

ENERGÍA NUCLEAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE

E. GONZÁLEZ

Para mantener unas condiciones ambientales dignas, resulta fundamental frenar la emisión de gases de efecto invernadero. En gran medida, esto se puede conseguir si se reduce la dependencia casi exclusiva de los combustibles fósiles para producir electricidad y si se apuesta por la energía nuclear y las renovables que, al fin y al cabo, son las menos contaminantes.

Concretamente, la operación del parque nuclear europeo evita la emisión anual de 700 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera. La necesidad de combatir el cambio climático es muy seria y cada vez más inminente, especialmente si se tiene en cuenta que la Organización Mundial de la Salud ha declarado que el cambio climático podría llegar a producir 300.000 muertes. Los distintos actores sociales son conscientes del problema. De hecho, el Consejo de Ministros de la Unión Europea aprobó la Estrategia Medioambiental post Kioto, en la que se señala la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ en un 80% para el año 2050. Parece evidente que, a largo plazo, la investigación y el desarrollo tecnológico serán piezas fundamentales para combatir los cambios medioambientales y para conseguir que 2.000 millones de personas tengan un día acceso a la electricidad.

To sustain decent environmental conditions, it is essential to contain the emission of greenhouse gases. To a great extent, this can be achieved by reducing the almost exclusive dependence on fossil fuels for producing electricity and by championing nuclear energy and the renewables, which in the end are the least contaminating. Specifically, operation of the European nuclear fleet avoids the yearly emission of 700 million tons of CO₂ to the atmosphere. The need to combat climate change is very serious and increasingly imminent, especially if we remember that the World Health Organization has said that climate change could eventually cause 300,000 deaths. The different social players are aware of the problem. In fact, the European Union's Cabinet of Ministers approved the post-Kyoto Environmental Strategy, which underlines the need to reduce CO₂ emissions by 80% by the year 2050. It seems obvious that, in the long run, technological research and development will be fundamental pieces in the battle against environmental change and in the effort to one day provide 2,000 million people with access to electricity.

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.

Meadows en su informe al Club de Roma "Los límites del crecimiento"

(1972) 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 del profesor James Lovelock redundaba en esta apreciación al considerar al planeta Tierra como un sistema vivo en el que los distintos procesos interaccionan.

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). 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 Ambiental, Económica y Social.

En junio de 2001 los Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea, en su reunión de Goteburgo, 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; y
- Gestionar los recursos naturales de manera responsable.

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

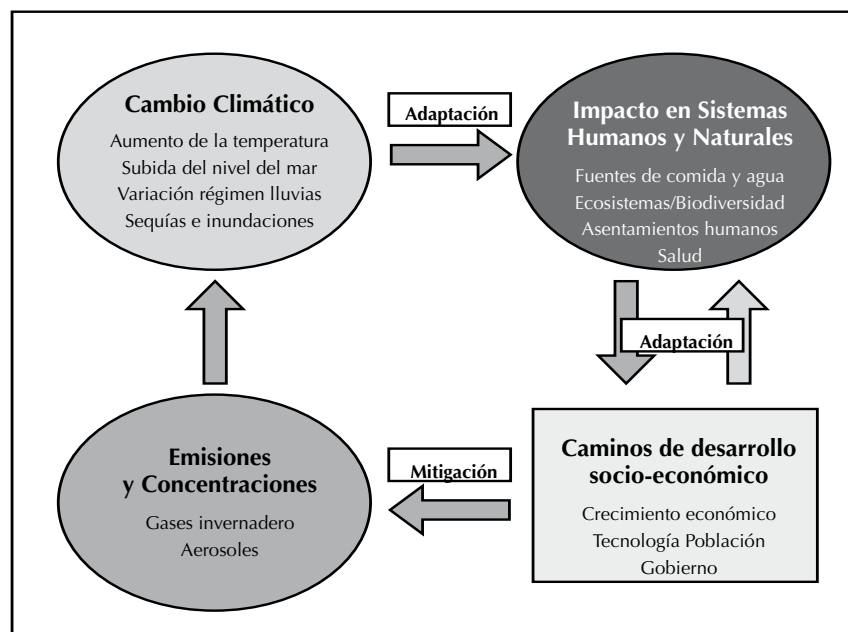
SOSTENIBILIDAD Y ENERGÍA

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_x o SO_x, metales pesados, etc

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. El TAR proporciona nueva información y evidencias de interés para la definición de políticas en relación con todos los elementos que aparecen en este cuadro.



