

*Comunicación Técnica*

## **Contribución de la energía nuclear al Desarrollo Sostenible**

**Autor principal:** Antonio González Jiménez

Institución: Foro de la Industria Nuclear Española

Teléfono: 91 553 63 03

E-mail: agj@foronuclear.org

**Otros autores:**

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades humanas, ligadas al desarrollo económico y social, ha llevado, en la segunda mitad del Siglo XX, a plantear su efecto sobre el equilibrio global del planeta.

El profesor del MIT Dennis L. Meadows, en su informe de 1972 al Club de Roma "Los límites del crecimiento"<sup>i</sup> planteaba los desequilibrios previsibles entre un planeta, con límites en su capacidad de proveer a la humanidad de los productos necesarios para su supervivencia, y una población creciente y, previsiblemente, con expectativas de mejora en sus condiciones de vida.

Estos planteamientos no eran nuevos en los debates que de forma periódica se han producido históricamente, pero es evidente que, en el siglo pasado, se produjo un incremento del gradiente del crecimiento global, y por primera vez en la historia se tuvieron evidencias objetivas de las dificultades de la Tierra para metabolizar el impacto de nuestras actuaciones.

La teoría GAIA<sup>ii</sup> del profesor James Lovelock redundaba en esta apreciación, al considerar al planeta Tierra como un sistema vivo en el que los distintos procesos interaccionan.

La Organización de las Naciones Unidas cogió el testigo de estos análisis y encargó a la Sra. Brundtland, antigua Primera Ministra de Noruega, y a un grupo de eminentes personalidades la preparación de un informe, que se denominó "Nuestro futuro común" (1987)<sup>iii</sup>. La expresión "Desarrollo Sostenible" quedó acuñada en dicho informe como "aquel que permite satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas".

Existen por tanto dos grandes campos de actuación ligados al desarrollo sostenible:

- La satisfacción de las necesidades presentes
- La asunción en el presente de los costes asociados a estas necesidades sin efectos dañinos irreversibles.

Al objeto de poder concretar el significado de estos compromisos, se ha considerado que existen tres dimensiones que deben ser analizadas en este contexto: Medio Ambiente, Económica y Social.

En junio de 2001, los Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea, en su reunión de Gotemburgo, acordaron una estrategia para el desarrollo sostenible que añadía una dimensión ambiental al proceso de Lisboa, junto a las de empleo, reforma económica y cohesión social. El Consejo hizo suya la definición de desarrollo sostenible que había establecido el informe Brundtland.

Se establecieron cuatro prioridades medio ambientales como objetivos de la estrategia:

- Combatir el cambio climático
- Asegurar un transporte sostenible
- Afrontar las amenazas a la salud pública
- Gestionar los recursos naturales de manera responsable.

La ratificación del Protocolo de Kioto demostró el compromiso de la Unión Europea en la lucha contra el cambio climático y por el desarrollo sostenible.

## SOSTENIBILIDAD Y ENERGÍA

La sesión especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas de junio de 1997, convocada para estudiar los progresos de la Agenda 21 (programa para lograr el Desarrollo Sostenible centrado en el ser humano y adoptado en 1992 en la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas celebrada en Río de Janeiro), resaltó que los modelos sostenibles de producción, distribución y utilización de la energía eran de una importancia crucial para la mejora continua de la calidad de vida.

La energía es la fuerza motriz de las civilizaciones modernas. Los servicios energéticos son esenciales para la renta económica y contribuyen a incrementar la estabilidad social mediante la mejora de la calidad de vida media. El sector energético ocupa un lugar importante en la economía mundial en términos de trabajos, ingresos y renta.

El mayor reto del desarrollo sostenible en el sector energético es extender los beneficios de los servicios energéticos a todo el mundo y a las generaciones futuras, sin poner en peligro los sistemas que soportan la vida y la capacidad de regeneración del medio ambiente.

El control de las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero y otros gases y sustancias nocivas se ha de basar en una mejora de la eficiencia de la producción, transmisión, distribución y consumo energéticos, así como en una contribución creciente de los sistemas energéticos no contaminantes, especialmente las fuentes de energía nuevas y renovables, teniendo en cuenta la capacidad de la energía nuclear. Todas las fuentes de energía deben de ser utilizadas de forma que respeten la salud humana y el medio ambiente como un conjunto.

