

Estudios de los riesgos debidos a diferentes fuentes energéticas: consideraciones metodológicas

por M. Bertin

Este tema ha sido objeto de numerosos estudios durante los últimos años y de varias reuniones científicas. Se trata pues de una cuestión de interés candente y hoy día podemos formar una más clara idea de los resultados probables de estas investigaciones.

JUSTIFICACION DE ESTAS INVESTIGACIONES

Cuatro factores han influido para la realización de estos estudios. El primero es el desarrollo de la industria nucleoelectrica, que a menudo se considera que entraña riesgos mucho más importantes — e incluso desproporcionados — que los de otras industrias de generación energética. Las explosiones de Hiroshima y Nagasaki explican sin duda alguna tal opinión. Sin embargo, la generación nucleoelectrica existe desde hace 25 años sin que en sus instalaciones industriales se haya producido un solo accidente mortal por irradiación. Este es el motivo por el que dicha industria, sintiéndose injustificadamente acusada, ha favorecido estos estudios, lo que naturalmente no está desprovisto de ambigüedad.

El segundo factor es que actualmente el progreso científico y médico ha revelado riesgos ignorados hace algunas decenas de años. Ejemplo de tales riesgos es la posible influencia de un número cada día mayor de agentes físicos y químicos en la manifestación de cánceres, la aparición de deformidades del feto causadas durante el embarazo y la inducción de mutaciones genéticas.

Otro ejemplo son los cambios en los ecosistemas y los efectos indirectos sobre el hombre de sustancias tóxicas que han penetrado en las cadenas alimentarias. Podrían citarse otros ejemplos. Por tanto, es lógico que se procure determinar si estos diversos efectos se han tenido debidamente en cuenta hasta la fecha al hacer el balance de los posibles riesgos atribuibles a las distintas fuentes energéticas.

Por consiguiente, es indispensable preocuparse por los posibles efectos sobre la salud de la industria nucleoelectrica a estos niveles diferentes. Es normal también que nos preguntemos si estos factores se han tenido en cuenta en el caso de las denominadas fuentes energéticas tradicionales. En efecto, esas fuentes se han desarrollado muy rápidamente y en un tiempo relativamente corto. La producción mundial de carbón, que era de 20 millones de toneladas en 1800, supera hoy día los 2000 millones de toneladas. La utilización del petróleo es todavía más reciente: 800 000 toneladas en 1880 y alrededor de 3000 millones de toneladas en la actualidad. La explotación del gas natural empieza incluso mucho más tarde.

El Dr. Bertin es Miembro Asociado del Comité Médico de Gaz de France y Electricité de France, París.

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

Es también esencial determinar si las "nuevas energías" — algunas de las cuales han sido denominadas "energías blandas" — plantean problemas para el medio ambiente y para la salud pública. Lo mismo puede decirse de las nuevas técnicas de producción de energía (gasificación del carbón, por ejemplo) y de los métodos de utilización (medios de transporte, etc.).

Por último, hay un cuarto factor de índole psico-sociológica que, sin duda alguna, ha desempeñado un importante papel. La preocupación de la opinión pública por el medio ambiente en que vivimos es un fenómeno comparativamente reciente, y todos están de acuerdo en que la evolución de la sociedad en los últimos decenios ha ido acompañada de aspectos negativos (urbanización excesiva, necesidades artificiales creadas por la sociedad de consumo). Muchos consideran que esta evolución, así como el aumento del consumo de energía son fenómenos concomitantes. Esto es otra razón para intentar hacer un balance de la situación a fin de determinar tanto las ventajas como los inconvenientes que un incremento de un consumo de energía supone desde el punto de vista de la salud.

TIPO DE INVESTIGACIONES

Es evidente que desde hace mucho tiempo se vienen realizando estudios sobre los riesgos de las diferentes fuentes de energía.

Pueden distinguirse tres tipos de estudios. Primero, *el estudio de un riesgo determinado*. Tal es el caso, por ejemplo, de los estudios sobre la silicosis de los mineros, la electrocución, y la asfixia por gases de combustión. En principio esos estudios perseguían esencialmente establecer un balance médico de tales riesgos: descripción clínica y biológica, pronóstico, tratamiento, registro y tratamiento de las complicaciones y de los efectos secundarios. Posteriormente se han efectuado estudios epidemiológicos sobre estos diversos riesgos, y gracias a largas series estadísticas es hoy posible apreciar la evolución de un riesgo en función de múltiples factores. Cabe mencionar los ejemplos citados por el Dr. Amoudru¹ a propósito de los accidentes de trabajo y de la pneumoconiosis en las minas de carbón, y por el Dr. Péquignot² con respecto a los casos de asfixia por gas y de electrocución.

