

# La energía nuclear ante el desarrollo sostenible

21 de mayo de 2003

Fundación Encuentro



# La energía nuclear ante el desarrollo sostenible

21 de mayo de 2003

Fundación Encuentro





# DEBATE SOBRE LA ENERGÍA NUCLEAR ANTE EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Ventajas e inconvenientes en la perspectiva del medio ambiente,  
de la ética social y de la economía

(21 de mayo de 2003)

- Moderador: **Sr. D. José M<sup>a</sup> Martín Patino**  
Presidente de la Fundación Encuentro
- Iniciador del diálogo: **Sr. D. Jose Ignacio Pérez Arriaga**  
Profesor de Ingeniería Eléctrica  
Instituto de Investigación Tecnológica  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
- Relator: **Sr. D. Agustín Blanco Martín**  
Director General de la Fundación Encuentro
- Participantes:
- Sr. D. Carlos Alejandre Losilla**  
Jefe del Departamento de Fusión y Física de Partículas Elementales  
CIEMAT
- Sra. D<sup>a</sup> Catalina Andrés**  
Colaboradora de la Fundación Encuentro
- Sr. D. José María Aragonés Beltrán**  
Catedrático de Tecnología Nuclear  
Escuela Superior de Ingenieros Industriales  
Universidad Politécnica de Madrid
- Sr. D. José Luis Barbero**  
Fundación Encuentro
- Sr. D. Julio Barceló i Vernet**  
Consejero  
Consejo de Seguridad Nuclear
- Sr. D. Antonio Carbajal**  
Consultor Ambiental  
División de Auditoría Price Waterhouse Coopers
- Sr. D. Antonio Chueca**  
Responsable Departamento de Datos  
Fundación Encuentro

**Sr. D. Eduardo González Gómez**

Presidente del Foro Nuclear

**Sr. D. José María Izquierdo Rocha**

Experto en Seguridad Nuclear  
Consejo de Seguridad Nuclear

**Sr.D. Pedro Linares Llamas**

Profesor de Ingeniería  
Instituto de Investigaciones Tecnológicas  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS

**Sr. D. Cayetano López Martínez**

Catedrático del Departamento de Física Teórica  
Universidad Autónoma de Madrid

**Sr. D. Ladislao Martínez López**

Miembro de la Comisión de Energía de  
Ecologistas en Acción

**Sr.D. José Luis Martínez Martín**

Director General del  
Club Español de Energía

**Sr. D. Javier Pinedo**

Director de  
Nuclenor S.A.

**Sr. D. Luis Jesús Sánchez Tembleque**

Subdirector de Regímenes Especiales del CNE  
Dirección de Energía Eléctrica

**Sr. D. José Antonio Tagle**

Gerente de Innovación de  
Iberdrola

# GUIÓN

¿Puede considerarse a la energía nuclear como una opción válida para un desarrollo sostenible?

## 1) Impacto medioambiental

- a) Seguridad de las instalaciones nucleares.
- b) Gestión de los residuos radioactivos.
- c) Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

## 2) Desde la ética social y política

- a) La consideración de las generaciones futuras.
- b) Riesgo de utilización bélica de la energía nuclear.

## 3) Coste y rentabilidad económica

- a) De la producción eléctrica con centrales nucleares en el contexto actual: tecnológico, de mercado e internacional.
- b) La influencia sobre la seguridad de los incentivos económicos que en marcos regulatorios liberalizados puedan existir para maximizar la producción.



# LA ENERGÍA NUCLEAR ANTE EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Ventajas e inconvenientes en la perspectiva del medio ambiente,  
de la ética social y de la economía

## **Sr. D. José María Martín Patino**

Quiero agradecerles su presencia aquí esta noche. En primer lugar, porque el tiempo no invita mucho a estas reuniones y sé que tienen que abandonar otras ocupaciones muy importantes, como hemos podido comprobar al hacer las invitaciones.

Quisimos que esta reunión –porque la experiencia así nos lo aconsejaba– fuera reducida, para que los asistentes tuvieran más posibilidades de hablar y se pudiera profundizar más en este tema, ciertamente delicado. No queríamos sobrepasar los 15 invitados. Llegamos a 17 y hoy se han dado de baja tres: D. Carlos Bravo, porque está enfermo; D. José Antonio Garrido, porque su madre está bastante enferma; y D. Manuel Montes Ponce de León, que tenía una reunión. D. Luis Jesús Sánchez Tembleque nos avisó que llegaría un poco tarde, pero que vendría. También iba a participar D. Alfredo Llorente, director general de Endesa, pero nos comunicó con anterioridad que no podía venir.

Estas ausencias se verán compensadas con la capacidad de diálogo que tienen todos ustedes. Servirá, además, para que podamos ofrecer mucho más espacio para el diálogo, que será fecundo gracias a su inteligencia y su conocimiento técnico sobre la materia.

Habíamos invitado también a la vicepresidenta de la Comisión Europea, D<sup>a</sup> Loyola de Palacio, pero excusó su asistencia porque le coincidía con una agenda muy apretada. A pesar de esto, nos dijo que le interesaba muchísimo el resultado de este debate y que le gustaría que la tuviéramos al corriente.



Lo que ustedes dicen se graba y después se transcribe. Con posterioridad, se les envía el texto para que ustedes lo corrijan. Estos debates –que venimos celebrando desde hace ya 18 años sobre diferentes temas (políticos, jurídicos, etc.)– no se hacen públicos, pero sí se los hacemos llegar a personas que se han interesado especialmente por estar al corriente de estas reuniones –incluso algunas veces nos hemos honrado con la participación del Príncipe de Asturias, que quiso “venir a aprender”–, porque consideran que aquí hay una densidad de pensamiento importante.

Como ustedes saben, el 15 de enero de este año celebramos un debate sobre la sostenibilidad del modelo energético. Si alguno de ustedes no tiene aquel texto, lo puede pedir. La mayoría de los presentes estuvieron en aquel debate y, por lo tanto, deben tenerlo. Aún así, tenemos algunos ejemplares más por si a alguno de ustedes le interesa difundirlo de forma confidencial a otras personas que crean que les pueda interesar.

Las reglas del debate son lógicas y sencillas. Se abre con el llamado “iniciador del diálogo”, que, como en el anterior, es D. José Ignacio Pérez Arriaga, al que se sumará D. Julio Barceló. A ambos les pido que sean parcios en el uso del tiempo e intenten no exceder los 15 o 20 minutos. A continuación pueden pedir ustedes la palabra. Tienen unas fichas sobre la mesa cuyo objeto es ordenar el debate a partir de los tres puntos planteados en el guión. El orden de intervención no tiene que ser necesariamente el de petición de palabra, sino el de las cuestiones que quieren tratar según el guión. Sería útil que ustedes rellenaran estas fichas y me las entregaran lo más pronto posible para que yo pudiera ordenarlas. Así conseguiremos que el debate sea más ordenado y fluido. Por supuesto, jamás ha habido en estas reuniones necesidad de transitar por otros ámbitos que no son propios de este lugar, como sería el ideológico, el político u otros que no son razonables. Estamos muy contentos porque en los 18 años que llevamos celebrándolos no hemos tenido jamás que quitarle la palabra a nadie.

Con estas advertencias, cedo la palabra a D. José Ignacio Pérez Arriaga para que inicie la cuestión.

## **Sr. D. José Ignacio Pérez Arriaga**

La sostenibilidad del desarrollo es una necesidad incuestionable de la sociedad moderna. La Unión Europea lo ha planteado como un substrato común y fundamental de todas sus políticas y en particular de su política energética. Cualquier análisis estratégico referente a la energía tiene necesariamente que contemplar la sostenibilidad, en sus tres dimensiones inseparables: económica, social y medioambiental.

La energía nuclear es una pieza importante del actual entramado energético mundial. Actualmente existen más de 430 centrales nucleares, en más de 30 países, con una producción que supone aproximadamente el 8% de la energía primaria consumida en el mundo y cerca de un 17% de la producción total de electricidad, siendo de un 30% en España.

Sin embargo, el desarrollo de la energía nuclear se ha visto frenado, de forma muy significativa, durante más de una década. Uno de los dos grandes motivos de este casi parón nuclear ha sido el rechazo bastante generalizado de la opinión pública, que ha llevado a países como Austria o Italia a no aceptar la instalación de centrales nucleares o bien a un compromiso de clausurar las existentes en un cierto plazo y no instalar nuevas, como en Suecia, Bélgica o Alemania. Pero hay notables excepciones, como es el caso de Francia, donde la producción nuclear suministra cerca del 80% del consumo de electricidad con un nivel alto de aceptación pública, o Finlandia, donde tras largo debate el Parlamento, ha aprobado recientemente la construcción de una nueva central nuclear. El rechazo de la opinión pública tiene su raíz en tres argumentos básicos: la seguridad de las instalaciones, la falta de una solución aceptable para los residuos nucleares y el riesgo de utilización bélica de la energía nuclear.

Sin duda el otro gran motivo del casi parón nuclear ha sido económico: en muchos países, como en España por ejemplo, los costes totales de producción de las centrales nucleares han sido mucho más altos de lo previsto y el programa nuclear se ha interrumpido fundamentalmente porque había otras alternativas económicamente preferibles. Aunque indudablemente éste no es el caso de la central ya construida de Lemóniz, pero que nunca entró en funcionamiento, donde la amenaza de terrorismo jugó un papel decisivo. El argumento de la rentabilidad económica toma una dimensión nueva en el actual entorno predominante de liberalización de los mercados energéticos.

El debate sobre la energía nuclear, que había permanecido latente durante la última década, se ha reavivado recientemente a nivel internacional y también en España. Se trata de evaluar la conveniencia de incluir la energía nuclear como una opción de futuro en el *mix* energético. La opción nuclear consistiría en mantener en funcionamiento las centrales nucleares existentes, incluso alargando su vida útil en lo posible, así como en instalar centrales nuevas, utilizando las mejores tecnologías comercialmente disponibles. ¿Por qué se abre ahora este debate? Sin duda una de las causas es la relativamente reciente preocupación por la falta de sostenibilidad de nuestro modelo energético, muy en particular por la amenaza de cambio climático, donde influye de forma decisiva el incremento de origen antropogénico de la concentración de gases de efecto invernadero. La producción de electricidad en centrales nucleares no da lugar a emisiones de gases que contribuyan al cambio climático. Otras consideraciones, tales como la creciente dependencia energética de los países de la Unión Europea, no son ajenas a la reapertura del debate nuclear en los países de nuestro entorno. Ni tampoco la creciente disponibilidad de nuevas tecnologías de producción nuclear.

Hay, por consiguiente, muchos aspectos a considerar en un debate sobre la contribución de la energía nuclear al desarrollo sostenible. Como iniciador del debate me limitaré a enunciar los que considero más relevantes.

▣ *La seguridad.* La seguridad de las instalaciones nucleares es la primera preocupación del público en general. El accidente de Chernobyl (1986) capta la imaginación popular, y con razón, pues las consecuencias fueron catastróficas. Cierto es que las condiciones de seguridad de esta central estaban muy por debajo de las que se exigen en los países de la OCDE, donde el récord de seguridad ha sido excelente hasta la fecha, aunque no ha estado exento de algunos accidentes serios, pero sin consecuencias para la población. Se ha argumentado que el riesgo que la opinión pública percibe es mucho mayor que el riesgo técnico calculado por los especialistas, y éste es un tema que tenemos que debatir. Es innegable que se han producido avances interesantes en los procedimientos y normas de seguridad y en el planteamiento de diseños novedosos e intrínsecamente más seguros de centrales nucleares.

▣ *Gestión de los residuos.* La falta de una solución aceptable para los residuos radioactivos de las centrales nucleares es otra gran preocupación de la opinión pública, tan importante o más que la anterior. Se trata de encontrar la forma de mantener contenidos, a salvo de escapes al medio externo, los elementos combusti-

bles ya utilizados, durante cientos de miles de años. Hay soluciones transitorias aceptables, como el almacenamiento local en las propias centrales, y propuestas de almacenamiento temporal a más largo plazo, como el enterramiento en contenedores especiales que serían depositados en capas geológicas estables y profundas. También, desde hace algunos años, se vienen realizando prometedoras investigaciones conducentes a modificar los elementos radioactivos de los residuos nucleares, mediante su transmutación en otros isótopos no radioactivos o con una vida media inferior. Pero esta tecnología está aún lejos de estar disponible a nivel práctico. La gestión de los residuos nucleares de alta actividad plantea un grave problema ético intergeneracional.

▣ *La proliferación nuclear.* La comunidad internacional ha realizado importantes esfuerzos para limitar el riesgo de utilización bélica de la energía nuclear, consiguiendo que 188 países –el 98% de los pertenecientes a las Naciones Unidas, entre los que no se encuentran Cuba, India, Israel y Pakistán- hayan firmado el Tratado de No Proliferación Nuclear. Corea del Norte acaba de retirarse del tratado. El conocimiento necesario para diseñar y construir una bomba de fisión nuclear está al alcance de casi cualquier país. La mayor dificultad estriba en disponer del material nuclear adecuado: uranio altamente enriquecido o plutonio con una determinada composición isotópica. Es posible conseguirlo a partir del combustible de algunas centrales nucleares, aunque el actual Tratado impone requisitos de vigilancia muy estrictos para los países firmantes. El efecto de las centrales nucleares comerciales en la fabricación de armamento es por consiguiente indirecto: permite a algunos países disponer de la tecnología necesaria y les proporciona una cobertura legítima para actividades que de otra forma tendrían un propósito bélico evidente.

▣ *Contribución potencial a la seguridad de suministro energético.* Las reservas de uranio -a partir del cual se fabrica el combustible de las centrales nucleares-, así como las de otros posibles elementos utilizables, son amplias y suficientemente distribuidas, con las consiguientes implicaciones favorables sobre la garantía de suministro y la estabilidad de los precios de producción de la electricidad.

▣ *Cambio climático.* La generación de electricidad en centrales nucleares no produce emisiones de gases que contribuyan al cambio climático, que muchos consideran el problema medioambiental más grave que enfrenta actualmente la humanidad. Aunque el uso inmediato de la energía nuclear es la producción de electricidad y no el transporte –que es el sector donde actualmente más crecen las emisiones de CO<sub>2</sub>–, es cierto que la electricidad generada con cualquier tecnología

podría utilizarse para producir hidrógeno, que en el futuro podría ser un vector energético con diversas aplicaciones, entre ellas el transporte.

▣ *Rentabilidad económica.* En un número creciente de países –entre ellos todos los de la Unión Europea–, la producción de electricidad por cualquier medio está sujeta a las leyes del libre mercado. En ausencia de una intervención directa por parte de los Gobiernos, lo que tiene difícil cabida en el actual marco regulador de la mayoría de los países europeos, cualquier nueva inversión en centrales nucleares deberá ser acometida por inversores que consideren que es ésta la mejor forma de utilizar sus recursos financieros. Parece difícil que en este contexto regulatorio y económico la iniciativa privada escoja la tecnología nuclear, sabiendo que puede encontrar una fuerte oposición pública que podría demorar la construcción de las instalaciones y mientras existan importantes riesgos regulatorios para la rentabilidad de las inversiones.

Asimismo, el nuevo contexto regulatorio acrecienta la preocupación sobre la existencia de incentivos económicos de los propietarios de las centrales en detrimento de la seguridad, ya que mantener las plantas en funcionamiento es ahora el único medio de conseguir los ingresos que permiten rentabilizar las cuantiosas inversiones incurridas.

El guión del debate está organizado alrededor de tres temas –el impacto ambiental, la ética social y política y la rentabilidad económica–, que abarcan los varios aspectos concretos que acabo de comentar. Tenemos hoy aquí expertos que pueden contribuir a comprender mejor las implicaciones de cada uno de estos aspectos. Pero no debemos olvidarnos de que, una vez analizados los asuntos que atañen específicamente a la energía nuclear, es necesario volver a la pregunta básica del posible encaje de la energía nuclear en una estrategia energética sostenible, esto es, una estrategia que permita satisfacer las necesidades del presente –donde no puede olvidarse que una de cada tres personas carece de acceso a la electricidad o a otra forma avanzada de energía–, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus futuras necesidades. ¿De qué alternativas disponemos?

La demanda mundial de energía crece, de acuerdo a las estimaciones más recientes, al 1,8% anual, de forma que entre el final de los años 90 y el año 2020 se estima un crecimiento de aproximadamente el 60%, y de un 70% en el consumo específico eléctrico. Se están realizando progresos importantes en la mejora de la

eficiencia energética y también en el desarrollo de las energías renovables, alentadores pero de momento muy insuficientes. Debe proveerse de electricidad y de otras formas avanzadas de energía a los 2.000 millones de personas que actualmente carecen de ello. Es en este complejo puzzle global donde debe examinarse si encaja o no –o qué debe hacerse para que encaje– la pieza de la energía nuclear.

Obviamente, toda solución al puzzle energético tiene un coste, que la sociedad debe conocer y asumir. Y adelanto que creo que este coste lleva asociado un cambio de paradigma de lo que se entiende por desarrollo y de los patrones actuales de consumo. Estos cambios solamente son posibles tras un proceso de formación y mentalización de la sociedad, que acabe por cristalizar en normas que regulen el comportamiento de los individuos y de las instituciones. Y debates como éste deben contribuir a este proceso necesario de formación y clarificación.

Tienen ustedes la palabra.

### **Sr. D. Julio Barceló i Vernet**

Estoy básicamente de acuerdo en centrar el debate en estos seis aspectos que cubren bastante bien los tres temas del guión que nos han planteado. Me gustaría introducir un poco en sentido horizontal el aspecto ético del uso de la energía nuclear. Aprovecho, pues ha sido esta mañana cuando me han pedido que hablara en esta reunión, unas notas que había preparado hace unos días sobre este tema.