El gran incremento previsto para las próximas décadas en el consumo mundial de todo tipo de energía vendrá dado principalmente por los países en vías de desarrollo. Estos países, con casi las tres cuartas partes de los habitantes del planeta, consumen solo un cuarto de ésta. Por ejemplo, el consumo energético *per cápita* de Canadá es ocho veces mayor que el de Brasil, que a su vez es quince veces superior al de Tanzania o Bangladesh.

Según el estudio llevado a cabo en 1995 por el World Energy Council (WEC) y el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) se prevé para mediados de siglo un incremento de la demanda energética entre el 50% (para un escenario de bajo crecimiento económico) y el 250% (para el escenario de mayor crecimiento económico).

En la actualidad, los combustibles fósiles proporcionan el 87% de la energía primaria comercial. La energía nuclear y la hidroeléctrica (fuentes que no producen emisiones al medio ambiente) contribuyen con un 6% cada una. Las energías renovables (solar, eólica, geotérmica y biomasa) constituyen menos del 1% del suministro energético. Esta excesiva dependencia de las fuentes energéticas fósiles mantiene un rango alto de emisiones atmosféricas que producen efectos tanto locales como globales.

Ante este panorama, la problemática energética, dominada por el consumo de combustibles fósiles, presenta, dentro de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: medio ambiente, economía y sociedad, las características siguientes:

### Medio Ambiente

La contaminación tradicional, ligada a las emisiones de contaminantes tales como NO<sub>x</sub> o SO<sub>x</sub>, metales pesados, etc. ha venido siendo abordada en las últimas décadas alcanzándose mejoras evidentes en los países desarrollados, pero siendo todavía origen de enfermedades y causante de un acortamiento de la vida de la población.

En los últimos años se ha venido estudiando por parte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático<sup>iv</sup> el efecto de la emisión de los llamados Gases de efecto invernadero<sup>v</sup>. Estos gases evitan la devolución al espacio de parte de las radiaciones que, procedentes del Sol, rebotan sobre la corteza terrestre, produciéndose un calentamiento de la atmósfera. Este calentamiento modifica el clima y produce efectos de difícil evaluación, pero dañinos para el conjunto del planeta. Para tener un planteamiento integrado del cambio climático, es necesario considerar la dinámica del ciclo completo de causas y efectos complejos para todos los sectores (ver Figura 1).