Un segundo tipo de investigación consiste en *examinar, respecto de un riesgo concreto, todos los problemas planteados por una fuente energética determinada*. Un ejemplo es el de la irradiación resultante de la producción nucleoelectrónica en las diferentes etapas del ciclo del combustible.

Para que una central nuclear funcione se precisa la anterior realización en instalaciones apropiadas de las operaciones siguientes:

- extracción del mineral uranífero;
- refinado del mineral;
- purificación y transformación en sal de uranio o en uranio metálico;
- posible enriquecimiento;
- fabricación de elementos combustibles

y, posteriormente a las operaciones de la central, la operación siguiente:

- reelaboración del combustible agotado y su almacenamiento.

¹ Véanse las páginas 80 a 91 de este Boletín.

² Véanse las páginas 92 a 101, *ibid.*

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

Por lo tanto, cuando hablamos de la irradiación debida a la producción nucleoelectrica, deben tenerse en cuenta todas esas etapas.

Además esta irradiación puede afectar:

- A las personas empleadas en las diversas etapas del ciclo, incluidos los trabajadores de las minas de uranio y el personal de las centrales nucleares y de las plantas de reelaboración;
- La población en su conjunto, debido a la eventual dispersión de los radionucleidos de período largo; y
- Las denominadas secciones "críticas" de la población, por ejemplo, las personas que viven en las cercanías inmediatas de las instalaciones nucleares.

Por último, la irradiación puede revestir distintas formas: puede ser directa — por irradiación externa o contaminación — o indirecta, a través del medio ambiente en el que los radioelementos siguen vías complejas.

Estos estudios son a la vez médicos y técnicos; permiten evaluar para cada una de las etapas de las diversas técnicas de producción (los diferentes sistemas nucleares), las fuentes de irradiación, los desechos producidos y las consecuencias que sobre la salud son capaces de provocar.

El Cuadro 1, publicado en el informe de 1977 del Comité de Radiaciones indica las dosis recibidas por los individuos expuestos (profesionalmente o no) durante un año, debidas al conjunto de las instalaciones necesarias para una central nucleoelectrica de 1 MW(e). El conjunto de los individuos expuestos reciben por consiguiente una dosis colectiva comprendida entre 5,2 y 8,2 rad-hombre.

Se podrían imaginar estudios análogos para cierto número de sustancias químicas. El mejor ejemplo es el del amianto. Los mineros de las minas de Canadá y Sudáfrica han pagado un fuerte tributo al amianto. Fueron los médicos de este último país quienes describieron la asbestosis pulmonar, pero han sido las investigaciones británicas y americanas realizadas con el personal de los astilleros navales las que han demostrado la gravedad del problema. El amianto se utilizaba en esos astilleros como aislante y calorífugo. El Sr. Califano, antiguo Secretario de Estado de Salud Pública de los Estados Unidos habló de millones de personas expuestas a un riesgo de asbestosis y de cáncer. El amianto se ha utilizado además en gran escala en la construcción de viviendas y de locales profesionales; centenares de objetos contienen también amianto, desde el tostador de pan hasta las zapatas de los frenos de los automóviles. Por consiguiente, la entera población está más o menos afectada.

La diferencia entre la industria nucleoelectrica y la del amianto es que, en el primer caso, los estudios se han realizado antes de que se comprobaran los efectos nocivos, mientras que en el segundo los estudios solo se han efectuado a posteriori. En realidad, en el caso del amianto, solo se lleva un registro desde hace algunos años: un inventario de los efectos sanitarios y un inventario de las exposiciones, acompañados del establecimiento de normas y de técnicas de medición de dosis.

Sin embargo, cuenta habida del crecimiento espectacular del empleo del amianto durante los últimos 35 años y del largo período de latencia del cáncer pulmonar y del mesotelioma pleural, es seguro que durante los próximos 20 años se detectará cierto número de cánceres en sujetos expuestos antes de definirse las citadas normas.

