressurized Reactor) prevé 46 € por MWh, más alto que las estimaciones iniciales. El estudio de Greenpeace, "The economics of nuclear power", llama la atención sobre el incremento en los tiempos de construcción y en el coste de las nuevas centrales que están actualmente levantándose en relación con lo inicialmente planificado.

Cuadro 1

RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DE COSTES (CENT. €/KWH) EN ALGUNOS ESTUDIOS

Coste normaliz.	(1) MIT	(2) Univ. Chicago	(3) R. A. Ingeniería (R. Unido)	(4) DGEMP (Francia)	(5) METI (Japón)	(6) CERI Canadá	(7) AEN/AIE
Nuclear	5,2	3,2-5,5	3,3	2,8	3,8	3,4-5,8	1,6-5,3
Carbón	3,3	2,6-3,2	3,6-5,0	3,2-3,4	4,1	3,1-3,8	1,2-5,3
Gas nat.	2,9-4,3	2,7-3,5	3,1-4,0	3,5	4,5	4,7-4,9	2,9-5,0
Petrol.					7,8		
Hidroeléc.							3,1-18,8
Eól. marina			5,3-7,7				2,4-11,2
Eól. terres.			7,9-10,3				4,0-9,5

Fuente: Examen de la tecnología nuclear 2005. OIEA.

(1) *The future of nuclear power*. MIT EE.UU. 2003.

(2) *The economic future of nuclear power*. Universidad de Chicago. EE.UU. 2004.

(3) *The cost of generating Electricity*. Real Academia de Ingeniería. Londres (UK) 2004.

(4) Dirección General de Energía y materias primas. París. Francia 2003.

(5) Ministerio de economía, comercio e industria. Tokio. Japón 2004.

(6) *Levelized unit electricity cost comparison of alternate technologies for baseload generation in Ontario*. Ayres & col. (CERI) Alberta Canada 2004.

(7) *Projected cost of generating electricity: 2005 update*. OCDE París 2005.

Para algunos estudiosos, la mayor fuente de discrepancia en los análisis de costes del kWh nuclear viene derivada de la diferencia en la estimación del llamado riesgo regulatorio, que afecta de forma especial a una energía, la nuclear, con un altísimo coste de inversión inicial y una fuerte dependencia de la opinión pública y de los cambios políticos.

Se espera una reducción de los costes nucleares en las nuevas centrales, debida esencialmente a la estandarización de las plantas y a la normalización de los criterios de licenciamiento.

Para asegurar la inversión, se están poniendo en marcha nuevos modelos de negocio y se están produciendo alianzas entre los principales suministradores mundiales para combinar sus experiencias. Pero, no cabe duda de que la competitividad de la energía nuclear va a depender mucho de cómo evolucionen los nuevos diseños nucleares frente a las innovaciones de las otras energías competitivas, en especial, las renovables o los sistemas de combustión limpia de carbón, que avanzan en su desarrollo tecnológico a un paso muy acelerado. También dependerá de que se logre la confianza de los inversores. Los modelos de estimación de costes y tasas de retorno deberán ser muy cuidadosos y ampliamente aceptados. La inseguridad política y regulatoria deberá tener la menor influencia posible en el riesgo de las inversiones.

El combustible. Recientemente, se han levantado algunas voces sobre el posible riesgo de falta de uranio si la utilización de la energía nuclear se incrementa. Todos los estudios analizados coinciden en que esta situación no se producirá. El informe "Uranium 2005: Resources, Production and Demand", de la Agencia de la Energía Nuclear, dice que se dispone de recursos de uranio considerables, si bien será necesaria una importante explotación de las minas para hacer el uranio utilizable.

Los reactores actuales aprovechan solamente una pequeña parte de la energía contenida en el uranio; para mejorar esta baja eficiencia, muchas de las iniciativas para las centrales de generación IV se basan en reactores reproductores rápidos que permiten generar nuevo combustible que es también utilizado en el propio reactor.

Algunos países están investigando la utilización del torio, otro elemento natural que podría convertirse en combustible nuclear. India espera poder ofrecer para su comercialización en un plazo no muy lejano un reactor reproductor rápido basado en torio.

