COMPARANDO RIESGOS DE DIFERENTES SISTEMAS ENERGETICOS: METODOLOGIA Y PROBLEMAS QUE RUMBO SEGUIR

POR YOSHIO MATSUKI Y RUSSELL LEE

La evaluación comparativa de los riesgos de los sistemas energéticos se basa en dos conceptos fundamentales, a saber, describir cuantitativa o cualitativamente indicadores de los efectos para la salud, el medio ambiente y de otra índole que se derivan de diferentes fuentes de riesgo; y comparar estos efectos con algunos criterios para elaborar informes, que puedan utilizar con eficacia los encargados de adoptar decisiones en materia de energía.

En el presente artículo se examinan brevemente los factores principales que intervienen en la evaluación comparativa de los riesgos de los sistemas energéticos dedicados a la generación de electricidad, con atención particular a los principales problemas que deben enfrentarse en la adopción de decisiones.

Métodos de estudio y destinatarios. En muchas evaluaciones de los efectos ambientales se utilizan métodos cualitativos, con los que se intenta describir en detalle los posibles efectos. Los métodos cuantitativos, por el contrario, pueden proporcionar comparaciones más transparentes, pero muchos aspectos no son cuantificables; de ahí que con ellos se intente describir los efectos en la medida posible.

En los últimos años, ha cobrado auge la elaboración de métodos cuantitativos, que deben facilitar y hacer más transparentes las evaluaciones comparativas de los sistemas energéticos. En este sentido, los métodos cuantitativos resultan más útiles para evaluar los efectos para la salud y el medio ambiente.

Debe tenerse presente que los destinatarios de las evaluaciones comparativas son los expertos, quienes luego presentarán informes a las autoridades.

Uno de los tipos de decisiones que se adoptan es el de la política energética. Al formular una política nacional y/o empresarial de gestión del suministro y la demanda de electricidad, los encargados de adoptar decisiones en materia de energía comparan los efectos de las diferentes opciones. Puede que, en este caso, el objeto de la decisión sea aumentar la capacidad de generación eléctrica de una red nacional, explotar sistemáticamente los recursos de una empresa eléctrica o modificar la política energética del Estado. Los encargados de adoptar decisiones en materia de energía pueden ser funcionarios del gobierno y/o de empresas eléctricas.

Otro tipo de decisión es la relativa a la elaboración de normas y/o criterios por los órganos reguladores. Al establecer las normas y criterios relativos a los niveles admisibles de emisión de contaminantes que podrían afectar al medio ambiente y a la salud, estos órganos pueden aprovechar las estimaciones cuantitativas de los efectos de diferentes reglamentos.

Metodología. En muchos estudios de la evaluación comparativa de los riesgos, se aplica una metodología que consta de varios pasos: primeramente, se sigue la trayectoria de los sucesos en las diferentes actividades de la cadena del combustible energético; después, se evalúan

las emisiones y los cambios en la concentración de los contaminantes en el ambiente; y, por último, se evalúan los efectos adicionales que provocan esas concentraciones.

En muchos estudios, también se estiman los costos de tales efectos. Este método se denomina "Método de la trayectoria de los efectos" o "Método de la función de los daños". Como se analizan todos los pasos de cada uno de los antedichos grupos de evaluaciones, esta metodología aporta transparencia al proceso de evaluación.

Al definir la trayectoria de un efecto, los analistas deben diferenciar varios términos, a saber, emisiones, concentraciones, efectos, daños y el nivel de "factores externos". (Véase el recuadro de la página siguiente.)

Las emisiones son descargas procedentes de una central eléctrica o de alguna otra fuente de la cadena del combustible. En general, abarcan cualquier efecto residual, como el ruido (por ejemplo, de las turbinas eólicas); la presencia de una central eléctrica donde antes no existía ninguna; y los cambios en el comportamiento de la erosión (resultado de variaciones en el uso de la tierra). Muchos contaminantes producen emisiones que sufren reacciones químicas o se dispersan desde la fuente emisora hasta lugares cercanos o distantes. Esta dispersión

El Sr. Matsuki es funcionario de la División de Seguridad de las Instalaciones Nucleares, y el Sr. Lee es Director del Center for Energy and Environmental Analysis, del Oak Ridge National Laboratory, en los Estados Unidos.