Cuadro 1. Planteamiento integrado del cambio climático. Representación esquemática y simplificada de un marco de evaluación integrado para la consideración de los cambios climáticos antropogénicos. Las flechas amarillas muestran el ciclo de causa a efecto entre los cuatro cuadrantes mostrados en la figura, y la flecha azul indica la respuesta de la sociedad ante los impactos del cambio climático.

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* el efecto de la emisión de los llamados *Gases de efecto invernadero*. Estos gases evitan la devolución al espacio de parte de las radiaciones que, procedentes del sol, rebotan sobre la corteza te-

rrestre, produciéndose un calentamiento de la atmósfera. Este calentamiento modifica el clima y produce efectos de difícil evaluación, pero dañinos para el conjunto del planeta (Ver Cuadro 1).

En estos momentos, la concentración de CO₂ 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 queremos entrar en zonas de gran riesgo.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad a largo plazo, es necesario fre-

nar 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.

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 UE las emisiones de CO₂ en un 80% para el año 2050.

Economía

El cambio climático por si solo puede provocar interrupciones 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 que no dejará de tener efectos negativos 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" señala como la evolución de los mercados, tanto en el lado de demanda como de oferta, se ve influenciada por los desarrollos tecnológicos, las restricciones medioambientales, los desacoples 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.

	Seguridad de suministro	Competitividad en precio	Estabilidad de precio	Impacto en emisiones
Eólica				
Hidráulica				
Fuel-gas				
CCGT				
Carbón				
Nuclear				

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

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 (cuadro 2). A largo plazo, el desarrollo tecnológico será una pieza fundamental en la estrategia a seguir.

SOSTENIBILIDAD Y ENERGÍA NUCLEAR

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 CO₂, equivalente al emitido por el parque de automóviles privados. En España, la operación de las centrales nucleares evita cada año la emisión de 60 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 equiva-

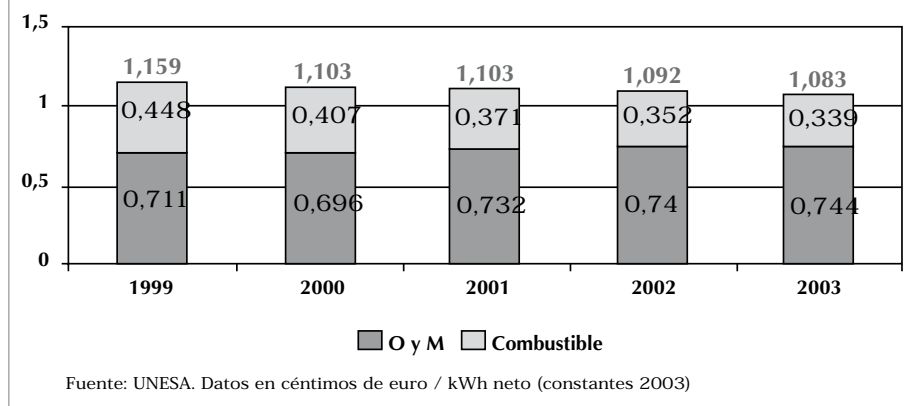


Figura 1. Centrales Nucleares España. Coste de Producción.

lente a dos veces la producción de petróleo de Kuwait. (2x2 millones de barriles de petróleo por 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. 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 es muy bajo.

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 2/3 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 1. 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.

En Finlandia se decidió en 2003 la construcción del quinto reactor después de un análisis exhaustivo de las diversas alternativas como queda reflejado en la figura 2. 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" muestra

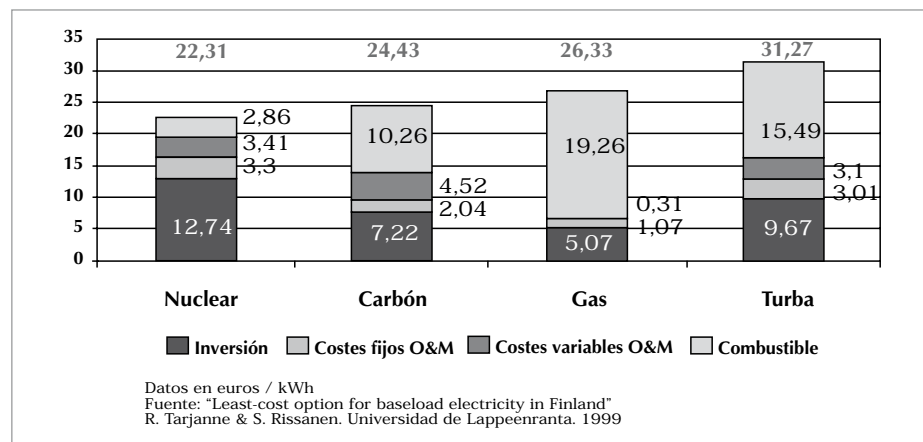


Figura 2. El caso de Finlandia.

