

La energía nuclear, tema de preocupación pública: Protección del interés general

por Jan M. Døderlein

Al hacer la evaluación del papel que haya de representar la energía nuclear se debe tener en cuenta la perspectiva general de la función de la energía en la sociedad. Es pues preciso integrar las distintas opiniones existentes sobre el papel de la energía eléctrica y sus formas de producción en un análisis general de costos-riesgos-beneficios y del crecimiento económico en general [1], de la utilización energética y de la conservación de la energía. Las enormes dificultades que presentan los análisis de los costos-riesgos-beneficios totales (la predicción de los valores que hayan de regir en las sociedades del futuro, el establecimiento de métodos de contabilidad para la ponderación de los costos y de los beneficios actuales y futuros, la interdependencia de los desarrollos de la tecnología en gran escala y el desarrollo de los valores de la comunidad y de la sociedad, etc.) puede llevarnos a preferir un análisis menos global y tal vez semicuantitativo. Contamos con las bases tecnológicas y científicas necesarias para un análisis fructuoso, aunque no estén tan bien desarrollados los criterios para determinar los riesgos-beneficios sociales, los mecanismos institucionales y la aptitud y voluntad política de aplicar un análisis racional de costos-riesgos-beneficios.

Una dificultad concreta con que tropieza la evaluación de los sistemas de producción de energía eléctrica es el análisis incompleto del beneficio, es decir de la electricidad. Existe una carencia perjudicial de datos objetivos detallados e inteligibles sobre los beneficios que aporta la energía eléctrica dentro de una estructura sistemática de categorías, similar a la utilizada en los análisis de las consecuencias desfavorables de la producción y utilización de energía (véase la sección sobre la evaluación tecnológica sistemática).

EL RIESGO TECNOLÓGICO COMO UN FACTOR DE LA ACEPTACION PUBLICA

Existen numerosas evaluaciones serias y detalladas sobre los riesgos relacionados con el ciclo del combustible nuclear, que son técnicamente convincentes y que invariablemente muestran el bajo nivel del riesgo general. A pesar de ello, la aversión al riesgo es un factor de la resistencia pública y política para aceptar la energía nucleoelectrica en algunas regiones y países [2, 3, 4]. Se manifiesta igualmente una creciente sensibilidad en cuanto a los riesgos tecnológicos en general. En este respecto dos causas parecen tener particular importancia. El aumento de las dimensiones de determinadas plantas industriales hace que se concentren los inconvenientes y los riesgos, en el espacio y en el tiempo lo cual, da particular relieve a estos factores negativos, en tanto que los beneficios se extienden en el tiempo y en el espacio. Las mejores condiciones actuales de bienestar social y de salud pública, juntamente con una utilización más difundida de la tecnología, han aumentado la importancia relativa a los riesgos tecnológicos en contraposición con los riesgos tradicionales de la salud y de muerte (enfermedades, etc.).

La protección de los intereses públicos debe tener como base racional la gestión de los riesgos reales objetivos tanto para los individuos como para la sociedad. La reacción del público con respecto a los riesgos tecnológicos está determinada sin embargo, por los

El Dr. Døderlein es el Director de la División de Seguridad Tecnológica del Instituto for Atomenergi de Kjeller (Noruega).

riesgos tal como *los perciben* las personas, preponderando en el ánimo de éstas la incertidumbre debida a la falta de un conocimiento adecuado y al temor de que un acontecimiento o situación puedan tener consecuencias nocivas [4]: Las decisiones que se tomen sobre la base de los riesgos tal como los percibe el público resultarán con frecuencia irracionales y serán contraproducentes para la reducción del riesgo.