DIFERENCIACION DE LOS TERMINOS

En los siguientes ejemplos se ilustran diferencias entre descargas, concentraciones, efectos, daños y factores externos

Emisión o descarga	Cambio de concentración	Efecto	Daño	Factores externos
CO ₂	Aumento de concentración de CO ₂ en la atmósfera.	Las estimulaciones de los efectos son imprecisas, pero se piensa que incluyen los cambios en los ecosistemas costeros y las zonas edificadas; los cambios en la producción agrícola; y la posible hambruna debida al aumento de la frecuencia de inundaciones y sequías.	Valor económico de los efectos.	En la mayoría de los países ninguna parte de los daños se asume internamente; por ende, todos se consideran "factores externos".
SO ₂	Formación, dispersión y cambio de concentración de sulfatos, por ejemplo.	Aumento del riesgo de morbilidad y mortalidad por problemas respiratorios debido a inhalación de sulfatos.	Valor económico del aumento previsto de la morbilidad y mortalidad. Este valor no sólo incluye los costos médicos y las pérdidas salariales o de productividad, sino también la reducción o pérdida de la calidad de vida.	En las regiones donde los daños no se asumen internamente, el factor externo es equivalente al daño. Como en los EE.UU. es posible adquirir permisos de emisión de SO ₂ , una parte determinada de los daños se imputa a la economía interna.
Radionucleidos en caso de accidente en central nuclear	Cambios de la concentración de estos radionucleidos podrían propagarse por miles de Km.	Aumento del riesgo de morbilidad y mortalidad por determinados cánceres.	Valor económico del aumento previsto de los cánceres.	Una parte de los daños puede asumirse internamente, por ejemplo, en los EE.UU. mediante la Ley Price-Anderson (seguros).
Ruido de turbinas eólicas	Cambio de los niveles de ruido en las cercanías de las granjas eólicas	Efectos indeseables en los oídos.	Las personas se muestran dispuestas a pagar por evitar el ruido, por ejemplo, mediante los precios inmobiliarios de terrenos cercanos al emplazamiento.	Todos los daños económicos son "factores externos" porque no hay un mecanismo de mercado que permita asumirlos internamente.
Reducción del flujo de un salto de agua debido a una presa para energía hidráulica	Reducción del flujo de un salto de agua debido a una presa para la energía hidráulica (igual que la "descarga").	Menor estética visual del salto de agua.	El valor económico de la pérdida de estética, estimado, por ejemplo, en un estudio de valoración contingente de la disposición de las personas a pagar.	Ninguna parte se asume internamente, por tanto, todos los daños son factores externos.

cambia los niveles de concentración de los contaminantes sin que haya generación de electricidad. Las poblaciones, los ecosistemas y la infraestructura (como edificios y caminos) que están expuestos a esos cambios de los niveles de contaminantes, pueden correr mayor riesgo de sufrir determinados efectos nocivos.

En muchos casos, esos efectos pueden expresarse en términos económicos como "daño" y "factores externos". Se entiende por daño, el costo económico total asociado a un efecto físico.

En ocasiones, los daños no se reflejan en el mercado de energía eléctrica ni en el del combustible. En tal caso, se consideran costos externos o "factores externos". Por consiguiente, una parte de los daños está compuesta

por factores externos y su magnitud depende del grado en que las condiciones del mercado, el seguro y los reglamentos los tengan explícitamente en cuenta.

Por ejemplo, conforme al Método de trayectoria de los efectos, los daños provocados por las emisiones de SO₂ son los valores económicos del aumento previsto de la morbilidad y la mortalidad. En los casos en que pueden negociarse permisos de emisión de SO₂, se asume una parte de los daños; de ahí que la parte restante se considere factor externo. Sin embargo, en las regiones que no pueden asumirse los daños, los factores externos se equiparan a los daños.

También suelen utilizarse otros tipos de criterios metodológicos, como, por ejemplo, los

análisis del ciclo de vida útil, la determinación de su costo y el análisis del riesgo ecológico, que igualmente aportan transparencia al proceso de evaluación. En estos métodos, el enfoque y el acento son diferentes.

También es posible establecer métodos simplificados para estudios "preliminares" más generales, en los que los detalles revisitan menos importancia y para situaciones en que los datos o los recursos sean muy limitados.