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

Cuadro 1. Evaluación de las dosis anuales debidas a la producción nucleoelectrónica

Etapa del ciclo del combustible	Tipo de irradiación	Dosis colectiva/año rad-hombre/MW(e)
Extracción Tratamiento Fabricación	Profesional	0,2-0,3
Funcionamiento de reactores	Local - regional	0,2-0,4
	Profesional	1
Reelaboración	Local	0,1-0,6
	Mundial	1,1-3,3
	Profesional	1,2
Investigación	Profesional	1,4
TOTAL		5,2-8,2

El tercer tipo de estudios es relativamente reciente y permite *una comparación efectiva entre las diversas fuentes de energía*. Los objetivos de estos estudios son ambiciosos. Tratan de abarcar:

a) Todos los riesgos

- Algunos riesgos son específicos y otros no (accidentes de trabajo, por ejemplo);
- Son riesgos profesionales (enfermedades profesionales), o afectan a la población;
- Se trata tanto de enfermedades como de accidentes, en cuyo caso hay que tener en cuenta no solo su gravedad sino la probabilidad de que se produzcan;
- Hay que tener en cuenta no solo a los sujetos particularmente expuestos (trabajadores o poblaciones que viven en la cercanía de las instalaciones peligrosas), sino además a la población en su conjunto, ya que ciertos riesgos pueden afectarla a plazo muy largo (radionucleidos de período muy largo, aumento de la concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera);
- Hay que tener igualmente presentes los numerosos mecanismos posibles de acción sobre los seres vivos.

b) Todas las actividades que han contribuido al establecimiento, funcionamiento y desmantelamiento de las instalaciones requeridas para un sistema energético.

En particular, hay que incluir en los estudios todas las actividades económicas e industriales que entran en juego para crear las instalaciones industriales necesarias. Un ejemplo indicará las razones de ello. La explotación de las centrales hidroeléctricas no entraña prácticamente ningún riesgo: la plantilla es pequeña y la instalación está fuertemente automatizada. Sin embargo, su construcción ha provocado accidentes del trabajo (varias decenas de fallecimientos en el caso de ciertos embalses muy grandes), riesgos de silicosis (al perforar las galerías) para los obreros de empresas de obras públicas; otros accidentes se han producido

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

durante la fabricación de los materiales utilizados (turbinas, alternadores, etc.), la producción de decenas de millares de toneladas de hormigón (canteras, fábricas, transporte, etc.), de acero (minas de hierro, fábricas siderúrgicas, industrias mecánicas, etc.) y de diversos metales (aluminio, cobre, etc.).

Dadas las presentes técnicas, la energía solar requiere más inversiones que la nuclear para generar la misma potencia.

FACTORES QUE HAY QUE TENER EN CUENTA

Carece de sentido oponer estos tres tipos de estudios; son complementarios y aportan informaciones diferentes.

Sin embargo, solo los últimos tipos de análisis permiten verdaderas comparaciones, pero las dificultades son evidentes: datos incompletos y con valores variables, utilización de "modelos" y elección de hipótesis difícilmente verificables, y adición de "efectos" de naturaleza muy diferente.

Para reducir esta complejidad, muchos estudios se han limitado a comparar los riesgos provocados por la producción de cierta cantidad anual de electricidad o por las instalaciones eléctricas de una potencia dada. No se han tenido en cuenta los problemas de transporte, distribución y utilización de la electricidad. En particular, esos estudios permiten establecer una jerarquía entre los distintos sistemas de producción de electricidad. Las publicaciones de Hamilton han descrito en detalle las comparaciones de este tipo.

Además, debido a la complejidad creciente de estos estudios es más difícil establecer conclusiones generales de los mismos. Si se utiliza un gran número de parámetros exactos se obtiene una definición cada vez más exacta de un caso particular; los resultados son muy interesantes pero menos generalizables. Por ejemplo, si el estudio trata de la generación de electricidad a partir del carbón, las consecuencias son muy diferentes si se trata del carbón producido en los Estados Unidos o en Francia. En el primer caso, el carbón procede a menudo de minas a cielo abierto altamente automatizadas y sin silicosis en las que el rendimiento por minero es de decenas de toneladas. En cambio, las minas francesas son muy profundas, la extracción es difícil, el rendimiento es mucho más bajo y existe riesgo de pneumoconiosis.

Por lo tanto cada caso es distinto, y estos estudios no pueden efectuarse a menos que se defina un número de parámetros que ejerzan una influencia esencial sobre los riesgos.

