

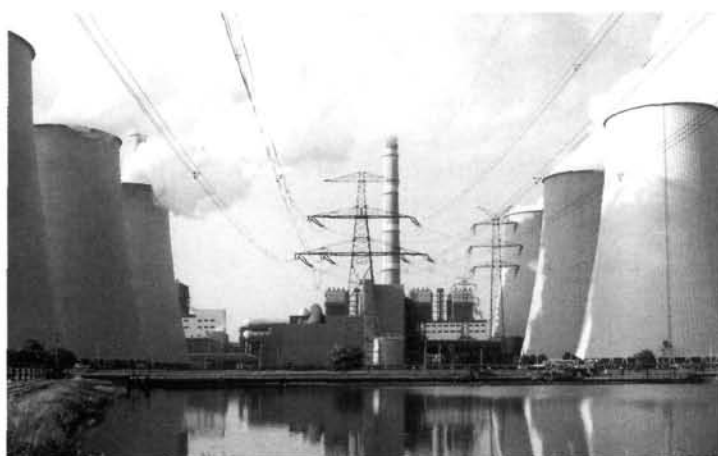
OJEADA AL FUTURO

POR ARI RABL Y MONA DREICER

Todos los sistemas de generación de electricidad producen efectos en la salud y el medio ambiente de quienes viven hoy, efectos que también se harán sentir en futuras generaciones. Los conocimientos actuales indican que es probable que en un futuro lejano se manifiesten varios efectos, y que éstos se deberían tener presentes en las evaluaciones de las opciones energéticas.

Si bien, no es fácil evaluar la posible repercusión en futuras generaciones debido a los largos plazos que intervienen, y por eso no siempre se ha tenido en cuenta, ésta, no obstante, debería considerarse. Incluso con información limitada, deberían analizarse los posibles riesgos, en particular, porque las futuras generaciones no tienen la oportunidad de participar en decisiones que pueden afectar sus vidas. En estos momentos, se considera importante evaluar las consecuencias que tienen para las futuras generaciones los radionucleidos de período largo, el calentamiento de la atmósfera, los accidentes nucleares graves, la disposición final de los desechos, el uso de la tierra y el agotamiento de los recursos.

Para estudiar las repercusiones futuras, conviene definir varias escalas cronológicas. No se ha delimitado con precisión el tiempo que media entre la generación que hoy adopta una decisión y las generaciones futuras, por eso se han supuesto intervalos de alrededor de 50 años. Uno de los efectos a largo plazo más importantes, el calentamiento de la atmósfera, probablemente abarque siglos. Otros, en especial los efectos de los radionu-



cleidos de período largo, pueden prolongarse por miles o millones de años. Como la incertidumbre de las evaluaciones cuantitativas nos lleva a considerar períodos futuros mucho más largos, los resultados correspondientes a los diferentes períodos deben presentarse por separado. El calentamiento de la atmósfera puede fijar un horizonte natural para el futuro lejano mediato. Aunque la escala cronológica no está bien definida, se estima adecuado fijar un límite de 100 ó 200 años.

¿CUALES SON LAS PRINCIPALES REPERCUSIONES FUTURAS?

Dispersión global de radionucleidos. Entre los radionucleidos que emite la generación de energía nucleoelectrónica, dos se dispersan habitualmente a escala mundial, y la duración de sus períodos de semidesintegración justifica la importancia de que se evalúen las repercusiones futu-

ras: el yodo 129 y el carbono 14. El yodo 129 tiene un período de semidesintegración de alrededor de 16 millones de años y se incorpora rápidamente al ciclo global del yodo estable; el carbono 14 tiene un período de 5710 años y se incorporará al ciclo global del carbono.

Las repercusiones en las generaciones de un futuro lejano se deberán, principalmente, al posible aumento de casos de cánceres mortales y a los efectos genéticos derivados del aumento de la exposición a radiaciones de actividad baja. Si bien es mínima la probabilidad de exposición individual y efectos nocivos, la probabilidad de exposición colectiva de un elevado número de personas durante muchas generaciones (aunque las dosis individuales sean pequeñísimas) arroja un número total abso-

El Sr. Rabl es Responsable Científico del Centre d'Energetique, Ecole des Mines, Paris, Francia, y Profesor Investigador de Ingeniería Civil, de la Universidad de Colorado, EE.UU. La Sra. Dreicer es Consultora sobre Evaluaciones Ambientales en Washington, DC, Estados Unidos.

Foto: Central alimentada con carbón en Alemania.