Indicadores. Es posible utilizar diferentes indicadores de los efectos para la salud y el medio ambiente a fin de establecer comparaciones. En general, es muy posible que de cualesquiera emisiones se deriven varias trayectorias y puntos finales. Esos puntos finales son

indicadores de efectos. En este sentido, los indicadores que se seleccionen pueden depender de las metodologías que se apliquen. Si se seleccionan muchos indicadores de efectos, el proceso de comparación se torna complejo. Por ello, uno de los métodos preferidos consiste en seleccionar efectos prioritarios para centrar en ellos las comparaciones.

Los indicadores primarios de efectos son estimaciones de efectos específicos, como el aumento de la tasa de mortalidad, el daño a los árboles y el aumento de las tasas de enfermedades respiratorias. Muchas veces se utilizan otros indicadores sustitutivos de estos efectos con fines de información, cuando, en particular, resulta difícil estimarlos directamente. La magnitud de las emisiones de contaminantes (y de otros tipos de cargas) es un indicador indirecto (por ejemplo, toneladas de dióxido de azufre emitidas). Sin embargo, hay que reconocer que los indicadores indirectos sólo son un buen sustituto en determinadas situaciones y no se pueden usar de forma general.

Una cuestión que debaten los analistas en materia de energía es la de los indicadores agregados de salud. Si bien no hay consenso sobre cuál utilizar, el de "años de vida perdidos", se está convirtiendo en un indicador de uso común para los efectos relacionados con la mortalidad, y el de "días-trabajador perdidos" para los relacionados con la morbilidad.

Algunos analistas favorecen indicadores más generales, como, por ejemplo, un índice integrado de salud. Otros se oponen a este enfoque, porque en el proceso de generalización se perdería información detallada.

También se debate la validez de un indicador obtenido por valoración en términos monetarios. Al respecto, hay quienes opinan que sólo tiene valor eco-

nómico lo que puede comprarse o venderse. Otros consideran que la valoración en términos monetarios es semejante al uso de factores de ponderación (es decir, mediante la compensación de las ventajas y desventajas). Con independencia de ello, la valoración en términos monetarios procede cuando el proceso de adopción de decisiones para el que se realiza el estudio la requiere (por ejemplo, para asumir los costos internamente) y cuando existen valores monetarios válidos que pueden considerarse indicadores de los efectos.

Uno de los problemas de la valoración en términos monetarios es que resulta difícil asignar a todo un valor monetario. Ejemplo de ello son los problemas relacionados con la diversidad biológica, como la perturbación del hábitat de un ave rara. Otro ejemplo es el uso de valores monetarios para medir efectos en diferentes países de situaciones económicas y valores sociales distintos.

Problemas. Al realizar una evaluación comparativa de los riesgos, los analistas deben reconocer y clasificar varios problemas (véase el recuadro de la página 13), entre ellos, el establecimiento de fronteras temporales y espaciales para la evaluación, la determinación de los efectos futuros, la inclusión del calentamiento de la atmósfera en la comparación, el tratamiento de las incertidumbres y los problemas éticos.

Es preciso que las fronteras que se establezcan concuerden con los objetivos de la evaluación. Al respecto, las opiniones varían. Por ejemplo, en muchos casos se excluyen de la evaluación las etapas de la cadena del combustible que no se encuentran dentro de las fronteras del país que evalúa. Sin embargo, cuando las emisiones procedentes de otro país pueden inducir efectos mundiales (por ejemplo, en el caso del CO₂), esos efectos,

por lo general, deberían incluirse. También deberían, en general, considerarse las emisiones producidas dentro de las fronteras de un Estado, que pueden afectar a otros países. Las dificultades de ese tipo de evaluación se relacionan con la determinación de la dispersión de los contaminantes, la exposición a materiales peligrosos, los niveles de radiación natural de fondo, la relación dosis-efecto en otros países y los valores de los efectos en diferentes países cuando se realiza una valoración monetaria.

Es importante comparar los efectos a largo plazo para la salud, que puedan ocasionar las emisiones no radiactivas y radiactivas de las cadenas de los combustibles nucleares y fósiles. Sin embargo, aún no se ha realizado una evaluación rigurosa de los efectos a largo plazo para la salud de las emisiones y los desechos tóxicos provenientes de las cadenas de combustibles fósiles.

Otra cuestión que debe considerarse es la actualización de los efectos futuros en la salud. Con frecuencia, se utilizan tasas de actualización para ajustar los daños y los beneficios futuros a su presente valor y expresarlos después de forma "nivelada". Algunos analistas utilizan tasas de actualización que fluctúan entre el 0% y el 10%, para mostrar la sensibilidad de los resultados a la tasa seleccionada.