A lo largo del debate vamos a ir repitiendo bastantes de estos puntos. Por ejemplo, la percepción del riesgo de la población como uno de los ejes definitorios del problema que plantea la energía nuclear. Si no fuese desde esta óptica, no se entendería la asimetría del cómo la opinión pública hace frente a esta energía en comparación con los otros tipos de energía que se utilizan. En el fondo, todo el mundo está de acuerdo en la necesidad de producir, porque, a menos que cambiemos el mundo, la energía es el factor de crecimiento de las economías actuales y, por lo tanto, un déficit de energía nos haría retroceder en muchos aspectos: calidad de vida, nivel de vida, etc. Por consiguiente, es impensable que la gente pueda estar visceralmente en contra de la energía nuclear *per se* si no es porque hay una percepción, sobre la que todo el mundo está de acuerdo, real y muy difícil de cambiar.

Voy a introducir algunos datos más sobre lo dicho por el Sr. Pérez Arriaga para que luego podamos hablar más generalmente sobre cualquiera de estos seis temas.

Las centrales nucleares utilizan uranio, y uno de sus isótopos, el uranio 235, es el elemento básico para producir la energía. También se puede utilizar el torio. Una de las características de este uranio y de este torio es que son elementos naturales que se pueden emplear como combustible, se encuentran en la naturaleza y no tienen ningún otro uso civil, excepto la producción de energía. Tienen un uso militar, pero creo que todos estaremos de acuerdo en que no se deberían derivar a estos usos.

La seguridad del suministro a largo plazo está garantizada por las reservas existentes que, además, están muy distribuidas por todo el mundo y, por tanto, son ajenas a conflictos geopolíticos. Éste es un elemento muy importante a tener en cuenta cuando se habla de la disponibilidad de energía.

A veces se olvida que su equivalencia energética es enorme. Podemos llegar a extraer casi 22 millones de kWh por kilo, en comparación, por ejemplo, con los 8 kWh por kilo de carbón. La energía nuclear requiere poco combustible y pocos recursos ambientales para producir grandes cantidades de energía. Por lo tanto, desde el punto de vista de los recursos naturales, la utilización de la energía nuclear tiene la potencialidad de ahorrar grandes cantidades de recursos fósiles y producir mucha energía sin que esto sea un motivo de preocupación para el balance de recursos del planeta. No se puede decir lo mismo de otras fuentes de energía. En este aspecto, estaría más alineada con las energías renovables que con el resto de energías.

Esto es importante, porque cuando hablemos, y lo haremos, del tema de los residuos radiactivos, hay que tener en cuenta que son cantidades realmente pequeñas en comparación con la producción que de ellas se ha obtenido.

Si pasamos a la parte física, la elección del emplazamiento, el diseño de su construcción, la explotación e incluso la clausura de una central nuclear tienen que incluir restricciones y obligaciones éticas, no sólo medioambientales. Estas restricciones han de contemplar consideraciones sobre el uso de la tierra, el agua y el aire, tanto en funcionamiento normal como en situaciones de accidentes.

Alguien dijo, y estoy bastante de acuerdo con ello, que las centrales térmicas son contaminantes y las centrales nucleares son peligrosas o potencialmente peligrosas. Los niveles de contaminación producidos en situaciones normales por las centrales nucleares son realmente bajos en comparación con otro tipo de producción. En el funcionamiento normal, el propio diseño de las centrales se sustenta en criterios de seguridad cada vez más estrictos, basados en sus ventajas. Las ventajas que tiene la energía nuclear es que la fisión es un proceso anaeróbico e intensivo en energía; por lo tanto, consume pocos recursos naturales. También hay que tener en cuenta sus desventajas. La principal es que la fisión es un multiplicador de la radiactividad. Es cierto que en la naturaleza existe actividad radiactiva natural, pero cuando se transforman estos elementos naturales para producir energía lo que estamos haciendo es multiplicar su radioactividad. De la misma manera que tiene una equivalencia energética enorme, también tiene una gran capacidad de incrementar la radiactividad.

En cuanto a las situaciones accidentales, no hay que olvidar que la tecnología nuclear ha sido pionera en el desarrollo de los análisis cuantitativos de riesgo, una metodología de base científica basada en la estadística, la fiabilidad de los sistemas, el comportamiento humano, la tipología de accidentes y sus consecuencias, que permite cuantificar el riesgo asociado a cada uno de los modos de funcionamiento de las centrales. Así, una central nuclear no es una instalación estática, sino que es mejorada continuamente, primero, por las lecciones aprendidas del funcionamiento y, segundo, por los análisis que se hacen del riesgo. Diría que es de las pocas actividades en las que se tienen evaluados y cuantificados los riesgos antes de ponerse en marcha. El Sr. Pérez Arriaga ha dicho que, aparte de Chernobil, que es un caso singular, ha habido accidentes –yo diría incidentes– en otras centrales nucleares, pero sin riesgo para la población, precisamente porque todos estaban previstos inicialmente. Es decir, se habían analizado y se sabían sus consecuencias.

Para vigilar y evaluar el impacto ambiental del funcionamiento de las centrales nucleares aparece la protección radiológica, que es una rama de la ciencia dedicada al ámbito nuclear que se ha desarrollado con tres objetivos fundamentales: primero, analizar y cuantificar los riesgos radiológicos mediante el conocimiento de las bases científicas de los efectos de las radiaciones sobre la salud y la seguridad de las personas; segundo, evaluar y comparar los riesgos radiológicos estableciendo las normas legales para proteger a los individuos y a la población contra los efectos



nocivos de la radiación; y tercero, controlar los riesgos radiológicos estableciendo las organizaciones que han de velar por la protección de las personas y su medio.

La protección radiológica nos permite introducir en la energía nuclear el concepto del utilitarismo: mayor bien para mayor número.

La parte más sensible de todo el proceso de lo que llamamos ciclo nuclear es la gestión y control de los residuos radiactivos de alta actividad, básicamente el combustible gastado. Estos residuos necesitan una gestión que va más allá del período de funcionamiento de las centrales e introduce otro elemento –del que ya se ha hablado–, que es el de su gestión. Normalmente, cualquier actividad se valora y analiza por el período que va a funcionar. Aquí tenemos que tener en cuenta que, incluso una vez parado, va a continuar siendo necesario prestar atención a la gestión. Actualmente, la mayoría de estos residuos se almacenan dentro de las propias centrales. Muy pocos países tienen sistemas centralizados y ninguno, por el momento, tiene el sistema de almacenamiento definitivo, aunque se están probando varios. Para el futuro, la corriente de opinión mayoritaria apuesta por el almacenamiento en depósitos geológicos profundos. La solución a este problema puede dar otra visión al uso de la energía nuclear. Si observamos muchas de las encuestas y análisis que se hacen, el pero más importante que se le pone a la energía nuclear es que hoy por hoy no tiene solucionada la gestión final de los residuos nucleares. Sin embargo, no es cierto que no exista solución; no se ha elegido solución, que es diferente.

Atendiendo al principio de sostenibilidad, esta gestión de residuos ha de contemplar tanto los derechos intrageneracionales como los intergeneracionales. Los derechos intrageneracionales, es decir, de la actualidad, han de tener en cuenta la participación ciudadana en la toma de decisiones y en el establecimiento de los medios técnicos y económicos para afrontar la gestión de estos residuos radiactivos. Hay un aspecto relevante que se está desarrollando y que hace referencia al trato que han de recibir las comunidades donde se han de establecer estos almacenamientos. Y los derechos intergeneracionales hacen referencia al compromiso que se ha de adquirir con las generaciones futuras por el hecho de que recibirán un legado que no han disfrutado. En este sentido, se deben realizar esfuerzos, tanto para minimizar el volumen de residuos que se produzcan como para encontrar las soluciones técnicas adecuadas para no afectar a las generaciones futuras. Por esto, desde un principio ético, la solución más aceptable es la que contempla el acondicionamiento definitivo y seguro de los residuos.

Está claro que el uso de la energía nuclear ha de compatibilizar sus ventajas –lo que he llamado el utilitarismo– con sus riesgos, riesgos que han de ser valorados y controlados. En cualquier caso, no es válido juzgar la energía nuclear sólo por sus ventajas o sólo por sus riesgos. Por lo tanto, me adhiero a que estos seis puntos puedan ser la base para que hoy demos un paso más en este sentido.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Muchas gracias. Voy a otorgar la palabra a D. Carlos Alejaldre, que quiere tratar el tema de la fusión y su relación con los puntos del guión, porque considero que es una cuestión previa que no está incluida explícitamente en el guión.

### **Sr. D. Carlos Alejaldre Losilla**

Hablar de fusión tiene la ventaja de que se habla de futuro, por lo que no tiene que ser inmediatamente contrastado con la realidad.

Un punto importante de la fusión es que como fuente de energía sostenible tiene la ventaja o la propiedad de que al utilizar pequeñísimas cantidades de combustible está disponible para muchísimas generaciones; de hecho, es una fuente de energía prácticamente inagotable. De cualquier cómputo que se realice con estimaciones de consumo energético actual se puede extrapolar que las reservas existentes, fácilmente extraíbles, se extienden a miles de millones de años. Con lo cual, desde ese punto de vista se puede considerar que es una fuente inagotable.

Desde el punto de vista de la seguridad y el impacto medioambiental, de nuevo, la fusión tiene unas propiedades muy atractivas, en principio y con el conocimiento que se tiene ahora mismo. Esencialmente, las pequeñas cantidades de combustible que utiliza tienen unas consecuencias inmediatas en la seguridad, pues al no existir reacciones en cadena el proceso se asemeja más a un quemador, fácil de parar en cualquier situación. No hay actínidos involucrados, con lo cual el problema de la proliferación se minimiza, aunque naturalmente siempre es posible en una central de fusión generar actínidos si alguien tiene interés, pero evidentemente es muy fácilmente detectable, una ventaja fundamental.

No se producen residuos de alta actividad de forma intrínseca, sino sólo material activado de baja o media actividad. Aunque es un nuevo campo de investigación que promete y todavía no es una realidad, se cree que en períodos razonables – 60-100 años– podrán ser reciclados una vez que hayan sido utilizados en esas hipotéticas centrales de fusión.

Su seguridad deriva de que cualquier desviación de las condiciones termina el proceso de forma automática. Debido a la poca cantidad de combustible, el calor residual no es suficiente para fundir las estructuras. Por consiguiente, en el análisis de los accidentes realizado hasta ahora, el peor accidente que uno puede imaginar no puede romper el edificio de confinamiento y, por tanto, el impacto medioambiental debería ser muy pequeño. Y además este resultado se consigue con medidas puramente pasivas. La fusión es intrínsecamente segura.

Hablar de coste en fusión es todavía una entelequia, un ejercicio de imaginación.

Un elemento que puede ser introducido en el debate es el concepto de externalidades, cada vez más en boga, sobre todo cuando se habla de energías renovables. Por ejemplo, un estudio que hemos realizado en CIEMAT demuestra que la energía de fusión tiene unas externalidades muy bajas y que, aplicando los mismos criterios a todas las fuentes energéticas, la fusión aparece como una de aquellas que tiene menores externalidades en el ciclo energético. Quizá la eólica en este sentido sea la que menos tiene; después se situarían la fotovoltaica y la de fusión, curiosamente con valores muy similares.

El problema fundamental de la fusión es conseguirla ahora mismo. Hay un modelo y una estrategia en un programa de investigación. Hablar de fusión es hablar de investigación. Lleva asociado un esquema para conseguir llegar a ese reactor de fusión, lo que antes de mediados de este siglo no parece viable. Aunque la queja y hasta cierto punto el chiste que los que trabajamos en fusión tenemos que aguantar y es una de las constantes mejor conservadas en la física moderna es: ¿cuánto tiempo falta para conseguir la fusión? Se puede demostrar técnicamente, con datos en la mano, que estamos muy cerca de conseguir esos valores que hacen viable una planta eléctrica en la que se produzca más energía de la que estemos introduciendo para realizar el proceso.

Pero para materializarlo tenemos que dar un paso más y sacar adelante ese proyecto que llamamos ITER, en el que España puede tener un papel dinamizador tremendo, ya que, como muchos sabrán, el Gobierno español ha presentado la candidatura para acoger este gran laboratorio internacional. Hablamos de una inversión de 4.500 millones de euros. Probablemente es la mayor inversión en temas nucleares prevista para los próximos años. En mi opinión, puede tener un papel muy importante en cuanto a la percepción pública de la energía nuclear. Es un tema que no hay que olvidar cuando se habla del proyecto ITER, porque puede suponer un elemento regenerador de todo un tejido investigador y técnico que, debido a este rechazo social que ha tenido la energía nuclear, se está perdiendo.

El proyecto ha sido evaluado ya internacionalmente, se ha aprobado y ahora está inmerso en un proceso político para realizarlo.

Quería terminar resaltando que la parte positiva de la fusión es que tiene un impacto medioambiental pequeño, su seguridad es intrínseca, la proyección de coste es prometedora, aunque naturalmente es la mayor incógnita, y existe la posibilidad de traer el laboratorio mundial ITER a España. La parte negativa es que está en fase de demostración y que no podrá contribuir a la discusión energética en un plazo inmediato, pues no parece que sea adecuado pensar en la fusión como un gran productor de energía eléctrica antes de la mitad de este siglo.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Por las notas que me han llegado, parece que predomina el número de personas que quieren hablar sobre los residuos y sobre la seguridad.

El profesor Cayetano López Martínez nos hablará de residuos y de aspectos intolerables.

### **Sr. D. Cayetano López Martínez**

Está claro que la energía nuclear tiene bastantes ventajas, pero es evidente que lo que hace que sea una fuente discutida y discutible son los aspectos "intolerables". A mi juicio, ¿cuáles son los aspectos intolerables o difícilmente aceptables de la energía nuclear hoy?

El primero son los residuos: el tratamiento de los residuos o el peligro de que durante tanto tiempo se puedan producir incidentes o percances con los residuos. El segundo es la seguridad: los accidentes o incidentes que pueda haber en el funcionamiento de las centrales nucleares. Desde el punto de vista objetivo, no considero que el funcionamiento normal de una central nuclear, sin accidentes, tenga una influencia negativa o intolerable sobre el medio ambiente o las personas. Sólo en el caso de que haya accidentes como el de Chernobil, que es un accidente de criticidad, y en el problema de los residuos.

Hay dos actitudes respecto a la energía nuclear. La primera –que me parece respetable y con la que me he encontrado en muchas ocasiones– es la que cree que la energía nuclear es intrínsecamente perversa, inmoral, insostenible o intratable por muchas razones, como alterar la composición atómica, química, de la corteza terrestre, lo que produce una serie de efectos incontrolables y peligrosos. Independientemente de los análisis concretos sobre las repercusiones que pueda tener, es rechazable. Si se parte de este punto de vista, que es muy genérico y abstracto, no hay más que hablar. Si se parte de una visión más práctica, yo diría más laica, que es la mía, la energía nuclear es discutible por sus efectos concretos, estos que he mencionado, y no por principio. En teoría, si encontráramos una forma de obtener energía a partir de la fisión de los núcleos pesados, de uranio y de torio, que no tuviera esos problemas –esencialmente los residuos y la posibilidad de accidentes, sobre todo de criticidad–, a mi juicio sería una fuente de energía perfectamente aceptable, sin entrar en los problemas de percepción pública de los que luego hablaremos.

La parte más peligrosa de los residuos son los residuos de alta actividad, las barras de combustible usadas. Se dice que habrá que mantener estas barras de combustible usadas a buen recaudo durante miles de años. Me parece increíble pensar que la humanidad no consiga resolver este problema muchísimo antes. La idea de que la humanidad, si es que todavía existe, va a coexistir con estos residuos de alta actividad a lo largo de 25.000 o un millón de años me parece impensable. Si observamos los tiempos de desarrollo tecnológico-científico de la humanidad, incluso en un período de 100 o 200 años se produce una gran cantidad de nuevos conocimientos, de nuevas técnicas, de avances cualitativos. Recordemos lo que sabía la humanidad sobre estos aspectos hace 100 o 200 años. Pensar que se van a mantener esos residuos durante un millón de años me parece absurdo. Por lo tanto, este problema, aunque requiera ahora una solución temporal de almacenamiento,

necesita una solución definitiva, que no se apoye en la idea de que van a estar en un lugar muy estable durante 25.000 o 100.000 años, algo que nadie puede asegurar. Se puede hacer un cálculo probabilístico, pero es muy difícil de asegurar. Mientras no haya una solución definitiva, ese aspecto seguirá siendo el más negativo del futuro de la energía nuclear.

Hay ideas científicas y técnicas sobre cómo resolver el problema de los residuos de alta actividad. Hay procesos que pueden llegar a transmutarlos, neutralizarlos y convertirlos en especies estables. Pero eso requiere, no solamente medios, también un programa de investigación, y un programa de investigación que es parte también del programa nuclear. Ésa es la dificultad más grande que encuentro, pues este programa de investigación se considera públicamente, por la ciudadanía y las autoridades, como una parte del programa nuclear y, por consiguiente, es un proyecto que, aunque tenga por objeto solucionar uno de los problemas más graves que tiene la energía nuclear, encuentra la oposición de mucha gente porque se considera también parte de la actividad y de los estudios nucleares. Por lo tanto, es muy difícil llevarlo a cabo a una escala suficiente, con los medios necesarios y naturalmente manejando y manipulando algunos de estos residuos, porque en una mezcla de residuos cada uno requiere un tratamiento distinto. No me cabe la menor duda de que si no existiera ese impedimento, y yo lo he visto personalmente en proyectos de investigación relacionados con estos temas, se encontraría en breve una solución definitiva y a largo plazo

Sobre la seguridad, si alguna vez se vuelve a pensar en instalar nuevas centrales, éstas tendrán que ser completamente distintas de las actuales. También hay ya ideas de nuevos diseños de centrales nucleares. Una de las cosas que habrán de tener es una producción drásticamente menor de residuos de alta actividad, para lo que hay ya ciertos procedimientos.

En cuanto al otro peligro intolerable, los accidentes, creo que son muy pequeñas las posibilidades de que ocurra un accidente grave de criticidad con las medidas de seguridad de las centrales occidentales. El hecho de que pueda ocurrir, porque se pierda el control de la central, también es un problema muy grave a ojos de la opinión pública. Si se ponen en marcha nuevas centrales nucleares de fisión, habrá que tener muy en cuenta este punto.