Reglamentos

Desde luego, los riesgos dependen de la calidad y fiabilidad de las instalaciones; éstas a su vez dependen en gran medida de los reglamentos de protección y de seguridad, que varían de un país a otro. Por ejemplo, los reglamentos definen la cantidad de desechos radiativos que pueden descargarse en la atmósfera o en el agua. De modo análogo, en ciertos países la exposición profesional a sustancias tóxicas se rige por normas; éstas definen "el grado de los riesgos aceptables". Sin embargo, estas normas no existen en todos los lugares y — cuando existen — difieren según los países. Por tanto, incluso cuando la producción y la tecnología son idénticas, los riesgos pueden variar en función de la reglamentación y del rigor con que se aplica. En esta esfera, una política voluntarista puede modificar de modo importante los riesgos de que se trate.

Selección de emplazamientos para establecer unidades de producción

Las consecuencias de un accidente o incidente son evidentemente muy variadas según el medio natural y humano en que tengan lugar. Esto es cierto evidentemente de los accidentes. La ruptura en 1959 de la presa de Malpasset, cerca de Fréjus, provocó 421 muertos debido a la importancia de la población aguas abajo y a la situación de sus viviendas.

Esto también es cierto para la contaminación: los efectos de la contaminación por el azufre dependen del tipo y de la cantidad de la vegetación expuesta (la contaminación por el azufre en la región de Lacq se debe a la planta de purificación de gas). Puede decirse lo mismo de los efluentes radiactivos.

Esta cuestión del emplazamiento posee otra faceta: los efectos perjudiciales de la producción de energía en un emplazamiento determinado se suman a los ya existentes. Por ejemplo, la importancia de los efectos de los contaminantes atmosféricos o del calentamiento de las aguas fluviales depende de los niveles anteriormente existentes ya que hay "umbrales prácticos" para estos diversos efectos; por consiguiente, la gravedad depende de la cantidad total de material contaminante liberado o del volumen total de agua caliente producida por las múltiples fuentes industriales en un tramo fluvial dado.

En consecuencia, es imposible en estos casos evaluar los efectos nocivos de una instalación determinada, ya que el problema real se refiere a la cantidad total de daños causados: incumbe a la comunidad establecer una jerarquía. Así ocurre cuando la contaminación por el azufre alcanza cierto nivel en un área urbana y se obliga a cerrar aquellas industrias consideradas en gran parte responsables de la contaminación.

La selección de los emplazamientos no es únicamente un problema geográfico

Francia es un país con limitados recursos energéticos que debe importar gran parte de los mismos; más de la mitad del carbón que consume procede de países extranjeros tales como Polonia, Sudáfrica y los Estados Unidos. Los riesgos humanos que entraña este componente de la producción de carbón no afectan por consiguiente a la población francesa.

Pero la contaminación plantea también problemas en el plano internacional. Se conocen las transferencias atmosféricas a grandes distancias de algunos radisótopos presentes en efluentes gaseosos y de algunos contaminantes atmosféricos químicos; la acidificación progresiva de los lagos escandinavos y la deterioración progresiva de los bosques de esos mismos países es atribuible a la contaminación por el azufre originada sobre todo en la Gran Bretaña, pero también en el conjunto de Europa central y occidental.

Necesidad de tomar también en consideración el factor tiempo

Las técnicas, los reglamentos, los métodos de medición y su exactitud evolucionan muy rápidamente. Los conocimientos médicos y biológicos progresan también con gran rapidez, lo mismo que los métodos de seguridad y prevención. Esto contribuye a que la situación actual sea muy diferente de la de hace 30 años. En ese lapso han cambiado los problemas sanitarios planteados por la producción y transporte de electricidad.

En 1950, se tendía a la construcción de centrales alimentadas con carbón y equipadas con unidades de 125 MW, aunque la EDF (Electricité de France) desplegaba considerables esfuerzos para desarrollar centrales hidroeléctricas. Hoy día, la orientación principal es

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

hacia las centrales nucleares. Es evidente que las precauciones que se tomaban en aquel entonces para proteger el medio ambiente eran mucho menores de las de hoy día. Las centrales alimentadas con carbón están equipadas en la actualidad con separadores de polvo que eliminan el 98% del mismo, que de otro modo alcanzaría la atmósfera. El contenido de azufre de los combustibles utilizados es limitado y las concentraciones presentes en la atmósfera se miden a intervalos regulares. Las precauciones adoptadas para proteger los emplazamientos son mucho más considerables que hace 30 años.