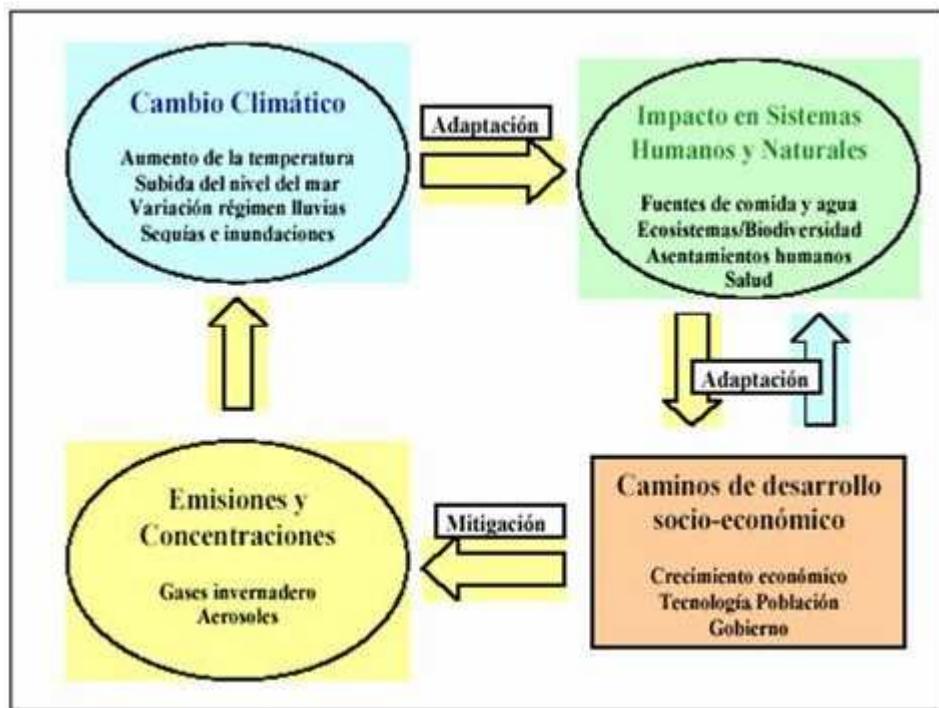


Figura 1. Planteamiento integrado del cambio climático

En estos momentos, la concentración de CO<sub>2</sub> se sitúa en el entorno de 380 ppm y aumenta a un ritmo de 2 ppm por año. Se considera que la barrera de 450 ppm no debería sobrepasarse si no se quiere entrar en zonas de gran riesgo.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad a largo plazo, es necesario frenar la emisión de los gases de efecto invernadero para poder mantener unas condiciones ambientales que permitan la continuidad de nuestra civilización. La Organización Mundial de la Salud ha alertado que el cambio climático podría llegar a producir 300.000 muertes<sup>vi</sup>.

En este sentido, el Consejo de Ministros de la Unión Europea ha aprobado la Estrategia Medioambiental post-Kioto, en la que señala la necesidad de reducir en la Unión Europea las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 80% para el año 2050.

## Economía

El cambio climático por sí solo puede provocar disruptiones importantes en el sistema económico; adicionalmente, la dependencia casi exclusiva de los combustibles fósiles, el elevado nivel de extracción de los mismos y la concentración de los yacimientos en ciertas zonas geográficas producirán en las próximas décadas, si no lo están produciendo ya, tensiones en la economía mundial, frenando su crecimiento.

Las previsiones actuales señalan un incremento adicional a medio plazo de los precios del petróleo<sup>vii</sup>, que no dejará de tener repercusiones significativas en la economía mundial. La volatilidad de los precios origina incertidumbres que perjudican los procesos de inversión. Todo ello ocasionará en el próximo futuro efectos negativos a pesar de que las señales del mercado y la colaboración internacional permitan corregir las deficiencias.

El Consejo Mundial de la Energía en su informe “Elementos activadores de la escena energética”<sup>viii</sup> señala cómo la evolución de los mercados, tanto en el lado de la demanda como en el de la oferta, se ve influenciada por los desarrollos tecnológicos, las restricciones medioambientales, los desacoplos entre oferta y demanda y los desequilibrios regionales.

Los países con gran dependencia externa de combustibles fósiles quedan sujetos a los vaivenes de los precios, con un deterioro continuo de su balanza de pagos.

## Aspectos sociales

En el ámbito social, la primera preocupación tiene que ser los casi 2.000 millones de personas que no tienen acceso a fuentes de energía y singularmente a la energía eléctrica, con lo que ello supone de falta de un nivel de vida digno y la imposibilidad de llegar a sociedades abiertas y democráticas. Debe ser objeto de especial dedicación resolver esta situación en un plazo razonable.

El incremento del precio del petróleo plantea más dificultades a los países en vías de desarrollo que a los desarrollados, de cara a su crecimiento. Las tecnologías avanzadas no son de fácil implantación en estos países, lo que conlleva aún más dificultades en su camino hacia un mañana mejor.

Hay que considerar que la crisis actual añade a las características económicas de la crisis del petróleo de 1973 la de una crisis medioambiental con serias repercusiones sociales. De nuevo nos planteamos los límites existentes para que nuestro desarrollo, en este caso ligado al ámbito de la energía, pueda ser sostenible.

La solución no es evidente y será necesaria una evolución social hacia modelos que demanden un consumo energético reducido. Junto a ello se impondrá la necesidad de utilizar todas las fuentes disponibles, con prioridad para las menos contaminantes, la nuclear entre ellas, y las renovables (ver Figura 2). A largo plazo, el desarrollo tecnológico será una pieza fundamental en la estrategia a seguir<sup>ix</sup>.