Consideramos necesario aplicar, en una u otra modalidad, el procedimiento siguiente a fin de mejorar considerablemente nuestra comprensión objetiva y la defensa contra los riesgos tecnológicos (aunque no se prejuzga con esto la viabilidad del procedimiento). Las situaciones de riesgos tienen carácter estadístico. Como es lógico, las cuestiones estadísticas requieren respuestas estadísticas, lo cual hace necesario el empleo del concepto de probabilidad. Existe, por lo general, confusión entre la interpretación objetiva numérica y la interpretación subjetiva de la probabilidad [5] resultando esta última interpretación claramente dominante. La interpretación subjetiva da por supuesto que el empleo de la probabilidad obedece a nuestra falta de conocimiento, la probabilidad mide el grado de nuestro "convencimiento" acerca de las teorías o el conocimiento de acontecimientos (probabilidad de Bayes). Esta interpretación subjetiva es evidentemente no empírica. No es razonable, por otra parte, pretender obtener conocimientos (es decir probabilidades) una carencia de conocimientos [5]. Por lo tanto, a menos que hagamos caso omiso de la interpretación subjetiva de la probabilidad, no será posible obtener respuestas probabilísticas de utilización empírica a las cuestiones "estadísticas" de riesgo, y no se podrán efectuar análisis racionales. Una de las principales dificultades para la evaluación de la aceptabilidad de los riesgos nucleares es la falta de un nivel de referencia de lo que constituye un riesgo aceptable desde el punto de vista social es decir, una respuesta a la cuestión "¿Qué grado de seguridad es suficiente?" Si bien tal nivel depende evidentemente de muchos factores subjetivos, solo se puede determinar sobre la base de la interpretación objetiva de conocimientos estadísticos de la probabilidad.

Cuando la sociedad, mediante sus instituciones políticas reconocidas, haya decidido cuáles son los niveles de riesgo aceptables desde el punto de vista social, se podrá aplicar provechosamente la ciencia del análisis del riesgo para promover sobre bases racionales las medidas de protección pública frente a peligros empíricos reales.

LA CONTROVERSIA NUCLEAR: ALGUNAS OBSERVACIONES

La energía nucleoelectrónica ha sido aceptada por la sociedad en un cierto número de países sin atraer gran atención por parte del público o de instituciones y organizaciones políticas. No obstante, en muchos países ha surgido una creciente controversia sobre la energía nuclear. El debate se viene desarrollando desde hace años, centrándose en este momento sobre tres cuestiones importantes: un supuesto aumento del riesgo de proliferación de explosivos nucleares, el manejo de desechos radiactivos, y los riesgos de grandes catástrofes causadas por los reactores nucleares. Se observan indicaciones, sin embargo de que existen fuerzas más profundas detrás de la controversia sobre estos y otros problemas específicos y esencialmente técnicos [6]. En la sección siguiente, que trata sobre los antecedentes conceptuales y sociales, se examinará más a fondo esta cuestión.

Entre los numerosos grupos que critican la energía nucleoelectrónica, hay dos que se han destacado prominentemente en estos últimos años. Caracteriza a ambos su enfoque apasionado e irracional. Uno de ellos está formado por personas para quienes la energía nuclear sirve aparentemente como medio para establecer su propia identidad. Para este grupo, tomar parte activa en la controversia parece dar escape, en cierta forma, a sus necesidades internas y emocionales pasando a ocupar un lugar secundario, los hechos positivos. La declaración que citamos a continuación sirve de ilustración:

“Estamos aquí para comenzar el control democrático de la tecnología”

— Ralph Nader, en una importante reunión antinuclear de los Estados Unidos.

El otro grupo apasionado de críticos está compuesto de políticos profesionales y de ocasión, especialmente por miembros de agrupaciones de izquierda, anarquistas, populistas y ecologistas. Las cuestiones nucleares, reales o imaginarias, les brindan los medios por los cuales tratan de favorecer sus propios fines políticos, clandestinamente a veces y abiertamente en otras, como se puede ver en la cita siguiente:

“En realidad creo que para lograr una utilización de recursos verdaderamente sensata en los Estados Unidos, es necesario socializar la economía en el sentido marxista clásico”.