Se ha debatido mucho sobre las formas de examinar los problemas relativos al calentamiento de la atmósfera en una evaluación comparativa de los riesgos. Los adelantos tecnológicos pueden justificar que se realicen estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero en cadenas del combustible diferentes. Pero es mucho más incierta la posibilidad de estimar cuantitativamente los efectos previstos del calentamiento atmosférico de esas emisiones para la salud y el medio ambiente. El consenso de los

RESUMEN DE LOS PROBLEMAS PRINCIPALES QUE PLANTEAN LAS EVALUACIONES COMPARATIVAS DE LOS SISTEMAS ENERGETICOS

Problemas	Posibles métodos de estudio
Destinatarios	Los destinatarios son expertos que presentarán informes a las autoridades.
Procesos de adopción de decisiones	Entre ellos se cuentan la formulación de la política energética y el establecimiento de las normas y/o criterios.
Objeto de la formulación de política	Aumento marginal de la capacidad de generación eléctrica de una red nacional; explotación sistemática de los recursos de una empresa eléctrica; o la modificación de la política energética.
Establecimiento de fronteras	Determinación de la dispersión en el medio ambiente; exposición a materiales peligrosos; nivel de la radiación natural de fondo; relación dosis-efecto en otros países; y valores de los efectos en diferentes países.
Indicadores de salud agregados	No se ha logrado consenso. Algunos indicadores generales posibles son: "años de vida perdidos" para los efectos relacionados con la mortalidad, y "días-trabajador perdidos" para los efectos relacionados con la morbilidad. No se ha logrado consenso sobre indicadores de los efectos ambientales, aunque se utilizan muchos.
Valoración en términos monetarios	No se ha logrado consenso. Se ha expresado la opinión de que la valoración monetaria sólo debería utilizarse cuando hay costos financieros de por medio; otra opinión es que cabría utilizarla siempre que las diferentes opciones pudieran compensarse recíprocamente.
Problemas éticos de la valoración en términos monetarios	Es difícil asignar a todo (por ejemplo, a la diversidad biológica) un valor monetario y utilizar el valor de las respectivas monedas para medir los efectos en diferentes países.
Efectos a largo plazo para la salud	Es menester evaluar los efectos a largo plazo que tienen para la salud las emisiones y los desechos tóxicos de las cadenas de combustibles fósiles. En este sentido, se utilizan tasas de actualización que fluctúan entre 0% y 10%.
Calentamiento de la atmósfera	Se prefiere la asesoría de organismos internacionales como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC).
Métodos para reflejar las incertidumbres	La evaluación subjetiva de los analistas (por ejemplo, precisión baja, mediana o alta); método Monte Carlo de generación de funciones de probabilidades acumulativas para la elaboración de estimaciones; y planes que permiten a los analistas describir sistemáticamente las incertidumbres derivadas de los datos.

órganos internacionales, en particular el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC), proporciona evaluaciones razonablemente justificadas de los efectos de los cambios climáticos.

Muchos analistas han descrito el examen y la presentación de las incertidumbres realizados en numerosos estudios, pero aún no se ha determinado si la cuestión se está abordando de forma adecuada.

También los problemas éticos son importantes y diversos, además de ser particularmente válidos cuando se trata de determinar el valor monetario de los

efectos ambientales en comparación con los efectos en la salud.

Cabría aducir que, desde el punto de vista ético, es más fácil asignar valores monetarios a los efectos ambientales que a los efectos en la salud. Sin embargo, muchos ecologistas sostendrían que es igualmente problemático asignar valores monetarios a los ecosistemas. Por ello, cuando se estima el valor de diferentes tipos de efectos, es difícil tener debidamente en cuenta las consideraciones éticas a causa de la diversidad de contextos y de posibles efectos.

En resumen, los analistas tienen que enfrentar varios y diver-

sos problemas en sus evaluaciones comparativas de los riesgos de los sistemas de generación de electricidad.

Para ayudarlos en ese proceso, el OIEA, en el marco de las actividades entre organismos que lleva a cabo en esta esfera, ha preparado un informe técnico titulado: *Health and Environmental Impacts of Electricity Generation Systems: Procedures for Comparative Assessment*.

En dicho informe, el Organismo describe más pormenorizadamente los métodos y los problemas abordados en el presente artículo. □