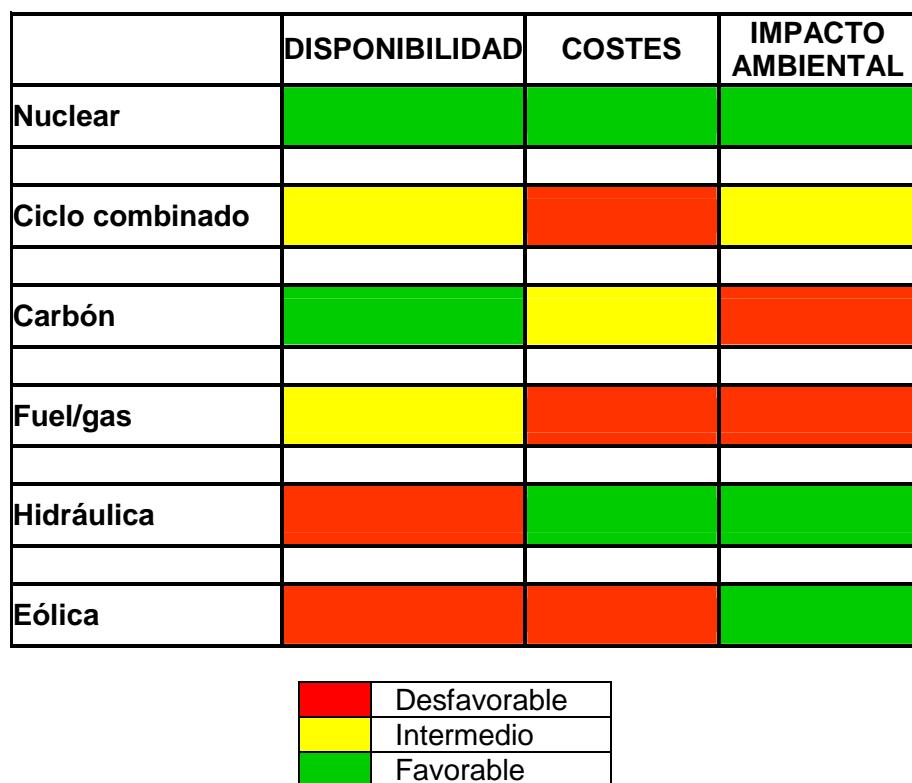


Figura 2. Caracterización de las distintas fuentes de producción de electricidad

## ENERGÍA NUCLEAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Las características de la energía nuclear hacen de ella una fuente de energía que puede contribuir de manera significativa a afrontar las necesidades de sostenibilidad que se han analizado con anterioridad.

### Medio Ambiente

La operación de las instalaciones nucleares no supone la emisión de gases de efecto invernadero. La operación del parque nuclear europeo consigue un ahorro anual de 700 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalente al emitido por el parque de automóviles privados. En España, la operación de las centrales nucleares evita cada año la emisión de unos 50 millones de toneladas, que representan la sexta parte del total asignado a nuestro país en la estrategia europea para cumplir con el Protocolo de Kioto y es algo menor que la cuota asignada al sector eléctrico.

Desde el punto de vista del consumo de recursos, el uranio actualmente utilizado no tiene ningún otro uso. Se considera que a los ritmos actuales de consumo existen reservas para unos 250 años. El desarrollo tecnológico debería permitir un mejor aprovechamiento de una sustancia tan valiosa. Su utilización en la Unión Europea supone una producción eléctrica equivalente a dos veces la producción de petróleo de Kuwait (2 millones de barriles de petróleo cada día). Al ser utilizado como fuente de energía, su producción por unidad de masa es unas 10.000 veces superior a la de otras tecnologías a partir de combustibles fósiles.

La operación de las instalaciones nucleares emite sustancias radiactivas en un nivel tan bajo que su efecto sobre el medio ambiente es del orden de 1/1.000 del fondo natural (ver Figura 3). Este impacto es medido de manera continua mediante un Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental. Esto permite afirmar que el impacto de la operación de las centrales nucleares sobre el medio ambiente y sobre las personas es muy bajo.