El enriquecimiento del uranio natural en el isótopo U_{235} es una etapa de especial atención en la disponibilidad del combustible nuclear, pues las plantas de enriquecimiento se encuentran solamente en algunos países. Además de los problemas mencionados desde el punto de vista de la proliferación, es posible que el precio del uranio enriquecido

Cuadro 2

AÑOS, CONTADOS DESDE 2004, DE DISPONIBILIDAD DE URANIO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA

Reactor/ciclo de combustible	Utilizando recursos convencionales conocidos	Utilizando el total de recursos convencionales	Utilizando el total de recursos convencionales y no convencionales
Ciclo actual del combustible sin reprocesamiento, con reactores de agua ligera	85	270	675
Ciclo puro del combustible, con reactores rápidos con reciclaje	5.000-6.000	16.000-19.000	40.000-47.000

Fuente: Examen de la tecnología nuclear 2007. OIEA.

pueda aumentar si la demanda del mercado sobrepasa los niveles de capacidad. Esta situación podría producirse después de 2013, cuando finaliza el acuerdo entre los gobiernos de Rusia y EE.UU. para la reutilización, en los reactores actuales de agua ligera, del uranio muy enriquecido extraído de armas nucleares; o, si la potencia nuclear instalada aumentara más de lo previsto. Los nuevos ciclos cerrados con reprocesamiento de combustible ayudarán a paliar esta situación.

5. ¿Un futuro para la energía nuclear?

A 31 de diciembre de 2006, había 435 centrales en funcionamiento en 31 países, con una potencia total instalada de 367.988 MWe, que han producido el 16 por 100 de la electricidad consumida en el mundo. Otros 31 reactores se encontraban en construcción en 12 países con una potencia prevista de más de 25.000 MWe. La UE 27 tiene un total de 145 reactores en funcionamiento en 15 Estados Miembros, cuya producción supone el 15 por 100 del consumo de energía primaria y una tercera parte de la electricidad. Hasta el momento, es la principal fuente energética sin emisiones de CO₂ de la UE. En España existen en funcionamiento ocho centrales nucleares con una potencia instalada de 7.450 MWe, que han producido durante el año 2006 el 19.98 por 100 de la electricidad consumida.

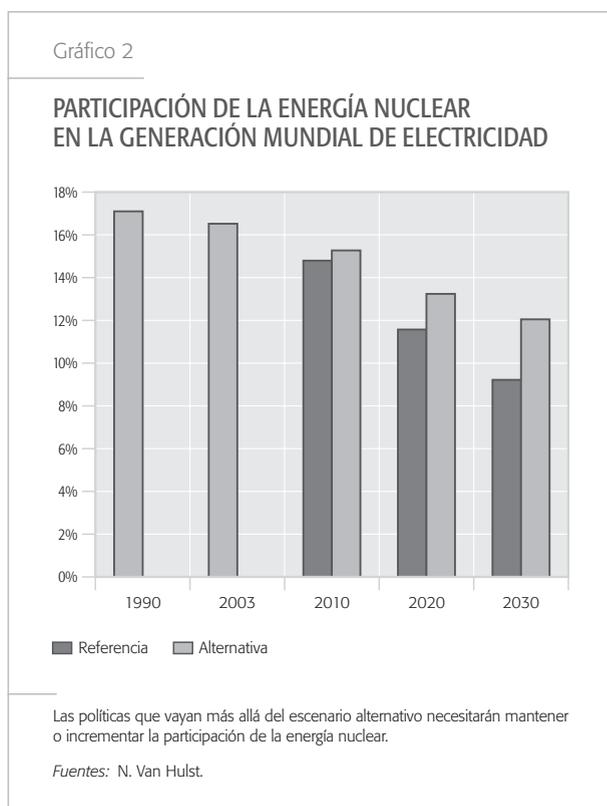
Actualmente, algunos países ya han hecho explícito un renovado interés por la energía nuclear en sus políticas energéticas. Como primera medida, la mayor parte de los países están ampliando a 60 años el período de funcionamiento de sus centrales actuales. En la última Conferencia General del Organismo Internacional de Energía