También hay ciertas soluciones. Yo he estado muy involucrado en la investigación de centrales asistidas con un acelerador de partículas, en donde los sistemas

son intrínsecamente subcríticos y, por lo tanto, como ocurre en la fusión, se paran solos si no se les activa continuamente. Pero, de nuevo, la investigación y la puesta en marcha de prototipos de dispositivos de este tipo son parte de un programa nuclear, por lo que se encuentran con las mismas dificultades que he mencionado antes.

En resumen, estimo que esos dos puntos son los más importantes, aunque hay otros, pero son menos críticos. Pienso que podrían tener solución, aunque esa solución, que haría de nuevo tolerable la puesta en marcha de un programa nuclear fuerte en los países occidentales, se encuentra actualmente con grandes dificultades. No se avanza o es muy difícil avanzar en estos terrenos.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Muchas gracias. En un segundo momento nos ocuparemos de la percepción pública y el futuro.

Parece que preocupa el tema de los residuos. Quiero conceder la palabra a D. José María Aragonés, que quiere hablar también sobre seguridad y residuos.

### **Sr. D. José María Aragonés Beltrán**

Quiero decir que discrepo con mi colega, el profesor Cayetano López. Quizá es que yo soy más físico nuclear. Ha dicho que la energía nuclear es intrínsecamente perversa, antinatural...

### **Sr. D. Cayetano López Martínez**

He señalado que hay una aproximación a la energía nuclear que es ésta y que en ese caso ya no hay nada más que hablar, pero no es la mía.

## **Sr. D. José María Aragonés Beltrán**

La fuente de energía interna a nivel cósmico es la fusión del interior de las estrellas. Afortunadamente, tenemos esas reacciones en nuestra estrella, el Sol. Pero no hay que olvidarse que la fisión está también en la naturaleza. Un planeta como la Tierra tiene diversidad de elementos (ligeros, intermedios y pesados), porque se ha formado en las explosiones de una o dos supernovas anteriores, donde se ha producido la nucleosíntesis de los elementos más pesados. De no ser por la fisión tendríamos elementos superpesados, que serían probablemente muy perniciosos. Precisamente la fisión es la que pone un límite al elemento más pesado que pueda producirse. Por tanto, un planeta como la Tierra es un residuo radioactivo. La diversidad de sus elementos es consecuencia de unas explosiones nucleares, no de protones de hidrógeno como en las estrellas controladas, sino que cuando se ha quemado ese hidrógeno y se ha producido ya la fusión con el helio es cuando se han desencadenado las explosiones de esas estrellas y de esa energía; entonces es cuando se ha producido la superfusión de elementos y todas las cadenas de nucleosíntesis de la diversidad de elementos que poseemos.

Esto es lo que conocemos actualmente y hay que decírselo al público. La energía nuclear, las reacciones nucleares, la radiactividad, no la hemos inventado los hombres, está en la naturaleza. Lo que está de forma más controlada desde luego es la fusión. La fusión permite tener sistemas como el Sistema Solar, con una estrella que está quemando muy lentamente el hidrógeno, porque requiere una transición débil de un protón a un neutrón, un proceso que durará aproximadamente  $10^9$  años, del orden de miles de millones de años.

Por lo tanto, la primera idea es que la energía nuclear, las reacciones nucleares, la radiactividad, es natural, aunque quizá no en la escala en la que la estamos reproduciendo en la superficie terrestre.

Y conectando con lo que ha dicho el Sr. Alejaldre, la fusión nuclear tiene cuatro veces más densidad de energía que la fisión. Para producir 1.000 MW eléctricos en una central de fusión sólo hay que fusionar 250 kilogramos al año; en una central de fisión, una tonelada al año. Por tanto, si toda la electricidad que consume una persona proviene de centrales nucleares, es menos de un gramo fisionado al año. Si esa electricidad se produce a partir de combustibles fósiles, son aproximadamente varias toneladas al año de carbón, gas o de petróleo. Y esto lo debe saber el público. La cifra que ha dado Carlos Alejaldre de 25 gramos al año



para toda la energía que necesita una persona durante toda su vida es con la fusión, con la fisión es cuatro veces más, 100 gramos durante toda la vida. Por consiguiente, los residuos que se generan no pueden ser más de 100 gramos durante toda una vida. Menos de un gramo al año por persona.

Actualmente se está haciendo una barbaridad, pues estamos quemando toneladas de petróleo, carbón o gas por persona al año para generar la electricidad que consumimos. Por el contrario, con la fisión es menos de un gramo al año para la misma electricidad. En una central de 1.000 MW, los residuos no llegan a una tonelada al año.

Por lo tanto, los residuos pueden ser un problema, pero un problema de la dimensión de una tonelada al año por central.

Otra cuestión muy importante es que las centrales nucleares están pagando a ENRESA para que gestione esos residuos en el futuro. Hay pocas otras actividades industriales que lo hagan, desde luego la industria química no lo está haciendo ni tampoco muchas otras que están generando residuos.

Además, algunos residuos radiactivos tienen larga vida, pero los no radiactivos tienen vida infinita. Los metales pesados no decaen nunca. Por tanto, el problema de los residuos radiactivos no es que tengan larga vida, pues muchos de ellos decaen; los productos de fisión son problemáticos en cientos de años. El que en esta generación se produzca esa cantidad de residuos radiactivos y se disponga de ellos adecuadamente lo veo algo realizable. No me parece algo tan intolerable como decía el profesor López.

En cuanto a la seguridad, siempre se habla de Chernobil cuando se hace referencia a este aspecto. En la web de un Comité de Naciones Unidas<sup>1</sup> se puede consultar un informe del año 2000. Este comité se creó en 1955 y cada cuatro o cinco años hace un informe sobre radiaciones a la Asamblea General. Lean el informe del año 2000-2001 sobre Chernobil. Fue un enorme accidente, pero no fue una catástrofe inmensa con miles o millones de muertos y de víctimas.

---

<sup>1</sup> Véase [www.unscear.org](http://www.unscear.org) (web del Comité Científico de Naciones Unidas); [www.iaea.org](http://www.iaea.org) (web del Organismo Internacional de Energía Atómica); y [www.nea.fr](http://www.nea.fr) (web de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE-Press Room). En esta última hay desde resúmenes de prensa hasta informes completos. Es muy recomendable el resumen de prensa más reciente (06-06-2003) sobre el estado de la energía nuclear en 2002 en los países de la OCDE.

Por tanto, asociar la seguridad a Chernobil no me parece correcto. Desde luego, un accidente de liberación de radiactividad como el de Chernobil es prácticamente imposible que se vuelva a producir. Se liberó al medio ambiente la mayor parte del inventario radiactivo que había en el interior de la central. Fue con gran diferencia el peor accidente que pudo producirse.

### **Sr. D. Ladislao Martínez**

El profesor Carlos Alejalde hablaba de evaluar las externalidades. Me gustaría que me explicara cómo sabe cuánto están dispuestas a pagar las generaciones venideras por disponer de un clima como el actual. Por ejemplo, hace 10 años la mayoría de la gente hubiera considerado estúpido pagar dinero por hacer *rafting* y, sin embargo, hoy en día en buena parte del país hay gente que hace *rafting* pagando.

No estoy diciendo que sus conclusiones no son científicas; al contrario, creo que están elaboradas con la metodología científica. Pero, hay aspectos de la realidad que, por circunstancias coyunturales, no son susceptibles de aproximación científica. Hay información que no se puede tener, por ejemplo ésa. Usted exponía un dato, con mucha seriedad, y supongo que con la mejor de las intenciones y con los mejores datos disponibles hoy, pero sin embargo falta algo tan sustancial en un caso como éste como saber cuánto pagarán las generaciones venideras por tener un clima como el actual. En definitiva, si el cambio climático les afecta son ellas las que deben decidir cuánto vale el caso.

Estoy de acuerdo con el profesor López cuando decía que era absurdo que no se pueda encontrar solución al problema de los residuos en 25.000 años. Pero si el día 10 de septiembre me hubieran dicho que alguien se fuera a suicidar estrellándose en un avión contra unas torres, también hubiera dicho que era absurdo. Recuerden que habían estado pensando actuar contra una central nuclear, pero lo desecharon porque pensaron quizá que no podían darle también a la cúpula. Imaginemos que se decide esperar 200 años con los residuos radiactivos en superficie y que, por ejemplo, ocurra lo que pudo pasar en Eslovenia, donde hubo una guerra en la que estuvo a punto de bombardearse una central nuclear. Esto puede ocurrir previsiblemente en los próximos 100 años. ¿Qué otros factores absolutamente imprevistos e imprevisibles pueden producirse?

Éste es el problema de la energía nuclear. Aunque se utilicen las mejores aproximaciones científicas, aunque se facilite el desarrollo de la ciencia de manera espectacular, existe, sin embargo, el riesgo intrínseco de algunos de los aspectos que expondré, respondiendo al Sr. Alonso y al Sr. Aragonés. Estos aspectos hacen que la ciencia fracase y que sea necesario adoptar otro tipo de cautelas.

Decía el profesor López que con los estándares de seguridad actuales, los riesgos son pocos. Le preguntaría si está hablando de los estándares de seguridad de ahora o de los que había hace 20 años. Aquí hay dos personas que están en el Consejo Seguridad Nuclear actualmente y otra que estaba antes. En los primeros años de funcionamiento, la central nuclear de Garoñas vertió hasta dos millones de curios de gases nobles al aire. Esto aparece en un informe que hizo el primer presidente del Consejo y que después desapareció. Ese informe se entregó a las Cortes, cayó en manos de unos cuantos y nunca más se supo de él porque los resultados eran muy comprometedores.

Los estándares de seguridad que hay en la actualidad en las centrales nucleares en países pobres o empobrecidos, ¿se considera que son aceptables? ¿No existe un país empobrecido cerca de alguno al que le pueda producir algún tipo de efecto?

Llevo mucho tiempo debatiendo sobre energía nuclear. Recuerdo que en los primeros debates se ponían las centrales nucleares soviéticas como ejemplo de seguridad. Y se decía –ahora mucha gente se avergonzará de esto– que además aprovechaban el calor residual para dar calefacción a barrios de las ciudades cercanas.

Tengo un boletín de la OIEA, no precisamente sospechoso, en el que el entonces responsable de esta organización, Boris Semonov, decía que el concepto de seguridad soviético era apreciablemente mejor que el que había en las centrales occidentales. Insistía en ello y planteaba una serie de argumentos técnicos. Y nadie se escandalizaba.

En la polémica sobre seguridad que ha habido en este país se decía que todas las centrales de los países industrializados tienen sistemas de contención. Nos hablaban de los diques de contención de hormigón armado. Tengo que decir que esto es rigurosamente mentira en el caso español. Las centrales de primera generación no tienen ningún dique. Aquí hay varios miembros del Consejo y podrán

decir que, por ejemplo, Zorita tiene una contención de unos pocos milímetros y Vandellós I, que tuvo un accidente, no tenía contención. Es decir, lo que se enfatizó como diferencia es rigurosamente falso. Vandellós I, como alguno de ustedes sabe, pues participó activamente en su desmantelamiento, era una nave industrial, no tenía un sistema de contención, entendido como una nave de hormigón armado capaz de soportar un incremento brutal de presión. Por tanto, muchas de las cosas que se han dicho han sido inexactas.

Se dijo también que no había sido un gran accidente. Tal vez no, sólo ha dejado alrededor de la central un círculo de 30 kilómetros en el que no puede vivir nadie. Si hubiera pasado en Bélgica, representaría dos tercios del país. No es un accidente grave porque afortunadamente se produjo en una zona relativamente despoblada y sólo hubo que desplazar a un millón y pico de personas. Evidentemente, el problema del impacto de las radiaciones sobre la salud es que tiene períodos de latencia muy amplios. Ahora empieza a saberse con precisión cuál fue el impacto de las bombas atómicas. Habrá que esperar unos cuantos años para saber más del impacto de Chernobil, aunque se perdieron los expedientes clínicos.

Se ha insistido también en que la energía nuclear es muy concentrada. Esto no es rigurosamente cierto. El uranio es un metal muy presente en la naturaleza, pero con un nivel de dilución altísimo: el siete por mil. Para extraer la carga de una central nuclear hay que mover cada año casi una montaña. Si alguien tiene alguna duda que vaya a ver las antiguas minas de uranio que había en este país.

La minería tiene un impacto ambiental brutal. Es minería a cielo abierto. Un metal tan extremadamente poco concentrado exige unos movimientos de terreno enormes que generan impactos ambientales extremos. La concentración del mineral, que tampoco se hace en este país, exige evidentemente unos tratamientos químicos con sustancias agresivas que generan gran cantidad de materiales de bajo nivel de radiactividad y de residuos tóxicos y peligrosos.

El enriquecimiento isotópico, que sólo se puede hacer en cuatro zonas del mundo, exige un consumo energético brutal. Por cierto, a nadie le preocupa que el enriquecimiento isotópico sólo pueda hacerse en cuatro zonas del mundo. Les preocupa mucho que sólo haya 70 u 80 países productores de petróleo y, sin embargo, a nadie parece preocuparle que sólo haya cuatro sitios del mundo en el que se pueda hacer el enriquecimiento isotópico. Muy pocas centrales nucleares

funcionan con uranio no enriquecido, por ejemplo, en España sólo Vandellós I, y ahora ninguna.

A pesar de todo esto, de que en este país no se hace casi nada del ciclo del combustible nuclear, la Agencia Internacional de la Energía le da un tratamiento de favor; la considera energía nacional. Esto es una paradoja. Reconocerán que no hay minería, que no hay fabricación de concentrados, que no hay química del fluor, que no hay enriquecimiento isotópico y que solamente se hace la fabricación de los elementos combustibles a partir del dióxido de uranio, que viene importado de otros países. Que esto se considere nacional es casi tanto como considerar nacional la producción en centrales de gas en ciclo combinado o, por ejemplo, la central del litoral, que obtiene carbón de importación. Es una muestra brutal de tratamiento a favor.

Pero hay que decir también que les falla la memoria: hubo un accidente en 1957 –incidente prefieren decir– en Windscale; en la Isla de las Tres Millas; varios accidentes con mayores o menores consecuencias. Y ha habido accidentes en otras fases: el del Monlui\*, un barco que iba con exafluoruro de uranio, que produjo una explosión cuando reaccionó violentamente con el agua; la central de Oklahoma, una planta de enriquecimiento isotópico, hubo también algunos accidentes, etc.

El que los residuos radiactivos sean pequeños o grandes depende de su toxicidad específica. Cabe decir que un reactor nuclear de 1.000 MW produce al año algún kilo de plutonio, dependiendo del grado de quemado, del enriquecimiento del material, etc., y que la milésima parte de un miligramo de plutonio inhalado produce cáncer. O dicho desde otra perspectiva: con sólo lo que genera una central nuclear en un año se puede democrática e igualitariamente –sería la primera cosa que así funcionara en el mundo– envenenar a toda la población.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Perdone que le interrumpa, pero tendrá más ocasiones para intervenir. Nos está dando una visión de conjunto sobre el tema y sería mejor que tome usted la palabra después.

Sabía que la cuestión de los residuos nos iba a llevar a la seguridad. Si entramos en el tema de la seguridad en general, abarcamos todos los aspectos del

problema. Creo que es mejor ir debatiendo los distintos puntos para poder profundizar más. A pesar de esto, se lo dejo a su elección.

### **Sr. D. Ladislao Martínez**

Yo lo iba a dejar a la suya, pero si tiene la amabilidad de dejarlo a la mía, decido continuar, porque luego querría intervenir sobre los aspectos económicos.

Con todos los respetos, decir que los metales pesados no decaen es una barbaridad. Por ejemplo, el mercurio-1 es tóxico, pero su forma química puede alterarse. Si conviertes el mercurio-1 en mercurio-0 o mercurio-2 deja de ser tóxico; simplemente hay que producir una alteración química. Es decir, decae si se produce un proceso químico. Esto no ocurre con los materiales radiactivos. Los materiales radiactivos o se transmutan o no existe alteración. Por tanto, uno es un proceso físico y otro es un proceso químico. Por favor, no utilicen este argumento porque demuestran un desconocimiento de química muy preocupante.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Poco a poco, vamos a tratar los diferentes aspectos que se recogen en el guión: seguridad nuclear y mercados, las futuras generaciones, etc. Por tanto, les agradecería que centraran su intervención en uno o dos aspectos concretos.

### **Sr. D. Eduardo González Gómez**

Es muy difícil centrarse en un punto cuando estamos teniendo un debate tan general. Y en este ámbito, me gustaría resaltar dos aspectos.

Evidentemente, la tecnología nuclear, como cualquier otra, tiene sus problemas. La química industrial, el gas, el carbón, la energía hidráulica, etc., han tenido problemas también. Y el principal inconveniente del ámbito nuclear es que debatimos sobre el tema de manera absoluta, cuando deberíamos ser capaces de hacerlo de cada uno de estos temas en el conjunto: riesgos, industria, actividad económica, etc. Es un problema del debate tan específico de lo nuclear.

A veces hacemos un debate muy fundamentalista, muchas veces basado en lo que puede pasar, en las posibilidades. Sin embargo, ya tenemos experiencia, pues hay un reactor de 8.000 años operando en el mundo, sufrimos el accidente de Chernobil, conocemos los residuos que se generan, los impactos radiológicos, el efecto que está teniendo sobre los trabajadores y las poblaciones que viven alrededor de las instalaciones...

Esto nos lleva a un problema del efecto demostración: una manera de impedir que las cosas se hagan es impedir la demostración. Éste es un recurso que se utiliza muchas veces en el debate nuclear. Por ejemplo, el ámbito antinuclear está dispuesto a colaborar para que se resuelva la aceptación pública de los residuos si antes se paran las centrales. Ésta es una manera de evitar que se desarrolle el mecanismo de solución que demuestra que la solución existe. Solución relativa, evidentemente, porque no existen soluciones absolutas en ninguna actividad humana. A esta tecnología se le exige a veces tenerlo todo resuelto antes. Evidentemente, están solucionados los temas en un nivel aceptable, pero recordemos que se han producido también accidentes muy graves con otros tipos de energía. Además, lo raro es que no haya algún tipo de accidente en la fase de comienzo de las tecnologías; es después cuando esos accidentes no existen. Es cierto que no podemos olvidar los problemas de la Unión Soviética y Chernobil.