(Cortesía: Siemens)

ESTIMACION DE LOS DAÑOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMATICO A LARGO PLAZO

Tipo de daño	Indicador del daño	UE	EE.UU	Ex-URSS	China	No-OCDE	OCDE	Mundial
Agricultura	Pérdida de bienestar social (% del PNB)	0,21	0,16	0,24	2,10	0,28	0,17	0,23
Silvicultura	Area forestal perdida (Km ²)	52	282	908	121	334	901	1235
Pesca	Reducción de la captura (1000 t)	558	452	814	464	4326	2503	6829
Energía	Aumento de la demanda de electricidad (TWh)	54,2	92,0	54,6	17,1	142,7	211,2	353,9
Agua	Reducción de la disponibilidad de agua (Km ³)	15,3	32,7	24,7	32,2	168,5	62,2	230,7
Protección costera	Gastos de capital anuales (millones de dólares EE.UU/año)	133	176	51	24	14	493	1007
Pérdidas de tierras áridas	Area perdida (1000 Km ²)	1,6	10,7	23,9	0	99,5	40,4	139,9
Pérdidas de zonas húmedas	Area perdida (1000 Km ²)	9,9	11,1	9,8	11,9	219,1	33,9	253,0
Pérdidas de ecosistemas	Número de hábitat protegidos suponiendo una pérdida del 2%	16	8	N/A	4	53	53	106
Salud/mortalidad	Número de muertes (1000)	8,8	6,6	7,7	29,4	114,8	22,9	137,7
Contaminación Atmosférica								
O ₃ tropical	(1000 t de NO _x)	566	1073	1584	227	2602	1943	4545
SO ₂	(1000 t de azufre)	285	422	1100	258	1864	873	2737
Migración	Nuevos inmigrantes (en miles)	229	100	153	583	2279	455	2734
Huracanes								
Víctimas	Número de muertes	0	72	44	779	7687	313	8000
Daños	Millones de dólares EE.UU	0	115	1	13	124	506	630

Nota: Daños estimados sobre la base de una duplicación de las emisiones de dióxido de carbono en un futuro lejano (calentamiento de 2,5°C).

Fuente: S. Fankhauser, "Valuing Climate Change", the Economics of the Greenhouse, Earthscan, Londres (1995). Derivado de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

luto significativo. En los medios científicos relacionados con la protección radiológica se debate mucho si resulta justificado hacer esos cálculos, ya que el riesgo real puede ser de cero.

Los efectos genéticos son mucho menores que el riesgo de posibles cánceres inducidos; a este respecto, pueden encontrarse explicaciones más detalladas en otros estudios, como, por ejemplo, el proyecto ExternE de 1995, de la Comisión Europea.

Calentamiento de la atmósfera. En la actualidad se considera potencialmente una de las consecuencias ambientales más importantes derivadas del gas de efecto invernadero CO₂, producido por la combustión de combustibles fósiles. Otro gas de efecto invernadero relacionado con la energía, el metano (CH₄), se emite durante la extracción de carbón o debido a fugas de los sistemas

de gas natural; también puede emitirse metano por inundaciones y fermentación anaerobia después de la construcción de proyectos hidroeléctricos. Incluso, si las cantidades de metano son pequeñas (las tasas de fuga están por debajo del 1% en los sistemas modernos de gas natural), los efectos de estas cantidades pueden ser significativos porque el metano es capaz de ocasionar un calentamiento de la atmósfera de 20 a 50 veces mayor que el del CO₂.

Aunque nuestra capacidad para cuantificar la influencia del hombre sobre el clima mundial está hoy día limitada por la variabilidad natural y la incertidumbre de los datos disponibles, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático informa que el balance de las pruebas indica que hay una visible influencia del hombre sobre el

clima mundial. Hay un amplio consenso en cuanto a que el aumento relativo de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera podría tener repercusiones diversas y de gran magnitud sobre el clima. Ello afectaría a las mismas personas y los mismos receptores ambientales que ya están expuestos a otras formas de contaminación. Dado que los efectos del calentamiento de la atmósfera son bastante inciertos y se producirán en un plazo más lejano, son más difíciles de cuantificar.

Los daños derivados del cambio climático en un plazo más largo pueden presentarse en términos físicos mediante un conjunto de indicadores de daños. (Véase el cuadro.)

Accidentes graves. Un accidente grave emitirá más contaminación en el medio ambiente. Puede considerarse que sus posi-

bles efectos en la sanidad humana se prolongarán hasta un futuro lejano (en general, hasta 10 000 años). Para las futuras generaciones, la exposición global adicional derivada de emisiones catastróficas accidentales es, en general, pequeña en comparación con la derivada de operaciones normales. Ello se debe, en parte, a la distribución más localizada de los radionucleidos de período largo y a la poca frecuencia prevista de esos accidentes. Se espera que los accidentes de los sistemas energéticos no nucleares no tendrán repercusiones importantes en un futuro lejano. Los efectos de los derrames de hidrocarburos, por ejemplo, tienden a desaparecer después de varios decenios.