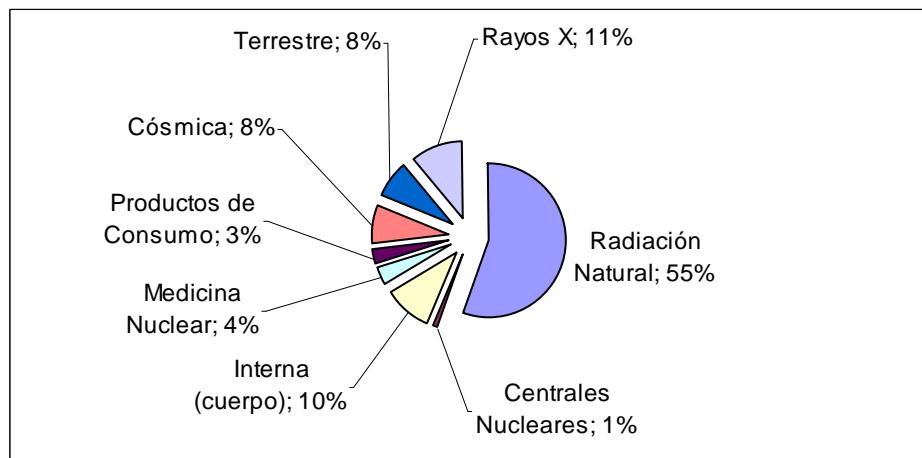


Figura3. Procedencia de la radiación recibida por el cuerpo humano en un año

## Economía

La utilización de la energía nuclear ha supuesto una ampliación de la oferta de energía disponible desde su utilización comercial a mediados del siglo pasado.

Las centrales nucleares se caracterizan por ser intensivas en capital de manera que la inversión inicial supone aproximadamente dos terceras partes de los costes de generación, el combustible supone el 15% y la operación y mantenimiento el 20% restante. Esta estructura de costes da una gran estabilidad a los mismos, al no depender de manera importante de los precios de las materias primas (la materia prima uranio supone un 3%).

En estas condiciones, y con periodos largos de operación, el kilovatiohora de origen nuclear es totalmente competitivo con el de otras fuentes. En España su evolución ha sido muy favorable como se puede apreciar en la Figura 4. Estos resultados se han obtenido gracias a una mayor disponibilidad de las instalaciones, a los aumentos de potencia llevados a cabo y a la mejora de la gestión.

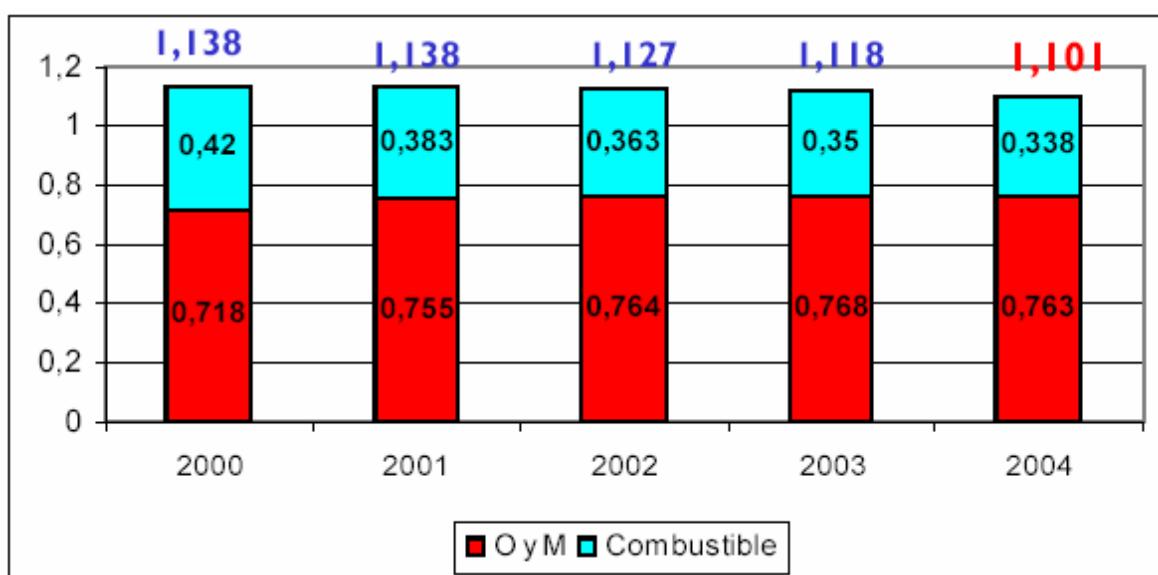


Figura 4. Coste de producción en las centrales nucleares españolas.  
Datos en céntimos de euro / kWh neto (constantes 2003)

En Finlandia<sup>x</sup> se decidió en 2003 la construcción del quinto reactor después de un análisis exhaustivo de las diversas alternativas. Francia ha seguido los pasos de Finlandia y ha decidido así mismo en 2005 la construcción de un nuevo reactor.