Debemos exigir que las cosas se resuelvan razonablemente, pero no podemos pedir la solución de todo, porque entonces no se avanza en nada.

Me gustaría hablar de los residuos en cuanto a la aplicación. En Finlandia, por ejemplo, se ha llegado a un acuerdo anterior al acuerdo sobre el quinto reactor para realizar una instalación de almacenamiento de residuos. En Estados Unidos está en proceso también la autorización para una instalación de residuos civiles, porque también las hay de residuos militares. Se van encontrando soluciones en el equilibrio entre las ventajas que pueden tener ciertas decisiones y los inconvenientes.

Seguramente la mayoría de los que estamos aquí somos optimistas al pensar que van a encontrarse soluciones tecnológicamente aceptables. La solución que se pueda adoptar actualmente no es absolutamente inaceptable, porque tenemos instituciones sociales que han durado cientos de años y puede existir, por tanto, esa institución que cuide de los residuos durante ese tiempo. El riesgo en cada momento es verdaderamente pequeñísimo. Se quiere acumular el riesgo de 100.000 años en una actividad cuando el riesgo en cada momento es muy pequeño. Por ejemplo, ha

habido depósitos de uranio naturales, ese material ha estado confinado y no ha llegado a tener ningún impacto.

La solución que se puede adoptar puede ser razonable y suficiente para confinar ese tipo de materiales con unos mecanismos de control que pueden existir. Por lo tanto, no es ninguna barbaridad, aventura o riesgo para la humanidad adoptar soluciones temporales, pues permiten ir estudiando mejor los problemas y encontrar soluciones.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

El aspecto de la seguridad es muy complejo y extenso. Todos sabemos que lo más amenazante de la energía nuclear es la inseguridad.

D. Antonio Carbajal quiere tratar el tema de seguridad y liberalización de mercados.

### **Sr. D. Antonio Carbajal**

He querido introducir un matiz diferente teniendo en cuenta que ya hay muchas probabilidades de que nos repitamos en las ideas.

El sector eléctrico es originariamente monopolístico. Conozco especialmente bien el sector en España, aunque también he trabajado en bastantes estudios internacionales. El territorio estaba repartido entre compañías y cada una hacía negocio en su zona. Con el tiempo se fue evolucionando: sistemas de compensaciones, marco legal estable, etc. Parece que en España y en todo el mundo se tiende a liberalizar los mercados, eléctricos y de todo tipo, y a introducir la competencia y competitividad como factores que van a beneficiar fundamentalmente al consumidor.

Sin embargo, se me plantea un interrogante. Alguna vez he hablado con personas del Consejo y no acabo de estar convencido de que se hayan dado los pasos adecuados para adaptar la seguridad de las instalaciones nucleares a esta nueva situación de liberalización. Es cierto que existen organismos que tienen la responsabilidad de velar por la seguridad, fundamentalmente el Consejo, que es un organismo dependiente del Parlamento. Pero el modelo proviene de un mercado no



liberalizado. Mi pregunta es si en un proceso de liberalización como el que hemos vivido, donde se introduce mucha presión en las compañías y en las instalaciones para optimizar costes y para mantener márgenes, porque el precio de la energía se ha reducido y se está reduciendo, ¿podemos llegar a reducir los niveles de seguridad si no adaptamos bien los mecanismos de control y de seguridad en este modelo liberalizado? Tal vez Julio Barceló pueda decirnos algo.

### **Sr. D. Julio Barceló i Vernet**

Las centrales y, por lo tanto, el campo nuclear es un sistema en movimiento. Cuando se preguntaba si los niveles de seguridad de los que hablábamos eran los que existían hace 20 años o los actuales, si se emitía o no se emitía efluentes radiactivos, he de decir que han sido importantes las lecciones aprendidas de los incidentes –porque en el fondo la mayoría son incidentes, aunque también se les puede llamar accidentes–. En nuestro campo, llamamos seguridad a la diferencia entre lo que podía haber pasado y lo que realmente pasó. Antes he dicho que la gran ventaja es que la mayoría de los sucesos probables ya han sido identificados y valorados.

Respecto a cómo enfocar la seguridad en un ambiente liberalizado, esto ha preocupado al regulador, en este caso a nosotros. Ha preocupado más a las empresas, porque en el fondo tiene un componente económico importante. Pero, cualquier reducción de algún nivel de seguridad tiene que venir avalada por los análisis de seguridad, donde se puede introducir no sólo el aspecto determinista, que es aquel con el que se diseñaron las centrales nucleares, sino el término probabilístico que se acerca más a la realidad. Esto obliga a ser muy riguroso y, por lo tanto, a hacer un esfuerzo importante a las empresas que quieren cambiar el marco regulador.

Por otro lado, tenemos la ventaja de que afortunadamente no somos los primeros en liberalizar el mercado. Mercados liberalizados como el de Estados Unidos o Gran Bretaña, donde hay centrales nucleares, han tenido que trabajar en ello y de la interrelación que mantenemos hemos aprendido mucho.

Desde el punto de vista regulador, pocos aspectos hemos tenido que reformar para hacer frente al mercado liberalizado. Debo decir que contamos con la colaboración de las empresas eléctricas.

Para nosotros es más importante que las centrales se vayan haciendo mayores de edad que el que el mercado se haya liberalizado. Aunque nos preocupa el aspecto técnico, afortunadamente se renuevan, controlan y mantienen los equipos, es importante tener en cuenta –y éste es uno de los aspectos que se observaron en Vandellós I– que la confianza que uno tiene en un equipamiento que funciona bien siempre puede llevar a una cierta relajación.

En conclusión, siempre se puede escapar algo. Desde el punto de vista de la liberalización del mercado, el Consejo ha tomado las medidas oportunas y el sector se ha avenido a ello. Lo único que hacemos es mejorar los criterios de seguridad.

Hay dos visiones sobre cómo tiene que ser la seguridad de las centrales nucleares: la visión americana, en la que las centrales nucleares deben mantener el nivel de seguridad del momento en que consiguieron la licencia; y la visión europea, en la que las centrales nucleares deben incrementar la seguridad a medida que salen nuevos avances. El caso español se encuadra en la segunda: no sólo se fijan los criterios en el momento de la licencia inicial, sino que todas las mejoras se introducen en los siguientes procesos de inspección y evaluación en las centrales nucleares.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

El profesor Cayetano López tiene derecho a responder a las preguntas que se le han hecho.

### **Sr. D. Cayetano López Martínez**

Imagino que algunas de ellas eran para provocar nuevos temas y no tanto para que respondiera.

Por si alguien no lo ha entendido, he dicho que hay personas, que yo me he encontrado en alguno de estos debates, que piensan que no merece la pena discutir sobre los problemas concretos, los fallos, los residuos, las dificultades, etc., de la energía nuclear porque, independientemente de estos efectos, debe ser rechazada por diferentes motivos. He dicho que me gustaría discutir los pros y los contras desde un punto de vista más “laico”, es decir, más racional, en el sentido de que si algo es

malo es por los efectos que tiene; no hay nada intrínseco, nada específico, en una energía que ha surgido efectivamente en una época de la vida del cosmos.

Sigo manteniendo que me parece imposible la perspectiva de guardar los residuos en unos contenedores durante cientos de miles años. Mañana puede ocurrir una catástrofe, pero éste es otro problema. Puede suceder en cualquier otra instalación. Es verdad que tiene un gran impacto sobre la población la idea de que esos residuos nos pueden acompañar durante centenares de miles de años. Me parece complicada esa perspectiva. No creo que sea el caso, porque habrá soluciones técnicas, si es que se pueden empezar a poner en marcha los programas de investigación adecuados. Puede ocurrir que un avión se precipite sobre una central nuclear, pero también lo puede hacer sobre un embalse, sobre una central química o sobre el centro de Madrid. Es igual de malo morir de cáncer que morir aplastado por un avión. Esas cosas pueden ocurrir y hay que minimizarlas. Yo hablaba de la idea extendida pero absurda de que tenemos un problema sin resolver e insoluble durante miles de años.

Respecto a los estándares de seguridad actuales, me parece honradamente que, en el funcionamiento normal, sin incidentes ni accidentes, son aceptables. Es verdad que en otras épocas esos estándares no eran los mismos, se han ido afinando. Esto ocurre con todo en la vida. Hace poco, escribiendo un libro sobre física, supe que las dosis de rayos X que actualmente se administran para una radiografía son 100 veces menos intensas que en una época tan cercana como el año 1970. Es evidente que hay muchas personas de la comunidad sanitaria que han sufrido las consecuencias de estar expuestas a los rayos X sin medidas de seguridad y sin una tecnología que disminuyera al mínimo esas dosis. Puesto que hace 30 años esas dosis eran realmente muy peligrosas, ¿se debe renunciar a esta técnica o se debe seguir afinando y tratando de utilizar en mejores condiciones los rayos X? Lo mismo ocurre con la energía nuclear. Además, las condiciones de seguridad son cada vez más exigentes, entre otras cosas, por la presión social y la actitud de los grupos antinucleares. Con esas condiciones, el problema de la posible contaminación que puede producir una central en su funcionamiento normal no me parece comparable al de los residuos o al de accidentes de criticidad como el de Chernobil.

El hecho de que discutamos sobre problemas concretos, fallos, insuficiencias, deficiencias, mejoras, etc., implica o debería implicar a priori una actitud de intentar resolver esos fallos o problemas por si alguna vez hace falta. La energía no es solamente importante para el crecimiento económico, también lo es para el bienes-

tar de las personas, como saben muy bien los 2.000 millones de personas que no tienen acceso a fuentes de energía distintas a quemar algo de leña. Por si alguna vez es necesario, tendremos que discutir los fallos que tiene la forma actual de obtener energía nuclear e intentar resolverlos. Hay que tener una actitud analítica, pero constructiva.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Permanece sobre la mesa el problema de la seguridad, sobre el que volveremos seguramente. También es importante el aspecto de los residuos.

D. José María Aragonés quería hacer algunos apuntes finales, que esperamos sean breves.

### **Sr. D. José María Aragonés Beltrán**

Perdón por haber sido antes tan fundamentalista. Ahora quiero ser muy práctico.

Me preocupa que no aparezca en los documentos escritos cómo está la gestión de los residuos radiactivos en España. La empresa nacional de residuos radiactivos, creada hace muchos años, responde semestralmente ante el Congreso de los Diputados y elabora un plan de residuos radiactivos, que es sometido también a la aprobación del Congreso. Además, como se ha mencionado, recauda lo que prevé que va a costar no sólo la gestión de los residuos, sino el desmantelamiento de las instalaciones.

Estoy de acuerdo con el profesor Cayetano López en que es una barbaridad científica considerar residuo radiactivo todo combustible irradiado. Para la tonelada que se fisiona al año se cargan 20 toneladas de uranio, de las cuales 19 no se fisioan. Incluso el plutonio y algunos trasuránidos son perfectamente fisioables. El problema que existe es que la única forma de transmutar –de quemar– el plutonio o los trasuránidos es fisioarlos. Es inevitable volver a generar esa energía. Para hacer desaparecer el plutonio de las armas nucleares que se están desmantelando –y esto conecta con el tema de la proliferación– hay que quemarlo en centrales, porque cada tonelada de plutonio genera 3.000 MW-año térmicos.

La cuestión es mantener centrales nucleares que generen muchos menos residuos. Está claro que se pueden hacer reactores de fisión que originen significativamente menos residuos. Las centrales de fusión van a generar bastantes menos residuos radiactivos. El problema es que hay que verlo –como decía Eduardo González– en la realidad. Mientras tanto, ¿seguimos quemando carbón o petróleo? Mi planteamiento es que ahora no se puede parar para hacer dentro de 50 años centrales de fusión. Las centrales de fusión son tecnología nuclear; no es pura física. Las centrales de fusión necesitan litio, que reproduce en tritio, necesitan diseñar los materiales que resistan la irradiación, etc. Es tecnología nuclear. Por tanto, lo lógico es mantener ese progreso entre las centrales de agua ligera, las centrales transmutoras... Por ejemplo, no creo en centrales sólo transmutoras, porque no dejan de ser incineradores. Sí creo en sistemas de espectro rápido, que transmuten todos los trasuránidos que se han producido en las centrales anteriores y parte de los productos de fisión.

Por otra parte, un sistema subcrítico no es intrínsecamente más seguro que uno crítico. Depende. Si se llena de agua una central subcrítica, puede que con agua sea supercrítica, y tenemos el mismo problema. La criticidad o la no criticidad no tiene tanta relación con la seguridad. La ventaja de un sistema crítico es que ya es crítico. En seguridad se sabe que una central puede tener más problemas cuando está subcrítica, en parada, que cuando ya está crítica, donde cualquier aumento de reactividad se compensa rápidamente. Quiero decir que se autocontrola.

El sistema de los residuos de baja y media actividad está resuelto en España con el almacenamiento de El Cabril. Se ha resuelto también para la industria farmacéutica y la medicina. Poseemos la experiencia con ENRESA, empresa que hace sus estudios, recauda para gestionar el desmantelamiento y la gestión de esos residuos, etc.

Por otro lado, en la otra parte del ciclo, la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA) ha asumido todas las fases del ciclo, aunque ha abandonado la minería y la conversión porque no es económicamente rentable. Pero se conoce la minería del uranio, que se podría volver a reabrir en cualquier momento porque sabemos donde está el uranio en España y tenemos recursos de uranio para muchos años. Lo que ocurre es que por el volumen de explotación no es rentable. Hay un mercado de uranio ahora muchísimo más económico y sería absurdo mantener esas instalaciones que se han mantenido el tiempo suficiente para saber dónde está el uranio y cómo se explota.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Nos quedan por tratar dos puntos importantes del guión que nos habíamos trazado. Pero el guión propiamente lo hacen ustedes al discutir y tenemos que atenernos a las peticiones de palabra.

Entramos en el tema de la opinión pública y su percepción. D. José Luis Martínez tiene la palabra.

### **Sr. D. José Luis Martínez Martín**

No soy técnico, no soy físico, no soy un experto en tecnología y quizá por ello mi dedicación a la energía ha estado relacionada durante casi veintitantos años con el campo de la gestión del conocimiento, la divulgación. Sobre todo en los últimos ocho años, como director del Club de la Energía, me he dedicado a intentar que la sociedad conozca mejor la energía en un sentido integrador y global. Creo, y más en estos momentos, que no podemos hablar de energías sino de la energía.

Hay un concepto que se me escapa en este debate sobre la energía nuclear. Al anterior presidente del Club, D. Victoriano Reinoso, le gustaba hablar expresamente del concepto de la cultura de la energía. No se puede hablar de energía nuclear sin aceptar que la sociedad tiene que adquirir una cultura de la energía. Indudablemente, en este momento la sociedad, no sólo la española, sino la mundial, carece de esa cultura de la energía y de una formación o de un conocimiento de lo que es la energía.

Esta reflexión me ha surgido a raíz de un comentario de Ladislao Martínez, cuando se preguntaba si las nuevas generaciones estarían dispuestas a pagar el coste de determinados procesos de generación nuclear, la conservación o el mantenimiento de los residuos. Me ha tocado vivir experiencias muy curiosas, tanto en el tema de los hidrocarburos como en el eléctrico, y puedo decir que seguramente hace 50 años, por no ir más lejos, nadie tenía conciencia de lo que significaba pagar la energía que hoy pagamos y cómo la pagamos. Y lo que es peor, no hemos llegado a tener conciencia de cuál es el uso eficiente de la energía y cuál es el coste de su despilfarro. Si nos remontamos a un pasado reciente, nos sorprendemos. Por ejemplo, la llegada de la popular bombona de butano al mercado supuso la eliminación de la combustión del carbón y de la leña en el consumo doméstico.

Nadie tenía conciencia del valor de la energía en aquel momento ni del confort que suministraba.

Con esto quiero llegar a un tema que ha introducido el Sr. Pérez Arriaga en su parlamento inicial. Es cierto que hay un tercio de la humanidad que no tiene energía. Hablamos de las energías en un debate tecnológico, fundamentalista muchas veces, en cuanto a la bondad o maldad de las energías, pero hay mucha gente que no la conoce y que todavía vive sin ella. Entonces, si queremos satisfacer las necesidades de esos 2.000 millones de personas que no tienen energía quizá vivamos en un momento en el que no se puede descartar nada de una forma intrínseca, ni mala ni buena. Entre otras cosas, como aquí se ha dicho y he oído muchas veces, porque las soluciones tecnológicas se producen actualmente a una velocidad tremenda, y lo que ayer no servía hoy sí sirve. En el Club hemos examinado algunos trabajos recientes sobre la transformación del consumo del carbón. Hace 10 años el carbón era una energía maldita porque producía emisiones nocivas; hoy en día, en Estados Unidos y en otros países se está trabajando ya en el secuestro del CO<sub>2</sub> en centrales donde se consume carbón con muchas menos emisiones y con muchas menos consecuencias negativas para el medio ambiente.

Para terminar con el concepto de la cultura de la energía, creo que la consideración que las generaciones futuras pueden tener debe ser respetuosa con la preocupación que se ha expuesto en esta mesa sobre los residuos. Pero hay otra razón también: la teoría del 40x40. El actual presidente de la Fundación Repsol, D. José Luis Díaz Fernández, siempre cuenta que cuando empezó a consumirse petróleo en grandes cantidades se decía que sólo había reservas para 40 años, pero cada 40 años hay para 40 años más. Incluso así, las reservas de petróleo no son totalmente finitas. Pero, ¿qué sucede con ciertas materias primas o procesos como el de la energía nuclear? La energía, desgraciadamente, no es exclusivamente un elemento de bienestar social o de crecimiento económico, sino que es un elemento geopolítico. Las energías se manipulan en función de determinadas condiciones geopolíticas o incluso económicas. Con la energía nuclear hemos sufrido un proceso que no nos ha permitido enfocar el debate de una forma serena y dentro de una cultura general de lo que es la energía. Creo que es un error histórico. Pertenezco a una generación que ha vivido en la época universitaria el gran eslogan de "nucleares no". Quizá hoy en día ese eslogan esté en desuso. Tal vez en la universidad actual el concepto de lo nuclear no tiene esa virulencia que tuvo en los años setenta o sesenta.