Desechos. Los desechos procedentes de los sistemas energéticos contienen materiales que poseen diversos períodos de semidesintegración en el medio ambiente. Al estudiar las repercusiones en un futuro lejano, los analistas se preocupan por los radionucleidos de período largo, los materiales de período largo presentes en los desechos no nucleares (materia orgánica persistente) y los materiales que permanecen para siempre (metales tóxicos).

Las repercusiones que tendrán en un futuro lejano los desechos generados hoy, deberían examinarse a la luz de las actuales opciones de gestión de desechos. Las posibles repercusiones y los costos dependen de los métodos que se usen para evacuar estos desechos. Dos aspectos clave que influirán de manera significativa en el nivel de posible repercusión en un futuro lejano de la disposición final de desechos son la selección del emplazamiento del repositorio y las tecnologías (por ejemplo, materiales de relleno, instalación construida cerca de la superficie o repositorios geológicos); y la gestión de los repositorios (con o sin vigilancia o con o sin posibilidad de recuperación).

Las repercusiones futuras dependerán de cómo se realice la gestión del repositorio hoy y mañana; por eso, en cualquier evaluación es preciso elaborar un escenario de gestión de desechos. En la mayoría de los estudios anteriores sobre evaluaciones comparativas de los riesgos, se seleccionó la opción no recuperable (o disposición final permanente) para los desechos peligrosos y los radiactivos.

El método de disposición final de desechos en forma no recuperable da lugar a posibles efectos en un futuro lejano, no sólo provenientes de los desechos nucleares, sino de muchos tipos de desechos. Diversos cálculos han demostrado que los daños futuros originados por las emisiones que se produzcan en repositorios de desechos radiactivos de actividad alta no serían significativas en comparación con el tipo de riesgo que las personas están dispuestas a correr todos los días. Pero la posibilidad misma de esas emisiones ha despertado grandes temores en el público y sigue siendo uno de los principales argumentos que se esgrimen en contra de la energía nucleoelectrónica. La posible repercusión futura de los desechos tóxicos no radiactivos no ha sido estudiada con tanto detalle, aunque pueden contener materiales de período largo y suelen evacuarse en la superficie del suelo.

En vista de las posibles repercusiones en un futuro lejano, se ha considerado la opción del almacenamiento en forma recuperable para distintos tipos de disposición final, lo que permitiría a las generaciones futuras perfeccionar las metodologías actuales de gestión de desechos. Con ello se reconoce que es probable que las futuras generaciones dispongan de mejores tecnologías para encarar el problema de la evacuación de desechos (por ejemplo, cabría esperar que se hiciera viable la transmutación de desechos radiactivos).

Uso de la tierra. La producción y el subsiguiente suministro de electricidad requieren, y seguirán requiriendo, el uso de tierras, lo que, por consiguiente, repercute en la cantidad de tierra disponible para otros fines. Puede argumentarse que probablemente esa repercusión será reversible en el futuro. Pero algunas experiencias prácticas, como las actividades de US Superfund para recuperar tierras contaminadas, han demostrado que, incluso con la tecnología de que se dispone hoy día, pueden faltar los recursos y la voluntad política para encarar esos problemas. La repercusión para las tierras figura probablemente entre las más contenciosas e importantes desde el punto de vista social que se han de tener en cuenta al adoptar decisiones en materia de política energética. El costo social puede ser significativo en un futuro lejano.

Agotamiento de los recursos. Los métodos de generación de electricidad actuales consumen, principalmente, recursos no renovables, a saber, combustibles fósiles y uranio. Es probable que los combustibles fósiles se agoten más rápidamente que el uranio. Los datos indican que los recursos de petróleo y de gas conocidos hoy serán insuficientes en algún momento del próximo siglo. Se calcula que las reservas de carbón se agotarán dentro de varios siglos.

Habida cuenta de esto, cabe esperar que ocurran diversos cambios en el futuro sector de la generación de electricidad:

- variación en los precios de los recursos disponibles y más explotación de material de menor pureza, junto con un posible aumento de la repercusión ambiental;
- aumento de la eficiencia en la producción y el uso de la energía;
- aumento de la explotación de fuentes de energía renovables;
- sustitución de las tecnologías por otras nuevas como los reactores reproductores nucleares; y

■ sustitución del petróleo por sucedáneos como materia prima para la producción de plásticos.