El informe del Consejo Mundial de la Energía “Evaluación del ciclo de vida de los sistemas energéticos”<sup>xi</sup> muestra cómo la energía nuclear presenta características favorables en su comparación con otros sistemas.

## Aspectos sociales

El uso de la energía nuclear requiere la participación de personal altamente cualificado y motivado. El Comité Económico y Social de la Unión Europea considera que 400.000 personas trabajan en este campo en Europa. El conocimiento y la experiencia de estos profesionales han sido utilizados en otras muchas áreas tecnológicas, engarzándose en otras disciplinas.

La experiencia en gestión de proyectos complejos como son los nucleares ha permitido avanzar en el desarrollo de capacidades para proyectos futuros. El alto valor añadido de las actividades ligadas a la energía nuclear supone un incremento del capital humano y un desarrollo de tecnologías con amplio efecto de arrastre en otros campos. En este sentido, se puede señalar que la energía nuclear es la que mejor se ajusta a las condiciones de la agenda de Lisboa y a las exigencias del Cambio Climático (ver Figura 5).

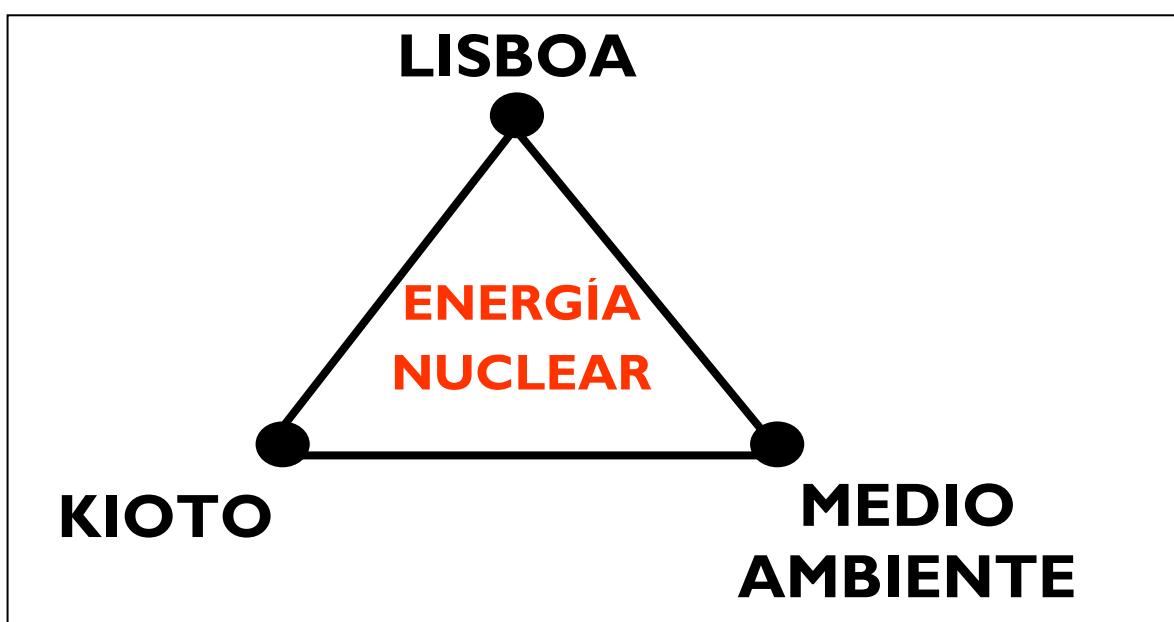


Figura 5. Estrategia energética y medioambiental del Unión Europea

Otros aspectos importantes que hay que tener en cuenta cuando se analiza la contribución de la energía nuclear al desarrollo sostenible son los de la seguridad nuclear, la gestión de residuos, la opinión pública y la investigación y el desarrollo.