Si en la sociedad actual se estableciese un debate real sobre qué energía queremos para el futuro y qué supone disponer de energía para toda la población venidera, las nuevas generaciones, éste debería orientarse más hacia un punto de encuentro que hacia la ruptura radical, fundamentalista, intrínsecamente mala de que unas energías valen y otras no, porque hay procesos tecnológicos que nos dicen que pueden tener una evolución positiva y porque, en cualquier caso, también hay otras condiciones intrínsecas o no intrínsecas en las otras energías de las que hoy disponemos que nos hacen dudar de su validez en el futuro.

Para terminar, voy a contar una anécdota. Trabajaba en ENAGAS cuando se empezó a plantear la distribución del gas natural en España. Tuvimos que sufrir campañas durísimas en muchos lugares de España contra las plantas de regasificación, la construcción de un gaseoducto, el uso del gas natural como un factor explosivo, cuando todos sabemos que el gas no explota. Pues bien, en apenas 20 años España está llena de ciclos combinados y hoy en día no se concibe el futuro de la energía en España sin gas natural. Es aceptado unánimemente por todos, incluso por los movimientos ecologistas que consideran que el gas natural es una panacea para evitar emisiones. Y todos sabemos que el gas natural no es un elemento intrínsecamente puro tampoco. Como tampoco es intrínsecamente puro el hidrógeno, porque para obtener hidrógeno hoy por hoy tenemos que recurrir a generarlo, a producirlo, a fabricarlo y para eso tenemos que quemar hidrocarburos en algunos casos.

En resumen, nada es bueno ni nada es malo. Quizá lo que tendríamos que asumir ante las nuevas generaciones es el desarrollo de un concepto de cultura de la energía, que pasa por tener las mejores energías en los mejores momentos a los costes más razonables social y económicamente posibles y por no rechazar nada.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Dentro de este mismo concepto de cultura de la energía, había pedido la palabra D. José María Izquierdo.



## **Sr. D. José María Izquierdo Rocha**

### *1. Puntualizaciones en torno al rigor de los análisis*

Como analista de riesgos de accidentes en centrales nucleares desde hace ya muchos años, creo que habría que puntualizar algunos aspectos desde el punto de vista del rigor científico de los análisis que se suelen acompañar como base de las discusiones.

En primer lugar, quiero hacer una distinción entre el terreno científico y el terreno de lo metacientífico, sin darle a este adjetivo un componente peyorativo. Para nosotros, el primero se caracteriza porque existe conocimiento suficiente para estimar las probabilidades de un daño. Como pasa en otros sectores, es altamente técnico y de difícil divulgación.

Este desarrollo científico del análisis de riesgos medioambientales se ha realizado, potenciado y llevado a sus mejores estándares de calidad en el campo nuclear. Y ello por la imperiosa necesidad, desde sus orígenes, de utilizarlo como disciplina de ingeniería para optimizar las protecciones de las instalaciones. De la misma manera que todo ingeniero conoce cómo se diseñan y optimizan sistemas de control y hay una teoría de control y una ingeniería de control que la utiliza, todo ingeniero especializado tiene que optimizar las protecciones de las instalaciones y hay una teoría de protección y una disciplina de ingeniería paralela que la utiliza.

Quería hablar de esto porque es una visión del análisis de riesgos que no suele salir en los debates. Sin embargo, para nosotros es profesionalmente muy importante.

Desde hace ya 40 años, las bases de diseño de todos y cada uno de los sistemas de las centrales más antiguas, contemplaban la protección de los trabajadores, público y medio ambiente en un momento en que una sociedad con sentimiento desarrollista no se hacía las preguntas que hoy se hacen en debates como éste. Y, hasta donde yo conozco, el proceso seguido hoy por los análisis de impacto medioambiental en otras industrias, ahora también cuestionadas, corre paralelo al de entonces, desafortunadamente a veces sin utilizar el magnífico acervo tecnológico que la industria nuclear ha desarrollado. Por ejemplo, se ha discutido mucho y bien la forma de proteger instalaciones incluso frente a escenarios cuyo conocimiento es poco detallado siempre que sean de frecuencia acotable.

Éste es el terreno científico/técnico, y en éste se puede y debe exigir rigor y consistencia y plegar las políticas a los requisitos de construcción, operación, etc., que se obtienen como conclusiones, una vez aceptados los supuestos. Como se hace en otras ramas de la ingeniería. Sin embargo, el riesgo ante situaciones altamente improbables o que requieren predicciones de escala de tiempos larga (superior a unos 50 años) entra en un terreno en el que la ciencia/técnica a menudo sólo puede señalar los límites de lo conocido. A este territorio lo denomino metacientífico.

Puesto que un debate sobre sostenibilidad de cualquier forma de energía involucra futuras generaciones, siempre requiere prospección sobre el futuro y es inevitable el análisis de los riesgos derivados a largo plazo. Resulta por tanto también inevitable entrar en el territorio metacientífico. Es enteramente legítimo, puesto que el problema es real, y las decisiones necesarias hoy, pero no se debe invocar indebidamente el rigor científico, ni mezclarlo con el que es su territorio propio. Es más un debate político y social como tal, sin milagrosas apoyaturas, y es natural que se preste a la manipulación política por parte de cualquier grupo de interés, en un sentido o en otro. En particular, desempeñarán papel, además del análisis de intereses, muy especialmente los económicos –análisis del que soy partidario que se haga expresamente–, los “sentimientos y el clima social”, que, basta con examinar su evolución en los últimos 50 años, están sometidos a frecuentes vaivenes y, al menos potencialmente y hasta cierto límite, profundamente mezclados también con los otros intereses.

Concluyo estas puntualizaciones abogando para que se sea consciente de esa diferencia entre el territorio científico y el metacientífico, y, en este último, de la necesidad de realizar análisis de intereses y tener en cuenta la volatilidad del clima social. En un debate sobre sostenibilidad, sería paradójico que seamos acusados por las generaciones futuras de habernos dejado arrastrar por el clima del momento, como hoy nos lamentamos de la destrucción de patrimonio de la humanidad que nuestros antecesores hicieron llevados del gusto artístico de una época determinada. Y esto vale tanto para las posiciones a favor como para las posiciones en contra, e incluye como potenciales grupos de interés a todo el mundo, no sólo la industria nuclear, sino los *lobbies* de las energías no nucleares e incluso las organizaciones sin ánimo de lucro y los grupos científicos, necesitados como están todos hoy (y siempre) de financiación de sus proyectos y con posiciones potencialmente dependientes de sus patrocinadores.

## 2. Percepción personal respecto a los temas de seguridad nuclear y riesgo financiero

En cuanto a las preguntas formuladas en relación con la seguridad, en mi opinión son poco convincentes los argumentos del territorio científico del análisis de riesgos que condenan la energía nuclear *per se*. Son más discutibles, por supuesto, aquellos otros que, como en el caso del tratamiento y gestión de residuos, entran en el terreno metacientífico. En estos casos, las tendencias actuales de la economía ecológica, con sus principios de que pague quien contamine, externalización/internalización de costes, redefinición del modelo económico, principio de precaución, soluciones tributarias o derivadas del modelo económico de los seguros, etc., requieren una sabia dosis de prudencia en su aplicación, pero aparecen como sensatos. No sorprende, dado el terreno que pisan, que sean los temas usuales de la controversia. Debe notarse que también muchos de estos aspectos han sido aplicados antes en el campo nuclear. Por ejemplo, la externalización, al menos parcial, de los costes asociados a los residuos fue un factor determinante de la creación de la empresa nacional de residuos.

Aunque es un aspecto de los que se van a tratar después y en el que sólo soy un profano algo ilustrado, el análisis de riesgos financieros me parece esencial a las tomas de conciencia de participación ciudadana. Sé que en la mesa hay expertos en este tema y estaría encantado de oír sus opiniones, infinitamente mejores que las mías. Desde este punto de vista, la energía nuclear, por su carácter de tecnología dura, debe superar objeciones que considero serias, incluyendo el examen de su pasado histórico, en al menos dos aspectos:

— En primer lugar, en relación con las ideas políticas de soberanía nacional y/o de dependencia tecnológica, suponiendo que tenga algún sentido en la era globalizada, por las servidumbres que puede conllevar una tecnología importada con dificultad de ser asimilada. Estamos ante una tecnología fuerte, por oposición a otras que pudiéramos considerar más débiles, y es, por tanto mucho más difícil de asimilar por un país, o por la comunidad política que pague el recibo (y se beneficie) de la electricidad generada por estas centrales. No es lo mismo, por ejemplo, Francia, líder en centrales nucleares estandarizadas y de tecnología propia que España, líder en centrales de tecnología importada. No soy optimista en cuanto al esfuerzo de asimilación de tecnología nuclear que ha hecho España. Se debería y se podía haber hecho más, aunque el reto ha sido muy grande y en muchos ámbitos también el esfuerzo y los buenos resultados.

— El nivel de riesgo, tanto en clave positiva de prosperidad económica como en clave negativa de potencial endeudamiento de los últimos pagadores, que las altas inversiones generan. Basta recordar el “corralito argentino” para darse una idea de los posibles daños potenciales. Es preciso elevar nuestro nivel cultural financiero, aunque quizás no le convenga a la clase política que prefiere jugar a los sentimientos. Por ejemplo, es notable que, hasta donde llega mi información, en ninguno de los currículos de ninguna de nuestras universidades exista la teoría de protección ni el diseño optimizado de protecciones como asignatura, que contribuiría mucho a aumentar el nivel cultural sobre el análisis de riesgos en todas sus vertientes.

Es, sin duda, un debate político muy importante y nada simple, porque hay muchos otros aspectos a tener en cuenta. Déjenme concluir estas consideraciones recordando que también los avances en ingeniería de protección de instalaciones a que la energía nuclear ha dado lugar pueden fertilizar la ingeniería financiera y optimizar la protección de las comunidades ayudando a tomar posiciones sensatas. He dedicado mucho tiempo a estos temas y mi mensaje es consecuencia de mi experiencia.

### 3. Comentarios a otras intervenciones

Finalmente, quería referirme brevemente a algunas cosas que han comentado otros ponentes. Antonio Carbajal ha mencionado sus dudas sobre si el CSN ha tomado nota de las implicaciones de seguridad de la liberalización eléctrica. Como muestra de que esa preocupación está visible en las actividades de sus técnicos, concretamente hoy mismo he estado hablando con uno de los expertos internacionales en análisis del impacto de los cambios organizacionales (como, por ejemplo, una posible reducción de recursos humanos dedicados al mantenimiento) en el riesgo de las instalaciones. Intentamos poner en marcha un programa de investigación, que es ya el quinto de una serie, que aborda precisamente el problema. Digo esto como apunte adicional a la preocupación que ya mencionó Julio Barceló.

Quería también apuntarme al resumen del tema en los términos planteados por José Ignacio Pérez Arriaga, pues está bien descrita la problemática. Y también al fondo argumental usado por Cayetano López en relación con los residuos. Particularmente quiero insistir en el punto de su intervención relativo a que no es concebible que la sociedad se quede cruzada de brazos sin hacer nada. En un artículo que escribí hace ya 15 años me refería también a ello. Afortunadamente, los avances en

transmutación han conseguido ya una solución científica en que los residuos se eliminan, no se almacenan. Y sólo llevamos 50 años de tecnología nuclear. Que ya se disponga de una vía clara de solución, a mí me tranquiliza bastante cuando se trata de un problema metacientífico pues, con la necesidad ya creada, el camino hacia la rentabilidad es ya otro problema bastante más fácil. Desde luego que no se está ni se estará con los brazos cruzados.

### **Sr. D. Pedro Linares Llamas**

Quería hacer un comentario general sobre el tema de la percepción del riesgo, de cómo incorporarlo al aspecto del impacto ambiental. Muchos de los ponentes han hablado ya del impacto ambiental, el riesgo o la percepción del riesgo. Reconozco que posiblemente sea el que menos experiencia tenga de toda esta mesa, pero estuve bastante involucrado en el cálculo de las externalidades en mi etapa en el CIEMAT, que ha presentado Carlos Alejaldre, y en cómo incorporar la percepción del riesgo a este tipo de análisis.

Muchas veces se habla de las externalidades y se manejan las cifras muy alegremente. El equipo, no sólo español, sino europeo, que estuvo trabajando en el tema de las externalidades era perfectamente consciente de las limitaciones del estudio y ninguno de nosotros nos atreveríamos a sacar esas cifras en ningún debate sobre nuclear sí, nuclear no, por la gran incertidumbre que había en todos esos datos. Éramos perfectamente conscientes de que, si bien para las energías fósiles habíamos llegado a un estado bastante avanzado de cuantificación de los impactos medioambientales, en el campo nuclear nos habíamos quedado muy cortos, por algo que se ha dicho, por la metaciencia famosa: cómo manejamos escalas de tiempo tan largas, qué tasas de descuento, qué tipos de actualización traemos al presente para los posibles daños futuros, cómo incorporamos la percepción del riesgo, etc.

En la percepción del riesgo, y es un tema recurrente cada vez que hay un debate sobre la energía nuclear, ¿nos quedamos con el riesgo científico o con el percibido? Y más aún teniendo en cuenta la posible volatilidad de la opinión pública. Personalmente, creo que cualquier análisis sobre la percepción del riesgo debe incorporar no solamente el riesgo técnico, sino también el riesgo percibido por la población.

Para mí, no tiene sentido un debate planteado como nuclear sí, nuclear no. Es un problema de satisfacción de necesidades energéticas; más todavía, de satisfacción de necesidades, sean energía u otra cosa. Al final el problema se reduce a una asignación de recursos para satisfacer necesidades. En cualquier problema de asignación de recursos para satisfacer necesidades lo que aparece es la maximización del bienestar de la sociedad. Si en el bienestar de la sociedad participan factores psicológicos, habrá que tenerlos en cuenta, aunque, efectivamente, cambiarán con el tiempo. No debemos olvidarnos de ellos, pensando que van a ser tan volátiles que no merecen la pena, sino que hay que construir soluciones robustas que tengan en cuenta esos posibles vaivenes. La discusión sobre el tema de la energía nuclear no es para mañana o pasado, sino para el escenario de sostenibilidad del que hablaba D. José Ignacio Pérez Arriaga. Si estamos tomando decisiones de futuro, intentemos que sean lo más robustas posibles para que tengan en cuenta esa posible percepción del riesgo, todos esos factores que todavía no somos capaces de controlar en el análisis de riesgos medioambientales y de los que todo el equipo que trabajó en el tema de externalidades era perfectamente consciente. Cuando tengamos toda esa información, debemos construir decisiones robustas que tengan en cuenta todos estos aspectos.

La única experiencia que puedo aportar es un estudio que hicimos dentro de nuestra universidad para intentar analizar cuál puede ser el escenario futuro de la energía o, más bien, del sector eléctrico, que es más fácilmente controlable, en España dentro de 20 o 30 años y las distintas soluciones. En este tipo de análisis no valoramos qué tipo de energía es la mejor, sino cuáles son nuestros objetivos. En cuanto se considera si te gusta más la nuclear o las renovables, aparecen los prejuicios. Las premisas eran: qué coste, cuántas emisiones de CO<sub>2</sub>, qué cantidad de residuos radiactivos o de radiactividad... Para hacer este ejercicio preguntamos a reguladores eléctricos, personal de las empresas eléctricas, organizaciones ecologistas, académicos, etc. La solución que nos salía es que en cuanto aplicábamos un criterio de robustez a las soluciones, la nuclear siempre estaba fuera, básicamente por las incertidumbres asociadas, por la percepción del riesgo que tiene la gente, que hace que en cuanto analices distintos escenarios en los que puede haber una salida desfavorable directamente te olvides de ella. ¿Eso quiere decir que la nuclear es mala o buena? Nunca me atrevería a decirlo. No soy antinuclear ni pronuclear. La energía nuclear para mí es una herramienta más para conseguir objetivos de suministro energético a largo plazo en unas determinadas condiciones de robustez.

Este tipo de debates no deben centrarse en discutir si nuclear sí o nuclear no; lo importante es analizar qué necesidades energéticas queremos y cuáles son las mejores herramientas para ello.

Quería acabar con una pequeña puntualización sobre lo que se ha comentado que las empresas eléctricas están pagando por la gestión futura de los residuos y que es una internalización de costes. Yo lo llamaría una transferencia de costes. La verdadera internalización de costes se produciría si realmente las empresas eléctricas estuvieran pagando las posibles consecuencias medioambientales de esos residuos. Sin embargo, no se sabe cuáles son y ninguno de los que hemos trabajado en el tema de la cuantificación de impactos ambientales de los residuos somos capaces de dar un dato.

### **Sr. D. Javier Pinedo**

En primer lugar, quería unirme al eco que hay en varios de los intervinientes en relación con el hecho de que la energía nuclear no es algo absoluto, exclusivo, en lo que hay que posicionarse a favor o en contra, sino que forma parte de lo que pudiéramos llamar la estructura energética o la cobertura de las necesidades energéticas y lo único que necesita, como todas las demás energías, es un análisis de sus costes, sus consecuencias, en definitiva, de su entorno.

En relación con la consideración de las generaciones futuras, está claro que hay una especie de principio de continuidad de la historia que se traduce cada vez más claramente en una idea de solidaridad. Esto se puede aplicar también al uso de los recursos energéticos. Efectivamente, la gestión de los residuos nucleares es un típico caso de relaciones intergeneracionales o a largo plazo. Pero también el uso de los recursos energéticos por parte de las generaciones actuales afecta de una manera o de otra a las generaciones futuras.