Debido al limitado marco cronológico de que disponen la mayoría de las autoridades, es posible que no se tengan en cuenta algunas de las repercusiones y los costos del agotamiento de los recursos en un futuro lejano; sin embargo, este efecto es más cuantificable que algunos de los otros ya examinados.

Mediante la aplicación de factores macroeconómicos, se puede evaluar el agotamiento progresivo de los recursos y elaborar modelos para simular el efecto de la variación de los precios. Debe tenerse presente que las repercusiones estimadas serán sensibles a las hipótesis que se hagan sobre futuros progresos tecnológicos y cambios estructurales. De los principios que rigen el desarrollo sostenible se deduce que debe determinarse una tasa razonable de agotamiento de los recursos, que garantice el actual ritmo de crecimiento de las economías y la disponibilidad a largo plazo de una serie de recursos.

PONDERACION DE LAS REPERCUSIONES

Las repercusiones del empleo de diferentes métodos de generación de electricidad, determinadas mediante evaluación, no tienen todas la misma gravedad o importancia para la sociedad. El problema fundamental en materia de evaluaciones comparativas de los riesgos es encontrar una base común para medir la repercusión o el riesgo, que permita hacer comparaciones directas entre los distintos tipos de repercusiones.

La mayoría de los efectos no pueden compararse directamente (por ejemplo, el aumento del número de cánceres con la elevación del nivel del mar). Usar un solo sistema de medición para hacerlos comparables equivale a simplificar mucho las cosas; ese

recurso puede ser instructivo, pero engañoso.

Los mecanismos de incorporación de valores (la valoración en términos monetarios es un posible método) o de ponderación de una repercusión (como la ponderación de criterios múltiples) han sido estudiados durante decenios por analistas profesionales. Más complicado aún es examinar las repercusiones para generaciones de un futuro lejano. Además de cuantificar el nivel de los riesgos que podrían surgir en un futuro lejano, los analistas tienen que pensar si las futuras generaciones pueden aceptar los riesgos que se generan hoy. Hasta ahora, no existe ninguna solución ni respuesta ideal para esos problemas.

Los métodos de valoración en términos monetarios comienzan por la estimación de las repercusiones sociales, ambientales y sanitarias, a las que se asignan valores económicos sobre la base de su importancia para la sociedad. Los bienes que no se comercializan, como la salud y la vida del ser humano, pueden valorarse de acuerdo con las preferencias personales (disposición de pagar).

Para expresar estos valores monetarios futuros en valores equivalentes actuales, se ha venido utilizando el instrumento económico corriente de la actualización. Para realizar actualizaciones en la presente generación (repercusiones en el futuro cercano), en general se acepta que la tasa adecuada es la tasa de actualización social, cuyo valor típico oscila entre el 3% y el 8%, y se determina mediante la observación del mercado. Para probar la sensibilidad de una tasa de actualización social seleccionada, en dos estudios de los costos externos de los sistemas energéticos (el de la Comisión Europea y el de los Laboratorios Nacionales de Oak Ridge, Recursos para el futuro) se escogió el 3% como valor central y se presentaron los diversos resultados finales para 0% y 10%.

Si se utiliza el método de la actualización para evaluar las repercusiones en un futuro lejano, la selección de la tasa de actualización cobra especial importancia. La actualización puede reducir los costos entre generaciones en un futuro lejano hasta niveles despreciables, a menos que la tasa esté muy cerca de cero. Otra cuestión fundamental es si en el futuro se producirán avances tecnológicos (como tratamientos médicos, por ejemplo) que reducirán de manera significativa riesgos que hoy se consideran importantes. Por estas razones, la actualización entre generaciones ha sido un tema polémico. Para que el cálculo de los resultados pueda considerarse aceptable, debe resolverse primero el problema de si un costo actualizado, llevado a niveles despreciables, refleja adecuadamente la importancia que le atribuye la sociedad.

Otro aspecto fundamental radica en la importancia de que un riesgo sea o no voluntario. Los riesgos impuestos a las futuras generaciones pueden parecer involuntarios, pero si se hacen obvios, pueden evitarse o reducirse adoptando las medidas convenientes.

Por ejemplo, los riesgos que plantea un emplazamiento de disposición final de desechos nucleares bien diseñado pueden mantenerse a niveles despreciables, si las futuras generaciones mantienen la vigilancia y la integridad del emplazamiento, evitando así toda dispersión de los desechos en el medio ambiente.

Pese a las dificultades para cuantificar las posibles repercusiones y el costo de las decisiones en materia de sistemas de producción de energía, las evaluaciones comparativas son instrumentos valiosos. Constituyen un importante elemento del proceso de adopción de políticas, que no debería descuidarse en los esfuerzos que se realizan para velar por los mejores intereses de las generaciones de hoy y de mañana. □