— Barry Commoner, en un debate sobre la energía nucleoelectrónica

“En materia de energía nucleoelectrónica, los tecnólogos nucleares ejercen el poder para controlar la sociedad. El gobierno democrático, mediante el sistema parlamentario por ejemplo, se convierte sin mayor dificultad en una ilusión”

— Personalidad ecologista de Noruega

Las organizaciones religiosas han comenzado igualmente a tomar posición en la cuestión de la energía nuclear. El Comité de Investigaciones sobre la Economía del Plutonio, del National Council of Churches of Christ, de los Estados Unidos, ha formulado una propuesta de declaración en la que recomienda la prohibición del uso del plutonio y se opone en general a la energía nuclear [7]. La propuesta y los documentos en que se apoya son de carácter ambiguo en lo que se refiere a la finalidad perseguida, no aclarando si pretende influir sobre la cuestión de energía nuclear por medios democráticos o a través de la influencia de las creencias religiosas. Una reacción a esa declaración se ha manifestado en el marco de los debates sobre el bienestar de las generaciones futuras y de las relaciones entre los países ricos y los pobres:

“Tales cuestiones tienden a ser ignoradas cuando los tecnócratas dominan el debate, de manera que tal vez corresponda a las iglesias decirnos si el plutonio es un don divino o una tentación creada por el demonio”.

— P.M. Boffrey, Science [8]

Los críticos de la energía nuclear muy pocas veces apoyan sus afirmaciones con argumentos razonados o con hechos, y constantemente invocan las opiniones de ciertos distinguidos científicos, algunos Premios Nobel y determinadas sociedades profesionales, ignorando a las que están en desacuerdo con sus puntos de vista. De esta manera muchos críticos nucleares parecen compartir unánimemente una característica: la aceptación de la autoridad como vía de acceso al saber, con frecuencia excluyéndose otras fuentes de conocimientos.

En una forma más visible que en otros debates contemporáneos sobre tecnología, un pequeño número de activistas, científicos y profesionales han servido de agente focalizador y director del movimiento antinuclear. El papel del profesional en la controversia nuclear se examinará más adelante. (En la referencia [6] figuran otros comentarios sobre la controversia).

ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y SOCIOLOGICOS

Como se ha mencionado precedentemente, la controversia nuclear tiene raíces más complejas y profundas que las cuestiones tecnológicas corrientemente discutidas. Parte importante de la animadversión que ha heredado la energía nucleoelectrónica es un resabio del temor de las bombas atómicas iniciado en 1945 y agudizado por las precipitaciones radiactivas de las bombas atómicas y como consecuencia la prohibición de ensayos lograda

en los últimos años del decenio de 1950. Otra causa es el hecho de que la tecnología nuclear llegó a su madurez en el momento preciso en que las sociedades industriales prestaban legítimamente mayor atención, que en épocas anteriores a las consecuencias sobre el medio ambiente de la producción industrial y energética. Como resultado de ello, en muchos países las instalaciones nucleares constituyen el único tipo de centrales eléctricas para las cuales los organismos oficiales exigen evaluaciones detalladas con respecto a la seguridad y al medio ambiente, y el público participa directamente en esas evaluaciones. Por esta razón, la coincidencia circunstancial de la aparición de la energía nucleoelectrónica y de la preocupación ecológica da pábulo a la creencia de que constituye un importante catalizador que ha agudizado la cuestión nuclear. Y como refuerzo de este aspecto concreto de la cuestión nuclear se debe señalar un sentimiento antitecnológico muy generalizado, que se manifiesta en las controversias sobre diversos temas, tales como la producción de petróleo en Noruega y la construcción de aeropuertos en Japón y en el Reino Unido.