D. José Luis Martínez ha dicho que parece que los recursos petrolíferos son siempre constantes –lo mismo se podría decir del plazo de la fusión–, pero eso no es cierto. Se puede ser muy optimista, pero está claro que los recursos energéticos se agotan. El gas del Mar del Norte está casi agotado. En definitiva, los recursos energéticos son limitados y los agotan las generaciones que los consumen.

Las energías tienen una especialización funcional. No crece en absoluto el consumo de kilovatios, sino de una manera especializada. Habrá unas horas punta en el futuro, que serán más, y se deberá buscar una energía para cubrirlas. En definitiva, las energías de base seguirán creciendo también y habrá que tener una energía cada vez mayor en continuo. En todo ese contexto, la energía nuclear tiene un papel, con todas las condiciones, análisis, etc., que se quieran hacer.

### **Sr. D. Carlos Alejaldre Losilla**

Simplemente quería clarificar la transparencia de lo que yo había presentado. No pretendía en absoluto que fuera un elemento clave. Quería exponerlo como un ejemplo realizado en Europa, con una metodología única, por el grupo EXTERNE. Creo que es un primer intento de clarificar cuáles son esas externalidades, aunque tiene unas grandes barras de error, como bien se ha dicho. De hecho, creo que no ha sido realizado, y también es importante, dentro del mundo nuclear, sino al contrario.

### **Sr. D. Pedro Linares Llamas**

Más bien, lo contrario. El equipo EXTERNE estaba formado por institutos más o menos interdisciplinarios, similares al CIEMAT, de toda Europa. No sería capaz de decir que había excesivos prejuicios por una u otra de las tecnologías. Pero sí que miraría con más precaución los datos respecto a la energía nuclear, porque el equipo que lideró la primera aplicación de la metodología a la electricidad de origen nuclear, básicamente la fusión, luego la fisión, fue el CEPN, una institución nuclear francesa. Con lo cual, se cumplían las dos condiciones que yo nunca hubiera querido para evaluar las externalidades de la energía nuclear: primero, era una institución nuclear; segundo, era francesa. Los intereses estaban muy claros.

Del CIEMAT fuimos los del Instituto de Estudios de la Energía y estábamos un poco a caballo entre todo el mundo.

Se intentó hacer desde una óptica más elevada, pero casualmente el análisis nuclear fue realizado por unos nucleares franceses. Por eso, tengo más dudas sobre si se llegó al final o no.



### **Sr. D. José María Martín Patino**

D. Antonio Carbajal nos quiere hablar de la ética social, que siempre es saludable.

### **Sr. D. Antonio Carbajal**

En vez de perdernos en un debate inútil sobre energía nuclear sí o energía nuclear no, es más práctico que hablemos de la necesidad de dar respuesta a la demanda de energía de una población que quiere energía, que no está en el primer mundo, y que necesita cubrir unos mínimos, pues desde el primer mundo no concebiríamos la calidad de vida sin un cierto consumo energético. Por desgracia, las energías renovables no dan respuesta a esa demanda tan inmensa de energía, por lo que hay que ponerse a trabajar para desarrollar la seguridad, resolver los problemas de gestión de residuos, desarrollar los nuevos reactores nucleares, el de fusión... Yo soy ingeniero industrial especializado en técnicas energéticas, fui alumno del profesor Aragónés, y recuerdo la anécdota de los 50 años. Espero que llegará la fusión. Por el camino llegarán otras tecnologías, seguramente nucleares o de carbón, que darán respuesta a las necesidades energéticas del mundo. La población del tercer mundo no entiende estos debates, porque es como hablar a los pobres del medio ambiente o la sostenibilidad.

Desde un punto de vista ético tenemos que dar respuesta a las necesidades de energía de la población mundial. E ignorar la energía nuclear es estar fuera del mundo.

### **Sr. D. Luis Jesús Sánchez Tembleque**

Mi intervención está relacionada con la cultura de la energía –que ha introducido D. José Luis Martínez– y también con la metodología para tratar de percibir el riesgo –que apuntaba D. Pedro Linares– y obtener soluciones robustas. Quisiera proponer una metodología o un mecanismo científico que podríamos utilizar para poder llegar a comprender o evaluar lo que percibimos de la energía nuclear y de otros tipos de energía: el concepto de desarrollo sostenible.

Este concepto contempla el desarrollo en sus tres componentes: económica, social y ambiental. Si el desarrollo sostenible lo aplicáramos a la energía podríamos acuñar el término desarrollo energético sostenible o, en la parte eléctrica, desarrollo eléctrico sostenible. Para analizar el sistema eléctrico y sus medios de producción, estas tres componentes (económica, social y ambiental) las podríamos traducir:

— *La económica*, en cuanto al nivel de precio de esa energía.

— *La social*, en cuanto al acceso a la energía. Hay una parte social, que nosotros y el propio sistema eléctrico percibe cuando funcionan las distintas fuentes de energía, que es la garantía o disponibilidad de esa energía en el corto y medio plazo. La energía nuclear ofrece garantía de potencia y garantía de energía. Otra componente social sería, aparte de esta disponibilidad en el corto y medio plazo, la trascendencia de esa energía a nivel mundial, bien desde el punto de vista de la proliferación bélica o bien desde la posibilidad de llevar esa energía al tercer mundo para satisfacer sus necesidades. Y ahí podemos analizar si es posible llevar o no la energía nuclear al tercer mundo, porque quizá hay otras energías que son más accesibles.

— *La ambiental*, que se deriva de los impactos ambientales que la generación de energía produce. Si analizamos la energía nuclear con esta sistemática, comenzando con las connotaciones ambientales, diremos que se han analizado en la primera parte del debate los tres impactos fundamentales de esta energía. Dos son negativos: el riesgo de accidentes, que se puede minimizar con los sistemas de seguridad, y los residuos peligrosos. Evidentemente, los residuos hacen que esta energía no pueda considerarse sostenible. Y aquí quiero hacer una puntualización, porque es verdad que nuestro sistema regulatorio está recaudando para el desmantelamiento de las centrales y el almacenamiento de los residuos a largo plazo, pero no está totalmente internalizado este coste en el precio de las ofertas de las centrales nucleares en el mercado; entra dentro de las tarifas, pero no de las ofertas. Estamos a medio camino en esa internalización de costes. Por otro lado, un elemento positivo e importante es que esta energía no emite emisiones de contaminantes atmosféricos y, de hecho, influye positivamente en el cambio climático.

En el caso de la componente social, debemos opinar sobre la garantía de suministro de esa energía a corto plazo en nuestro país y respecto a poder llevarla al tercer mundo. La primera parte es positiva, tanto en la fiabilidad de potencia como

en la fiabilidad de energía que proporciona. Sin embargo, me parece que es inviable exportarla al tercer mundo.

En cuanto al riesgo de proliferación bélica, los sistemas anteriores de grafito-gas favorecían que la proliferación pudiera ser efectiva, pero los sistemas utilizados en este momento, de agua en ebullición y de agua a presión, no conducen a esa proliferación, porque es necesario un enriquecimiento muy elevado del uranio 235, por encima del 90%, y en estas centrales nucleares, el uranio se enriquece solamente al 4%.

Por último, en cuanto a la parte económica, y adelantándome al punto siguiente, quería decir que el coste de inversión específico de los reactores nucleares es muy elevado y no favorece su desarrollo en los sistemas liberalizados. Por otra parte, hay una componente de coste de explotación muy baja que hace que funcionen y que se adapten muy bien las instalaciones ya construidas a estos mercados liberalizados. Esto lleva a que la utilización de las centrales sea muy elevada y sea prácticamente rentable para las instalaciones que están en parte amortizadas.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Antes de entrar en los costes económicos, D. José María Aragonés quería hablar del riesgo bélico.

### **Sr. D. José María Aragonés Beltrán**

Ya se ha indicado que hay 187 países signatarios del Tratado de No Proliferación y sólo cuatro países (Cuba, Israel, India y Pakistán) no lo han firmado. El tema de Corea del Norte es distinto.

La experiencia histórica indica que ningún país ha accedido a la parte nuclear bélica después de hacerlo a la energía nuclear. Todos los que tienen armas nucleares las han construido antes de tener centrales nucleares generadoras de energía, por ejemplo, Sudáfrica o Israel y, desde luego, las grandes potencias. Algunos países no tienen programa nuclear civil, de generación de energía, como Pakistán o Israel. El caso de la India es quizá algo más complejo.

Además, los países que han tenido energía nuclear civil, para la generación eléctrica, se han disuadido de su uso bélico, entre otras cosas porque conocen los problemas que acarrea.

El tema de la proliferación está muchísimo mejor que hace unos años. No es cierto que el riesgo sea superior ahora que antes. Era mucho mayor durante la guerra fría. Ha habido un desarme muy importante de las grandes potencias. La Unión Soviética y Estados Unidos han reducido enormemente el número de cabezas nucleares. De ahí provienen los excedentes que tienen de uranio enriquecido y de plutonio. Hace mucho que no se ha fabricado uranio enriquecido en cabezas y se está utilizando en los reactores actuales, mezclando el uranio enriquecido al 90% con el natural, y se está vendiendo y utilizando en las centrales de agua ligera en todo el mundo. La forma más lógica de destruir el plutonio es en las centrales y cuanto antes. En la última reunión de asuntos exteriores que mantuvimos, antes de la presidencia española de la Unión Europea, quedó muy claramente indicado por los alemanes participantes que ésta era la postura de su ministro de asuntos exteriores. Por otro lado, hay mucho menos plutonio y no es necesario utilizarlo en un gran número de centrales, por lo que quizá se va a revertir.

Quiero recordar que el objetivo es el de armas nucleares cero. Se dice que no se va a conseguir nunca. La reunión que mantuvieron Gorbachov y Reegan en 1983 significó un acuerdo de principio. En esa reunión, casi lo único que se firmó fue el acuerdo de construir el ITER.

Finalmente, un apunte sobre terrorismo. El problema que tiene un acto terrorista sobre una instalación nuclear es que no se producen víctimas inmediatas. La finalidad de los terroristas no es producir 1.000 cánceres en los próximos 50 años. Produciría alarma, quizá caos inicial, pero no les interesa el hecho de que haya efectos letales ciertos e inmediatos. De todas formas, se han tomado medidas en todos los países para que no pueda ocurrir.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Antes de entrar en el tema económico, le dije a D. Cayetano López que podría hablar sobre el tema de la percepción pública.

## **Sr. D. Cayetano López Martínez**

Si en alguno de los conceptos que hemos tratado había poca ciencia, en éste menos. Es algo que tiene que ver con los sentimientos, las percepciones, que muchas veces no están relacionados con las realidades, tal y como las estamos tratando aquí. Estamos manteniendo un debate muy educado sobre los pros y los contras de este tipo de energía, pero el debate no es así en la calle.

En este sentido, sólo puedo decir lo que a mí me parece que está ocurriendo o va a ocurrir a corto plazo, pero con la misma autoridad que puede tener cualquiera que lea los periódicos.

Es evidente que en Europa occidental ha habido un parón importante en el programa nuclear. Así ha sucedido en Suecia o Alemania; en Francia siguen; en Suiza ha habido un referéndum en el que parece que la población ha tenido una actitud más pronuclear de lo que se esperaba... Pero, debido a esta percepción pública negativa se va a perder durante un tiempo la dinámica que ha tenido el sector durante los años cincuenta, sesenta e incluso setenta. El porqué de esa percepción pública tan sumamente negativa y a veces tan insensible a razonamientos como los que hemos manteniendo aquí no es ya metacientífico, sino acientífico. No sé si se debe a la relación que tiene con las armas –creo que no–, a que es un sistema muy contaminante –que tampoco– u a otras razones seguramente más relacionadas con el carácter insidioso y oculto de sus efectos.

La situación no cambiará mientras haya energía relativamente barata en estos países, como la hay, derivada de los combustibles fósiles. Además, la percepción pública de los riesgos que lleva aparejados este tipo de energía están mucho menos interiorizados. La gente considera que consumir gasolina para un automóvil o petróleo en una central térmica es mucho menos terrible que una central nuclear. Creo que mientras haya esta fuente de energía, que por ahora es bastante abundante y barata, es difícil que la energía nuclear vuelva a ocupar un puesto en esa especie de panoplia energética de nuestros países y de nuestras sociedades, desde luego hasta que acabe la vida de las centrales actuales.

¿Qué ocurrirá cuando transcurran los 40 años de vida de las centrales actuales? Dependerá de la disponibilidad de otras energías alternativas o presentes, como los combustibles fósiles, si siguen siendo abundantes y baratos. Y dependerá de cómo vaya el programa de fusión, aunque creo que su contribución a la panoplia

de fuentes de energía primarias será posterior al término de la vida de las actuales centrales nucleares.

Siendo franco, aunque me equivoque, a pesar de los avances que se han producido y se van a producir en la seguridad y en el tratamiento de residuos y a pesar de que se producirá algún episodio complicado cuando se llegue al fin de la vida de las centrales nucleares que están ahora en funcionamiento, creo que muy difícilmente esta generación en la que estamos y quizá la próxima admitan que se instalen nuevas centrales nucleares. Lo veo francamente difícil, visto el estado de la opinión pública. Si el programa de fusión se prolonga más de la cuenta, si la situación empieza a hacerse verdaderamente complicada en lo que se refiere al aprovisionamiento de combustibles fósiles y si las energías alternativas (eólica, fotovoltaica) llegan a su tope, como ha pasado con la energía hidráulica en nuestros países, probablemente vuelva a ponerse otra vez de actualidad la energía nuclear y se producirá un debate social, seguramente muy extendido, muy profundo, aunque no será muy técnico.

El posible problema es que durante los períodos en los que no hay un cierto ritmo de desarrollo en cualquier tecnología, hay una pérdida de conocimiento tecnológico e incluso del capital humano que es capaz de enfrentarse a este tipo de problemas. Esto puede ocurrir en los próximos años. En el futuro, si es que se vuelve a plantear la energía nuclear como algo imprescindible, aunque no se va a empezar desde cero, no será lo mismo que si hubiera habido un desarrollo tecnológico continuado.

Independientemente de lo dicho aquí, hay que recordar que los sentimientos y las percepciones de la gente son fundamentales en un país democrático. Por mucho que los expertos consideren que algo no tiene peligro y es interesante para el futuro, no se puede ni debe forzar a la opinión pública, a los votantes, a los contribuyentes, a los ciudadanos, a aceptarlo. Por lo tanto, en la situación actual la energía nuclear es prácticamente implantable. No sé qué pasará dentro de 20 o 30 años, cuando haya problemas con el petróleo, el gas o se acabe el ciclo de las actuales centrales.

## **Sr. D. Eduardo González Gómez**

Coincido básicamente con lo dicho por D. Cayetano López. La tecnología nuclear es, al fin y al cabo, una tecnología y si hay otras alternativas más baratas, por qué se va a usar. Estoy totalmente de acuerdo con esto, pero discrepo en la forma de verlo.

No creo que sea tan radical el punto de vista de la opinión pública europea frente a lo nuclear. Hay una parte de la opinión pública absolutamente opuesta, otra que la defiende razonablemente y otra (30%-40%) que está en una situación mucho más ecléctica, dependiendo de lo que digan los que crean opinión, de los problemas que surjan... Hay algunos grupos que, haya o no haya problemas, estarán en contra, pues muchos no defienden solamente una posición antinuclear, sino antisistema.

El panorama europeo respecto a la energía nuclear es muy variado. En Suecia, el gobierno planteó en 1989 tres preguntas: no, sí, intermedio; y se quedó en el intermedio; y hoy en día, la posición mayoritaria de la población es a favor de volver atrás. Ahora tienen que tomar decisiones sobre el paro de las centrales y no les resulta tan fácil porque no tienen alternativas. La situación alemana quizá haya sido más drástica: se ha llegado a un acuerdo para que funcionen las centrales que hay hasta el final, para evitar, precisamente, la radicalidad, porque los radicales impedían que funcionasen las centrales construidas. En Bélgica se ha tomado una decisión con muchísimos *caveats*: siempre que no podamos, siempre que... Son posiciones muy políticas que responden también a ciertos tipos de mayorías en las sociedades en cuanto a representación política, pero no es que haya una posición clara en la sociedad, sino en cierto grupo de la sociedad. En Suiza ha pasado lo contrario. Suiza no tiene ninguna fuente de energía autóctona y prácticamente el 40% es hidráulica y el 60% es nuclear; es decir, desde un punto de vista del impacto del CO<sub>2</sub>, del cambio climático, etc., son de lo más limpio.

Creo que dependerá de cómo evolucione el resto de las variables. Si observamos el modelo europeo, hay ciertos componentes que tienen que intervenir en el debate. Coincidiendo en el análisis, considero que precisamente por eso se van a tener que tomar decisiones. Es un modelo que, en España más todavía que en Europa, importa más del 50% de la energía, y se prevé que Europa va a importar el 70% en el año 2020. Este modelo está basado en una serie de sistemas que o son caros o son contaminantes o tienen ciertas limitaciones.

La energía eólica, evidentemente, es cara. Puede ser barata si se llega a máquinas de 1,5-2 MW y entonces rondaría las 8-9 pesetas; hoy en día están por encima y hay que premiarles con el orden de 6 pesetas por cada Kw. Pero tendrá un límite si se pretenden 2.000 horas de funcionamiento con vientos entre 5 y 15 metros por segundo, etc., aparecerá el límite de la capacidad. Creo que el plan que se ha aprobado últimamente habla de 13.000 MW, que no sé si es muy optimista. Pero 13.000 MW de energía eólica serían unos 3.000 de nuclear. No es del todo cierto que haya tanto de eólico como de nuclear, porque en realidad funciona la cuarta parte del tiempo. También tenía límites la energía hidráulica.