atómica (OIEA) se anunciaron los planes nucleares de varios países para el horizonte de 2020 destacando entre ellos, India con 20.000 MW planificados, China con 40.000 MW, Francia, que renovará parte de sus reactores actuales con el modelo EPR, y EE.UU., que estima necesitará 100 reactores para cumplir sus necesidades energéticas. Por primera vez en Estados Unidos, el Congreso, el Gobierno, la industria y el público están de acuerdo para construir una nueva generación de centrales nucleares.

En Europa, solamente Francia y Finlandia se han embarcado en la construcción de una nueva central. El Reino Unido ha anunciado recientemente el inicio de un programa de sustitución de sus centrales nucleares actuales para mantener su porcentaje de electricidad de origen nuclear, variando, en solamente tres años, su política energética anterior. Alemania mantiene su acuerdo político con los Verdes para un cierre programado de sus instalaciones nucleares. La Agencia Internacional de la Energía de la OCDE y la Comisión Europea insisten en la necesidad de no abandonar esta opción energética si se quiere mantener una sana economía, pero Europa deja la decisión a cada Estado Miembro.

En las previsiones del futuro energético mundial, los escenarios más optimistas prevén un descenso de la participación nuclear hasta el año 2030 y, posiblemente, un repunte a partir de esa fecha, cuando las centrales de la llamada Generación IV puedan entrar en operación comercial.

Algunas proyecciones estiman que en Europa la energía nuclear podría reducirse hasta un 60 por 100 entre 2005 y 2030, ya que el ritmo de plantas retiradas de servicio será mayor que el de nuevas construcciones. Sin embargo, casi todos los estudios estiman que la introducción de las centrales de Generación IV puede elevar



la producción nuclear en el año 2050 entre el 100 y el 150 por 100 sobre el nivel de 2005.

Se han puesto en marcha varias iniciativas internacionales para asegurar la investigación sobre nuevos ciclos de combustible y reactores innovadores, entre ellas, el proyecto INPRO del OIEA, que cuenta ya con 28 países, y el Foro Internacional de Generación IV (GIF) al que pertenecen 13 miembros, entre ellos, la Unión Europea. El proyecto INPRO analiza enfoques institucionales, infraestructuras y metodologías para evaluar y seleccionar sistemas de reactores innovadores. El Foro GIF ha seleccionado seis modelos de reactores nucleares innovadores sobre los que se realizarán las investigaciones para su posible comercialización después de 2030. En 2006, los miembros del GIF han firmado cuatro acuerdos para investigar sobre sistemas de reactores rápidos, de reactores de muy alta temperatura refrigerados por gas y de reactores refrigerados por agua supercrítica. Las condiciones de diseño impuestas a estas nuevas centrales de cuarta generación deben satisfacer las principales demandas de la sociedad: seguridad intrínseca y fiabilidad, minimización de residuos, sostenibilidad, competitividad económica, resistencia a la proliferación y seguridad física. Otras iniciativas son el Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) de los EE.UU. o el Programa Multinacional para la Evaluación de Diseño (MDEP) recientemente lanzado por la NEA/OCDE.

6. Las decisiones nacionales

En el escenario que se ha comentado, cada país deberá decidir su opción sobre la energía nuclear, analizando todos los aspectos que deben influir en sus decisiones para adoptar una política energética que permita asegurar el suministro permanente de energía a un precio que no afecte a su competitividad económica, y al desarrollo y bienestar de sus ciudadanos, al tiempo que le permita cumplir los compromisos adquiridos para reducir el cambio climático global. La decisión dependerá de la evolución de todas las cuestiones que se han mencionado y de cómo cada una de ellas afectará a la situación particular de cada país.