Aproximadamente desde principios del siglo XVIII, las ciencias naturales comenzaron a tener un auge cada vez mayor como sucedáneo de la religión y como fundamento ético para una filosofía de la existencia. En los últimos 50 años, la ciencia ha ido perdiendo este papel, lo cual ha creado un vacío místico-religioso en mucha gente. En su temor a ese vacío espiritual, son muchos los que aparentemente han tratado de llenarlo con creencias ajenas a la ciencia. Al mismo tiempo, algunos profesionales continúan utilizando el método científico como base práctica para satisfacer sus necesidades de misticismo y de sentimiento religioso. Con el presentimiento intuitivo, aunque difuso, de que la ciencia no es válida como base de sentimientos religiosos, se manifiesta en muchos una reacción de enojo contra la ciencia y la tecnología, que consideran como "un dios fracasado". Derriban entonces la ciencia de su falso pedestal como guía de las acciones éticas humanas. Por desgracia, en la ceguera de su frustración mística también despojan a la ciencia y a la tecnología de su papel esencial y legítimo de importante reguladora del funcionamiento práctico de la sociedad moderna. Ya sea causa o efecto, a esto se suma un resurgimiento evidente del apasionamiento y del irracionalismo de nuestra sociedad (véase la Ref. [6] en lo que se refiere a la esfera nuclear, la Ref. [9] a los antecedentes sociológicos y la Ref. [10] en cuanto a la importancia del irracionalismo).

Volviendo al tema de la confusión en la aplicación del concepto de probabilidad señalado en la sección precedente sobre el riesgo tecnológico, observamos en el debate nuclear una incesante búsqueda de autorizadas respuestas de carácter causal y mecanicista derivadas de la ciencia y la tecnología a las cuestiones estadísticas, cuestiones que, según hemos visto, "solo" pueden responderse con contestaciones probabilísticas objetivas y en modo alguno absolutas. En ningún caso resulta esto más patente que en los confusos requisitos para la gestión de desechos radiactivos absolutamente exentas de riesgos y las garantías absolutas que se exigen contra las posibles catástrofes en los reactores.

En una sociedad que para muchos presenta creciente orientación tecnológica, la ansiedad es frecuentemente el resultado de una evolución y de contemplar un porvenir que escapa a nuestra comprensión y que no podemos predecir. Contrariamente a la creencia popular, este fenómeno no es particular a nuestra época. En esencia, todas las acciones humanas tienen consecuencias inesperadas y la humanidad no ha podido nunca predecir una evolución que depende del crecimiento y de los cambios que experimenten sus conocimientos.

Una perspectiva del debate nuclear, por lo tanto, nos hace ver que nuestro principal problema puede ser el de oponerse a la irracionalidad y a la emotividad cuando se trata de resolver problemas físicos reales destinados a reducir el sufrimiento humano. La lucha *no* está dirigida, pues, contra las emociones o la irracionalidad en tanto que tales.

EL INTERES PUBLICO Y LOS PROFESIONALES

La asimilación de la ciencia y la tecnología a la cultura de la sociedad industrializada es incompleta y muy bien puede continuar siéndolo. Encontramos, en consecuencia, una insuficiente comprensión del hecho de que las ciencias naturales y la tecnología son disciplinas que se pueden aplicar para lograr las finalidades perseguidas, pero no disciplinas que intervengan en la elección de esas finalidades. La información que ofrecen la ciencia y la tecnología — por ejemplo, sobre los diferentes medios para obtener objetivos concretos — se considera a menudo insuficiente. En la cuestión nuclear, como en tantas otras, esto queda de manifiesto en la vana búsqueda de respuestas científicas con peso de autoridad a la cuestión “¿qué es bueno para la sociedad?”. Otro aspecto de este problema (como se ha indicado en la sección sobre el riesgo tecnológico) es el deseo de alcanzar el grado óptimo de objetividad que teóricamente pueda lograrse mediante la ciencia.

¿Qué es, entonces, la “objetividad científica”? Existen dos opiniones principales. La más general parece ser que la objetividad se refiere a la actitud mental y psicológica del científico, a su enfoque imparcial y sereno de la cuestión. Esta opinión es a la vez errónea y peligrosa. Errónea porque los científicos son seres humanos antes que científicos. Y para la humanidad incluidos los científicos resulta imposible ser completamente imparcial y sereno. Reconocido este principio, se puede llegar a creer que la objetividad científica no existe. Creencia también peligrosa puesto que nos despoja de nuestra racionalidad, de nuestro contacto con el mundo natural por medio del conocimiento objetivo. Es de presumir que este puede ser un factor importante en la debilitación de la fe en los científicos y, por tanto, en la ciencia.