El gas está muy de moda, como en su día estuvo lo nuclear. Todo el mundo se apunta a lo que está de moda y, así, se decide hacer mucho gas. En Estados Unidos están teniendo muchos problemas porque es muy caro. En España, donde nos estamos volcando en ciclos combinados, hay empresas que dicen que ya no van a hacer más ciclos combinados. También está el problema de la inversión. Una central nuclear requiere más o menos 2.000 millones de euros para 1.000 MW. Como es una cantidad enorme, se decide hacer un ciclo combinado, que es la cuarta parte para esa potencia. Pero, ¿y el contrato *take or pay* de gas que hay que hacer? Tal vez represente 4.000 millones de euros para 1.000 MW. ¿Cómo miden ese riesgo en las empresas? Aunque en los balances aparezca el activo, es decir, la obra en curso, al final el activo que tienes cuando lo activas te crea un importante problema financiero, pero el otro también está ahí, aparte del precio. Hoy en día el gas en España no entra en los ciclos combinados por precio del mercado. Este año está siendo muy barata la energía eléctrica (dos y pico céntimos de euro por kilovatio hora), porque ha habido mucha energía hidráulica y mucha nuclear, pero el año pasado estuvo alrededor de los cuatro céntimos de euro. Si se observa la curva diaria, en un año medio hidráulico en España el precio de la energía va a estar la mitad del tiempo por debajo del precio del gas. Evidentemente, no es un modelo sostenible, porque el gas emite más o menos la mitad de CO<sub>2</sub> que el carbón para la misma potencia.

Por lo tanto, existirán una serie de presiones que van a hacer que tengamos que tomar decisiones de este tipo. Evidentemente, las centrales nucleares tienen que funcionar bien. Los que las operamos tenemos que demostrar que son seguras. Al mismo tiempo, hay que encontrar una solución para los residuos. No creo que haya que encontrar la solución absoluta, sino una solución. Hay que vivir con ellos razonablemente y para ello hay que tomar decisiones institucionales. Yo creo que



eso sí se está produciendo, partiendo del mismo análisis, pues es una tecnología como las demás y tendrá que valerse en el mercado de las tecnologías.

A esto quiero ligar un aspecto muy importante que es el tema de los 2.000 millones de personas que no tienen acceso a la electricidad. Si observamos los consumos per cápita de energía, en Estados Unidos son el doble que en Europa, en Europa son como el doble que en Rusia, en Rusia como diez veces los de África... Si vamos a una utilización especializada de las tecnologías, ¿qué tecnología les dejamos a estos países? El problema no es que el Congo haga centrales nucleares – que querrían porque es una manera de ser poderosos en la geopolítica mundial–, sino qué podemos hacer allí. Podrán poseer energías renovables, tendrán agua que habrá que utilizar, tendrán productos autóctonos. Y tendrán que especializarse o utilizar en la cadena de desarrollo tecnologías más asequibles. La tecnología nuclear es tecnología con capital. El uranio representa el 3% del coste del kWh y el combustible es el 10% del coste del kWh. El resto es inversión, conocimiento, tecnología, materiales, ingeniería, informática, etc. Por eso solamente pueden tener acceso ciertos países. No creo que ningún nuclear diga que hay que vender centrales nucleares a estos países; son ellos los que quieren hacerlas para tener poder, como puede pasar en India, aunque de sus 1.000 millones de habitantes, 100 tienen una capacidad tecnológica importante. Esos países no son los que van a especializarse. Sin embargo, respecto a la solidaridad, o desarrollas esas capacidades porque puedes e intentas participar en esa producción de energía que sólo puede utilizarse además para esto o los otros tendrán también problemas. Tiene relación con la solidaridad a nivel planetario.

### **Sr. D. José Tagle**

Quería referirme a lo que ha expuesto D. Cayetano López.

Estoy de acuerdo en que son cuestiones implantables. Yo he trabajado mucho en fusión y me di cuenta que es implantable. En este debate sobre la energía nuclear ante el desarrollo sostenible hemos hablado mucho de la tecnología nuclear y nada de desarrollo sostenible. Por eso voy a contar mi reflexión personal.

Cayó en mis manos un artículo de Juan Velarde donde había un gráfico sobre cómo había estado repartido el poder en el mundo desde 1800 hasta 1992. En el modelo de esferas duras, de las que habláis los nucleares, prácticamente a lo

largo de 200 años el poder ha estado controlado por el 20% de la población y el 80% restante sigue igual, con pequeñas fluctuaciones. Le pregunté a Velarde que tendencia había seguido desde 1992 y me contestó que más o menos igual. No sé qué pasó antes de 1800, pero en el siglo XIX se han sucedido la revolución tecnológica, el marxismo, dos guerras mundiales, etc. Y resulta que después de 200 años la humanidad sigue dividida entre más de 1.000 millones de personas que gastamos el 80% de la energía y el 80% restante que vive con el 20%.

En este modelo, la energía nuclear es implantable y la fusión también, porque nosotros no la necesitamos. Archimovich\*, el inventor del Tokamak, dijo ya en 1960 que el primer dispositivo de fusión no se construiría hasta que existiera una gran necesidad para ello. En el debate ha habido discusiones muy fuertes sobre si era mejor la aproximación hacia una máquina grande como el ITER o hacia la fusión más ingenieril, con un dispositivo más pequeño de ignición y encendiendo a lo bruto, con una visión de potencia con ganancia no superior a uno, y se ha ido hacia máquinas más grandes.

Por lo tanto, desde el punto de vista del desarrollo sostenible, o cambiamos las premisas, que son premisas de países desarrollados basadas fundamentalmente en que la situación energética es confortable, que las tecnologías se irán desarrollando y que seguiremos usando los combustibles fósiles, la energía nuclear y algo las energías renovables, o es implantable. Tenemos que cambiar el *swicht* –como ha dicho D. Antonio Carvajal– sobre lo que es la percepción del riesgo.

Voy a contar una anécdota de la que fuisteis probablemente testigos algunos de vosotros. En 1992, en el Congreso del Consejo Mundial de la Energía en Madrid, en una mesa redonda que llamaban *position papers*, la secretaria de energía de la India expuso que el problema era la percepción del riesgo. Señaló que si nos decía que mueren de hambre al día 30.000 niños, a nosotros nos daba lo mismo, porque estábamos bien alimentados y no teníamos la percepción de “morir-hambre”, porque vivíamos en otro mundo. Dijo que esos 30.000 niños que morían de hambre a diario equivalían a 100 jumbos que se estrellaran diariamente; y ese dato, como nosotros viajábamos en avión habitualmente, nos preocuparía y pensaríamos que era una catástrofe. Por tanto, independientemente de las implicaciones militares, aunque funcionen las plantas nucleares al 50% del factor de capacidad, no había opción en la India. El accidente nuclear más impensable, que se rompiera la contención y saliera la vasija por los aires, produciría un millón de muertos, nada comparable a los nueve millones que mueren de hambre al año. Dijo que la India

no tenía opción, pero nosotros sí. Señaló que habíamos aprendido de la crisis de 1973, que causó un gran impacto, a manejar el tema energético. Y todo esto es cierto. Por ejemplo, el *Energy Annual Review* empezó a publicarse en 1973 y la revista *Energy Policy* en 1974; es decir, las revistas especializadas en política energética empezaron a publicarse tras la crisis de 1973.

Desde luego, o cambiamos nuestras premisas energéticas o bien la energía nuclear seguirá manteniéndose. Sobre todo hay una pérdida tremenda y una falta de responsabilidad respecto al desarrollo sostenible del desarrollo de tecnologías avanzadas. Es decir, la radiación es mala, pero cuando te pasa algo lo primero que hacen es irradiarte. Según un informe de 1987, la aplicación pacífica de la energía nuclear a la medicina, la ingeniería o los servicios suponía 400.000 millones de dólares al año del año 1998 y cuatro millones de empleos en Estados Unidos. Las tecnologías derivadas de los plasmas de alta temperatura desarrollados dentro del programa de fusión están suponiendo actualmente 200.000 millones de dólares a la industria americana.

Tenemos una responsabilidad no solamente ética de dejar a los pobres que utilicen su carbón o su petróleo, que es lo que tienen. Nosotros debemos apostar por la creatividad y el conocimiento.

Esto es lo que pienso para empalmar el tema de la energía nuclear con el desarrollo sostenible, porque el desarrollo que tenemos ahora no es sostenible.

### **Sr. D. José María Aragonés Beltrán**

Sobre la percepción del riesgo, D. José María Izquierdo hablaba de lo meta-científico. Si la opinión pública se está basando en una percepción completamente equivocada y, a pesar de la información no quiere entender, no hay nada que hacer.

Les sugiero que lean el informe del 2000 de Naciones Unidas sobre Chernobyl, que cité antes. He hablado con personas de la Organización Mundial de la Salud que han estado en Chernobyl y no querían volver, porque era una pérdida de tiempo; no va a pasar nada y prefieren ser útiles en otro sitio, aunque haya dinero para seguir estudiando las consecuencias de Chernobyl. La conclusión de la Organización Mundial de la Salud es que no habrá más consecuencias. Se puede decir que podrán aparecer cánceres, pero el conocimiento científico de todas esas organiza-

ciones indica que la leucemia tenía que haber aparecido y no ha sido así. Por las dosis y por lo contrastado no se esperan ya consecuencias sobre la población. Es cierto que fue un accidente terrible, posiblemente ha habido personas que han sufrido riesgos de cáncer algo superiores, pero las medidas que se aplicaron después, las medidas preventivas de diagnóstico, compensaron con creces aquello. Se han detectado 1.500 casos de cáncer de tiroideas en niños, pero sólo han fallecido tres de ellos. No se puede hablar de millones, ni siquiera miles, de víctimas.

Es cierto que en una democracia hay que hacer caso a la opinión pública, pero es difícil acatarlo cuando se basa en unas cuestiones que están completamente fuera de perspectiva.

No olvidemos que el tercer mundo es China también. China es una parte importantísima. Lo que está haciendo China en el campo de la energía y en el campo económico también es significativo. Un profesor mío ha estado recientemente allí tres meses y se ha sorprendido de que los científicos y la intelectualidad china sepa tanto sobre la transición española, como modelo.

### **Sr. D. Pedro Linares Llamas**

He analizado alguna vez la rentabilidad de la energía nuclear. Sin embargo, no soy capaz de decir si la energía nuclear es más rentable o menos que otras energías.

Hay dos factores críticos en la rentabilidad de la energía nuclear. Uno es cuánto cuesta de verdad la nuclear y cuánto cuestan de verdad las otras tecnologías. Cada vez que se analiza cuál es el coste de inversión, de combustible y de mantenimiento, hay muchos costes que permanecen ocultos, los que llamamos costes externos. Algunos de ellos son los costes medioambientales, que es muy complicado conseguir recuperar e internalizar. Hay otros costes que sí se ven, pero que es también complicado internalizar, por ejemplo, el tratamiento de los residuos, que se está pagando en la tarifa pero no en las ofertas, por lo que realmente no está internalizado. Hay un coste bastante importante –relacionado con muchas de las cosas que se han dicho– que es el de todos los desarrollos de investigación que habría que hacer para conseguir llevar la nuclear a un terreno aceptable. Esos desarrollos de investigación y la financiación de esos proyectos de investigación tampoco se suelen tener en cuenta. Lo mismo ocurre con el dinero que se paga para

desarrollar nuevas palas, por ejemplo, en la energía eólica. Aunque mi percepción es que los órdenes de magnitud del dinero que se destina a uno y a otro son diferentes.

Una vez sabido cuánto nos cuesta, habrá que conocer en cuánto tiempo queremos amortizarlo. Hemos realizado bastantes ejercicios para analizar, por ejemplo, qué tecnologías se escogerían para satisfacer las necesidades eléctricas españolas en el corto plazo. El factor crítico observado es el tipo de interés que aplicamos, el tipo de interés que van a pedir las empresas para recuperar las inversiones o la tasa de descuento que quiere aplicar la sociedad a sus decisiones. Si aplicamos un tipo de interés que es muy habitual para las inversiones públicas, entre un 3%-5%, la energía nuclear sobresalía, porque con una tasa de interés muy baja se pueden amortizar las inversiones en mucho tiempo sin riesgo, y teniendo en cuenta que no utilizábamos estos costes totales, sino los que se utilizan habitualmente como costes de inversión. La energía nuclear era claramente más barata, si se podía amortizar en mucho tiempo. Los costes variables de combustible son muy pequeños y los costes de inversión, si se amortizan en muchos años, también compensan. Cuando se empieza a aumentar la tasa de inversión, la inversión en energías renovables se dispara. A partir de un 9% de tasa de descuento, la energía nuclear ya estaba en unos términos muy similares a los ciclos combinados; a partir de un 10% la nuclear no entraba.

¿Es barata? ¿Es competitiva? Hay que descubrir cuál es la tasa de descuento adecuada. Creo que en un mercado liberalizado es bastante ingenuo suponer que la tasa de interés que van a pedir los inversores, teniendo en cuenta los riesgos regulatorios de aprovisionamiento de combustible y medioambientales, va a ser inferior al 10%. Por lo tanto, actualmente, no creo que sea rentable la energía nuclear. Si se dan otras condiciones de estabilidad regulatoria, de tipos de interés reducidos y de seguridad, incluidas las posibles consecuencias medioambientales, entonces posiblemente sí.

Todas estas comparaciones se hacen también con el gas, que parece la alternativa más a corto plazo. Pero, en ejercicios a más largo plazo, también incluimos las energías renovables, porque creo que son una alternativa. Por ejemplo, la eólica, y sin ningún ánimo de polémica, ya está por las ocho pesetas el kWh y si sigue aumentando el tamaño de los aerogeneradores puede llegar a ser competitiva con la energía nuclear. La eólica es una tecnología muy parecida a la nuclear en cuanto que sus mayores costes se encuentran en la inversión. En cuanto ambas tengan unos

costes de inversión similares, teniendo en cuenta la potencia efectiva, se acercarán mucho. Y la eólica está muy cerca. Los límites de los que se habla para España no son por capacidad eólica, sino por absorción de la red. De hecho, Red Eléctrica es la que ha hablado de ese famoso límite. Si se pusieran más redes eléctricas para evacuar esa energía podríamos estar hablando de más, aunque no digo cuánto.

### **Sr. D. Ladislao Martínez**

Primero voy a intentar matizar algunas de las ideas expuestas por algunos intervinientes y luego trataré algunos aspectos que no tuve ocasión de constatar en mi primera intervención.

En primer lugar a D. José María Aragonés. No sé si la primera bomba se hizo antes de las centrales nucleares, pero estoy seguro de que se han hecho bombas atómicas con posterioridad, a partir de combustible irradiado de centrales nucleares con grado de quemado variable o reactores CANDU. Si el riesgo de la proliferación es la materia prima, en determinados países existe ese riesgo. Además, no sé lo de Yoska Fisher. La última vez que lo vi fue hace 20 años cuando estuvo en casa y era muy distinto del de ahora; la próxima vez que lo vea se lo preguntaré, pero desde luego es un cambio significativo, casi tanto como el suyo, que deviene prochino ahora.

Estoy de acuerdo con D. José Luis Martínez en lo que decía de la necesidad de los países pobres, pero no me gustaría que se produjera una cierta confusión terminológica. Distinguiría muy claramente entre necesidad y deseo. Necesidad es algo absolutamente transcultural y sirve para cualquier sitio. Por ejemplo, en el aspecto energético, una necesidad es disponer del volumen necesario para refrigeración. Y creo que es un deseo, y bastante estúpido, transitar en coche un kilómetro para ir al trabajo a 10 kilómetros por hora. No creo que haya ningún problema en atender las necesidades de los países pobres. Estoy de acuerdo con una frase de Gandhi: "En este mundo hay de sobra para las necesidades de todos y no hay bastante para las ambiciones o deseos desmesurados de uno solo de nosotros". Nuestro problema es que confundimos necesidad y deseo.

En cuanto a lo expresado por D. José María Izquierdo, podría reconocer que uno de los aspectos positivos de la energía nuclear es el desarrollo de una cultura de seguridad positiva, transferida además a otros ámbitos industriales. Pero creo que el

nivel conseguido es insuficiente para una tecnología tan intrínsecamente insegura. Se decía que se están evaluando los costes ambientales y que todo era muy impreciso –algo habitual en un proceso científico–, pero no es lo mismo una imprecisión que produzca la caída de una pala en un parque eólico que un error de cálculo en una central nuclear. Aunque se haya avanzado mucho en el ámbito de la seguridad y se haya transferido a otros ámbitos científicos y tecnológicos, lo nuclear nunca ha tenido suficiente nivel de seguridad.

Se decía también que el debate “nuclear, no gracias” había perdido violencia en la sociedad. Y estoy de acuerdo. Pero, y esto es una maldad, más ha perdido en los consejos de administración de las compañías eléctricas, donde no quieren oír hablar de construir centrales. Alguien ha dicho que los franceses no eran de fiar cuando evaluaban externalidades ambientales. Ya no son lo que eran, no construyen centrales nucleares. Ésa es la situación actual de la energía nuclear.

Además de todo esto, me gustaría comentar los apoyos que tiene la energía nuclear. Algunos están por encima de los modelos eléctricos. Por ejemplo, el de la moratoria. En 1984, las compañías eléctricas se equivocaron una barbaridad –y quien tenga duda de quién se equivocó que vaya a una hemeroteca y lea los artículos de aquellos años–, pues se pararon cinco centrales con autorización de construcción. En aquel momento valían 459.000 millones de pesetas. En el año 2000 ya habíamos pagado, por los activos de la moratoria en los porcentajes de la tarifa eléctrica (3,9 o 3,5 según los años), 1,1 billón de pesetas y nos quedaban por pagar 513.000 millones de pesetas. Esto es un negocio. Y que no se diga que son pesetas de distintos años, porque ha habido años en los que la inflación era del 7% y la actualización de estas centrales era del 12%. Ahora mismo, en la que ya los títulos no son de las compañías eléctricas sino de los tenedores de títulos. Actualmente uno invierte en una letra y obtiene una rentabilidad. Si se invierte en activos afectados por la moratoria nuclear se obtiene un 0,5% más. Siempre ha habido un trato de favor en relación con este aspecto. Además, la moratoria no se acaba en el 2007 como se apuntaba en la Ley del Sector Eléctrico, pues se empieza a hablar de prórroga. Por tanto, los apoyos a la energía nuclear, a ratios de 80.000 millones de pesetas anuales, se vienen produciendo desde 1984. Cuando se habla de apoyos excesivos a otras fuentes de energía convendría no olvidarlo y ser conscientes también de la persistencia en el apoyo, que ha pasado por encima de gobiernos del PSOE y del PP.