## Seguridad nuclear y residuos

A pesar de los elementos positivos que presenta la energía nuclear, dos cuestiones siguen siendo objeto de controversia, la seguridad nuclear y los residuos radiactivos. El

informe “Nuestro Futuro Común” señala que el uso futuro de la energía nuclear requiere la solución de ambos.

Las centrales nucleares de diseño occidental son las instalaciones industriales que mejor historial presentan en lo relativo a daños sobre las personas o los bienes. El magnífico resultado se ha conseguido porque desde el primer momento se fue consciente de los requisitos que debían implantarse. En todas las fases de los proyectos se adoptan medidas encaminadas a evitar accidentes y a conseguir minimizar su impacto en caso de producirse uno.

Se pueden señalar entre otros los requisitos de defensa en profundidad, la separación y redundancia de sistemas, la garantía de calidad y la cultura de seguridad como elementos básicos de la seguridad intrínseca de las plantas. Los aspectos institucionales también han contribuido de manera significativa al nivel de seguridad alcanzado. La industria nuclear ha creado organismos de supervisión y asesoramiento, como WANO (Asociación Mundial de Operadores Nucleares), para ejercer una vigilancia compartida de la operación. En el ámbito de las Administraciones, todos los países han creado organizaciones reguladoras independientes que establecen las condiciones para el funcionamiento e inspeccionan su cumplimiento. Se ha establecido un sistema mundial de supervisión, coordinado por Naciones Unidas, que asegura un alto nivel de cumplimiento de los requisitos.

Por lo que se refiere a los residuos, presentan características que hacen que puedan ser tratados y almacenados sin riesgo. El desarrollo tecnológico permitirá avanzar en el tratamiento de estos residuos de manera que su reciclaje permita aprovechar la energía remanente y reducir el inventario de productos radiactivos. Los países han establecido organizaciones independientes para llevar a cabo, de manera segura, las actividades relativas a estos productos.

### **Opinión Pública**

La opinión pública se muestra en algunos países del mundo desarrollado dividida en relación con la energía nuclear. Ello no impide el funcionamiento de las instalaciones actualmente en operación, aun en aquellos países en los que se han adoptado resoluciones en sentido contrario. Ello es debido a que, a pesar de posiciones críticas, se sabe que la operación segura está adecuadamente controlada y a que las alternativas existentes presentan problemas de seguridad de abastecimiento, de dependencia exterior o de contaminación que las hacen menos deseables.

En este sentido, seguirá siendo necesaria la máxima transparencia en cuanto al funcionamiento de las instalaciones y el mantenimiento de la confianza de los estamentos políticos y la opinión pública.

### **Investigación y desarrollo**

Para mantener las capacidades futuras de producción de energía nuclear que permitan su utilización en escenarios de sostenibilidad, se mantienen programas de investigación a nivel mundial que aseguran la continuidad del uso de esta fuente (ver Figura 6). En este periodo utilizamos energía de fisión, fundamentalmente en reactores térmicos de agua.

Tecnologías más avanzadas, de reactores rápidos, han sido desarrolladas sin que se haya alcanzado todavía su comercialización.