Existe otro punto de vista útil sobre la objetividad científica, que ha sido aceptado por muchos hombres de ciencia. Este concepto de la objetividad resulta de la necesidad de que la ciencia sea libre y pública. El científico debe exponer sus razonamientos, teorías y resultados empíricos a la crítica libre y franca de sus colegas en la esfera de su especialidad. En la discusión y en la evaluación de una doctrina se admite como condición previa una actitud crítica sin recurrir o referirse a autoridades o a intereses ajenos. Un aspecto fundamental del carácter abierto y público de la ciencia es que el resultado científico se pueda repetir y someter a ensayo por todos aquellos que tienen conocimiento de las técnicas científicas necesarias. Solo después de haber pasado tales críticas y ensayos intersubjetivos se considerará que se ha logrado un resultado científico objetivo que, si bien incompleto y pleno de incertitudes, se puede presentar y aceptar en círculos fuera de la comunidad científica. Que tal resultado no tenga ni autoridad absoluta ni validez permanente en todos sus detalles podrá parecernos deplorable, pero aun así se debe reconocer como una realidad indiscutible de la vida y de la ciencia.

La base de vicios de concepto y la errónea utilización de las respectivas funciones de la ciencia y de los científicos en relación con las cuestiones sociales, incluida la cuestión nuclear, reside en la falta de comprensión de estos aspectos de la objetividad científica. El uso inadecuado de los modelos mundiales, la arrogancia científica y los manifiestos públicos lanzados por los científicos son tres ejemplos importantes y bien conocidos que se dan en la controversia nuclear, en los cuales la irracionalidad se alfa a esta falta de comprensión.

Algunas aplicaciones de los modelos mundiales creados por la ciencia en los últimos años revelan una utilización abusiva del método científico para tratar de obtener respuestas autorizadas. Estos modelos han servido para pronosticar ciertas formas de evolución social, algunas de las cuales prevén a veces futuros cataclismos sociales. Tales predicciones han servido de catalizador para que distinguidas personalidades de todo el mundo de la política, de la ciencia y de la tecnología compartan el sentimiento de culpabilidad asociado con los impactos negativos actuales y futuros resultantes de una expansión del proceso de industria-

lización. El peso de esta culpa conduce a veces a acciones que buscan orientar la evolución de la sociedad de manera que se eviten los cataclismos previstos. Esas acciones conceden a los modelos mundiales y a las predicciones que de ellos se derivan la autoridad de la ciencia y la de importantes personalidades. Esta autoridad no está justificada ni por la validez científica de los modelos, ni por la conjunción de la autoridad social y a la "autoridad" de la ciencia.

Algunos profesionales de ciertas ramas parecen creer que, a causa de sus especiales conocimientos, sus doctrinas políticas están fundadas en un análisis más sólido de los datos que los análisis de que dispone el público. Si se espera que el público sienta confianza en la capacidad de los profesionales para tomar decisiones, la opinión de reconocidos expertos dentro de sus propias esferas de competencia debe gozar de cierta autoridad, dentro de los límites de la objetividad científica. Pero es igualmente importante que no se preste apoyo a una extensión de la autoridad técnica profesional a cuestiones de carácter político o ético. Esa extralimitación puede ser signo de arrogancia intelectual.

En los últimos años hemos presenciado gran plétora de manifiestos y declaraciones a favor o en contra de la energía nuclear, procedentes de Premios Nobel, de grupos de científicos y de diversas sociedades profesionales. Para aumentar la autoridad y por lo tanto las repercusiones de tales declaraciones, invariablemente se ponen de relieve las eminentes y especiales cualificaciones de los firmantes. Casi sin excepción, los firmantes de los manifiestos antinucleares carecen de conocimientos técnicos o prácticos en las esferas pertinentes de la tecnología nuclear; por lo tanto en tales casos, se desvirtúa la objetividad de la ciencia. Por lo que respecta a los que apoyan los manifiestos en favor de la energía nuclear, esta crítica es menos pertinente.