También existe apoyo para los costes de transición a la competencia. Aunque nadie sabe lo que es, porque es muy opaco. Cuando se habla con cierta precisión, se dice que en torno al 60% de los costes de transición a la competencia eran justamente de centrales nucleares. Por tanto, si el sistema liberalizado permitiera que las centrales nucleares funcionaran, no deberían existir tales costes. Lo más indicativo con relación a esto es que en este país desde 1997 no existe moratoria nuclear porque se han repotenciado las centrales nucleares. Con la Ley del Sector Eléctrico se ha ampliado la potencia y esto antes no se permitía. ¿Por qué no se construyen nuevas centrales nucleares? Habría que preguntárselo a las personas que tienen la posibilidad legal de construirlas. Quizá no sea un buen negocio.

¿Qué pasaría en un sistema liberalizado si ocurriera lo de los generadores de vapor de las centrales nucleares de Almaraz y Ascó? Recuerdo que en los años ochenta se descubrió que los generadores D3 del modelo Westinghouse tenían problemas graves. Hubo que cambiar 12 generadores, 6 en Ascó y 6 en Almaraz, con un coste de 120.000 millones de pesetas. Si ocurre esto en el modelo liberalizado, ¿qué pasaría? Se cierran las centrales. Antes, con el marco legal y estable, se repercutía en las tarifas.

Otro apoyo es la responsabilidad civil limitada. La Ley del Sector Eléctrico, Disposición Adicional IV, la restringe a 25.000 millones de pesetas. ¿Por qué hay que tener sólo una prima de seguros por 25.000 millones de pesetas? Puede que en el accidente de Chernobil no pasara nada, pero da la casualidad que tengo dos alumnas ucranianas y las dos con la salud afectada. ¿Por qué no existe responsabilidad ilimitada? Recuerdo que el moderador del anterior debate, después de presentarse como científico, dijo que sí había responsabilidad civil ilimitada. No existe en ninguna legislación. En Estados Unidos se discutió, cuando se construyeron las primeras centrales nucleares, y se acordó que a partir de un cierto valor la responsabilidad pasaba al Estado. Eso es una transferencia de recursos. Eso es un apoyo fehaciente a este tipo de energía.

Yo soy de un pueblo de al lado de una central nuclear. En mi pueblo, no había agua corriente hasta que yo tuve 10 años, que fue cuando se instaló la central nuclear. Quince años después, cuando los ecologistas empezamos a presionar, tenía las mejores carreteras de todo el entorno, para los planes de evacuación. El Ministerio del Interior gastó en aquel momento algo así como 20.000 millones de pesetas en unas carreteras que no usaba nadie, en previsión de accidentes. Y en los alrededores de todas las centrales nucleares ocurrió lo mismo.



En cuanto a los residuos radiactivos, la presidenta del Consejo ha dicho, lo que me parece una barbaridad, que se internalizan los costes porque hay un porcentaje afecto a la gestión de los residuos radiactivos. D. Pedro Linares ha hecho una precisión, con la que estoy de acuerdo, pues para que estuviera internalizado, al coste demandado en un sistema de oferta debería incrementarse el coste imputable de gestión de los residuos radiactivos y observar si entraban o no en la oferta. Eso es internalizar costes. Esto es un apoyo. Lo pagamos el conjunto de los usuarios de la electricidad, independientemente de nuestros deseos. Potencia este tipo de energía y resuelve su problema más grave. Esto es apoyo, no internalización.

Todos los años ENRESA destina 2.500 millones de pesetas aproximadamente al entorno de las centrales nucleares, ¿en concepto de qué? Si el residuo radiactivo no genera riesgo cuando no hay accidente, ¿por qué se pagan 2.500 millones de pesetas, si no hay riesgo? Una intervención malediciente diría que es para comprar a la opinión pública del entorno e impedir que se convierta en antinuclear. ¿Hay alguna explicación más razonable? Si no hay riesgo, ¿por qué se da esa cantidad de dinero a los ayuntamientos? Hay pueblos en los que la gente se censa *ex profeso* para que el ayuntamiento cobre más, como en el mío.

A pesar de eso, la energía nuclear está en clara bancarrota. Quizá dentro de 20 años tengamos un debate estimulante desde el punto de vista de si tiene que haber energía nuclear o no. Pero no creo que se cumpla la previsión de la que hablaba el profesor López sobre el límite de las otras energías. Creo que la fotovoltaica no tiene límite; con sólo aprovechar el 10% de la que llega a la Tierra, nos sobra electricidad para consumos 20 veces superiores a los actuales. Si las otras fuentes de energía tienen límites, la fotovoltaica no creo que los tenga si se encuentra un sistema de acumulación. Además, si dentro de unos cuantos años hubiera un relanzamiento de la energía nuclear, el problema sería el incremento del precio del uranio, que es el gran activo en la actualidad. Dado que sólo hay cuatro sitios donde se puede enriquecer uranio, ¿qué pasaría si se produjera un incremento de la demanda mundial? ¿No hay más monopolio en estas circunstancias que en, por ejemplo, la producción de petróleo? El verdadero activo de la central nuclear es justamente su fracaso. Es una verdadera paradoja.

A pesar de todo esto, estoy tranquilo. Creo que no se van a construir más centrales nucleares. Incluso en circunstancias como las actuales, que tienen todo a su favor, pues hasta el presidente Bush dice que quiere hacer centrales nucleares, aunque no lo consigue, la energía nuclear no avanza. Se cumplirá lo que llevo

diciendo desde hace algunos años: veré cerrar la última central nuclear. Y, por cierto, será un verdadero acierto tecnológico prescindir de una energía que nunca se debió usar.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Damos por terminado este debate. Le voy a conceder la palabra al “relator”, D. Agustín Blanco, para que nos condense en cinco minutos la densidad de pensamiento que ha habido en esta reunión.

### **Sr. D. Agustín Blanco**

Si habitualmente es difícil hacer un resumen de toda la riqueza de ideas y aportaciones que suele haber en estos debates, pueden ustedes imaginar que, por el propio contenido de esta reunión, me encuentro en una situación complicada respecto a lo que voy a decir. Espero que sea un reflejo lo más fiel posible de sus intervenciones, porque no puedo entrar en cuestión técnicas que no domino en absoluto. Lo único que voy a intentar hacer es una breve narración ordenada de algunas de las ideas fundamentales que han salido en este debate.

En primer lugar, como elemento previo respecto al debate nuclear, es interesante constatar que muchos de los intervinientes han destacado que debatimos sobre lo nuclear de manera absoluta, al menos en el debate social sobre la energía nuclear, cuando debiéramos hacerlo, en primer lugar, en el conjunto de las fuentes de energía, no considerándola específicamente, separada del resto, sino en relación con las demás. Y de alguna manera deberíamos huir de debates fundamentalistas basados en lo que pueda pasar más que en lo que ya es experiencia. A este respecto se ha constatado que no ha sido posible un debate sereno y parece que la energía nuclear exige un posicionamiento extremo.

Hay que destacar que el eje básico del debate sobre la energía nuclear que se refiere al impacto medioambiental es la percepción del riesgo por parte de la población. Es difícil cambiar esta percepción pública basada en sentimientos. Quizá precisamente sean realidades nuevas respecto a las necesidades energéticas, las posibilidades o los costes que vayan surgiendo las que puedan ir cambiando o

haciendo que cambie esta percepción. Para cuantificar el impacto medioambiental, entre las externalidades que hay que cuantificar, está la de la percepción del riesgo, pues no solamente se debería cuantificar el riesgo técnico. Algún interviniente ha afirmado que el gran coste de la energía nuclear es gestionar la incertidumbre. Creo que dentro del debate social sobre la energía nuclear es una expresión muy acertada.

El primer apartado señalado en el guión, impacto medioambiental, ha copado gran parte del debate, como era lógico por la amplitud de cada uno de los temas. Aparte de los tres puntos que se señalaban en este primer apartado (seguridad, residuos radiactivos y reducción de gases de efecto invernadero), también se habló del consumo de los recursos, como elemento positivo. Para la energía nuclear se constataba que se consumen muy pocos recursos en comparación con otras fuentes de energía. En una posición más crítica a este respecto, se destacaba que para conseguir el uranio, que es el combustible base, concentrarlo y enriquecerlo, hay que mover grandes cantidades de tierra y seguir procesos industriales muy contaminantes, por lo que seguramente el elemento positivo queda matizado.

En cuanto a la seguridad, se afirmaba que el riesgo percibido es mayor que el riesgo técnico. Se constataba también que hay ciertas soluciones técnicas, pero su desarrollo se ve dificultado porque la investigación en este campo se asimila socialmente a la investigación nuclear, con lo que de partida queda muy marcado peyorativamente por parte de la sociedad.

Respecto a la relación entre seguridad y liberalización del sector eléctrico, la cuestión es si se pueden ver afectados los niveles de seguridad por ese proceso de liberalización. Se afirmaba que la regulación es estricta, que en España se actualizan los estándares constantemente y que son cada vez más exigentes gracias a la presión social. Matizando esta opinión, se afirmaba que los riesgos pueden ser pequeños, pero las consecuencias potenciales son enormes.

Con relación a la gestión de los residuos, éste es el pero más importante que en el ámbito social se pone a la energía nuclear. Hay un primer aspecto que sería el de valoración de la cantidad de residuos. Algunos intervinientes decían que eran pocos, inferiores a las centrales de otro tipo. Pero algunos matizaban también que son potencialmente muy contaminantes. En el tema de los residuos se planteó el debate sobre la solución técnica a los residuos de alta actividad. Se afirmaba que parecía sensato imaginar desde una perspectiva tecnológica que se conseguirá una

solución definitiva en un período razonable. Al mismo tiempo, como se señalaba antes también respecto a la seguridad, los programas de investigación que se requieren se consideran socialmente parte del programa nuclear y es muy difícil llevarlos a cabo. Habría que valorar el sentido que desde el punto de vista social tienen soluciones temporales, que sean razonables y suficientes, sin buscar un carácter absoluto a las mismas porque si no nos veremos abocados a la parálisis. A este respecto se señalaba que es necesario distinguir en este debate el tema de lo científico y lo metacientífico, entendido esto último no en sentido peyorativo, sino referido a situaciones improbables o con una escala temporal larga. No conviene mezclar estos dos elementos, pero tampoco descartar que es posible en ese nivel metacientífico tomar determinadas decisiones que nos permitan avanzar.

Respecto al último punto, el del funcionamiento normal de una central, se destacó, por un lado, que no tiene el carácter "intolerable" de los residuos y de la seguridad. Los estándares de seguridad, por otro lado, en ese funcionamiento son cada vez más exigentes gracias a la presión social. Pero frente a ello se afirmaba que algunos de los procesos asociados al funcionamiento de las centrales nucleares más antiguas generaban bastante contaminación ambiental.

En cuanto al apartado segundo del guión, la ética social y política, en un punto previo se afirmó que la sociedad tiene que adquirir una cultura de la energía, reconociendo su valor y su importancia para el desarrollo y el bienestar de los ciudadanos. Quizá desde esa conciencia es desde donde debemos valorar la situación de las personas que no tienen acceso a la energía. Respecto a esta afirmación, que parece clara, se matizaba que era importante no confundir necesidad y deseo, incluso de cara a este elemento de solidaridad con la población que no tiene acceso a la energía.

Se planteaba como pregunta si se podía dar respuesta a las demandas de energía de la población del mundo que no tiene acceso a la energía sin la energía nuclear. Ésta es una pregunta interesante.

Otros intervinientes afirmaban que retomar la energía nuclear era implantable mientras los países desarrollados tengan un acceso relativamente barato a la energía a costa del resto de la población mundial. Nuestro modelo de desarrollo no es sostenible, porque tiene como base la insolidaridad con la inmensa mayoría de la población mundial.

Respecto a la consideración de las generaciones futuras, hay que tener en cuenta no sólo el tema de los residuos, sino el de la cantidad de recursos no reemplazables que se consumen.

Ha habido pocas intervenciones respecto al tema de la proliferación nuclear. Se ha dicho que este tema está actualmente mejor que en épocas pasadas. Los sistemas técnicos actuales de producción de la energía nuclear dificultan mucho más la proliferación. Se afirmaba que la opción por la proliferación de algunos países es previa a la opción civil por la energía nuclear, pero es cierto que lo facilita.

El último apartado, coste y rentabilidad económica, se ha tocado brevemente. Tengo que destacar que las dos intervenciones que más se han centrado en este aspecto, la primera afirmaba que no podemos decidir claramente la rentabilidad y el coste de la energía nuclear respecto a otros tipos de energía, por lo que resulta difícil determinar cuánto cuesta de verdad la energía nuclear y los otros tipos de energía y hay que jugar con unos elementos que no son constantes como los períodos de amortización o los tipos de interés. A este respecto el interviniente valoraba que en la situación actual no parece que sea más rentable económicamente la energía nuclear que otros tipos de energía. La segunda intervención destacó que para valorar esta rentabilidad o el coste económico de la energía nuclear se ha de tener muy en cuenta el gran apoyo económico que recibe la energía nuclear de la Administración. Quedó en el aire la cuestión de si es tan rentable, por qué no se construyen más centrales.

### **Sr. D. José María Martín Patino**

Muchas gracias a todos ustedes por haber asistido a este debate y haberlo enriquecido con sus ideas.

*D. Manuel Montes Ponce de León, invitado a este debate, no pudo finalmente asistir por alargarse más de lo previsto la reunión en la que participaba. Nos hizo llegar algunas reflexiones que tenía ya preparadas sobre el tema y que añadimos al texto del debate.*

### **Sr. D. Manuel Montes Ponce de León**

La evolución de la sociedad desde sus formas más prehistóricas hasta la sociedad del siglo XXI ha obligado a un cambio continuo tanto más rápido cuanto mayor es el progreso de los pueblos. Pero al no cambiar a la misma velocidad ha ocasionado importantes diferencias sociales patentes no sólo a grandes distancias sino también en los mismos núcleos urbanos. Esas diferencias sociales obligan a la coexistencia de culturas diferentes.

La sociedad requiere de servicios comunes y cada uno de los individuos somos eslabones de una cadena o más bien de la malla que forma el tejido social. Desde la posición de cada individuo y desde su entorno inmediato la perspectiva es parcial y a consecuencia de ello surgen diferencias de apreciación de la utilidad de unos con respecto a otros y de unos servicios con respecto a otros. Estas diferencias generan simpatías y animadversiones que a medida que la sociedad se cierra más en su entorno se hace cada vez más intolerante.

La energía es un recurso, cada vez más justificado, más solicitado y al mismo tiempo que nos hace más dependientes a los individuos. Los sistemas económicos existentes conducen a la globalización, a la concentración como camino óptimo de producir con los mínimos costes. En el mundo de la energía esta tendencia económica conduce a la producción centralizada y es aquí donde aparece la energía nuclear.

Pero la globalización, la concentración y la centralización productiva al mismo tiempo que facilita la economía del individuo se aleja de su entorno y del entorno de los más próximos y llega a convertirse en algo lejano que a veces parece pertenecer a otros. La energía nuclear forma parte de este alejamiento del individuo, no sólo por su centralización sino también por su historia, por lo distante de su conocimiento. La energía nuclear es metafóricamente para gran parte de la sociedad algo "mágico".

Aunque un porcentaje muy elevado del mundo económicamente desarrollado esté haciendo uso de la misma, una gran mayoría de esa sociedad no la conoce, no la entiende y todo lo desconocido es objeto de desconfianza. Si además la sociedad desarrollada cada vez se acerca más a la información y esa información es conducida a través de medios sociales que se encuentran en situaciones próximas a los individuos y también distantes de los puntos centralizados de conocimiento específico y trasmite al mismo tiempo que lo cotidiano, se llega a una sociedad con una formación y una información no sólo insuficiente sino también gobernada por el sensacionalismo. Si los más próximos a la energía nuclear, se encierran en su razón, se encierran en su conocimiento, entonces se produce un distanciamiento que ha sido el causante fundamental de la animadversión social hacia la energía nuclear.

Cuál es la principal ventaja de la energía nuclear, su contenido energético, y cuál es su mayor inconveniente, su dimensión. Alto contenido energético en poco espacio supone un verdadero misterio para los seres humanos alejados de su conocimiento. Por supuesto tiene otras ventajas y otros inconvenientes. Otras ventajas son la no-utilización del ciclo del carbono, las altas temperaturas a las que se libera su energía. Otros inconvenientes son la radiactividad asociada y las dudas existentes para la gestión de los residuos. Lo que medioambientalmente favorece por un lado, puede perjudicar por otro medioambientalmente hablando. Pero su uso centralizado implica un problema social añadido cual es la poca mano de obra que emplea y una sociedad cada vez más tecnificada se aterroriza ante situaciones como esta con las que ven peligrar puestos de trabajo, motivo no particular de la energía nuclear sino extensivo a toda la tecnología en general al proceso globalizador. Éticamente la problemática es real, por lo que la energía nuclear, siempre he dicho que ha entrado a destiempo, ha venido demasiado rápida, premura debida a su utilización en el mundo militar. La energía nuclear necesita su tiempo, y ese tiempo debe emplearse en asegurar su utilización y esclarecer la problemática aún pendiente en la gestión de sus residuos radiactivos, mientras tanto debe darse salida a otras fuentes energéticas más amigables con el hombre y posiblemente más limitadas, pero su insuficiencia puede ser un motivo de acercamiento a la sociedad de la energía nuclear. Este acercamiento debe permitir mejorar el conocimiento de todos los estratos sociales, mejorar las tecnologías que garanticen la absoluta seguridad y la perfecta gestión de sus residuos y lo más importante. Aunque lo más difícil sería su desligamiento del ámbito militar.