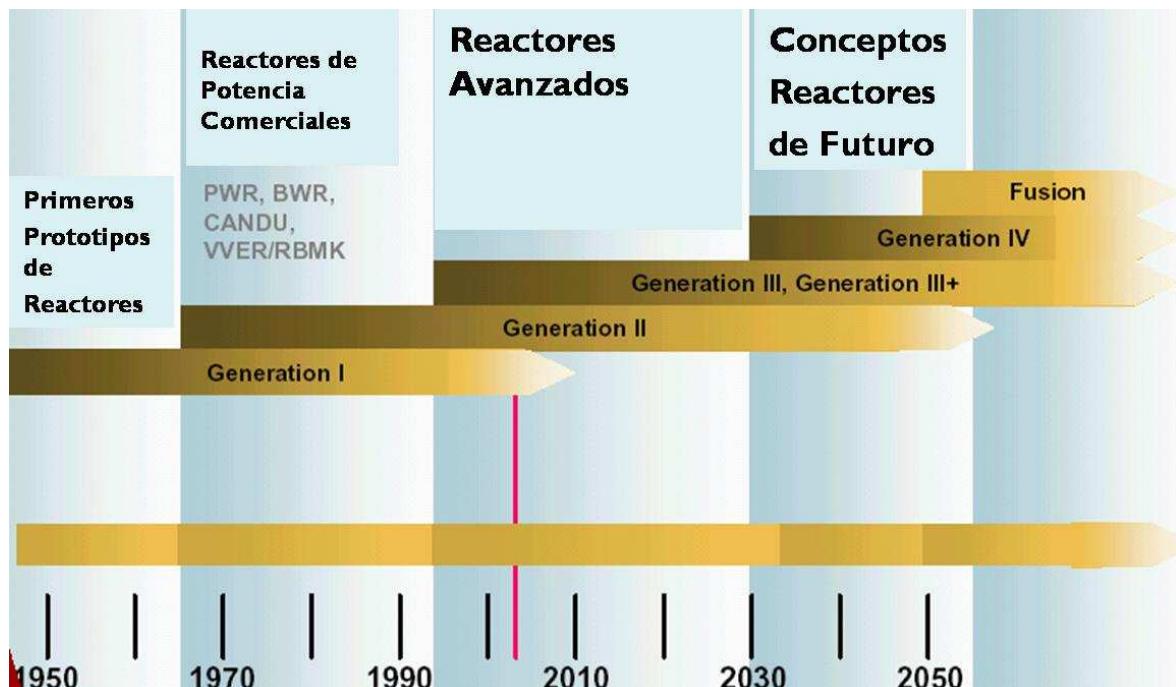


Figura 6. Evolución histórica de la energía nuclear: pasado, presente y futuro

En 2005 se ha alcanzado un acuerdo internacional para desarrollar los reactores de Cuarta Generación que permitirán una mejor utilización de los productos fósiles con más seguridad y menos residuos. Entre los reactores que serán objeto de desarrollo en este programa, el de muy alta temperatura permitirá abordar la producción de hidrógeno, que podría ser el vector energético del futuro.

Por último, la investigación sobre fusión nuclear debería obtener resultados positivos en la segunda mitad del siglo XXI. El proyecto multinacional ITER, cuya construcción se ha decidido acometer en Cadarache (Francia), permitirá avances sustanciales hacia esa meta.

## CONCLUSIONES

La energía nuclear es la única fuente de energía capaz de suministrar cantidades importantes de energía con continuidad, sin emitir gases de efecto invernadero. Por ello, su utilización está siendo propugnada en la actualidad por ecologistas como Lovelock, creador de la teoría GAIA, o como Moore, fundador de Greenpeace.

Las características de la energía nuclear en lo relativo a aspectos medioambientales, económicos y sociales hacen necesario considerarla como parte de la solución para afrontar el cambio climático. La sostenibilidad del sistema energético que permita un nivel de vida compatible con una sociedad democrática requerirá la contribución de esta fuente de energía basada en el conocimiento y la tecnología.

Los programas de investigación y desarrollo permitirán abordar los retos y las incertidumbres existentes y asegurar su contribución a un futuro mejor.

La utilización actual y futura se basará en sus características favorables y en el desarrollo y mantenimiento de capacidades científicas, tecnológicas, empresariales e institucionales, acordes con los retos de sostenibilidad planteados.

---

## REFERENCIAS

- <sup>i</sup> The limits to growth-Meadows-Octubre 1972
- <sup>ii</sup> GAIA. Una nueva visión de la tierra- James Lovelock-1979
- <sup>iii</sup> Nuestro futuro común- Informe Brundtland-1987
- <sup>iv</sup> Panel intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- <sup>v</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> y aerosoles fundamentalmente.
- <sup>vi</sup> Financial Times- 12/12/03
- <sup>vii</sup> Goldman Sachs- US Energy: Oil-March 30-2005
- <sup>viii</sup> Elementos activadores de la escena energética- World Energy Council 2003
- <sup>ix</sup> Tecnologías para la innovación en la generación de energía eléctrica-COTEC 2003
- <sup>x</sup> Least cost option for baseload electricity in Finland. R. Tarjane& S. Risannen. Univ. de Lappeenranta- 1999
- <sup>xi</sup> Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment- World Energy Council-2004