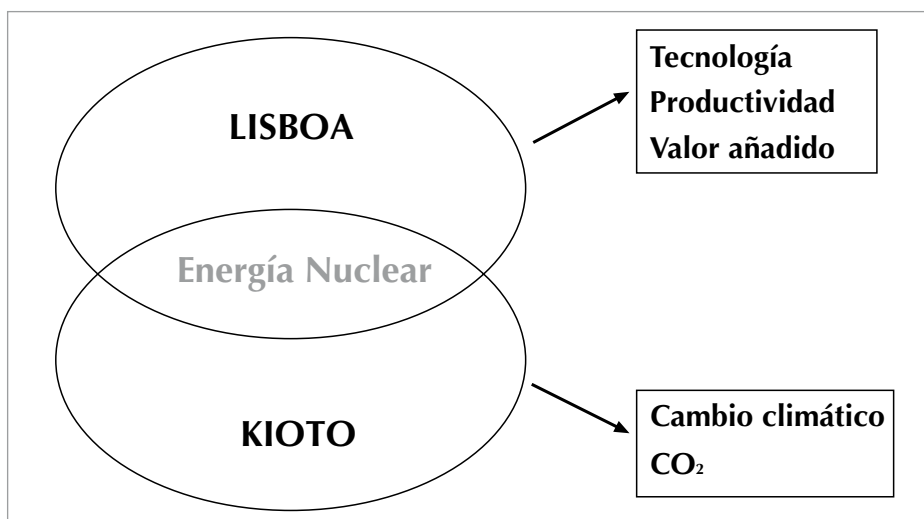


Figura 3. Estrategia Energética de la Unión Europea.

como 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 esta campo en Europa. El conocimiento y la experiencia de estos profesionales ha sido utilizado 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 (figura 3).

El marco institucional refuerza la vigilancia y control de estas instalaciones que requieren una supervisión fuerte.

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.

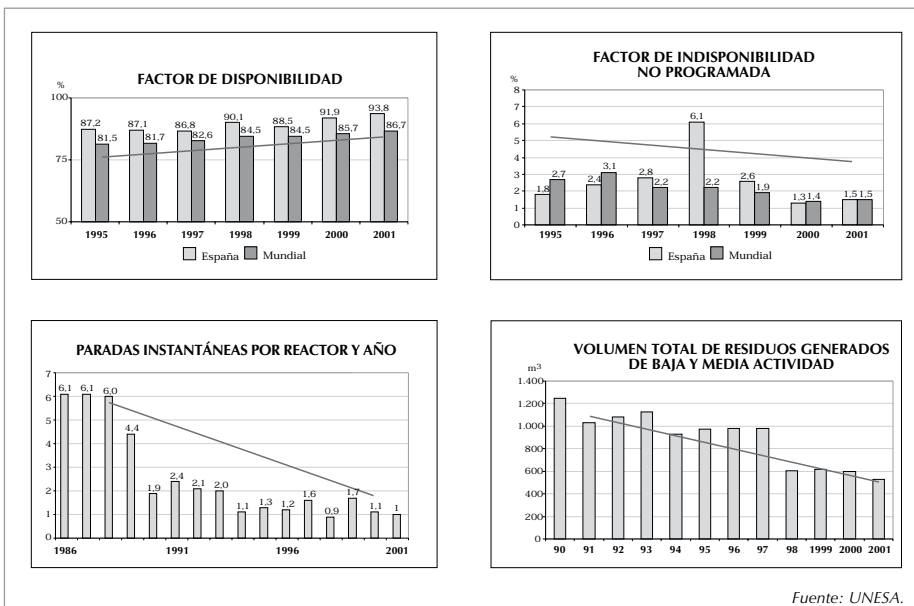
Se pueden señalar entre otros los requisitos de defensa en profundidad, la separación y redundancia de sistemas, la garantía de calidad y la cultura de seguridad como elementos básicos de la seguridad intrínseca de las plantas. Los aspectos institucionales también han contribuido de manera significativa al nivel de seguridad alcanzado. La industria nuclear ha creado organismos de supervisión y asesoramiento, como WANO (Asociación Mundial de los 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.