Una crítica hay que es sin embargo válida contra todos los manifiestos sobre la energía nuclear. La escala y el calendario de la introducción de la energía nuclear es una decisión compleja y de gran importancia, que se basa en consideraciones técnicas, económicas, políticas y de carácter social. En una sociedad democrática tales decisiones no se dejan en manos de científicos y tecnólogos, sino de funcionarios y de políticos elegidos. Un profesional que utilice sus conocimientos y experiencia para sostener opiniones personales relativas a cuestiones sociales, está intentando trasladar su "autoridad" técnica a campos en los que dicha "autoridad" ya no es válida, es decir a campos en que su opinión debe ser contrapesada por el principio "un hombre, un voto" [11].

Un papel importante del profesional con respecto a la cuestión nuclear es pues el de refrenar la emotividad y la irracionalidad en su esfera profesional. Y para ello es, probablemente, requisito previo para conservar la confianza del público que el trabajo que realice se ajuste en pleno a las normas de la objetividad científica propiamente dicha.

EVALUACION TECNOLOGICA SISTEMATICA

Si no logramos mejorar nuestro control de la asimilación en la sociedad de las tecnologías de gran escala se podría llegar al resultado de que la tecnología sea la que controle la evolución social. Habiendo comprendido esto, algunos tratan de frenar la aplicación más generalizada de la ciencia y de la tecnología, sin comprender, al parecer, que nunca se ha podido "desinventar" lo ya inventado por la ciencia. Al mismo tiempo, el movimiento ecológico lleva en sí la simiente de una nueva dimensión del control de las tecnologías de gran escala. Tal control, en la forma propuesta por los ecologistas, así como la que se ha aplicado hasta la fecha, ha sido un expediente creado expresamente para el caso y en forma no sistemática. El hecho siguiente sirve para ilustrar claramente este hecho. Las regulaciones aplicables a la energía nuclear exigen por lo general un análisis de costos-riesgos-beneficios desde el punto de vista social. Así se genera información sobre las perjudiciales consecuencias de la energía atómica sobre el medio ambiente y la salud. Sin embargo como

ya hemos indicado, se carece de criterios con los que se puedan cuantificar esos perjuicios. Más importante aún, ni se requiere, ni se facilita información similar para los otros sistemas de producción de energía eléctrica con lo que la optimización de la producción energética desde el punto de vista social se hace imposible.

Para establecer criterios sociales para la optimización y control de la tecnología es preciso aplicar un método sistemático. Los costos y beneficios o las repercusiones de la tecnología específicamente la de la producción energética se deben considerar en tres dimensiones: espacio, tiempo y sociedad. Cualquier clasificación que se haga de las consecuencias de la tecnología debe teóricamente comprender las áreas de la salud, la influencia sobre el medio ambiente, la disponibilidad de recursos, la economía y los aspectos sociopolíticos. En el estado rudimentario actual de la metodología, se deben aceptar y pueden ser útiles las evaluaciones y criterios cualitativos. Un ejemplo de la estructura cualitativa de una evaluación tecnológica sistemática figura en el Cuadro I.

Como ya se ha mencionado, podría ser útil dividir en tres gamas las variaciones del parámetro de cada una de las dimensiones; es necesario, además, distinguir entre la amplitud del agente que causa el efecto (por ejemplo, la contaminación atmosférica) y la amplitud del efecto propiamente dicho (por ejemplo los efectos a corto plazo, como la bronquitis, en oposición a los efectos a plazo medio, como el cáncer).

Al evaluar los sistemas de producción energética, se debe considerar el sistema íntegro, desde la producción del combustible hasta la gestión de desechos, pasando por la planta de producción de energía. Si bien este es un procedimiento normal con respecto a la energía nucleoelectrónica, las evaluaciones no son completas cuando se realizan con otras formas de energía (por ejemplo no se tienen en cuenta los desechos de la utilización de combustibles fósiles para la producción de energía).