En el caso de España, nuestra dependencia del exterior (85 por 100) nos coloca en la peor situación dentro de la UE en relación con la seguridad energética. Están apareciendo algunas voces que alertan de nuestra creciente proporción de gas en centrales de ciclo combinado. Nuestros compromisos de reducción de emisiones de CO₂ van a ser muy difíciles de cumplir y van a exigir políticas muy activas, ya que nuestra estructura económica —con gran impacto de los sectores de la construcción y los servicios, fuertes consumidores de energía— y con un sector de transporte fuerte emisor de CO₂, no facilita la reducción de las emisiones. Para lograrlo, en el momento actual solamente hay dos opciones reales, utilizar lo más posible la energía nuclear y las renovables, y reducir al máximo nuestro consumo energético, mejorando la eficiencia de los sistemas de producción y de consumo. Todas las demás alternativas energéticas actuales generan CO₂.

El debate está en si, en el medio o largo plazo, la utilización al máximo posible de las energías renovables, junto a una fuerte política de ahorro, serán suficiente para disponer de un sistema energético estable, seguro y sostenible, sin tener que recurrir a nueva generación nuclear. El trabajo realizado recientemente por el ICAI de la Universidad de Comillas, a petición de Greenpeace, sobre las posibilidades de cubrir las necesidades energéticas españolas con energías renovables en el año 2050, trata de demostrar, con un estudio serio y riguroso, que esto sería técnicamente posible, pero para ello, serán necesarios una decidida apuesta política y un fuerte apoyo público a la investigación y promoción de las renovables, decisiones que tendrán que ser muy meditadas y equilibradas, ya que los recursos públicos son limitados.

Recientemente, el Consejo Europeo ha propuesto como objetivos europeos para 2020, lograr el 20 por 100 de energías renovables en el consumo de energía, conseguir un ahorro del 20 por 100 respecto al consumo actual y

reducir un 20 por 100 las emisiones de CO₂ respecto al año 1990. Estas cifras, que parecen representar los máximos objetivos razonablemente alcanzables, van a seguir exigiendo el mantenimiento de, al menos, la actual potencia nuclear instalada.

La innovación ha de representar la fuerza motriz para lograr los objetivos energéticos. Habrá que ver:

— En qué medida los nuevos conceptos de reactores nucleares y de ciclos de combustible, incorporados en las centrales nucleares de las generaciones III+ y IV, harán de la energía nuclear de fisión una fuente competitiva con las futuras tecnologías renovables, o con las tecnologías de oxidación y secuestro de CO₂.

— En qué medida se va a implantar la llamada “sociedad del hidrógeno”, que va a exigir la utilización de fuentes masivas de energía sostenibles para la producción del hidrógeno necesario, entre las cuales, prácticamente, sólo podrán competir el carbón (con secuestro de CO₂), la energía nuclear y la solar termoeléctrica.

— En qué medida, y cuando, la fusión nuclear puede ser una nueva opción energética comercial.

— En qué medida España se va a mantener enganchada al carro de la innovación y la competitividad.

Son cuestiones que van a depender mucho de las decisiones que tomemos ahora.

La sociedad civil tiene su voz, pero también su responsabilidad. ¿Seremos capaces de modificar nuestros hábitos actuales de consumo? Y, sobre todo, y es la pregunta clave, ¿queremos mantener este modelo de sociedad?

Bibliografía

Comisión Europea (2005): *Special EUROBAROMETER 227*, Report “Radioactive waste”.

— (2006): *Libro Verde: Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura*, Bruselas, 8.3.2006, COM (2006) 105.

— (2007): *Una política Energética para Europa. Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europeo*, Bruselas, enero.

— (2007): *Eurobarometer*.

Foro Nuclear (2007): *2006: Un año de energía nuclear. Resultados y perspectivas nucleares*.

Greenpeace (2007): *The economics of nuclear power*, mayo.

— (2007): *Renovables 2050: Un informe sobre la capacidad de las Renovables en España*.

OECD/IEA (2006): *The Role of Nuclear Energy in the Future Energy Mix*.

— (2006): *World Energy outlook*.

OIEA (2007): *Examen de la Tecnología nuclear. Años 2005 y 2007*, GOV/2007/3.

World Energy Council (2006): *The Role of Nuclear Power in Europe*.