Por consiguiente, es probable que estos progresos continúen, por lo que es difícil extrapolar de la situación actual a la que predominará dentro de 10 años, y con más razón todavía dentro de 15 o más años.

BALANCE SANITARIO

Una de las principales dificultades de estos estudios es el valor relativo de los datos sanitarios. El volumen y valor de los datos disponibles no guarda relación con la importancia real de los riesgos: por ejemplo, los riesgos profesionales se conocen mucho mejor que los riesgos de los usuarios, pero no es seguro que estos últimos no sean más importantes. A menudo ocurre que son muy numerosos los datos relativos a un riesgo cuando éste es bien conocido y está bien controlado. Por último, la importancia de los medios consagrados a este problema depende menos de su gravedad que de la manera en que se tiene conciencia del mismo y de las responsabilidades en juego.

A menudo es extremadamente difícil señalar la causa de un efecto sanitario no específico. Por ejemplo ¿cómo imputar parte de las enfermedades pulmonares crónicas a una fuente determinada de contaminación atmosférica química o corpuscular?

Otra dificultad estriba en que los indicadores o índices sanitarios poseen un valor limitado. Los indicadores clásicos son la mortalidad y la morbilidad expresadas mediante la incidencia o la frecuencia de enfermedades bien definidas, según aparecen en una clasificación como la de la Organización Mundial de la Salud. Esos indicadores recogen datos muy diferentes: no tienen en cuenta la gravedad, el riesgo vital, la duración, el grado de invalidez y las consecuencias de la enfermedad, factores que hacen que dos casos de una misma enfermedad no sean nunca rigurosamente idénticos.

Además, aparecen grandes diferencias según las personas que registran estos datos: los doctores que prestan asistencia médica en un hospital o en otros sitios, las organizaciones encargadas de elaborar los informes sanitarios, los órganos administrativos encargados de aprobar las prestaciones de los seguros o los propios pacientes. La actitud frente a una enfermedad es extremadamente importante: una enfermedad pulmonar crónica puede ser más invalidante, más penible y de pronóstico peor que un cáncer, pero en general éste último se considera más grave.

Por último, a menudo se atribuye gran importancia a las consecuencias económicas de la enfermedad: las jornadas de trabajo perdidas y los días de hospitalización, las prestaciones necesarias y el costo de la asistencia, el grado de invalidez resultante y la correspondiente compensación, la expresión de un fallecimiento en términos de años de trabajo perdidos.

Se ofrecen paradojas tales como considerar que un caso de invalidez es más grave que un fallecimiento, porque cuesta mucho más, o atribuir a un fallecimiento diferente importancia según se trate de un accidente laboral o de un accidente de un usuario, pues el primero es

LOS RIESGOS RESPECTIVOS DE LAS DIFERENTES FUENTES ENERGETICAS

también más caro. Igualmente difieren las consecuencias económicas de accidente o enfermedades de la misma gravedad, según la protección médicosocial de la víctima.

Ultimamente se han propuesto índices más complejos y detallados, pero se refieren más a las consecuencias socioeconómicas de los problemas sanitarios y al funcionamiento del sistema de asistencia médica. No es probable que se utilicen en el tipo de estudio aquí examinado.

En conclusión, esos índices son muy útiles en el plano médico-legal, económico y administrativo, pero no son sino un reflejo parcial y a menudo infiel de la complejidad de los problemas sanitarios; por ello, los estudios comparativos, si no se tiene en cuenta el valor relativo de estos índices, pueden dar una idea inexacta de la realidad.

CONCLUSION

Las precedentes observaciones permiten definir mejor lo que se puede conseguir con dichos estudios. Es posible evaluar la magnitud de los riesgos sanitarios debidos a un sistema de generación energética si se definen parámetros exactos para el caso previsto. No es sin embargo posible obtener valores exactos, sino límites superiores e inferiores, u órdenes de magnitud. De esta manera pueden establecerse comparaciones entre los principales sistemas energéticos ya sea en cuanto al riesgo total o, con más exactitud, en cuanto a cada uno de los principales riesgos.

Hasta hoy se han publicado numerosos estudios que permiten apreciar si en la elección de una política energética se tienen en cuenta los riesgos y, si en los casos en que los riesgos sean equivalentes, si se exigen las mismas condiciones de seguridad.

Podrían realizarse investigaciones análogas respecto de industrias no energéticas y de diversas actividades económicas.