Los ingentes gastos sociales que resultan de la inaplicación de una evaluación y selección sistemáticas de distintas posibilidades energéticas se ilustran en el siguiente ejemplo, que trata de la evaluación de los efectos sanitarios de la producción energética [3]. El Cuadro II indica el costo social en términos de accidentes mortales que podrían resultar de la contaminación general atmosférica producida por la generación de electricidad en centrales nucleares térmicas a base de carbón en los Estados Unidos durante el período de 1975—2000. Las cifras relativas al combustible fósil carecen de precisión y deben ser consideradas únicamente a título indicativo. (Un ejemplo de una evaluación más completa que cubra el total de los costos sociales atribuibles a la producción eléctrica a base de carbón o nuclear aparece en la Ref. [12]).

Atención especial merece la última línea del Cuadro I, que representa las repercusiones políticas de la generación eléctrica. La cuestión de la posible proliferación de explosivos nucleares procedentes del plutonio producido en los reactores de potencia es buen ejemplo de la importancia de este tipo de consecuencias. Si bien muchas opiniones destacan la importancia de este aspecto, no hay que olvidar, que, en realidad, se han producido y se continúan produciendo muy serias repercusiones políticas de otros sistemas de producción de energía, por ejemplo los que utilizan el petróleo como combustible. Tal vez la diferencia más importante en el caso de la proliferación del plutonio es la existencia del acuerdo político — de carácter único — que significa el Tratado Internacional de no Proliferación. Por lo que se sabe, nunca se ha llegado a tratados similares con respecto a materiales de guerra o productos derivados del petróleo, por ejemplo, o a armas no nucleares.

Si bien se pueden efectuar otras muchas evaluaciones de sistemas energéticos, una característica de la pauta indicada precedentemente debería ser de aplicación general. Se deberían considerar las repercusiones en términos de efectos benéficos o perjudiciales para la humanidad y su medio ambiente, y no, como a menudo se procede en la esfera no nuclear, en

Cuadro I. Elementos de la evaluación tecnológica sistemática

Dimensión ^a	Espacio			Tiempo			Sociedad		
	Local	Regional	Global	Corto plazo	Plazo medio	Largo plazo	Individuo	Grupo	Humanidad
Repercusiones sobre:									
Salud	x ^b	x	x	x	x	x	x	x	x
Influencia sobre el medio ambiente	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Disponibilidad de recursos	-	x	x	-	x	x	-	x	x
Economía	x	x	x	x	x	-	-	x	x
Sociedad	x	x	-	-	x	x	-	x	x
Política	-	x	x	x	x	-	-	x	-

^a Es preciso considerar cada una de las repercusiones en dos gamas de parámetros adicionales: la amplitud del agente que produce la repercusión (por ejemplo la contaminación atmosférica) y la amplitud de la propia consecuencia (por ejemplo el cáncer).

^b x = por evaluar; - = no pertinente.

Cuadro II. Ilustración de los costos en terminos de accidentes mortales en los Estados Unidos producidos por la contaminación debida a la producción de electricidad en el período 1975-2000 [3]

Caso	Nuclear ^a	Carbón ^b
Generación postulada de electricidad durante el período 1975-2000, equivalente a	35 000 TWh 5400 años/ central	35 000 TWh 5400 años/ central
Estimación del cáncer inducido por radiaciones, por central/año	0,2	-
Estimación de accidentes mortales debidos a la contaminación atmosférica, por central/año	-	44
Estimación de accidentes mortales en el período 1975-2000	< 1100	240 000
Costos sociales a razón de 300 000 dólares de los Estados Unidos por accidente mortal	< US \$330 X 10 ⁶	US \$72 000 X 10 ⁶

^a El total de costos sociales debido a la energía nucleoelectrica puede ser mayor y en él no es preponderante la contaminación.