Todo ello ha contribuido a conseguir que los indicadores de seguridad se mantengan en niveles muy satisfactorios (Figura 4).

Por lo que se refiere a los residuos, estos 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 ade-



Fuente: UNESA.

Figura 4. La Seguridad Nuclear. Indicadores WANO de las CC.NN.EE.

cuadramente 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 (Figura 5). 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 la comercialización.

En 2005 se ha alcanzado un acuerdo internacional para desarrollar los reactores de Cuarta Generación que permitirán una mejor utilización de los productos físis 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 ITER, que debería concretarse en 2005, 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 favorables 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

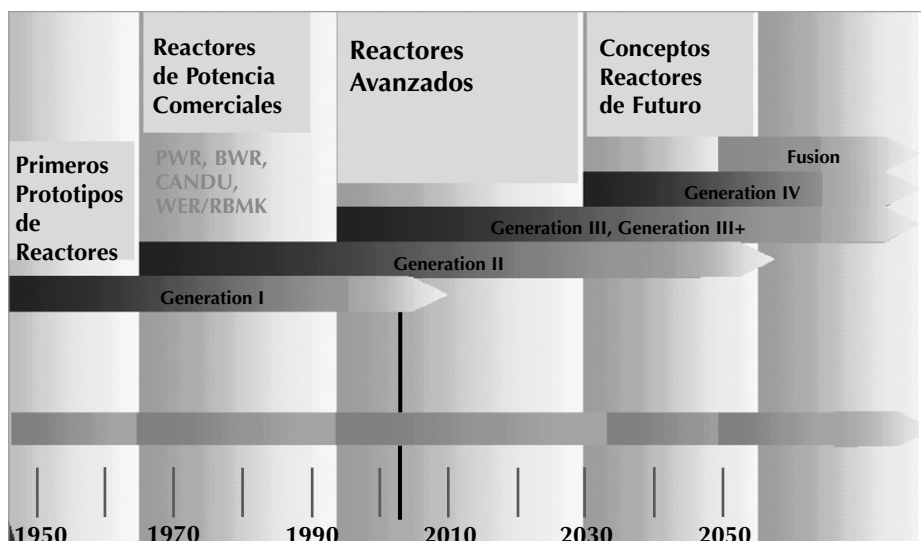


Figura 5. Evolución de la Energía Nuclear

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 planteados.

REFERENCIAS

- The limits to growth-Meadows-October 1972
- GAIA. Una nueva visión de la tierra - James Lovelock - 1979
- Nuestro futuro común - Informe Brundtland - 1987
- 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.
- CO₂, CH₄, N₂O, SO₂ y aerosoles fundamentalmente.
- Financial Times- 12/12/03
- Goldman Sachs- US Energy: Oil - March 30-2005
- Elementos activadores de la escena energética - World Energy Council 2003
- Tecnologías para la innovación en la generación de energía eléctrica-COTEC 2003
- Least cost option for baseload electricity in Finland. R. Tarjane & S. Risannen. Univ. de Lappeenranta- 1999
- Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment- World Energy Council-2004.



Eduardo GONZÁLEZ GÓMEZ, Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española, nació en Ávila y es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid; amplió estudios en Seguridad Nuclear en el Massachusetts Institute of Technology. Ha trabajado en temas ligados a la energía y las telecomunicaciones. En los años 70 comenzó trabajando en Standard Eléctrica en estudios de planificación de la red de telefonía. Posteriormente, participó en los estudios del gasoducto Argelia-España. En 1976 se incorporó a Iberduero donde ocupó la Dirección de Garantía de Calidad. En 1983 fue nombrado Director del Consejo de Seguridad Nuclear, y posteriormente Consejero y Vicepresidente. En el ámbito internacional, entre otros, en ese período fue miembro del Comité de Naciones Unidas para la Seguridad Nuclear (INSAG), Presidente del Comité de Organismos Reguladores de Energía Nuclear en la OCDE y Vicepresidente del Comité Científico Técnico de EURATOM. En 1995 asumió la Dirección de Relaciones Institucionales de Iberduero y en 1999 fue nombrado Director General de las centrales nucleares de Almaraz y Trillo. Actualmente ocupa el puesto de Director Adjunto a la Dirección General de Generación en Iberduero y es Presidente de FORATOM (Asociación Europea de la Industria Nuclear). Es Consejero Independiente del Comité de Seguridad Nuclear de British Energy y miembro del Comité de Vigilancia de la Agencia de Aprovechamiento de Uranio de EURATOM. Ha recibido la Medalla de Oro de la Sociedad Nuclear Española.