^b En los costos sociales son probablemente preponderantes las enfermedades causadas por la contaminación (no incluidas) y los accidentes mortales. La estimación de los casos fatales es sumamente incierta y puede variar antra 10 000 y más de 500 000.

términos de parámetros secundarios tales como las toneladas de vertidos de petróleo por accidente, la concentración de sustancias nocivas en la atmósfera y en el agua, etc.

Por último, subrayemos que la evaluación tecnológica sistemática exige igualmente que se practique un análisis que hasta el momento nunca se ha efectuado: el análisis no solo de las otras tecnologías aplicables, sino también de la posibilidad de una total abstención del uso de una tecnología determinada y de sus productos. Con respecto a la cuestión nuclear es interesante el hecho de que nunca se ha practicado una evaluación sobre las consecuencias que tendría para la salud, el medio ambiente, los recursos, la economía y también en materia social y política que no se mantuviera o no se ampliara la actual producción de energía eléctrica.

EN LUGAR DE LOS HECHOS EN UN MUNDO DE VALORES

Toda acción humana apareja consecuencias imprevisibles. Las acciones no se pueden proyectar únicamente sobre la base de pruebas tangibles y deducciones lógicas: se deben fundar finalmente en decisiones políticas adoptadas ante la incertidumbre, circunstancia que ofrece una perspectiva en vez de un hecho científico y tecnológico, en un mundo de valores individuales y sociales. Evidentemente, una masa de factores y demandas *irracionales, emocionales y éticos* pueden tener importancia para la selección de los sistemas para la producción de electricidad. Sin embargo, una evaluación de los factores *racionales y cuantificables* nos indicará los sacrificios que se deberán aceptar, términos de vidas, de mejoras del medio ambiente, de ventajas económicas y sociales, a fin de satisfacer esas demandas emocionales. Para proteger el interés público, se debe conocer la importancia de los factores irracionales en la controversia nuclear, pero las decisiones sobre el mayor número de problemas posible se deben tomar de manera ponderada, objetiva y racional.

Aunque el lugar que han de ocupar los hechos en un mundo de valores humanos se debe determinar por medio de valores, no es posible transformar los hechos por medio de valores.

Este trabajo se presentó en la Conferencia Internacional sobre la energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible, 2 a 13 de mayo de 1977. Salzburgo, Austria

Referencias

- [1] Edison Electric Institute, Economic Growth in the Future, McGraw-Hill, New York (1976), Ch.6.
- [2] Maderthaner, R., et al., Perception of Technological Risks: The Effect of Confrontation, IIASA Research Memorandum RM-76-53 (1976).
- [3] Döderlein, J.M., "Nuclear power and society — generalizations from the European scene", American Nuclear Society — Reunión Internacional de 1976 de la Sociedad Nuclear Europea, Washington, 1976.
- [4] Otway, H.J., Pahner, P.D., "Risk assessment", Futures 2 (1976) 122.
- [5] Popper, K.R., The Logic of Scientific Discovery, Harper, New York (1959) Ch. 8.
- [6] Döderlein, J.M., "The nuclear issue as seen by an uncommitted nation", Financial Times Conf. on Nuclear Power and the Public Interest, London, 1976.
- [7] Committee of Inquiry, The Plutonium Economy, The Plutonium Economy: A Statement of Concern, National Council of Churches of Christ in the USA (1975).
- [8] Boffey, P.M., "Plutonium: its morality questioned by National Council of Churches", Science 192 (1976) 356.
- [9] Cotgrove, S., "Technology, rationality and domination", Social Studies of Science 5 (1975) 77.
- [10] Popper, K.R., The Open Society and its Enemies, Routledge, London (1973) Ch. 24.
- [11] Döderlein, J.M., "Nuclear power, public interest and the professional", Nature 264 (1976) 202.
- [12] Barragher, S.M., Judd, B.R., North, D.W., The Economic and Social Costs of Coal and Nuclear Electric Generation, NFS Rep. 76-501, Washington (1976),